

IZDAVAČ – PUBLISHER

Hrvatska elektroprivreda, Zagreb

ZA IZDAVAČA

Ivo Čović, dipl. ing.

POMOĆ U IZDAVANJU

Ministarstvo znanosti, tehnologije
i informatike

UREĐIVAČKI SAVJET – THE PUBLISHING COUNCIL

Mr. sc. Branko Grgić, dipl. ing. (predsjednik), HEP Split –
Adrijano Fišer, dipl. ing., HEP Rijeka – Marijan Kalea, dipl.
ing., HEP Osijek – Damir Karavidović, dipl. ing., HEP Osijek
– mr. sc. Mladen Mandić, dipl. oec., HEP Zagreb – dr. sc.
Vladimir Mikuličić, dipl. ing., FER Zagreb – dr. sc. Niko
Malbaša, dipl. ing., Ekonerg, Zagreb

UREDNIČKI ODBOR – EDITORIAL BOARD

Glavni urednik – Editor-in-chief: dr. sc. Zorko Cvetković, dipl. inž.
Urednik – Editor: Zdenka Jelić, prof.
Lektor: Šime Čagalj, prof.

Uredništvo i uprava:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Telefoni 6322-641 i 6322-083, telefax 6170-438

Godišnje izlazi 6 brojeva. Godišnja pretplata za pojedince iznosi
300,00 kn, a za poduzeća i ustanove 480,00 kn (za studente 70,00 kn).

Cijena pojedinog broja u prodaji 50,00 kn.

Za inozemstvo \$ 95 godišnje.

Žiro računi kod ZAP, Zagreb – Hrvatska elektroprivreda (za "Energiju")
broj 30101-604-495

Tisak: TIVA – Tiskara Varaždin

Naklada 1000 primjeraka

Godište 52 (2003)

Zagreb 2003

Br. 6

SADRŽAJ

<i>Rusanov N. – Vučina S. – Stojšavljević M. – Nemec D.:</i> Asinkroni start agregata CHE "Čapljina" u stvarnim uvjetima elektroenergetskih sustava Bosne i Hercegovine i Hrvatske (Izvorni znanstveni članak) . .	409 – 417
<i>Grozdanić I.:</i> Opravdanost proširenja 400 kV mreže i primjena tehnologije kompaktiranja (Pregledni članak)	419 – 428
<i>Haznadar Z. – Sokolija K. – Berberović S. – Štih Ž.:</i> Kompozitni polimerni izolatori u prijenosu i distribuciji električne energije (Pregledni članak) . . .	429 – 444
<i>Dizdarević N. – Majstrovic M. – Žutobradić S.:</i> Pogon vjetroelektrana (Pregledni članak).	445 – 457
<i>Bajić B.:</i> Dijagnostika njihanja snage cijevnih agregata HE Dubrava (Prethodno priopćenje)	459 – 466
<i>Kolega V.:</i> Test procedure kao tehnička osnova standarda energetske efikasnosti kućanskih uređaja i uredske opreme (Pregledni članak).	467 – 476
Vijesti iz elektroprivrede i okoliša	477 – 482
Iz strane stručne literature	483 – 495
Ostalo	496 – 506

Fotografije na omotu:
TS 400/110 kV ERNESTINOVO (lijevo gore)
TS 400/220/110 kV ŽERJAVINEC (lijevo dolje)

Časopis je ubilježen u Ministarstvu kulture i prosvjete – Sek-
tor informiranja pod brojem 161 od 12. 11. 1992.

Upute autorima

U "Energiji" smo već tiskali upute o pisanju stručnih i znanstvenih članaka, pa "stari" autori znaju sve o tome kako treba prirediti članak koji će se u njoj objaviti. Cilj je ovog priloga da pomognemo onim autorima koji još nisu objavljivali i da podsjetimo "zaboravljive".

1. Da bi članak bio zanimljiv, mora biti jasan. Rečenice kratke, a izrazi poznati. Pismo: latinica. Pisati valja u trećem licu ne upotrebljavajući pasivne oblike.
2. Članak mora biti neobjavljen. Kad se preda "Energiji", više se ne smije ponuditi nekom drugom uredništvu.
3. Idealno je kad članak nema više od 20 strana. Autori često tvrde da je teško neku problematiku iznijeti na tako malo stranica. U tom slučaju obično "pre-sude" recenzenti.
4. Valja se pridržavati zakonskih standarda i INDOK-propisa. Pri upotrebi jedinica i simbola valja poštivati zakonske mjerne jedinice Međunarodnog sustava jedinica - SI. Matematički znakovi, grčka slova i indeksi moraju biti jasni i definirani. Fizi-kalne veličine i faktori pišu se kosim velikim i malim slovima latinicom ili grčkim slovima. Mjerne jedinice i ostali opisi pišu se uspravnim slovima.
5. Članak mora biti napisan na formatu A4 u dva primjerka. Napisan mora biti strojem s razmakom između redaka. Na lijevoj strani mora biti 4 cm širok rub za unošenje pogrešaka, uredničkih oznaka i dopuna. Mora imati **naslov** i jasno označene **podnaslove**. Ispod naslova valja napisati prezime, ime i mjesto stanovanja autora, a na kraju članka valja navesti podatke o autoru: znanstvenu titulu, prezime i ime, stručni naziv, naziv ustanove u kojoj radi i punu adresu.
6. Svaki članak mora imati:
 - **kratak sažetak**. U njemu se čitatelju daje dovoljno informacija o sadržaju članka. Autor treba navesti nova otkrića i spomenuti temeljna načela na kojima je izveo eksperimente što ih je opisao u članku. Ne smije imati više od 200 riječi.
 - **ključne riječi** (key words). To su izrazi koji čitatelju u najkraćem obliku kažu što je sadržaj članka. One pomažu da čitatelj sazna da li mu je članak zanimljiv ili nije.
 - **kategorizaciju**. Autor ima pravo predložiti u koju se kategoriju članka po kvaliteti ubraja njegov, u: originalni znanstveni članak, prethodno priopćenje, pregledni članak, stručni ili su to izvještaji sa savjetovanja, vijesti iz svijeta itd.
 - **literaturu**. Navodi se na kraju članka onim redom kojim je spomenuta u članku. Kad se u tekstu poziva na literaturu, piše se u uglatoj zagradi samo broj pod kojim je navedena. Podaci moraju biti točni i istiniti.Naslov članka, kategorizacija, sažetak i ključne riječi moraju biti na jednom pa-piru. Sažeci se u "Energiji" prevode na engleski i njemački. To čine naši prevo-dioci.
7. Likovni prikazi (fotografije, crteži, dijagrami) moraju se nalaziti na posebnom listu - svaka slika na svom listu. Moraju biti nacrtane po pravilima tehničkog crtanja i obično 3 puta veće nego što će biti u časopisu. Pritom valja paziti da 3 puta smanjena najmanja brojka ili slovo bude veliko 3 mm - 1,5 mm.

Tako pripremljen rukopis Uredništvo pregleda, daje ga recenzentima na ocjenu i ako je povoljno ocijenjen, tehnički se obradi (lektorira, grafičko-likovno uredi) i pošalje u tiskaru. O tome da li je članak primljen ili odbijen, Uredništvo izvještava autora.

Da bi autori lakše odredili u koju kategoriju prema kvaliteti valja uvrstiti neki članak, dajemo osnovne upute o kategorizaciji članka:

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK (originalan znanstveni rad, originalno znanstveno delo, originalnaja naučnaja rabota, original scientific paper, originalna naučna rabota, Wissenschaftlicher Originalbeitrag) opisuje nove rezultate istraživanja tehnike ili aparata (npr. doktorska disertacija). Ovoj kategoriji pripada i dosad neobjavljeni rad koji pridonosi znanstvenoj spoznaji ili nekom svhvaćanju, a napisan je tako da bilo koji kvalificirani znanstvenik na temelju danih informacija može:

- ponoviti eksperiment i postići opisane rezultate s jednakom točnošću ili unutar granice eksperimentalne pogreške, kako to navodi autor.
- ponoviti autorova zapažanja, proračune ili teorijske izvode i donijeti slična mjerenja.

PRETHODNO PRIOPĆENJE (prethodno sporočilo, prethodno saopštenje, preliminary communication, Vorläufige Mitteilung) sadrži znanstvene spoznaje ili rezultate čiji karakter zahtijeva objavljivanje. Rad obvezatno sadrži jedan podatak novih znanstvenih informacija ili više, ali bez dovoljno pojedinosti koje bi omogućile čitatelju provjeru iznesene informacije na način kako je to prethodno opisano.

PREGLEDNI ČLANAK (pregledno delo, pregledna rabota, review, obzornja rabota, Übersichtarbeit) jest izvješće o nekom posebnom pitanju o kojem je već objavljena informacija, samo je to ovdje skupljeno i raspravljeno. Autor preglednoga članka dužan je dati podatke o svim objavljenim radovima kojima se koristi u svom radu (treba navesti literaturu i svrstati je redom kojim se pojavljuje u tekstu), a po mogućnosti u literaturi navesti radove koji bi pridonijeli razvoju razmatrane problematike.

STRUČNI ČLANAK (strokovno delo, stručna rabota, professional paper, professionalnaja rabota, Fachlicher Beitrag) daje korisne priloge iz područja čija problematika nije vezana za izvorna istraživanja. To znači da rad mora biti novost u određenom području djelatnosti. To se npr. odnosi na naknadno ponavljanje poznatih istraživanja koje predstavlja koristan rad u vezi sa širenjem znanja i prilagođavanja izvornih istraživanja potrebama društva i znanosti.

energija

ČASOPIS
HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

glasilo je energetičara, elektroinženjera i elektrotehničara. Izdaje ga Hrvatska elektroprivreda uz pomoć Ministarstva znanosti, tehnologije i informatike.

Njime se koriste mnogi znanstvenici i stručnjaci u našoj zemlji, a poznat je i važnijim referalnim centrima u inozemstvu, kao što su:

Engineering Index Inc., New York; Engineering Information Inc. Bibliographic Services Dept, New Jersey; Current Tehnology Index, London; Viniti, Moscow; Revue Générale de l'électricité, Paris; Current Bibliography on Science and Tehnology, Japan Information Centre, Tokyo; itd.

U Energiji se tiskaju izvorni znanstveni članci kao i članci iz prakse, vijesti iz elektroprivrede, zanimljivosti iz svijeta, priopćenja i članci graditelja elektroenergetskih objekata, proizvođača strojeva i materijala. Oglasi su sastavni dio časopisa, a priopćenja su komercijalne naravi.

UREDNIŠTVO

ASINKRONI START AGREGATA CHE "ČAPLJINA" U STVARNIM UVJETIMA ELEKTROENERGETSKIH SUSTAVA BOSNE I HERCEGOVINE I HRVATSKE

Mr. sc. Nikola R u s a n o v, Sarajevo – Srećko V u č i n a, Mostar – mr. sc. Milan S t o j s a v l j e v i ć,
mr. sc. Darko N e m e c, Zagreb

UDK 621.311.21.05
IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Analizirajući režime rada elektroenergetskog sustava i iskorištenje raspoloživih energetske resursa u uvjetima stvarne topološke strukture i elektroenergetskih prilika u prijenosnoj mreži Bosne i Hercegovine, ali i Hrvatske, posebno u području srednje i južne Dalmacije (jadranska magistrala), (česti režimi rada u kojima je sigurnost sustava ugrožena po (n-1) kriteriju raspoloživosti i kriteriju stabilnosti napona, naponi iznad dopuštenih iznosa, rad termoelektrana u Bosni i Hercegovini ispod tehničkog minimuma i sl.) postavilo se i pitanje mogućnosti iskorištenja svojstava reverzibilne hidroelektrane CHE Čapljina snage 2x240 MW i pogodnosti koje pruža otvoreno tržište električnom energijom. S tehničkog aspekta dva su osnovna problema, odnosno usluge sustava: 1) asinkroni start (zalet) agregata (direktni asinkroni zalet i asinkroni zalet s faznim prigušnicama u zvjezdištu generatora uz odvodnjen prostor turbine/crpke) i 2) prijenos snage i energije za crpni rad u uvjetima smanjene raspoloživosti sustava. Istraživanja pokazuju da je s aspekta dinamike napona i jalovih snaga moguć asinkroni zalet s faznim prigušnicama u zvjezdištu generatora uz odvodnjenu turbinu/crpku (način P1). Tijekom zaleta, generatori u bližoj okolini točke priključka CHE Čapljina (TS Mostar 4) nazivno su opterećeni jalovom snagom. Angažman i potpora drugog agregata u CHE Čapljina u generatorskom režimu rada znatno poboljšava prilike u pogledu napona i jalovih snaga u tom dijelu sustava tijekom zaleta. Analizirane su dvije varijante osiguranja snage i energije za crpni rad (pumpanje): 1) iz termoelektrana u EES Bosne i Hercegovine i 2) iz UCTE interkonekcije. U UCTE varijanti moguće su poteškoće sigurnosti sustava po (n-1) kriteriju raspoloživosti i kriteriju zagušenja na dijelu jadranske magistrale u EES-a Hrvatske.

Na bazi rezultata proračuna, tijekom tri noći u ožujku 2002. godine načinjeni su uspješni pokusi asinkronog starta i pumpanja s oba agregata CHE Čapljina u stvarnim uvjetima.

Ključne riječi: elektroenergetski sustav, crpna elektrana, asinkroni start, usluge sustava, dinamičke simulacije.

1. UVOD

Posljedice ratnih razaranja nisu mimošle ni prijenosnu mrežu na području Bosne i Hercegovine uzrokujući otežani rad, a u nerijetkim slučajevima i potpunu neraspoloživost projektiranih funkcija pojedinih elektroenergetskih objekata. Jedan od takvih objekata je i CHE Čapljina snage 2x240 MVA koja, mada nije pretrpjela oštećenja, od početka ratnih djelovanja radi s izrazito smanjenim kapacitetom, a crpni rad nije ni pokušavan zbog bojazni da ne postoje osnovni preduvjeti s aspekta prijenosne mreže. Rezultati studije u kojoj bi bila obrađena statička stanja, proračuni struja kratkog spoja i simulacija asinkronog zaleta trebali bi biti podloga za donošenje odluke o mogućnosti asinkronog starta i eksploataciji agregata CHE Čapljina u crpnom radu.

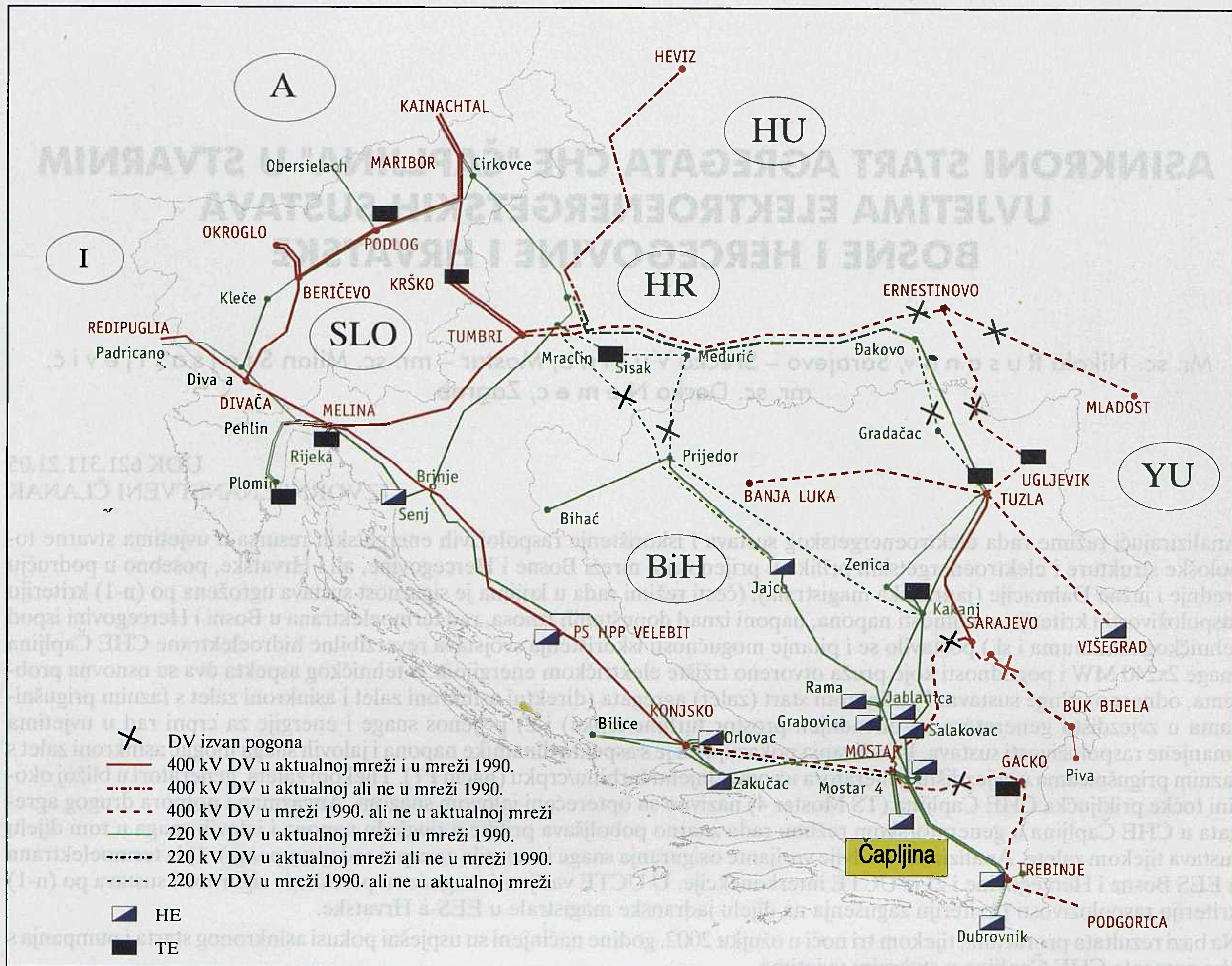
Ilustrativan je podatak da je tijekom 1991. godine CHE Čapljina proizvela ukupno 481.925 MWh, od toga 103.209 MWh iz crpnog rada uz 110 upuštanja u crpni rad. Prema raspoloživoj evidenciji, od početka rada CHE Čapljina bilo je 1621 upuštanje u crpni rad, a

najveći broj upuštanja zabilježen je 1990. godine, ukupno 258. U periodu 1982 – 1991. potrošnja energije za crpni rad iznosila je 1.774.206 MWh, a iz nje povratno dobivena energija u generatorskom radu 1.312.912 MWh, što daje izuzetno povoljan odnos povratno dobivene i utrošene energije od 0,74.

CHE Čapljina je projektirana i predviđena za sljedeće režime rada:

1. u suhom ljetnom i jesenjem razdoblju (cca 225 dana/god.) za rad u noćnim satima (23:00 – 05:00) u crpnom pogonu, a tijekom dana kao elektrana vršne snage i energije u trajanju od 5 – 6 sati;
2. u zimskom i proljetnom periodu (cca 140 dana/god.) uz dovoljne dotoke u gornji bazen u generatorskom radu u trajanju od 12 – 14 sati dnevno;
3. prema potrebama elektroenergetskog sustava u kompenzacijskom radu kao nad/poduzbuđeni generator/motor s kapacitetom 150160 Mvar po agregatu.

Položaj i povezanost CHE Čapljine u prijenosnoj mreži prikazani su na slici 1.



Slika 1. Topološka struktura prijenosne mreže – stanje u ožujku 2002. godine

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Za istraživanje sposobnosti i definiranje minimalnih uvjeta u EES Bosne i Hercegovine i Hrvatske za osiguranje systemske usluge asinkronog starta agregata postavljena je i u konkretnom slučaju asinkronog pokretanja agregata u CHE Čapljina primijenjena metodologija koja predviđa odgovarajuća: 1) simulacijska istraživanja stacionarnih stanja, 2) simulacijska istraživanja dinamičkih stanja i 3) vrlo složena eksperimentalna istraživanja u realnim uvjetima uz uvažavanje svih sagledivih zahtjeva s aspekta pogonske sigurnosti sustava.

3. REZULTATI STATIČKIH ANALIZA

Analiza elektroenergetskih sustava nezaobilazan je faktor u njihovom proučavanju, kako u procesu planiranja izgradnje i proširenja, tako i u procesu planiranja i vođenja pogona i donošenja operativnih odluka za aktualna stanja u kojima se analizirani sustav nalazi. Rezultati takvih analiza trebaju biti konkretna rješenja s prijedlogom odgovarajućih mjera za njihovu realizaciju. Osnovni preduvjeti koji se trebaju osigurati radi

dobivanja pouzdanih rezultata na bazi kojih će se donositi odluke i realizirati predložene mjere i zahvati u realnom sustavu su vjerodostojnost ulaznih podataka i adekvatnost simulacijskih programa za analizu višestrojnih sustava.

Imajući u vidu i stvarne uvjete područnih elektroenergetskih sustava Hercegovine i Dalmacije, posebna pažnja je posvećena uvažavanju UCTE preporuka koje se odnose, između ostalog, i na sigurnost rada sustava. Navedene preporuke obvezuju članice UCTE interkonekcije na osiguranje uvjeta čiji je cilj smanjenje rizika ugrožavanja susjednih sustava zbog poremećaja u vlastitom sustavu. Položaj CHE Čapljina u sustavu je vrlo delikatan, posebno u aktualnom stanju topološke strukture prijenosne mreže kada s jedne strane nije u pogonu 400 kV mreža i kada se, s druge strane dva od tri 220 kV dalekovoda koji predstavljaju temeljnu vezu elektroenergetskog sustava BiH s UCTE interkonekcijom preko hrvatskog EES-a naslanjaju na sabirnice 220 kV TS Mostar 4 na koje su spojeni i agregati CHE Čapljina.

Model višestrojnog sustava [1] – relevantan za statičke analize uvjeta neposredno pred asinkroni zalet, u

tijeku zaleta, neposredno poslije sinkronizacije (uključenja uzbude sinkronog stroja) i u režimu crpnog rada - obuhvatio je područje Bosne i Hercegovine (dio koji je u paralelnom radu sa UCTE, odnosno dio koji je u I sinkronoj zoni), Hrvatske i Slovenije. EES Bosne i Hercegovine modeliran je do 110 kV naponske razine, a EES Hrvatske i Slovenije na razini prijenosne mreže 400 kV i 220 kV s referentnim čvorom (ekvivalentnim generatorom) iza čvora 400 kV Divača kojim je predstavljen utjecaj UCTE interkonekcije. Treba napomenuti da su svi generatori modelirani s pripadnim blok-transformatorima, a da regulatori napona održavaju nazivni napon na stezaljkama generatora za sve radne točke unutar područja definiranog pogonskim dijagramom svakog pojedinačnog generatora.

Za ocjenu mogućnosti asinkronog starta mjerodavan je režim rada sustava u noćnom periodu od 23:00 do 05:00, u kojem se predviđa mogućnost crpnog rada agregata u CHE Čapljina i koji je karakterističan po minimalnom angažiranju hidroelektrana. To je vrlo važna činjenica s obzirom da se radi o značajnim hidroenergetskim proizvodnim jedinicama koje su "električki" vrlo blizu CHE Čapljina i koje najviše utječu na uvjete asinkronog zaleta.

Rezultati statičkih analiza su ukazali na minimalne uvjete koje treba ostvariti u sustavu da bi se omogućila sistemsku uslugu asinkronog zaleta agregata CHE Čapljina. S obzirom na položaj CHE Čapljina, sistemsku uslugu asinkronog zaleta osiguravaju EES Bosne i Hercegovine i Hrvatske. Jedan je od najvažnijih uvjeta rezerva jalove snage generatora koji su u pogonu jer je asinkroni zalet uglavnom problem napona i jalove snage. To je za konkretni slučaj ilustrirano slikom 2 na kojoj su prikazani naponi u karakterističnim 220 kV čvorištima i jalove snage relevantnih proizvodnih jedinica neposredno pred asinkroni zalet i u tijeku zaleta za dvije varijante minimalnih uvjeta (slika 2 "gore": sa HE Dubrovnik ali bez HE Salakovac i HE Grabovica, i slika 2 "dolje" sa HE Salakovac i HE Grabovica ali bez HE Dubrovnik). Rezultati ovih analiza ukazuju da će

tijekom zaleta jalova snaga "električki" bliskih proizvodnih jedinica praktički dosegnuti maksimalno dopuštene (nazivne) iznose, definirane nazivnom radnom točkom u pogonskom dijagramu generatora, koji su radi usporedbe prikazani na slici 2 posebnim bar-grafom uz bar-grafove jalovih snaga prije i tijekom zaleta.

U tijeku asinkronog zaleta agregata uz odvodnjen prostor turbine/crpke s faznim prigušnicama u zvjezdistu statora sinkronog stroja potrebna jalova snaga iznosi oko 200 Mvar, pa je održavanje napona okolnih čvorišta u dozvoljenim granicama osnovni problem. Kao referentne sabirnice za ocjenu osjetljivosti sustava na povećanu potražnju jalove snage tijekom asinkronog zaleta odabrane su sabirnice 220 kV TS Mostar 4.

Poznato je da u analizi stacionarnih stanja elektroenergetskog sustava stanje svakog čvora definiraju četiri međusobno zavisne veličine: djelatna i jalova snaga te iznos i kut vektora napona. Ove veličine su međusobno povezane nelinearnim jednadžbama općeg oblika:

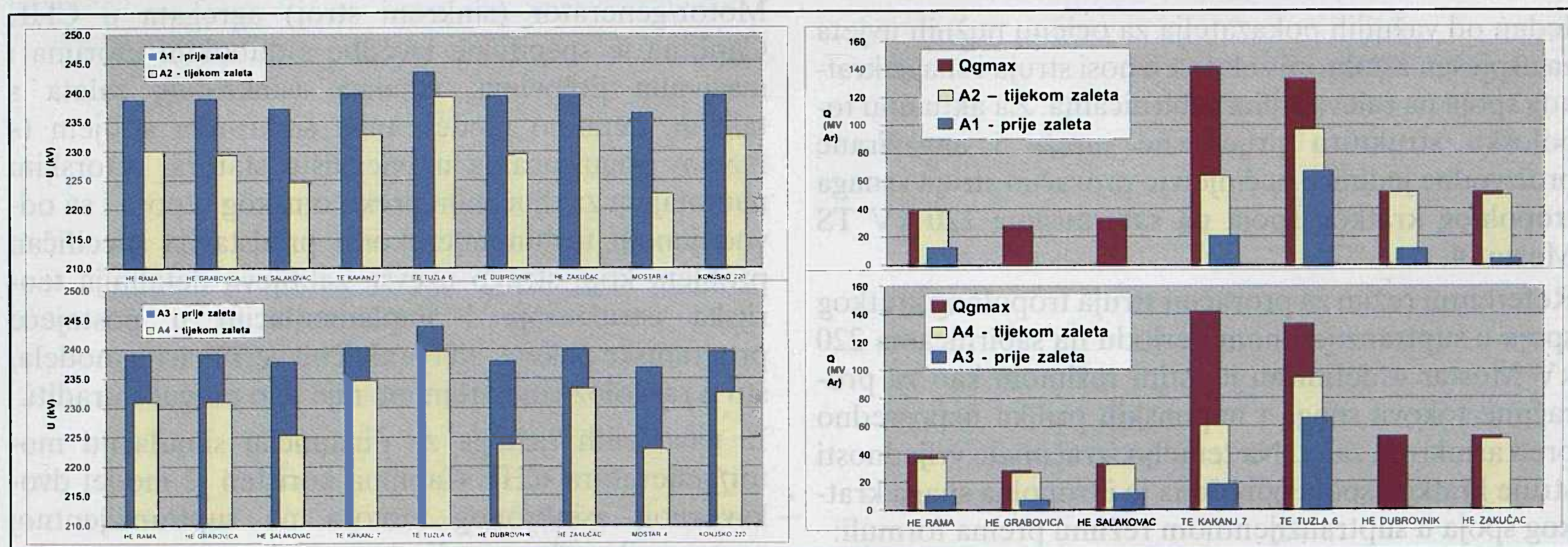
$$f(P, Q, V, \delta) = 0. \quad (1)$$

Promjena napona čvorišta može se prikazati kao funkcija promjene djelatne i jalove snage čvorišta:

$$\Delta V = C \cdot \Delta P + D \cdot \Delta Q. \quad (2)$$

Osjetljivosti napon – jalova snaga odnosno koeficijenti D (kV/Mvar) čvorišta definirani su podmatricom Q/V Jakobijeve matrice. Za izračun osjetljivosti napon – jalova snaga odnosno koeficijenta D za čvor 220 kV Mostar 4, kao pokazatelja sposobnosti sustava za održavanje napona u konkretnom slučaju asinkronog zaleta, simulirano je opterećenje od 20 MW / 200 Mvar na sabirnicama 15.75 kV u CHE Čapljina koje odgovara očekivanom udaru djelatne i jalove snage kod asinkronog starta agregata s faznim prigušnicama u zvjezdistu sinkronog stroja uz odvodnjenu turbinu/crpku.

Analize pokazuju da se minimalno potrebni uvjeti za asinkroni zalet uz uobičajenu pogonsku konfiguraciju



Slika 2. Naponi karakterističnih 220 kV čvorišta i jalove snage generatora

"gore": sa HE Dubrovnik, bez HE Salakovac i HE Grabovica

"dolje": bez HE Dubrovnik, sa HE Salakovac i HE Grabovica

prijenosnih sustava EES-a Bosne i Hercegovina i Hrvatske mogu ostvariti pod sljedećim postavkama:

- u pogonu su HE Zakućac, HE Rama, HE Dubrovnik s po jednim agregatom, te TE Kakanj G-7 i TE Tuzla G-5 ili G-6 ($U_{TS\ Mostar\ 4}=236.5\text{ kV}$); ("varijanta a")
- u pogonu su HE Zakućac, HE Rama, HE Salakovac, HE Grabovica s po jednim agregatom, te TE Kakanj G-7 i TE Tuzla G-5 ili G-6 ($U_{TS\ Mostar\ 4}=236.7\text{ kV}$); ("varijanta b")

Proračuni pokazuju da bi za "varijantu a" pogonskog stanja (gornji grafički prikazi na slici 2), kod udarnog opterećenja od 20 MW/200 MVar na sabirnicama 15.75 kV u CHE Čapljina, propad napona na 220 kV sabirnicama u TS Mostar 4 iznosio 14.1 kV (sa 236.5 kV na 222.4 kV) uz praktički maksimalno dopušteno opterećenje jalovom snagom generatora u HE Zakućac (50 Mvar), HE Rama (39 Mvar) i HE Dubrovnik (52 Mvar), odnosno 14.4 kV (s 236.7 kV na 222.3 kV) također uz praktički maksimalno dopušteno opterećenje jalovom snagom generatora u HE Zakućac, HE Rama, HE Salakovac (33 Mvar) i HE Grabovica (27 Mvar) za "varijantu b" pogonskog stanja (donji grafički prikazi na slici 2). U prvom slučaju osjetljivost napon-jalova snaga za 220 kV čvor Mostar 4 iznosi $D=1/14.2\text{ kV/Mvar}$, a u drugom slučaju $D=1/13.9\text{ kV/Mvar}$.

Na slici 2 prikazani su iznosi napona u karakterističnim 220 kV čvorištima i iznosi jalovih snaga odabranih generatora u stanju prije zaleta te iznosi koji se očekuju tijekom zaleta, i to za slučaj "varijante a" ("gore") i za slučaj "varijante b" pogonskog stanja ("dolje"). Radi usporedbe na slici 2 prikazane su posebnim bar-grafom i maksimalno dopuštene jalove snage generatora uz bar-grafove jalovih snaga prije i tijekom zaleta.

4. PRORAČUN STRUJA I SNAGA KRATKOG SPOJA

Jedan od važnijih pokazatelja za ocjenu nužnih uvjeta za uspješan asinkroni zalet su iznosi struja i snaga kratkog spoja na relevantnim sabirnicama. Za aktualnu topološku strukturu prijenosne mreže i angažirane proizvodne jedinice načinjen je proračun struja i snaga trolnog kratkog spoja na sabirnicama 220 kV TS Mostar 4.

Referentni režim za proračun struja trolnog kratkog spoja u suptranzijentnom periodu na sabirnicama 220 kV Mostar 4 definiran je istim režimom kao za proračune tokova snaga i naponskih prilika neposredno pred asinkroni zalet. Na temelju izračunate vrijednosti struje kratkog spoja određena je i trolna snaga kratkog spoja u suptranzijentnom režimu prema formuli:

$$S''_{k3} = c \cdot \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I''_k$$

(3)

Faktor c za napone 35 – 380 kV i frekvencije 50 i 60 Hz, iznosi 1.10 za maksimalne struje kratkog spoja i 1.00 za

minimalne struje kratkog spoja. S obzirom da se analizira asinkroni zalet CHE Čapljina u režimima minimalnih opterećenja, za proračun trolne snage kratkog spoja u suptranzijentnom periodu usvojen je naponski faktor $c = 1.0$.

Rezultati proračuna trolnog kratkog spoja za definirano uklopno stanje prijenosne mreže i angažirane proizvodne jedinice prikazani su u donjoj tabeli:

$U_{TS\ Mostar\ 4}$ (prije kvara) (kV)	I''_{k3} (kA)	S''_{k3} (MVA)
236.5	8.184	3348

Ekvivalentna reaktancija sustava izračunata na bazi ovih rezultata i normirana na baznu snagu generatora CHE Čapljina (240 MVA) iznosi oko 8% na 220 kV sabirnicama u TS Mostar 4, odnosno 20% na 15.75 kV sabirnicama u CHE Čapljina, što se može smatrati zadovoljavajućim vrijednostima s aspekta uspješnosti asinkronog starta.

5. SIMULACIJA ASINKRONOG ZALETA U VREMENSKOJ DOMENI

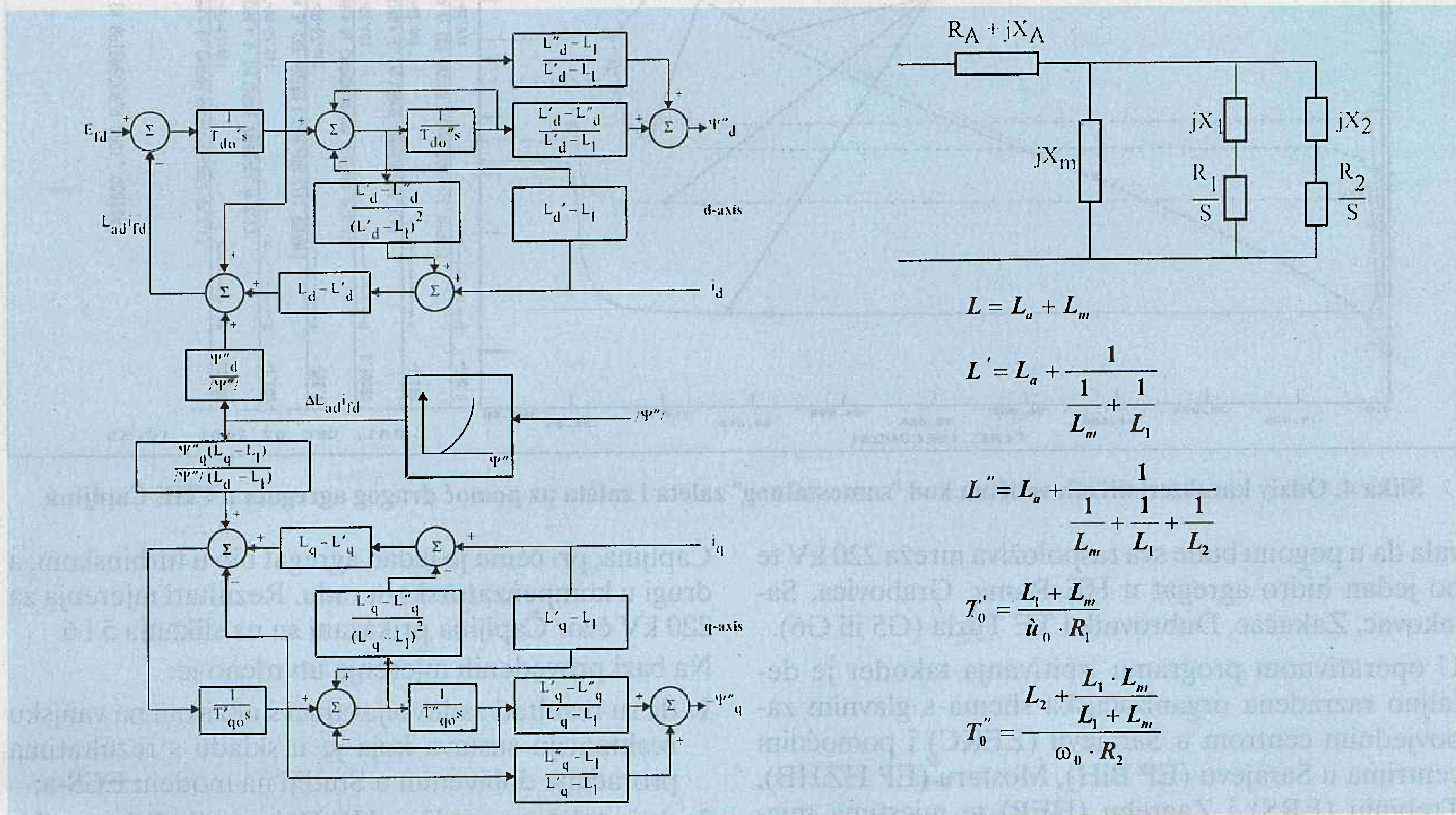
Simulacije asinkronog zaleta agregata CHE Čapljina uz odvodnjenu turbinu/crpku s faznim prigušnicama u zvjezdištu statora sinkronog stroja (način P1) načinjene su na višestrojnom modelu EES-a BiH kojim je obuhvaćena kompletna prijenosna mreža 400, 220 i 110 kV u prvoj sinkronoj zoni UCTE-a i relevantni dio 400 i 220 kV EES Hrvatske i Slovenije. Za sve generatore koji su modelirani na suptranzijentnom nivou, u skladu s raspoloživim podacima, modelirani su sustavi sustavi uzbude i sustavi turbinske regulacije. Osnovni cilj simulacija je odgovoriti na pitanje da li je i pod kakvim uvjetima moguće ostvariti asinkroni zalet i kako će prijelazna pojava tijekom zaleta utjecati na ponašanje EES-a.

Motor/generator (sinkroni stroj) agregata u CHE Čapljina je specifične izvedbe s dubokim utorima i masivnim polovima. Analiza asinkronog zaleta s takvim, detaljno modeliranim sinkronim strojem (s faznim prigušnicama u zvjezdištu statora, rotorskim namotajem zaključenim preko omskog otpora i sa odvodnjenom turbinom/crpkom) predstavlja specifičan problem koji, strogo uzevši, zahtijeva detaljnija teorijska istraživanja i implementaciju u postojeće programske pakete, ali i praktičnu verifikaciju modela, što u raspoloživom vremenu nije bilo moguće uraditi.

Iz navedenih razloga za dinamičku simulaciju motor/generatora CHE Čapljina korišten je model dvo-kaveznog asinkronog motora na suptranzijentnoj razini prilagođen analizama asinkronog starta sinkronog stroja. Izvršen je proračun relevantnih parametara nadomjesne sheme asinkronog motora na bazi poznatih parametara sinkronog stroja s dodatnim ko-

rekcijama zbog priključenja faznih prigušnica u zvjezdištu statora, omskog otpora kojim se zaključuje rotorski namot i otpornog momenta odvođene turbine/crpke. Blok-dijagram modela asinkronog motora kojim se simulira motor/generator CHE Čapljina prikazan je na slici 3.

krone brzine uz potporu drugog agregata u CHE Čapljina traje 118 sekundi (ukupno trajanje prijelaznog procesa je oko 125 s) s manjim propadima napona i proizvodnjama jalove snage generatora u HE Zakućac, HE Rama i HE Dubrovnik koje ne dostižu granične vrijednosti. Ni pri jednoj simulaciji nije indicirano dosti-



Slika 3. Blok dijagram modela i nadomjesna shema motora/generatora (sinkronog stroja) CHE Čapljina

Simulacije asinkronog zaleta izvedene su u dvije varijante:

- "samostalni" asinkroni zalet motor/generatora pri čemu je EES u potpunosti odgovoran za pružanje potrebne systemske usluge asinkronog zaleta i osiguranje jalove snage od cca 200 Mvar;
- zalet s potporom drugog agregata u CHE Čapljina priključenim na mrežu u generatorskom radu čiji sustav regulacije napona održava nazivni napon na stazalkama generatora pri čemu se "systemska usluga" osiguranja jalove snage za potrebe asinkronog zaleta reducira približno za 50% u odnosu na varijantu a).

Tijekom simulacija praćeno je 80 veličina: klizanje (brzina) motor/generatora CHE Čapljina, naponi relevantnih sabirnica, djelatne i jalove snage i kutovi generatora te tokovi snaga na vodovima.

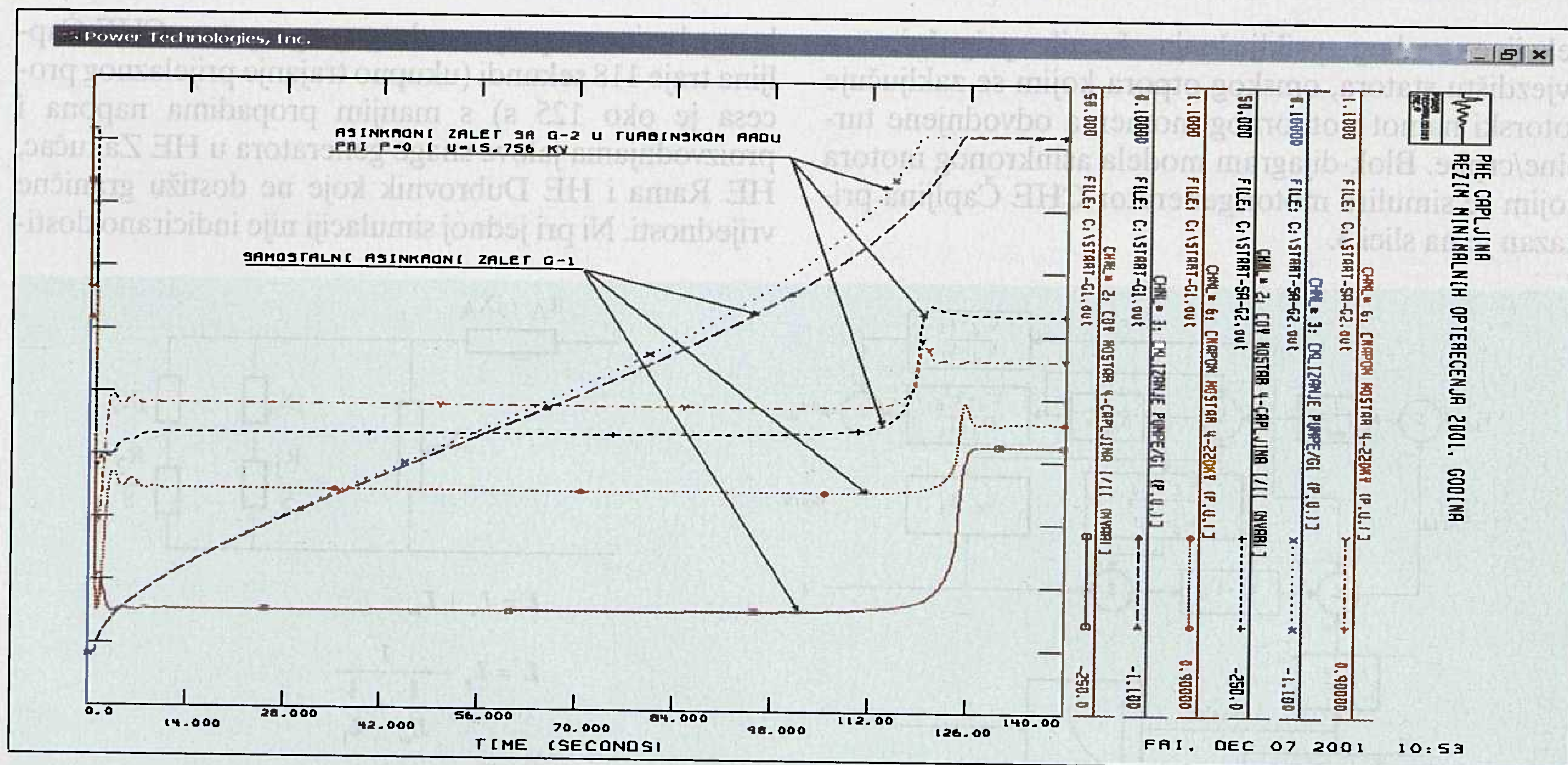
Rezultati simulacije "samostalnog" asinkronog zaleta pokazuju da vrijeme trajanja zaleta do sinkrone brzine iznosi 128 sekundi (ukupno trajanje prijelaznog procesa je oko 135 s) s iznosima napona koji ni u jednom 220 kV čvorištu mreže ni jednog trenutka tijekom zaleta nisu niži od pogonski trajno dopuštenog iznosa od 198 kV (90%), ali s graničnim proizvodnjama jalove snage generatora u HE Zakućac, HE Rama i HE Dubrovnik. U odnosu na "samostalni" asinkroni zalet, zalet do sin-

zanje forsirnih iznosa struje uzbude generatora, a analiza oscilacija kutova rotora generatora potvrđuje da ni pojedinačna kutna stabilnost generatora kao i ukupna kutna stabilnost sustava neće biti upitna.

Na slici 4 prikazan je usporedni dijagram karakterističnih veličina kod asinhronog zaleta u varijantama a i b.

6. ASINKRONI ZALET CHE ČAPLJINA U REALNIM UVJETIMA

Mada su rezultati Studije 1 bili povoljni, zbog aktualnog stanja sustava ipak se nije mogla zanemariti činjenica da postoji značajna interakcija asinkronog zaleta ovako velikog agregata i EES-a što može dovesti do ozbiljnog systemskog poremećaja koji može biti praćen neželjenim širenjem i, posebno u slučaju neuspješnog pokretanja, čak voditi ka raspadu sustava. Iz navedenih je razloga načinjen "Operativni program ispitivanja" 2 kojim je predviđeno da se prije pokusa asinkronog zaleta, u ciljanoj konfiguraciji sustava prema pretpostavkama iz Studije i realnim uvjetima, izvrši mjerenje naponske krutosti sustava (osjetljivost napon-jalova snaga), te da se samom izvođenju pokusa asinkronog zaleta pristupi samo ukoliko se dobiju povoljni rezultati. Ciljana konfiguracija je podrazumije-



Slika 4. Odziv karakterističnih veličina kod "samostalnog" zaleta i zaleta uz pomoć drugog agregata u CHE Čapljina

vala da u pogonu bude sva raspoloživa mreža 220 kV te po jedan hidro agregat u HE Rama, Grabovica, Salakovac, Zakućac, Dubrovnik i TE Tuzla (G5 ili G6).

U operativnom programu ispitivanja također je detaljno razrađena organizacijska shema s glavnim zapovjednim centrom u Sarajevu (ZEKC) i pomoćnim centrima u Sarajevu (EP BiH), Mostaru (EP HZHB), Trebinju (ERS) i Zagrebu (HEP) te mjestima mjerenja i registracije u svim zapovjednim centrima i odabranim objektima (CHE Čapljina, TS Mostar 4, HE Zakućac, TS Konjsko, RP Jablanica, HE Rama, HE Dubrovnik, HE Grabovica i EAL Mostar). U svim zapovjednim i mjernim centrima određene su odgovorne osobe te osigurana neposredna i stalna komunikacija, a razrađeni su postupci provođenja priprema i samog pokusa, uključujući i postupke operativnog osoblja u slučaju neuspjelog pokusa.

6.1. Mjerenje naponske krutosti sustava

Rezultati Studije [1] su pokazali da se u ciljanoj konfiguraciji sustava može na sabirnicama 220 kV TS Mostar 4 očekivati snaga kratkog spoja od oko 3350 MVA, što znači da ekvivalentna reaktancija sustava svedena na stezaljke motor/generatora (15.75 kV) u CHE Čapljina iznosi oko 20%. Prema uobičajenim kriterijima smatra se da ekvivalentna reaktancija sustava do 25% znači dobru povezanost objekta (sinkronog stroja u CHE Čapljina) sa sustavom, što bi značilo da aktualna i ciljana topološka struktura EES-a omogućava sistemsku uslugu asinkronog starta, što je i trebalo biti potvrđeno mjerenjima. Mjerenje naponske krutosti sustava izvršeno je u noći od 19. na 20. ožujka 2002. godine tako da je u različitim varijantama angažiranja agregata u HE Zakućac i HE Dubrovnik praćena promjena napona u sustavu u zavisnosti od promjene jalove snage generatora u CHE

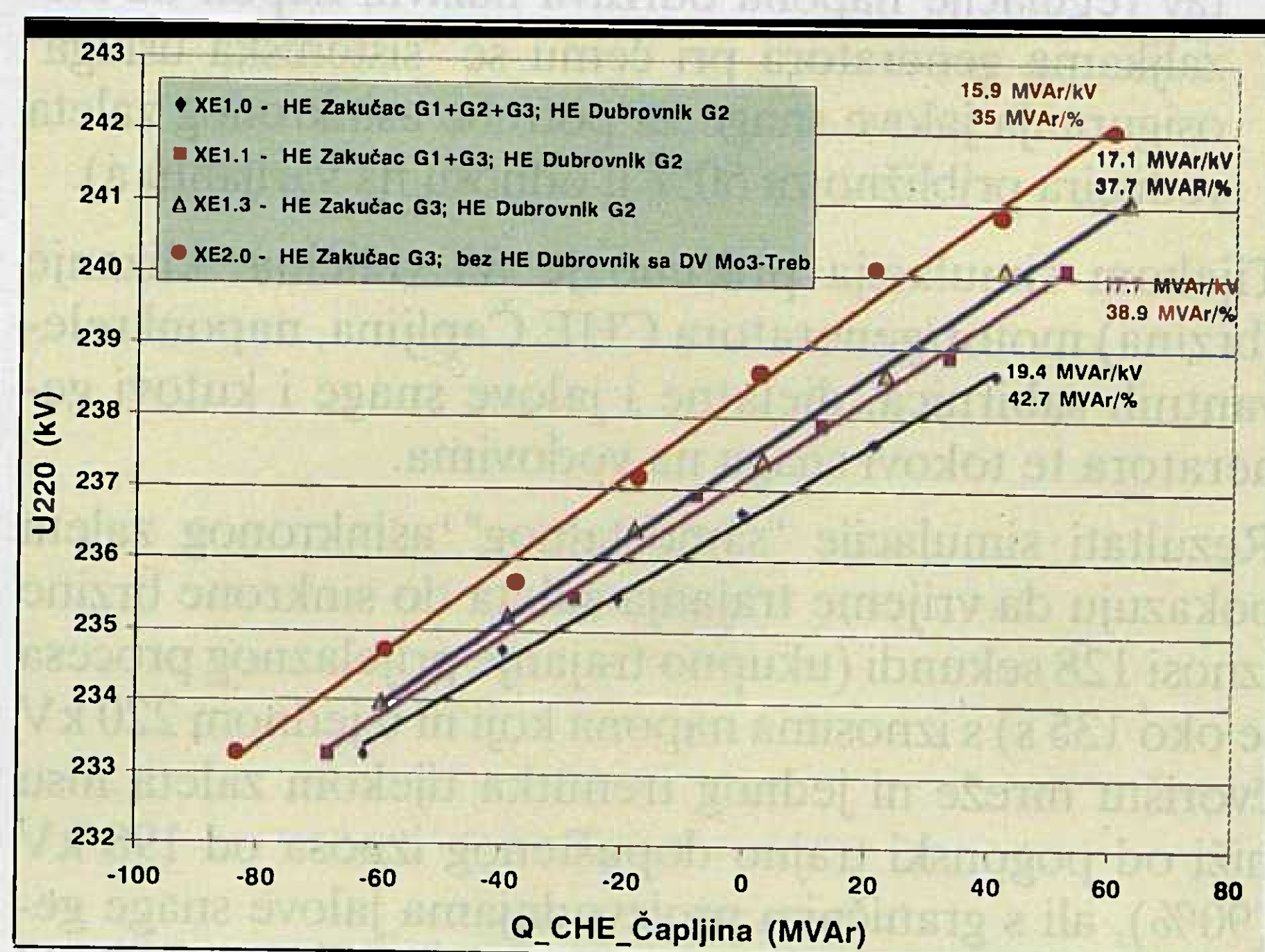
Čapljina, pri čemu je jedan agregat bio u turbinskom, a drugi u kompenzatorskom radu. Rezultati mjerenja za 220 kV čvor Čapljina prikazani su na slikama 5 i 6.

Na bazi provedenih mjerenja utvrđeno je:

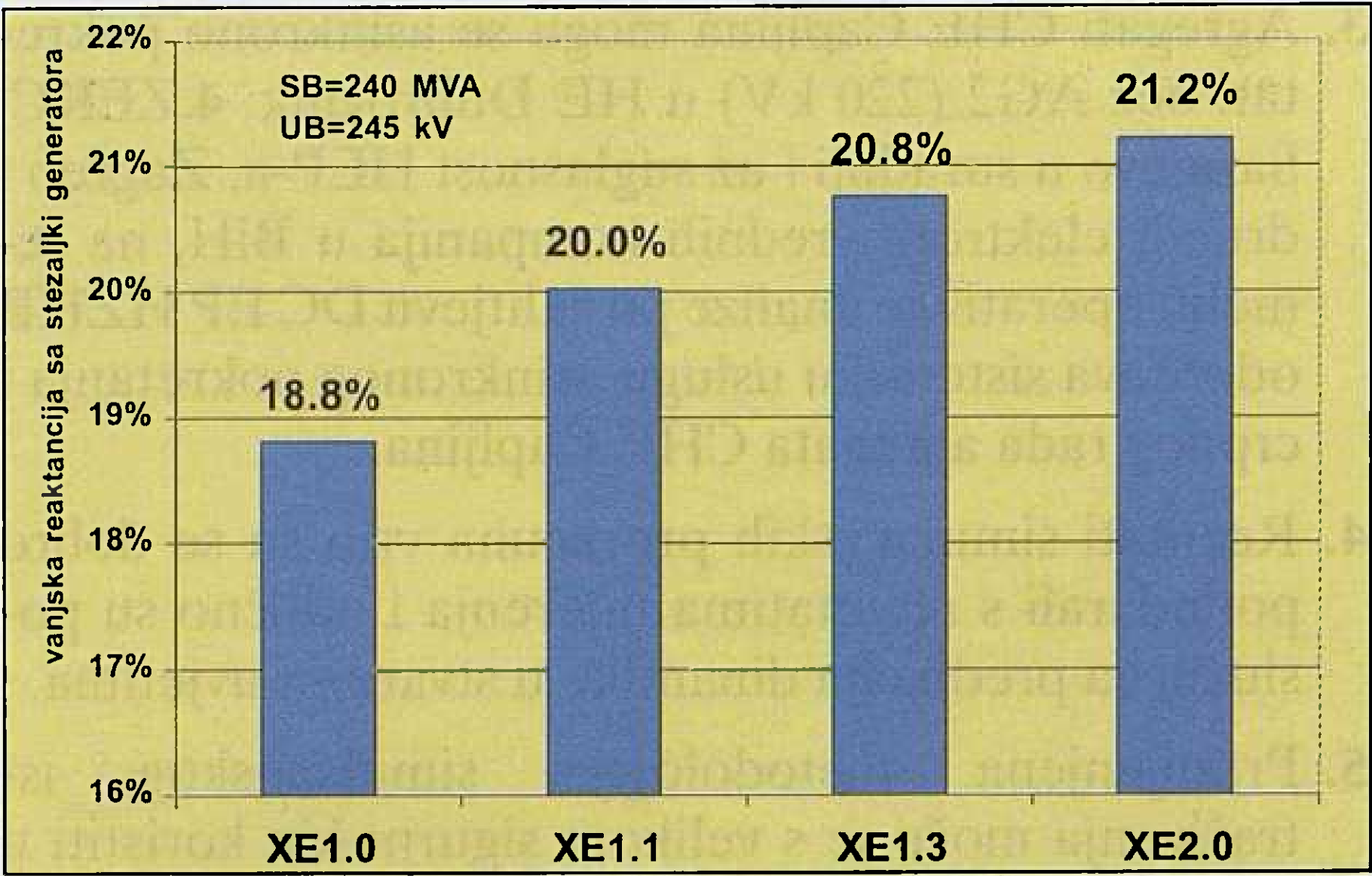
1. da su rezultati zadovoljavajući s obzirom na vanjsku reaktanciju sustava koja je u skladu s rezultatima proračuna dobivenim u Studiji na modelu EES-a;
2. da je zalet moguć i bez HE Dubrovnik; 3. da se asinkroni zalet jednog agregata treba načiniti uz potporu drugog agregata u CHE Čapljina u generatorskom pogonu.

6.2. Asinkroni zalet AG-1

Pokus asinkronog zaleta agregata AG-1 izvršen je 21. ožujka 2002. godine u 23:00 sati. Prethodno je, u skladu s Operativnim programom, od zapovjednih i ispitnih centara dobivena potvrda o spremnosti sustava i postrojenja u skladu sa zahtjevanom konfiguracijom i da

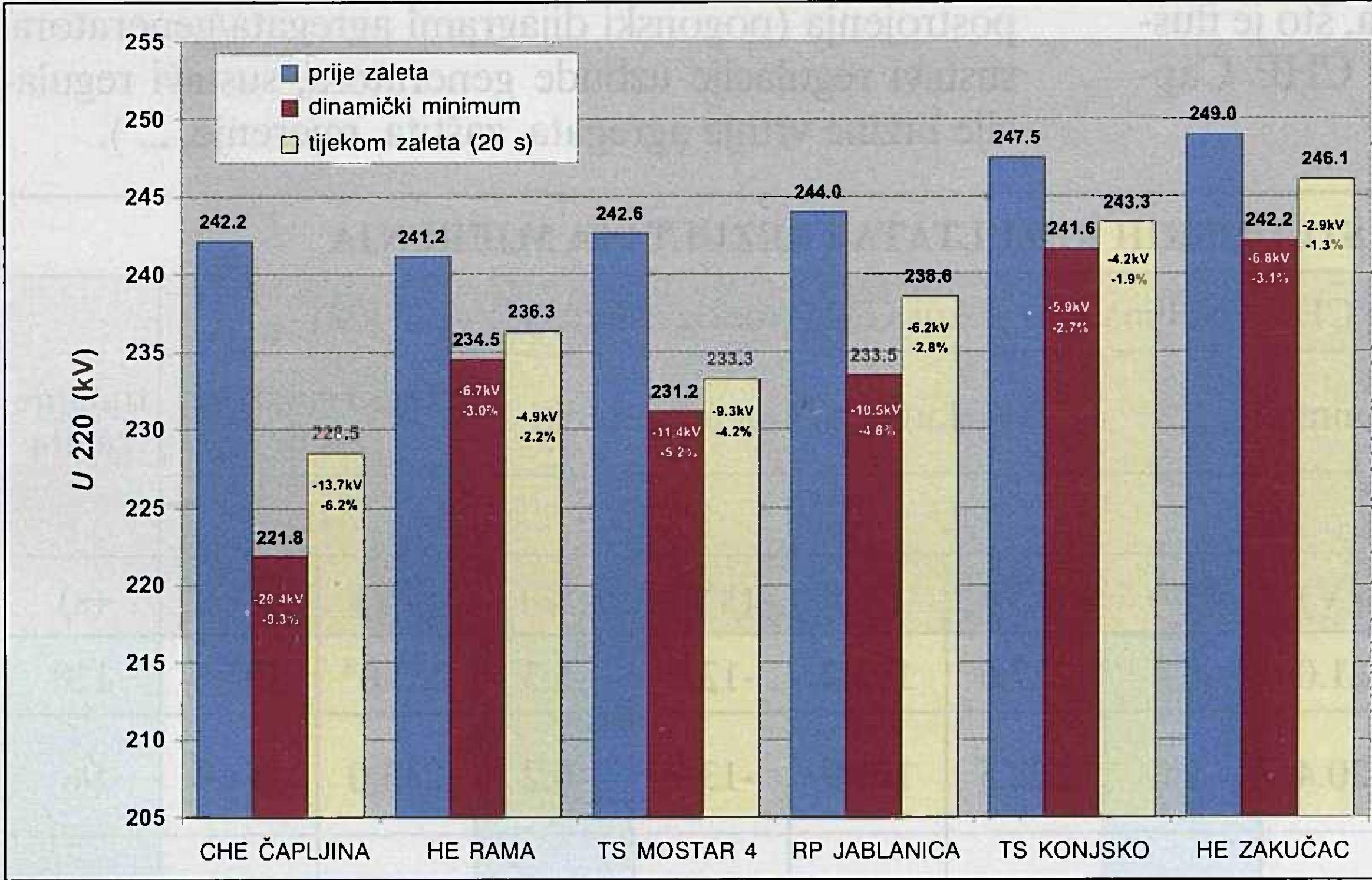


Slika 5. Naponska krutost 220 kV čvora CHE Čapljina

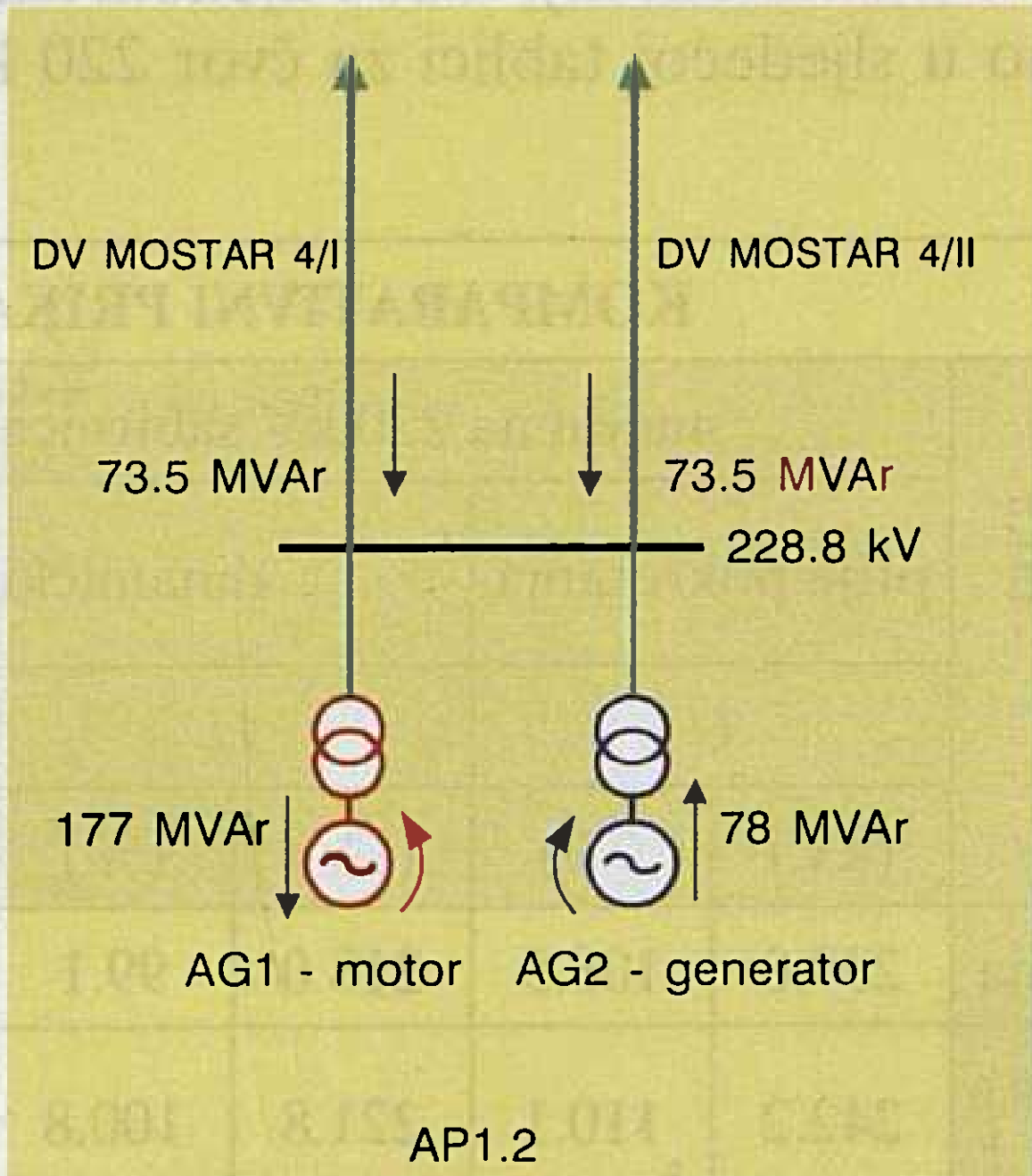


Slika 6. Ekvivalentna reaktancija sustava gledano iz čvora CHE Čapljina
XE1.0 - S_{k3} "=4016 MVA
XE1.1 - S_{k3} "=3275 MVA
XE1.3 - S_{k3} "=2916 MVA
XE2.0 - S_{k3} "=2765 MVA

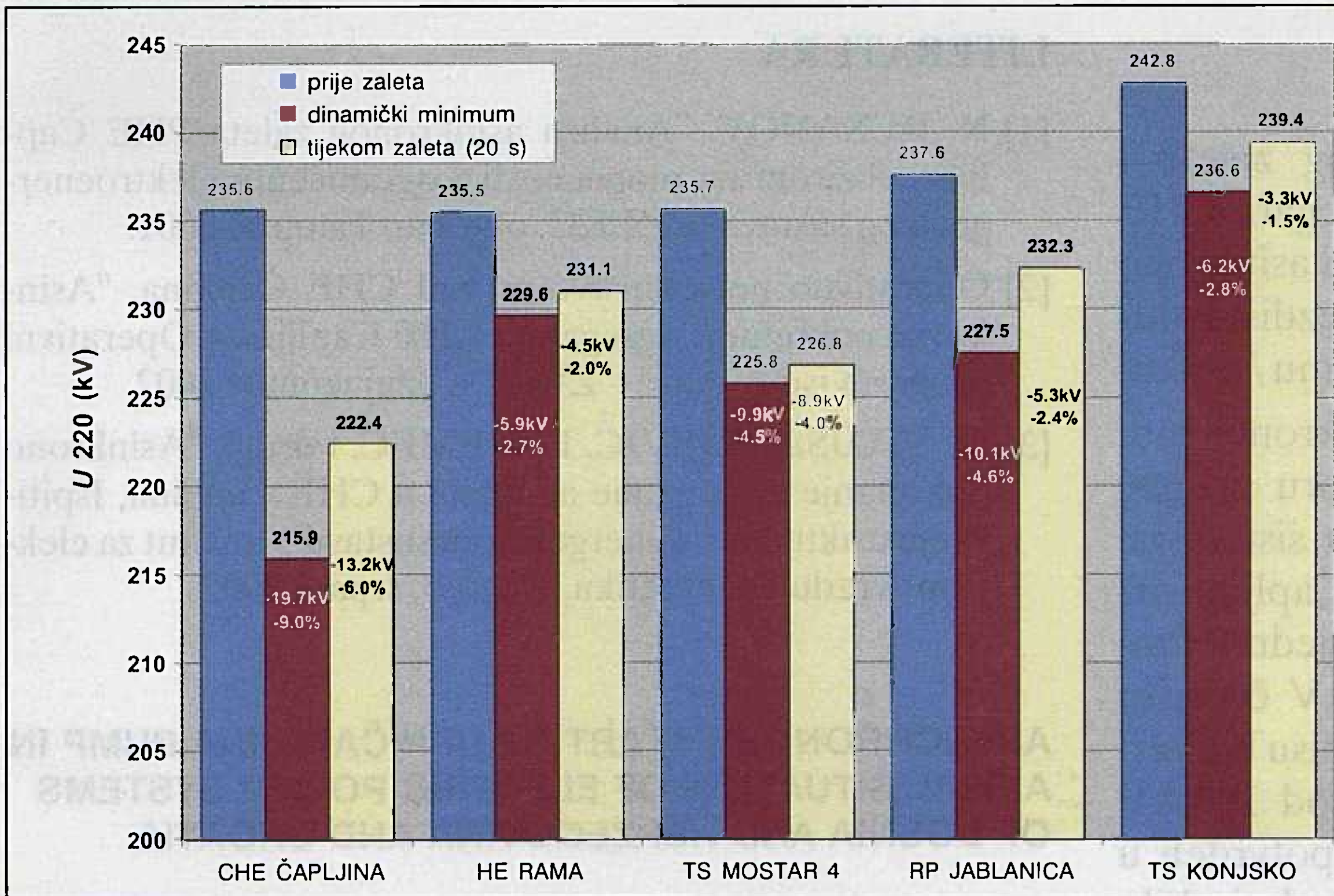
su načinjeni zapisi stacionarnog stanja (naponi, dje-latne i jalove snage). Izvršena je sinkronizacija genera-tora AG-2 i odvodnjavanje turbinskog prostora AG-1. U prvom pokušaju, iako je postignuta sinkrona brzina, nije došlo do uključenja uzbude, odnosno sinkronizacije motor/generatora na mrežu zbog greške na hidrauličkom ventilu. Unatoč tome može se smatrati da je prvi pokus asinkronog zaleta, s aspekta sistemske usluge, bio usp-ješan. Ponovni zalet pokušao je pri istim uvjetima 22. ožujka u 00:11 sati i bio je uspješan u cijelosti. Asinkroni zalet motor/generatora s automatskom sinkronizacijom je trajao 96 sekundi i protekao je bez ikakvih problema u sustavu. Naponske prilike u karakterističnim 220 kV čvo-rištima mreže neposredno prije početka zaleta u samom početku zaleta i 20 sekundi nakon početka zaleta prika-zani su na slici 7, a raspodjela jalovih snaga po agregatima CHE Čapljina i DV 220 kV Mostar 4 – CHE Čapljina 20 sekundi nakon početka zaleta na slici 8.



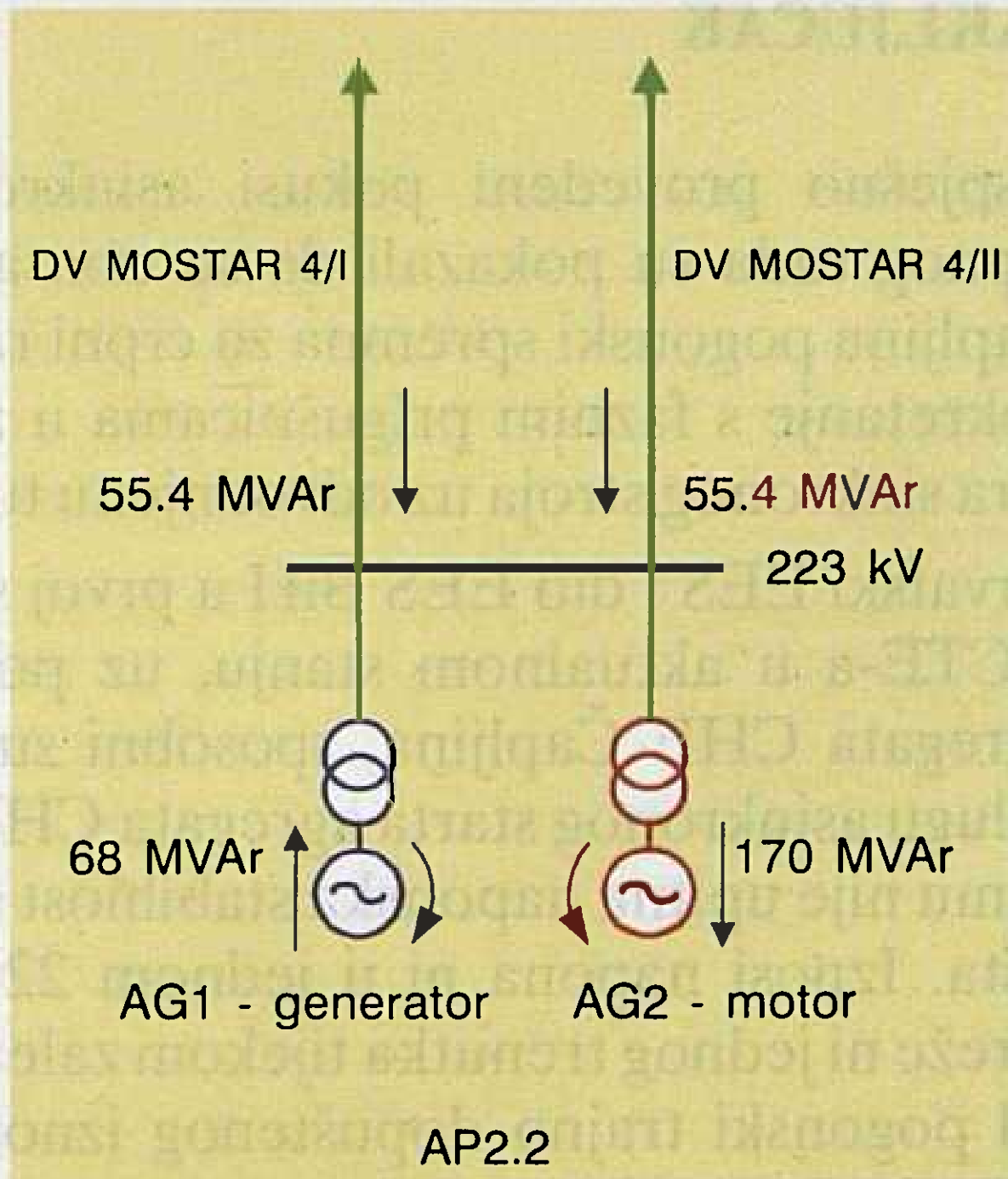
Slika 7. Naponski profil u mreži 220 kV tijekom pokusa asinkronog zaleta AG-1



Slika 8. Tokovi jalovih snaga u CHE Čapljina 20 sekundi nakon početka asinkronog zaleta AG-1



Slika 9. Naponski profil u mreži 220 kV tijekom pokusa asinkronog zaleta AG-2



Slika 10. Tokovi jalovih snaga u CHE Čapljina 20 sekundi nakon početka asinkronog zaleta AG-2

6.3. Asinkroni zalet AG-2

Pokus asinkronog zaleta AG-2 izvršen je 22. ožujka 2002. godine u 22:32 sati na isti način kao i zalet AG-1, ali s početno nešto nižim naponima u 220 kV mreži nego u slučaju zaleta AG-1(vidi sliku 7 i sliku 9). Naponski profil u mreži 220 kV prikazan je na slici 9, dok je na slici 10 prikazana raspodjela jalovih snaga po agregatima CHE Čapljina i na 220 kV dalekovodu Mostar 4 – CHE Čapljina 20 sekundi nakon početka zaleta.

7. KOMPARATIVNA ANALIZA REZULTATA

Komparativna analiza rezultata pokazuje veoma dobro podudaranje vrijednosti napona i trajanja zaleta dobivenih simulacijom na modelu EES-a 1 i izmjerenih vrijednosti kod pokusa asinkronog zaleta u realnom sustavu, kako u trenutku uključenja motor/generatora (dinamički minimum), tako i tijekom zaleta, što je ilustrirano u sljedećoj tablici za čvor 220 kV CHE Čapljina.

3. Agregati CHE Čapljina mogu se asinkrono pokretati bez AG2 (220 kV) u HE Dubrovnik.
- 4.ZEKC, Sarajevo u suradnji i uz suglasnost HEP-a, Zagreb i drugih elektroprivrednih kompanija u BiH, na temelju operativne analize po zahtjevu DC EP HZHB odobrava sistemsku uslugu asinkronog pokretanja i crpnog rada agregata CHE Čapljina.
4. Rezutati simulacijskih proračuna vrlo su se dobro podudarali s rezultatima mjerenja i odlično su poslužili za predikciju dinamike u stvarnim uvjetima.
5. Primijenjena metodologija simulacijskog istraživanja može se s velikom sigurnošću koristiti u ocjeni sposobnosti sustava i definiranju minimalno potrebnih uvjeta u sustavu za pružanje sistemske usluge asinkronog starta agregata crpno akumulacijske elektrane.
6. Bilo bi korisno i potrebno pokrenuti aktivnosti na sređivanju baze tehničkih podataka izvedenog stanja postrojenja (pogonski dijagrami agregata/generatora, sustavi regulacije uzbude generatora, sustavi regulacije brzine vrtnje agregata, zaštita, mjerenje, ...).

KOMPARATIVNI PRIKAZ STUDIJSKIH REZULTATA I REZULTATA MJERENJA													
izvor podataka	napon na 220 kV sabirnicama CHE Čapljina kod pokusa asinkronog zaleta ($U_n=220$ kV)												trajanje zaleta
	prije pokretanja		dinamički minimum				20 sekundi nakon pokretanja				nakon sinkronizacije		
	U		U		ΔU		U		ΔU		U		
	(kV)	(%)	(kV)	(%)	(kV)	(%)	(kV)	(%)	(kV)	(%)	(kV)	(%)	
Studija	239.0	108.5	218.0	99.1	-21.0	-9.4	227.0	103.2	-12.0	-5.3	223.0*	105.5	118
pokus s AG - 1	242.2	110.1	221.8	100.8	-20.4	-9.3	228.5	103.9	-13.7	-6.2	245.0	111.4	96
pokus s AG - 2	235.6	107.1	215.9	98.1	-19.7	-9.0	222.4	101.1	-13.2	-6.0	236.0	107.2	118

* pri dostizanju sinkrone brzine, bez sinkronizacije (uključenja uzbude).

8. ZAKLJUČAK

1. Uspješno provedeni pokusi asinkronog zaleta i crpnog rada su pokazali da su oba agregata CHE Čapljina pogonski spremna za crpni rad i asinkrono pokretanje s faznim prigušnicama u zvjezdistu statora sinkronog stroja uz odvodnjenu turbinu / crpku.
2. Hrvatski EES i dio EES BiH u prvoj sinkronoj zoni UCTE-a u aktualnom stanju, uz potporu drugog agregata CHE Čapljina, sposobni su za sistemsku uslugu asinkronog starta agregata CHE Čapljina pri čemu nije upitna naponska stabilnost susjednih čvorišta. Iznosi napona ni u jednom 220 kV čvorištu mreže ni jednog trenutka tijekom zaleta nisu bili niži od pogonski trajno dopuštenog iznosa od 198 kV (90%). Ovaj zaključak je u potpunosti potvrđen u periodu svibanj-listopad 2002. godine kada je bilo više upuštanja agregata CHE Čapljina u redovni crpni pogon.

LITERATURA

[1] N. RUSANOV, "Analiza asinkronog zaleta PHE Čapljina obzirom na mogućnosti i ograničenja elektroenergetskog sustava" – ZEK, oktobar/ listopad 2001.

[2] Operativno povjerenstvo za rad CHE Čapljina, "Asinkrono pokretanje agregata u CHE Čapljina – Operativni program ispitivanja" – ZEK – ožujak/mart 2002.

[3] M. STOJSAVLJEVIĆ, D. NEMEC, i drugi, "Asinkrono pokretanje i pumpanje agregata u CHE Čapljina, Ispitivanje u aktualnom energetskom sustavu", Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb, srpanj 2002.

ASYNCHRONOUS START OF HPP ČAPLJINA PUMP IN A REAL SITUATION OF ELECTRIC POWER SYSTEMS OF BOSNIA AND HERZEGOVINA AND CROATIA

Analysis of the electric power system operation and usage of available energy resources in real circumstances of topology structure and electric energy circumstances in the

transmission network of Bosnia and Herzegovina and Croatia, especially in the region of mid and south Dalmatia (so called Adriatic Road), has given rise to the question of reversible hydro power plant Čapljina's utilization of 2X240 MW and to considering occasions created by open electric energy market.

From the technical point of view there are two problems, i.e. system services: 1) asynchronous aggregate start and 2) transmission of power and energy for pump operation under circumstances of lower system reliability. The research has shown that from the point of voltage, dynamic and reactive power, asynchronous start is possible with phase reactances in generator neutral point with water-free turbine/pump (mode P1).

During start up, generators near connecting point of pump HPP Čapljina (TS Mostar 4) are nominally loaded by reactive power. The operation and support of the other aggregate in pump HPP Čapljina in generator mode significantly improves considering voltage and reactive power in that part of the system during start up.

Two possibilities of power and energy supply for pumping are analyzed: 1) from thermal power plants of Bosnia and Herzegovina and 2) from UCTE interconnection. In the UCTE variant problems could arise with (n-1) criteria of reliability and criteria of bottlenecks on the part of the Adriatic Road in the electric power system of Croatia.

Based on calculation results during three nights in March 2002 successful trials of asynchronous start ups and pumping with two aggregates of pump HPP Čapljina were realized under real conditions.

ASYNCHRONER ANLAUF EINES TURBOSATZES IM PUMPENSPEICHERWERK (=CHE) "ČAPLJINA" BEI BESTEHENDEN UMSTÄNDEN IN DEN ENERGIEVERSORGUNGSSYSTEMEN BOSNIEN-HERZEGOVINA'S UND KROATIENS.

Bei der Untersuchung der Betriebsweisen elektroenergetischer Systeme und der Ausnutzung elektroenergetischer Anlagen unter den Bedingungen Ihrer tatsächlichen Lage und Anordnung, sowie unter den energetischen Umständen im Übertragungsnetz sowohl Bosnien-Herzegovina's, als auch Kroatiens, besonders im Bereich von Süd- und Mitteldalmatien (Adriatische Übertragungshauptader) stellen sich die Fragen möglicher Nutzung der Eigenschaften des 2x240 MW Pumpenspeicherwerkes "Čapljina" und der günstigen, vom offenen Strommarkt angebotenen, Gelegenheiten.

Aus der technischen Sicht erweisen sich zwei Grundprobleme, bei beiden möglichen Dienstleistungen: 1) Asyn-

chroner Anlauf eines Turbosatzes (direkt, oder mit Drosselspulen im Sternpunkt des Generators, bei entwässertem Raum der Turbine/Pumpe) und 2) Leistungs- und Energieübertragung für die Speicherungsarbeit in den Bedingungen beschränkter Verfügbarkeit des Systems. Aus der Sicht der Spannungsdynamik und der Blindleistungen deuten die Untersuchungen auf die Möglichkeit des asynchronen Anlaufes des Turbosatzes mit Drosselspulen im Sternpunkt des Generators beim entwässerten Raum der Turbine/Pumpe. (Dienstleistung 1).

Während des Anlaufes werden dem Anschlusspunkt vom Pumpenspeicherwerk "Čapljina" (UW "Mostar 4") näher liegende Generatoren mit nomineller Blindleistung belastet. Die Unterstützung des zweiten Turbosatzes in "Čapljina" in Erzeugungsschaltung verbessert wesentlich -während des Anlaufs- die Spannungs und Blindleistungsverhältnisse in diesem Teil des Systems,.

Zwei Varianten der Sicherung von Leistung und Energie für die Pumparbeit sind erörtert worden: 1) aus den Dampfkraftwerken des Stromversorgungssystems von Bosnien Herzegovina und 2) aus der Interkonection mit dem UCTE. In dieser 2. Variante sind, laut dem (n-1) Kriterium der Verfügbarkeit und dem Engpasskriterium in einem Teil des adriatischen Übertragungshauptaders im Versorgungssystem Kroatiens, Schwierigkeiten möglich.

Auf Grund der Ergebnisse durchgeführter Berechnungen sind in drei Nächten im März des Jahres 2002 erfolgreiche Versuche des asynchronen Anlaufs und der Pumparbeit mit beiden Sätzen des (=CHE) "Čapljina" in realen Bedingungen durchgeführt worden.

Naslov pisaca:

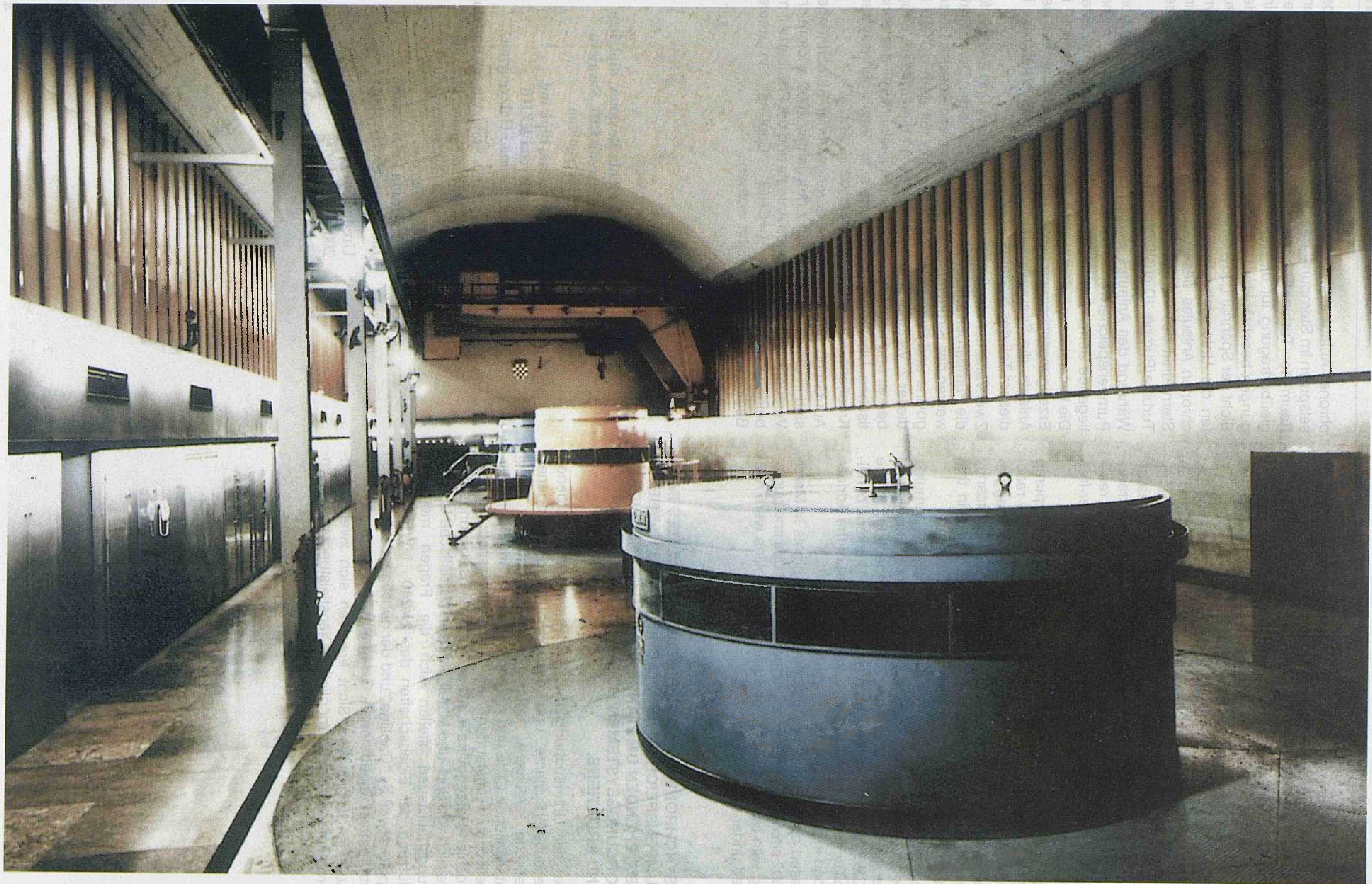
Mr. sc. Nikola Rusanov, dipl. ing.
Elektroprivreda BiH, Sarajevo
Bosna i Hercegovina

Srećko Vučina, dipl. ing.
Elektroprivreda HZHB
Mostar, Bosna i Hercegovina

mr. sc. Milan Stojšavljević, dipl. ing.
mr. sc. Darko Nemec, dipl. ing.
Institut za elektroprivredu
i energetiku d.d.

Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2003 – 07 – 09.



OPRAVDANOST PROŠIRENJA 400 kV MREŽE I PRIMJENA TEHNOLOGIJE KOMPAKTIRANJA

Ivan G r o z d a n i ć, Zagreb

UDK 621.316.1:621.311.1
PREGLEDNI ČLANAK

Koncipiran je pristup proširenja i rekonstrukcije prijenosne mreže, povećanja sigurnosti, povećanja prijenosne moći i smanjenja gubitaka.

Predloženo je idejno i tehnološko rješenje proširenja elektroenergetskog sustava 400 kV i uspostave treće energetske veze sjever – jug s rješenjima za postizanje veće sigurnosti, na prijelazu Velebita i podvelebitskog primorja.

Temeljem objavljenih gubitaka u elektroenergetskoj mreži HEP-a za 2001. godinu 2, su procijenjeni gubici po naponskim razinama i elementima prijenosne mreže. Također su procijenjeni gubici na dalekovodima 220 kV Konjsko – Brinje i 400 kV Konjsko – Meline.

Opisana je i prikazana fizikalna slika tehnologije kompaktiranja, primjena pokretnih konzola u ekstremnim klimatskim uvjetima s mogućnošću povećanja sigurnosti postojećih dalekovoda.

Analizirana je opravdanost primjene tehnologije kompaktiranja, slika 1.

Ključne riječi: sigurnost pogona EES-a, gubici u prijenosu, proširenje i rekonstrukcija prijenosne mreže, djelatni otpor, smanjenje gubitaka u prijenosnoj mreži, pretvorba i udvostručenje kompaktiranjem, pokretna konzola, oblik "bačva" ≡ "dvostruka jela".

1. UVOD

Postojeća 400 kV prijenosna mreža Hrvatske ima sljedeće karakteristike:

- jednostruka 400 kV longitudinalna veza,
- povećana vjerojatnost pojave njihanja snage i gubitka stabilnosti,
- osjetljivost isključenja 400 kV mreže za potrebe redovnog održavanja,
- nedovoljni prijenosni kapacitet 400 kV vodova za potrebe interkonjekcijskog pogona,
- povećani gubici u prijenosu električne energije (istok – zapad),
- izloženost vremenskim nepogodama (sjever – jug).

Budući da Hrvatska raspolaže skromnim zalihama primarnih izvora energije, te uvažavajući karakteristike postojeće 400 kV prijenosne mreže, nužno bi bilo pristupiti pripremi proširenja i rekonstrukcije 400 kV mreže.

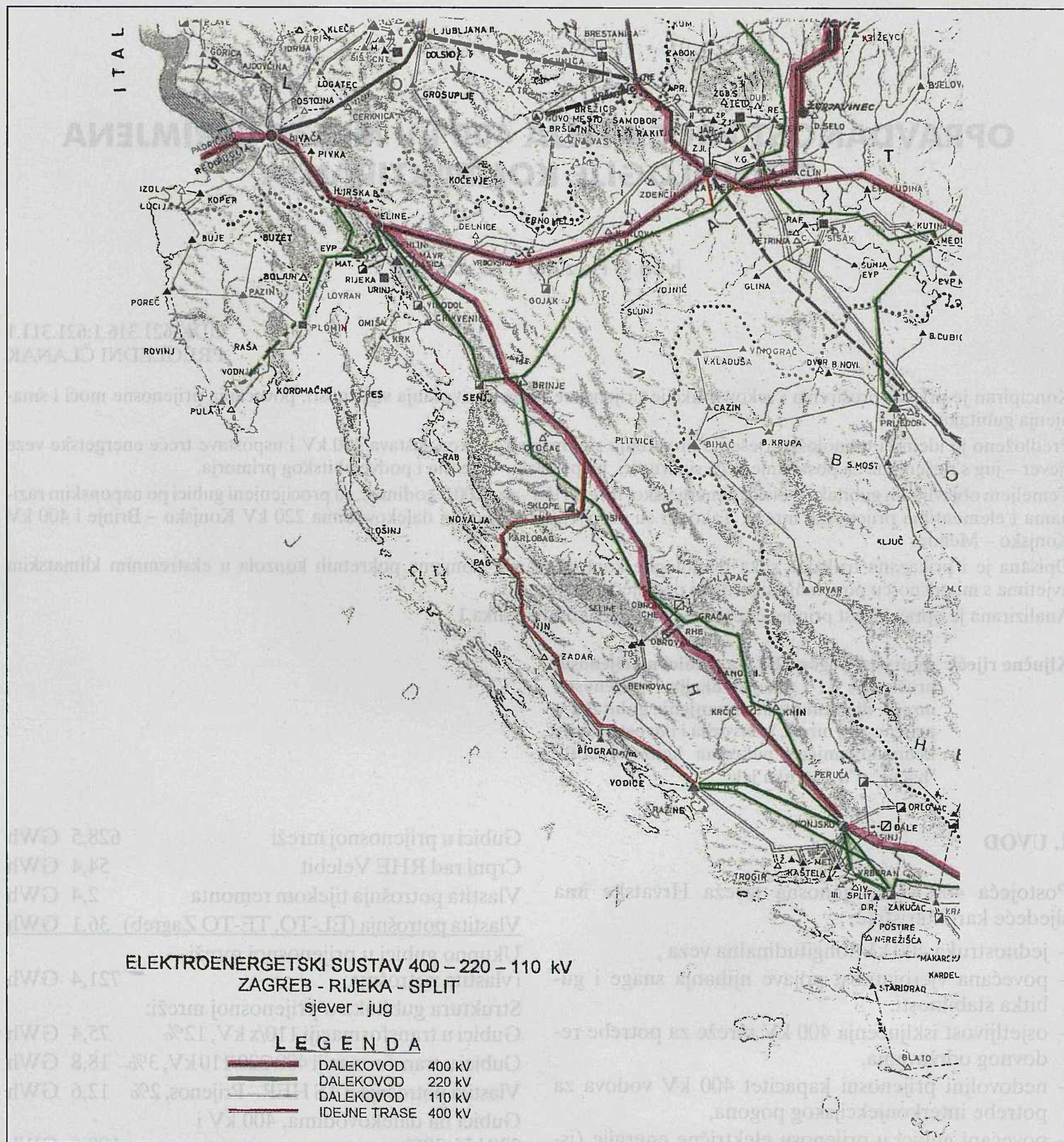
2. PROCJENA GUBITAKA U PRIJENOSNOJ MREŽI ZA 2001. GODINU

Temeljem službenih podataka za 2001. godinu i znanstveno obrađenih rješenja tehnologije kompaktiranja 4, 6, procijenjeni su sljedeći gubici:

Gubici u prijenosnoj mreži	628,5 GWh
Crpni rad RHE Velebit	54,4 GWh
Vlastita potrošnja tijekom remonta	2,4 GWh
<u>Vlastita potrošnja (EL-TO, TE-TO Zagreb)</u>	<u>36,1 GWh</u>
Ukupno gubici u prijenosnoj mreži i vlastita potrošnja:	721,4 GWh
Struktura gubitaka u prijenosnoj mreži:	
Gubici u transformaciji 110/x kV, 12%	75,4 GWh
Gubici u transformaciji 400/220/110 kV, 3%	18,8 GWh
Vlastita potrošnja u TS HEP – Prijenos, 2%	12,6 GWh
Gubici na dalekovodima, 400 kV i 220 kV, 30%	188,6 GWh
<u>Gubici na dalekovodima 110 kV, 53%</u>	<u>333,1 GWh</u>
Ukupno gubici u prijenosnoj mreži:	628,5 GWh

Najveći iznos gubitaka na dalekovodima 110 kV upućuje na studijski pristup u traženju rješenja za smanjenje tih gubitaka. Za potrebe povećane sigurnosti pogona i smanjenja gubitaka u 110 kV mreži, potrebno bi bilo udvostručiti najopterećenije 110 kV dalekovode (okruženje Zagreba).

Gubici na dalekovodima sastoje se od prevladavajućeg dijela djelatnih (radnih) gubitaka ovisnih o opterećenju te od manjeg dijela tehnoloških gubitaka, neovisnih o opterećenju (gubici korone, dielektrični gubici i gubici zbog odvodnih struja na izolatorima



Slika 1.

dalekovoda). Procjenjuje se da su djelatni gubici od 10 do 20 puta veći od tehnoloških gubitaka.

Poznati su djelatni gubici (I^2R) dalekovoda s tipiziranim užetima vodiča pri maksimalnim dopustivim strujama opterećenja, za koje se dalekovodi projektiraju i grade [3].

dalekovodi 110 kV 240/40-Al/Č 605 A, 0,1187 Ω /km 43447 W/km
dalekovodi 220 kV 360/57-Al/Č 780 A, 0,0802 Ω /km 48794 W/km
dalekovodi 400 kV 490/65-Al/Č 951 A, 0,0590 Ω /km 53360 W/km

Povećanjem presjeka vodiča djelatni otpor se smanjuje, na 50% za dva užeta u vodiču i na $\approx 33\%$ za tri užeta u vodiču. Smanjenje gubitaka moguće je tražiti u

smanjenju otpora, tj. u projektantskim rješenjima koja omogućuju povećanje presjeka (broja užeta) vodiča i tehnologiji kompaktiranja s pokretnim konzolama, koje povoljnije opterećuju stupove i temelje.

2.1. Gubici na DV 400 kV i DV 220 kV sjever – jug i mogućnost smanjenja gubitaka

Uz prosječni iznos iskorištenja dalekovoda 400 kV i 220 kV (sjever – jug) od 15% za 2001. godinu, (400 kV Konjsko – Meline i 220 kV Konjsko – Brinje), dobili bismo ukupne gubitke na tim dalekovodima 28,3

energija

ČASOPIS HRVATSKE ELEKTROPRIVREDE

SADRŽAJ ENERGIJE U 2003. GODINI

	str.	br.		str.	br.
<i>Klepo, M.</i> : Okvir i sadržaj regulacije energetskog sektora kroz organizaciju i rad Vijeća za regulaciju energetske djelatnosti	5	1	<i>Majstrović, M. – Sarajčev, P.</i> : Naponske prilike uzduž samonosivog optičkog kabela ovješnog na stupove visokonaponskog voda.....	195	3
<i>Banovac, E.</i> : Prikaz postupka izdavanja dozvole za obavljanje energetske djelatnosti kao temelja regulacije energetskog sektora	19	1	<i>Uran, V.</i> : Određivanje cijene pare i električne energije	201	3
<i>Kalea, M.</i> : Tretman gubitaka u naknadi za korištenje prijenosne i distribucijske mreže.....	25	1	<i>Božičević Vrhovčak, M. – Jakšić, D. – Kovačević, T.</i> : Zeleni certifikati: tržišni mehanizam potpore obnovljivim izvorima energije	207	3
<i>Wilson, A.</i> : Finding Business Performance Improvements through Telecommunications Re-engineering.....	31	1	<i>Javornik Vončina, S.</i> : Prikaz stanja normizacije i regulative vezane uz komuniciranje elektroenergetskim vodovima, PLC – I. dio: Normizacija PLC-a	213	3
<i>Krstulja, B. – Komin, V.</i> : Model i organizacija službe vođenja distribucijske mreže	35	1	<i>Sabolić, D.</i> : Utjecaj kvalitete PLC medija na kapacitet sustava automatskog očitavanja brojila	251	4
<i>Sabolić, D.</i> : O statičkim svojstvima impulsnog šuma na distribucijskoj mreži.....	45	1	<i>Dvornik, D.</i> : Razvoj (de)regulacije i preporuke za tranzicijska gospodarstva	265	4
<i>Šander, M.</i> : Parna turbina u kombikogeneracijskom postrojenju TE-TO Zagreb.....	59	1	<i>Šegon, V. – Domac, J.</i> : Biomasa na današnjem tržištu električne energije: prikaz stanja i mogućnosti.....	275	4
<i>Goić, R.</i> : Moguće opcije razvoja tržišta električne energije u Hrvatskoj.....	93	2	<i>Uran, V.</i> : Suizgaranje sekundarnog goriva s fosilnim gorivima radi proizvodnje toplinske i električne energije.....	285	4
<i>Uran, V.</i> : Određivanje najniže cijene pare za proizvodnju toplinske i električne energije	105	2	<i>Vujević, D.</i> : Superkondenzatori	295	4
<i>Majstrović, M. – Majstrović, G. – Bajs, D.</i> : Metode za izbor optimalne veličine i lokacije ugradnje kompenzacijskih uređaja.....	115	2	<i>Mateković, I.</i> : Primjena uređaja za zaštitu od prenapona u električnim instalacijama	363	5
<i>Bajs, D. – Majstrović, M. – Majstrović, G.</i> : Optimalna veličina i lokacija ugradnje kompenzacijskih uređaja	127	2	<i>Javornik Vončina, S.</i> : Prikaz stanja normizacije i regulative vezane uz komuniciranje elektroenergetskim vodovima, PLC – II. dio: Regulativa PLC-a.....	375	5
<i>Dvekar, Đ. – Bajić B. – Bacinger, I. – Magdić, D. – Sabolek, J. – Demirović, M.</i> : Potiskivanje vibracija vratila agregata A HE Dubrava zasnovano na detaljnoj dijagnostici rotora.....	141	2	<i>Vilenica, E.</i> : Proračun pokazatelja pouzdanosti tehničkih sustava uporabom Markovljeva procesa	353	5
<i>Santica, I.</i> : Primjeri manjih zahvata u tehničko-izvedbenom dijelu distribucijskog sustava HEP-a koji rezultiraju značajnim materijalnim uštedama	145	2	<i>Santica, I.</i> : Deset podmorskih trasa – sto kilometara podmorskog kabela 35 kV – deset godina pogonske eksploatacije podmorskog dijela programa "Jadranski otoci 35 kV" – iskustva i prijedlozi.....	313	5
<i>Sabolić, D.</i> : Pregled karakteristika šuma na PLC mediju	151	2	<i>Kolega, V.</i> : Važnost donošenja standarda energetske učinkovitosti radi povećanja nacionalnih energetske ušteda	341	5
<i>Mateković, I.</i> : Procjena rizika od prenapona u električnim instalacijama	175	3	<i>Dizdarević, N. – Majstrović, M. – Žutobradić, S.</i> : Distribuirana proizvodnja električne energije.....	321	5
<i>Skansi, R.</i> : GIS u javnoj rasvjeti grada Zagreba.....	185	3	<i>Dizdarević, N. – Majstrović, M. – Žutobradić, S.</i> : Pogon vjetroelektrana.....	445	6

Kolega, V.: Test procedure kao tehnička osnova standarda energetske efikasnosti kućanskih uređaja i uredske opreme.....	467	6
Bajić, B.: Dijagnostika njihanja snage cijevnih agregata HE Dubrava	459	6
Grozdanić, I.: Opravdanost proširenja 400 kV mreže i primjena tehnologije kompaktiranja.....	419	6
Bešlić, V.: Zeleni certifikat tržišta obnovljivih izvora energije.....	207	3
Javorak, V.: Prikaz stanja normiranja i regulative vezane uz komuniciranje elektroenergetskim vodovima, PLC – I dio: Normizacija PLC-a	213	3
Sabok, D.: Uspješni kvaliteti PLC mreža na kapacitet sustava automatskog održavanja profila	221	4
Dvornik, D.: Razvoj (de)regulacije i pripreme za tranzicijska gospodarstva	265	4
Žigon, N. – Ponomarev, A.: Biomasa na današnjem tržištu električne energije: prikaz stanja i mogućnosti	275	4
Čvan, V.: Stizanje sekundarnog goriva s fosilnim gorivima radi proizvodnje toplinske i električne energije	285	4
Krjavec, D.: Superkondenzatori	295	4
Marković, A.: Primjena uređaja za zaštiti od prenapona u električnim instalacijama	303	5
Javorak, V.: Prikaz stanja normiranja i regulative vezane uz komuniciranje elektroenergetskim vodovima, PLC – II dio: Regulativa PLC-a	375	5
Kalenda, E.: Proječni pokazatelji pouzdanosti tehničkih sustava uporabi Markovljev proces	323	5
Zamiat, I.: Deset podmorjskih trasa – sto kilometara podmorjskog kabela 35 kV – deset godina pogonske eksploatacije pod morom: djelo programa "Jadranski otoci 35 kV" – iskustva i prijedlozi	313	5
Kolega, V.: Važnost dopunjenih standarda energetske učinkovitosti radi povećanja nacionalnih energetske uštede	341	5
Disdarević, N. – Majurović, M. – Zuboradić, Z.: Distribuirana proizvodnja električne energije	351	5
Disdarević, N. – Majurović, M. – Zuboradić, Z.: Pogon vjetroelektrana	445	6

Haznadar, Z. – Berberović, S. – Sokolija, K. – Štih, Ž.: Kompozitni polimerni izolatori u prijenosu i distribuciji električne energije....	429	6
Rusanov, N. – Vučina, S. – Stojšavljević, M. – Nemec, D.: Asinkroni start agregata CHE Čapljina u stvarnim uvjetima elektroenergetskih sustava Bosne i Hercegovine i Hrvatske	409	6
Baranović, E.: Prikaz postupka izdavanja dozvole za obavljanje energetske djelatnosti kao temelja regulacije energetske sekcije	19	1
Kolega, V.: Trenutni gubitak u napadi za korištenje prijenosa i distribucije mreže	25	1
Kolovrat, A.: Finding Business Performance Improvements through Telecommunication R&D Engineering	31	1
Krjavec, D. – Kolar, V.: Modeli organizacija službe vođenja distribucijske mreže	35	1
Sabok, D.: O značajnim svojstvima informnog šuma na distribucijskoj mreži	45	1
Žigon, N.: Parna turбина u kombiniranom optičkom postrojenju TE-TO Zagreb	59	1
Goj, R.: Moguće opće razvoja tržišta električne energije u Hrvatskoj	95	2
Uman, N.: Odbijanje napada cijene pare na proizvodnju toplinske i električne energije	105	2
Majurović, M. – Majurović, G. – Bak, B.: Metode za izbor optimalne veličine lokacije ugradnje kompenzacijskih uređaja	115	2
Baja, D. – Majurović, M. – Majurović, G.: Optimalna veličina i lokacija ugradnje kompenzacijskih uređaja	127	2
Dvornik, D. – Bajić, B. – Babić, I. – Magdić, D. – Sabok, D. – Disdarević, M.: Prikaz vanjske vibracije vrata agregata A HE Dubrava zasnovano na detaljnoj dijagnostici fotot	141	2
Zamiat, I.: Primjeri manjih zahvata u tehničko-izvedbenom djelu distribucijskog sustava HEP-a kod rekonstrukcije značajnih materijalnih rješenja	145	2
Sabok, D.: Pregled karakteristika šuma na PLC mreži	151	2
Marković, A.: Procjena rizika od prenapona u električnim instalacijama	175	3
Skurat, A.: GIS u javnoj rasvjeti grada Zagreba	185	3



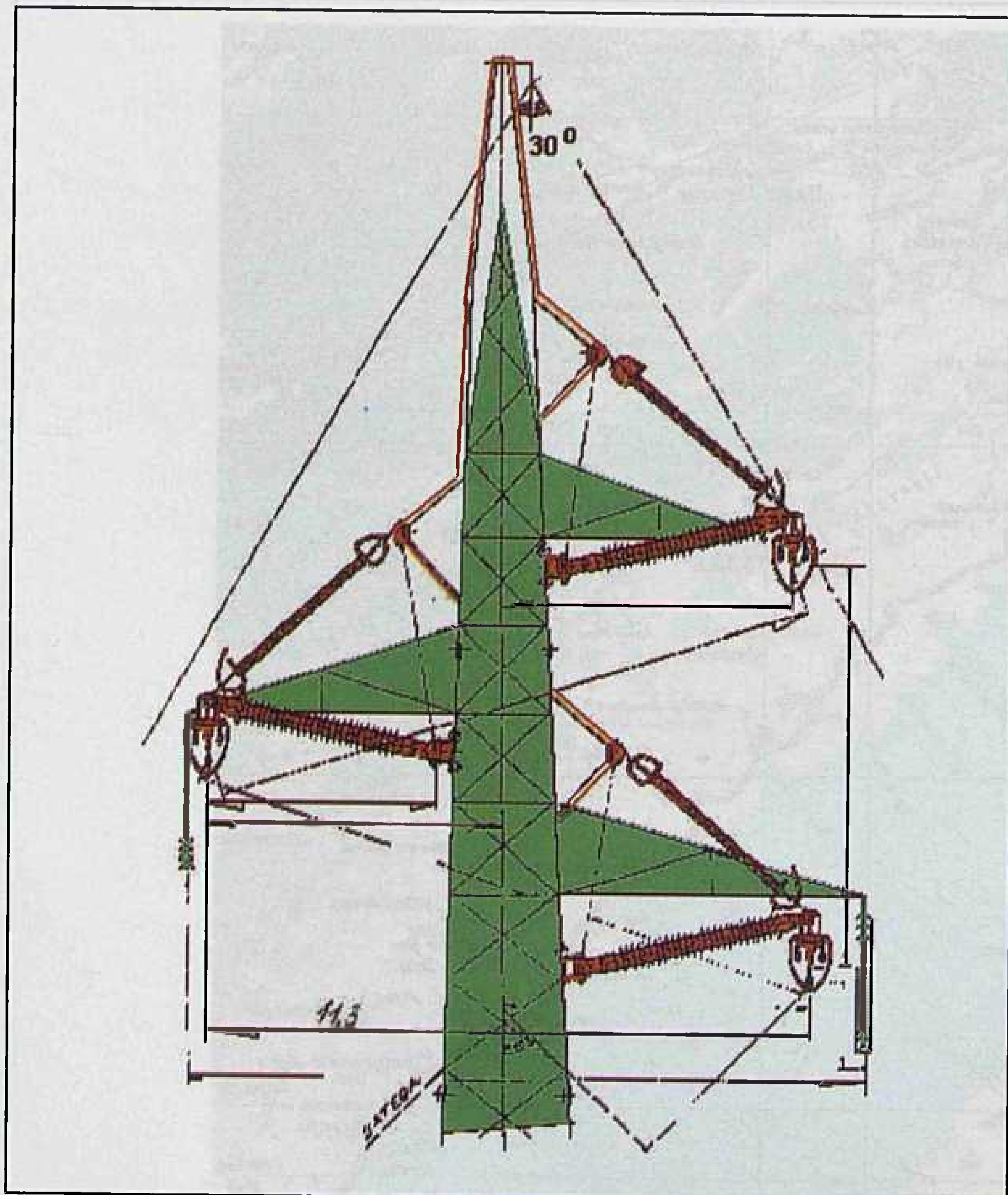
Slika 1.1.

GWh. Nepoznati bi bili tehnološki gubici i dio gubitaka kao posljedica starosti vodiča i izolacije, budući da je DV 220 kV stariji od 40 god. i DV 400 kV stariji od 28 godina.

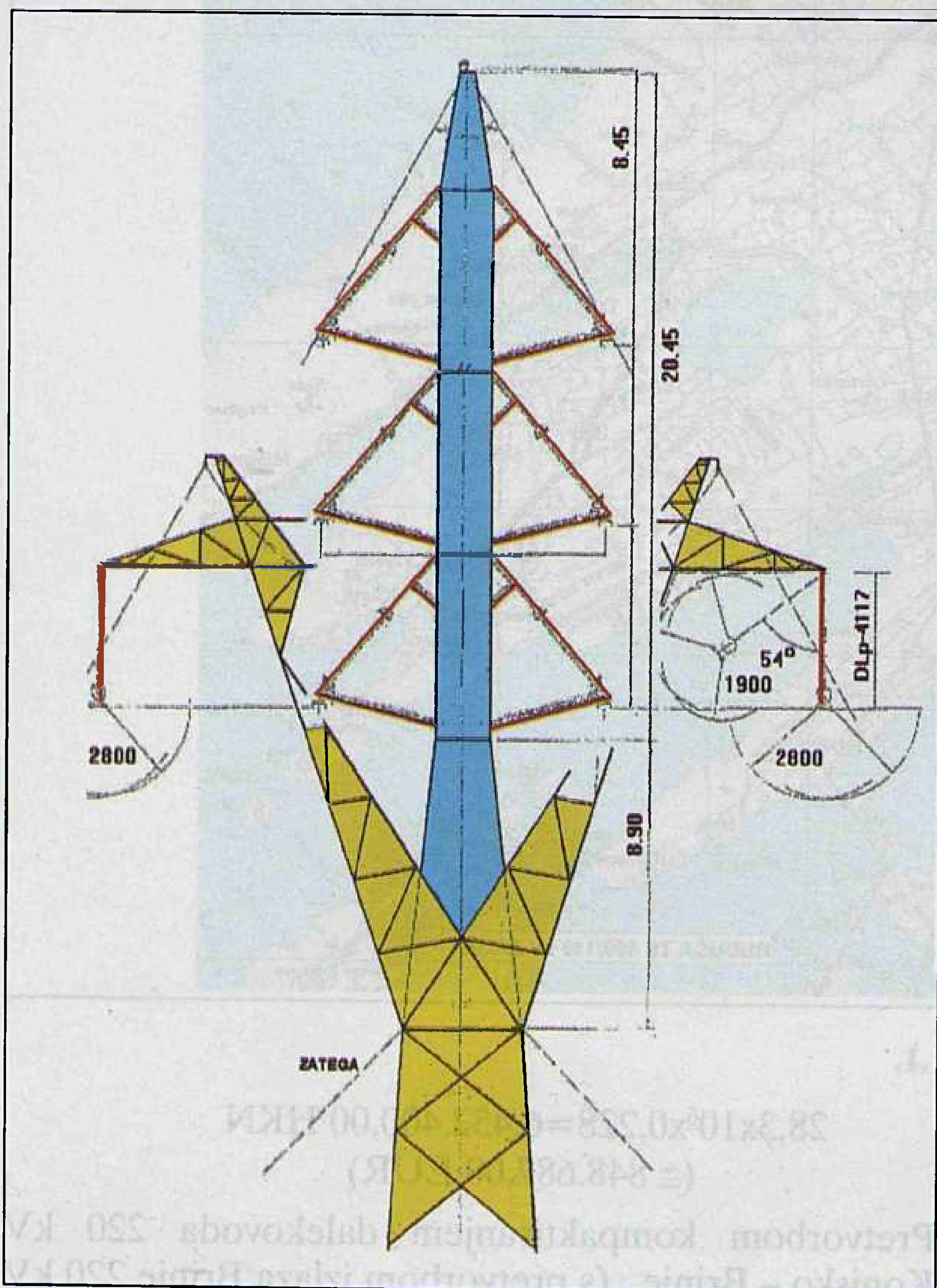
Uz prosječnu cijenu el. energije na mreži prijenosa (1 MWh=30 EUR) za 1MWh= 228 HKN, cijena gubitaka iznosi,

$28,3 \times 10^6 \times 0,228 = 6.452.400,00 \text{ HKN}$
 $(\approx 848.687,00 \text{ EUR})$

Pretvorbom kompaktiranjem dalekovoda 220 kV Konjsko – Brinje , (s pretvorbom izlaza Brinje 220 kV 3,83 km izvan funkcije) u dalekovod 400 kV, slika 2 i udvostručenjem dionice dalekovoda 400 kV Brinje – Meline, 59,4 km, slika 3, imali bismo na dionici



Slika 2. Postojeći dalekovod 220 kV Konjsko – Brinje – Mraclin pretvorba kompaktiranjem u dalekovod 400 kV rješenje na nosivom stupu



Slika 3. Postojeći dalekovod 400 kV na stupu oblika Y pretvorba kompaktiranjem u dalekovod 2x400 kV rješenje na nosivom stupu

Konjsko – Meline dvostruki dalekovod 400 kV. Za dvostruki dalekovod djelatni gubici u skladu sa smanjenjem djelatnog otpora, smanjili bi se ispod 50 %.

Zamjenom užeta (vodiča) pri pretvorbi dalekovoda 220 kV i novim užetima na sustavu udvostručenog dalekovoda Brinje – Meline, djelatni otpor bi bio još manji.

Ako bi se umjesto 2 užeta po vodiču, 490/65-Al/Č, prema prijedlogu u idejnom rješenju pretvorbe kompaktiranjem dalekovoda 220 kV Konjsko – Brinje – Mraclin u dalekovod 400 kV, sječanj 2001 5, upotrijebila tri tanja užeta (340/50-Al/Č) po vodiču, postigla bi se optimalna rješenja. Radni otpor smanjio bi se na 33% otpora jednoga užeta, a induktivni otpor bi se smanjio za 17%. Gubici korone bi bili minimalni. Termička prijenosna snaga bi porasla 255 MVA. Prema obavijesti proizvođača užeta bi bila proizvedena u skladu sa standardom DIN 48204. Masa, odnosno cijena vodiča 3 užeta porasla bi 9% u odnosu na masu vodiča 2 užeta 490/65-Al/Č.

Kompaktiranjem (smanjenjem geometrije) induktivni otpor bi se također smanjio, što bi uz smanjenje induktivnog otpora s tri užeta u vodiču, povećalo prirodnu snagu i pridonosilo smanjenju radnih i tehnoloških gubitaka.

Procijenjena ušteda u gubicima bi iznosila 500.000,00 EUR na godinu.

Za zaključiti je da bi kompaktiranje vodova bilo tehnički i ekonomski opravdano.

Prema raspoloživim podacima o opterećenju i iskorištenju 400 kV mreže, opravdanim i prioritetnim bi se pokazalo i udvostručenje DV 400 kV Tumbri – Meline.

3. KONCEPT PROŠIRENJA PRIJENOSNE MREŽE

3.1. Smanjenje gubitaka u prijenosnoj mreži

Opravdano bi bilo na interkonjekcijama uspostaviti paralelne veze pretvorbom kompaktiranjem dalekovoda 220 kV u 400 kV i udvostručenjem dalekovoda 400 kV. Optimalna rješenja bi se postizala na pravcima sjever – jug i istok – zapad.

Bilo bi opravdano i udvostručenje postojećih dalekovoda 110 kV, višeg stupnja opterećenja (iskorištenja), postupna pretvorba dalekovoda 35 kV u dalekovode 110 kV (prioritetno s ulogom u prijenosu) kao i rekonstrukcija zastarjelih vodova 10 kV i distributivnih mreža s prekoračenjem dopustivog pada napona do potrošača (10 %).

Za dio ukupnih gubitaka u postojećoj distributivnoj mreži koje nije moguće tehnički objasniti, predpostavlja se da je otuđena energija.

Primjena tehnologije kompaktiranja i rekonstrukcija dalekovoda, zastarjelih distributivnih vodova i mreža, zajedno s rješavanjem otuđivanja energije, rezultirali bi značajnim smanjenjem ukupnih gubitaka.

Prema službenom izvješću gubici u 2001. godini iznosili su:

gubici dalekovoda, 110, 220 i 400 kV	521,7 GWh
gubici u distribuciji (ukupno),	1833 GWh
Zajedno,	2354,7 GWh
Troškovi gubitaka na prijenos. mreži, 1 kWh=0,228 HKN,	118.947.600,00 HKN
Troškovi gubitaka na distribu. mreži, 1 kWh=0,28 HKN,	513.240.000,00 HKN
Troškovi gubitaka, ukupno,	632.187.600,00 HKN
Za 1 EUR=7, 6028 HKN	
ukupni gubici bi iznosili,	83.151.944,00 EUR

Potrebna bi bila studijska obrada i planiranje rješenja, kako bi obnova elektroprijenosne mreže prerasla u održivi razvoj s primjenom rješenja zaštite okoliša.

Lokacija dalekovoda na terenu i tehnologija kompaktiranja omogućili bi produžetak pretvorenog dalekovoda 220 kV Konjsko – Brinje, udvostručenjem dionice DV 400 kV Brinje – Meline. Uspostavila bi se dvostruka veza Konjsko-Meline, koja bi (bez prve faze rekonstrukcije 400/220 kV RP Brinje) ojačala južni krak i smanjila gubitke za 500.000,00 EUR na godinu! Paralelna veza Konjsko – Meline bi mogla potrajati do pretvorbe DV 220 kV u 400 kV i rekonstrukcije RP Brinje u TS 400/110 kV.

Porastom opterećenja obnovljene mreže, ušteda u gubicima bi kontinuirano rasla i na kraju obnove elektroprijenosne i distributivne mreže, godišnji gubici bi se (realno) smanjili za 1/3 iznosa ukupnih gubitaka.

Primjenom tehnologije kompaktiranja bi se postizala optimalna ekonomska, sigurnosna, ekološka (zaštite prirode), energetska, estetska i elektromagnetska rješenja.

Primjer ekološkog rješenja; na više od 50% širine koridora postojećih dalekovoda, koji bi se kompaktiranjem udvostručili, alternativa “bačva” “dvostruka jela” (slika 3.), mogla bi se obnoviti vegetacija, šuma bi mogla ponovo rasti!

Za dogradnju i obnovu dalekovoda prijenosne mreže u završnoj fazi razvoja nalaze se najmodernija rješenja prijenosa električne energije, **tehnologija kompaktiranja**. Primjena tehnologije bila bi perspektivna 1 i u skladu s važećom regulativom u našoj zemlji i Europskoj uniji.

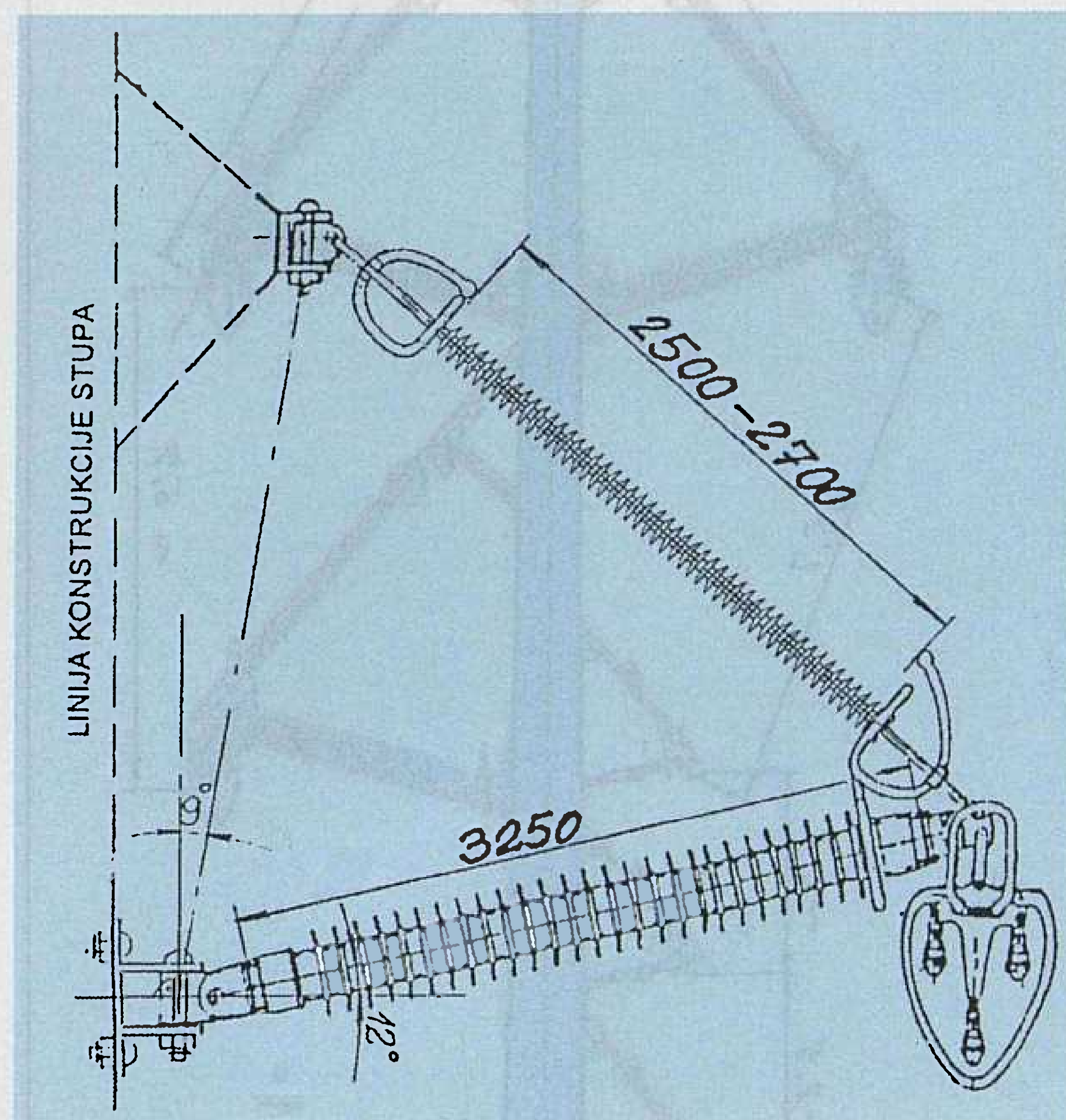
Provodila bi se dugoročna strategija održivog razvoja i zaštite okoliša.

3.2. Tranzit energije

Osim uštede u gubicima, na dalekovodima preko kojih bi se prenosila energija elektroenergetskog tržišta Europske unije, ostvarivala bi se i značajna dobit zbog mogućnosti povećanja tranzita električne energije. Najpovoljniji ekonomski učinak postigao bi se izvedbom paralelnih veza, dva ili više dalekovoda. Na interkonjekcijama bi bilo nužno postići standardnu prijenosnu snagu u Europskoj uniji, 1000 MW.

3.3. Proširenje 400 kV mreže

Prekid elektroenergetskog sustava, koji se sredinom siječnja o.g. dogodio zbog havarije na prijelazu dalekovoda preko Velebita kao i prekid opskrbe Dalmacije početkom svibnja, dodatni su razlozi da se navede prijedlog, koji također upućuje na bitno povećanje sigurnosti i smanjenje gubitaka.



Slika 4. Izolacijska pokretna konzola 400 kV

Za očekivano uključenje Zadra i Šibenika u 400 kV mrežu korisno bi bilo razmotriti i ideju “otočne veze” 400 kV.

Od Zadra do Šibenika mogla bi se koristiti trasa (koridor) postojećeg dalekovoda 110 kV preko Biograda. Na uskom osjetljivom području bila bi to najkraća veza. Ne bi se zauzimao novi koridor, a mogla bi se postići i propisna udaljenost od poletno slijetne piste aerodroma Zadar.

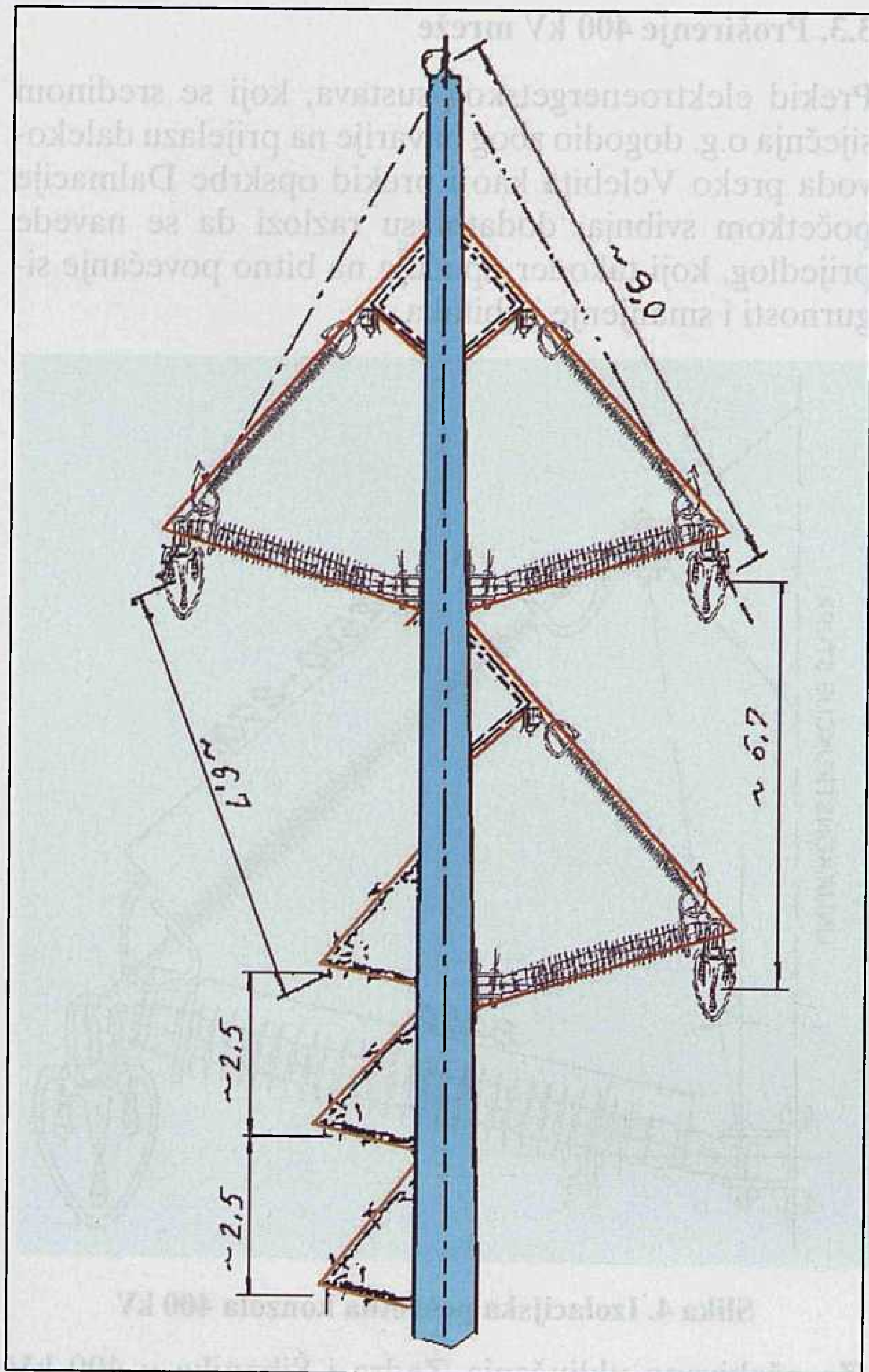
Koridorom 110 kV Zadar-Bilice bi se mogao na istim stupovima, izgraditi jednosistemski (ili dvosistemski) kompaktirani dalekovod 400 kV i nadomjestiti 55 godina star dalekovod 110 kV, slika 5.

Od Šibenika do Splita postojeći dalekovod 2x220 kV Bilice – Konjsko, dalo bi se pretvoriti (optimalno s najvećim porastom prijenosne snage) u dvosistemski dalekovod 400 kV, slika 6. Moguća bi bila i pretvorba u jednosistemski dalekovod 400 kV.

3.3.1. "Otočna veza" 400 kV

Za razmotriti je “otočna veza” od Privlačkog gaza do Karlobaga, slika 1.1 [8] !

Od Karlobaga do Brinja neizbježan bi bio prijelaz Velebita. Postojeći dalekovod 110 kV Karlobag – Lički Osik pokazao se sigurnim.



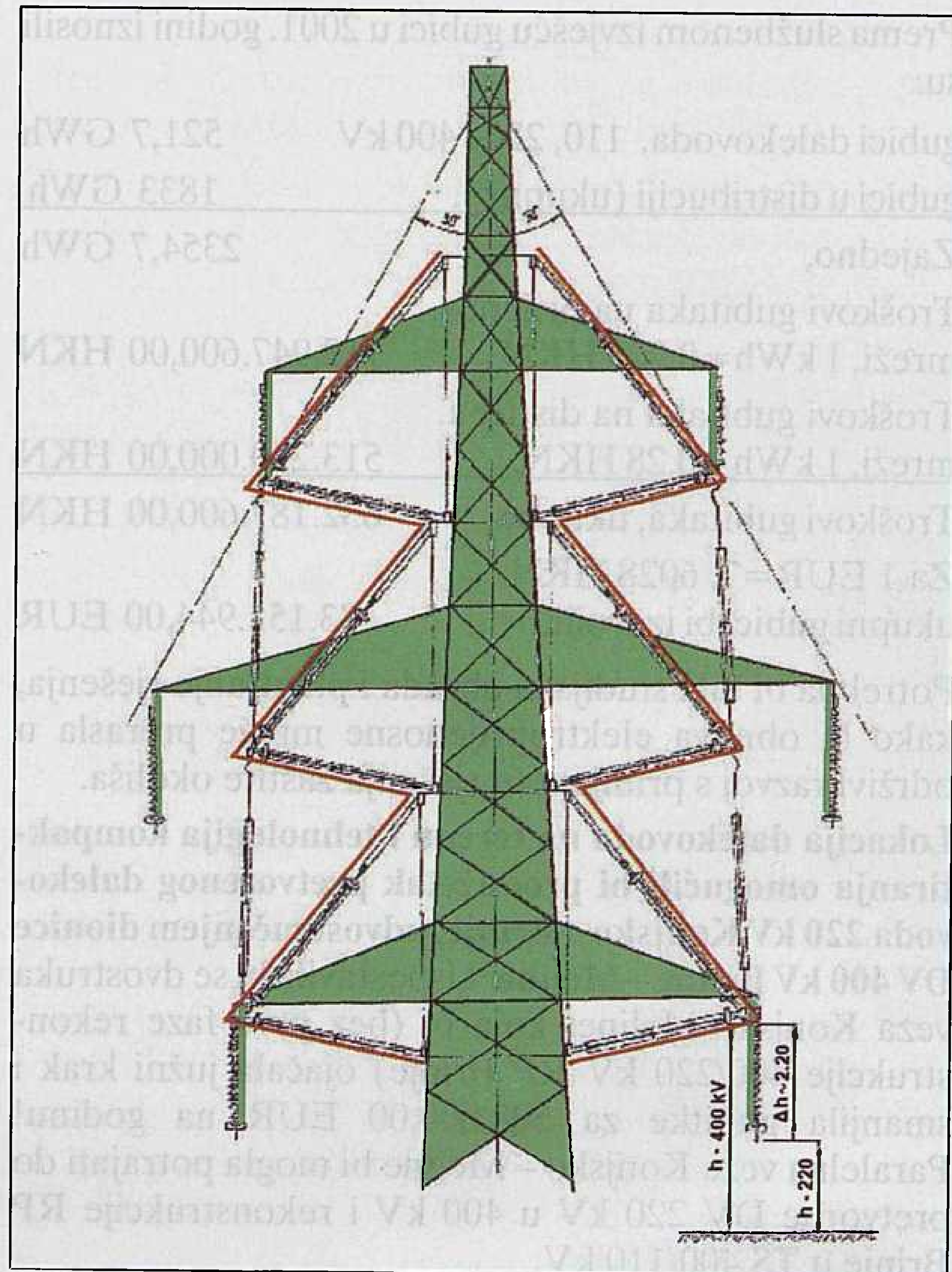
Slika 5. Glava nosivog stupa kompaktiranog dalekovoda za dva napona i sistema 400 kV i 110 kV

Udaljenost novoga prijelaza Velebita od postojećih dalekovoda preko Velebita, 60 km DV 400 kV, Prezid i 75 km DV 220 kV, dolina Zrmanje, i primjena pokretnih konzola, povoljno bi se odrazilo na sigurnost. Pokretna konzola bi znatno teže pretrpjela havariju, dok ekstremna vremenska nepogoda najčešće nastupa na užoj lokaciji. Na potezu Zadar – Karlobag – Brinje postigla bi se trasa 140 km, koja bi bila kraća od trase prijelaza Velebita preko Prezida, 37km. Uz to trasu preko Prezida teže bi se realiziralo zbog postojećih dalekovoda 400 kV i 110 kV.

Na "otočnom" nadzemnom dijelu imali bismo raspon, 2650 m, preko Velebitskog Kanala, slika 7. Dva raspona po 1500 m, Kanal Poveljana (slika 8) i Paški zaljev. Jedan raspon 900 m, Paška Vrata i dva raspona 600 m i 550 m, Privlački gaz.

Interesantna bi bila kabelska veza prema slici 1.1, Karlobag – Paški zaljev. Otpao bi najveći i još dva, nepovoljno locirana raspona iznad mora. Kabelski vod bi se bolje uklopio u prostor. Postiglo bi se najsigurnije rješenje i 0,7 km kraći vod.

Na dijelu otoka Paga *FURNAŽA*, nužan bi bio prokop i izvedba odgovarajućeg kanala, između uvale Slana i



Slika 6. Postojeći dalekovod 2x220 kV pretvorba kompaktiranjem u 2x400 kV idejno rješenje na nosivom stupu

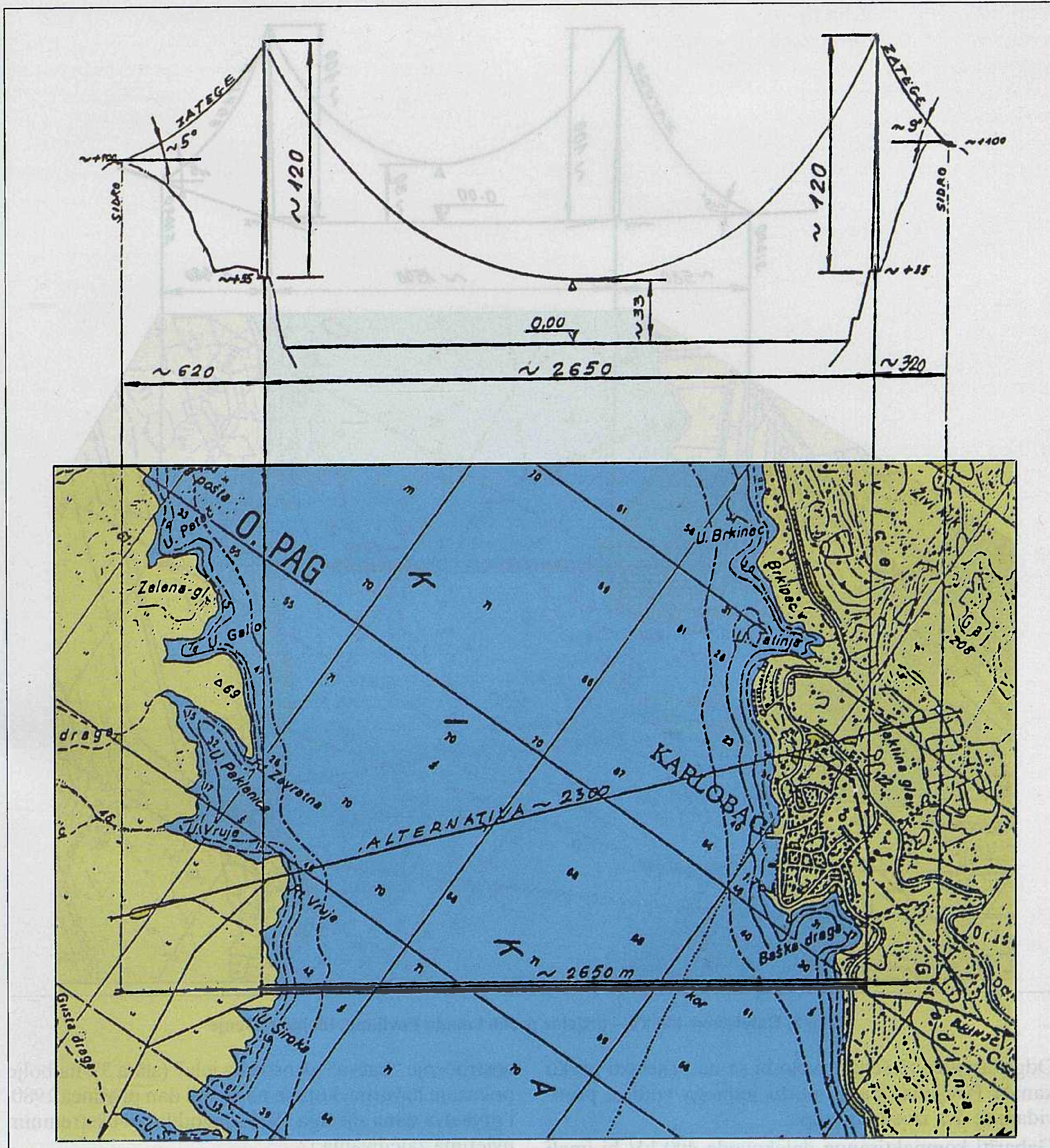
uvale G. Slana. Rekognosciranjem je potvrđen prirodni fenomen, udolina povoljna za prokop kanala dužine 500 m. Između dvije zaštićene pješčane uvale, idealno je locirana udolina s ostacima puta i kamenih objekata (solana?). U ranijem razdoblju evidentno aktivno korištena. Udaljena 3,5 km i s mora jedino pristupačna, od konsultiranih građana Metajne je brzo prepoznata!

Izvediva bi bila: sigurna trasa s odgovarajućim gabarima kanala, priobalna zaštita, zaštita kabela od mehaničkog oštećenja uzduž kanala i rješenja za efikasno hlađenje kabela; širina kanala, dubina vode i materijal na dnu kanala.

Lokacije prijelaza kabelskog u nadzemni vod bile bi dovoljno udaljene od gradova, Karlobaga (0,6 km) i Paga (2,0 km). Kabelski vod i postrojenja prijelaza u nadzemni vod, bila bi sigurna urbanistički prihvatljiva rješenja, koja bi neuporedivo bolje odolijevala klimatskim uvjetima (zagađenju od posolice).

Ako bi se primijenio kabelski vod, za izvedbu iznad mora preostali bi povoljnije locirani rasponi, kanal Poveljana (1500 m, slika 8) i Privlački gaz, (600 m i 550 m).

U pogledu dielektrične i mehaničke sigurnosti, optimalno rješenje bi se postiglo izvedbom kabelskog voda i kompaktiranog dalekovoda s pokretnim konzolama na prijelazu Velebita, udolinom preko Baških Oštarija.

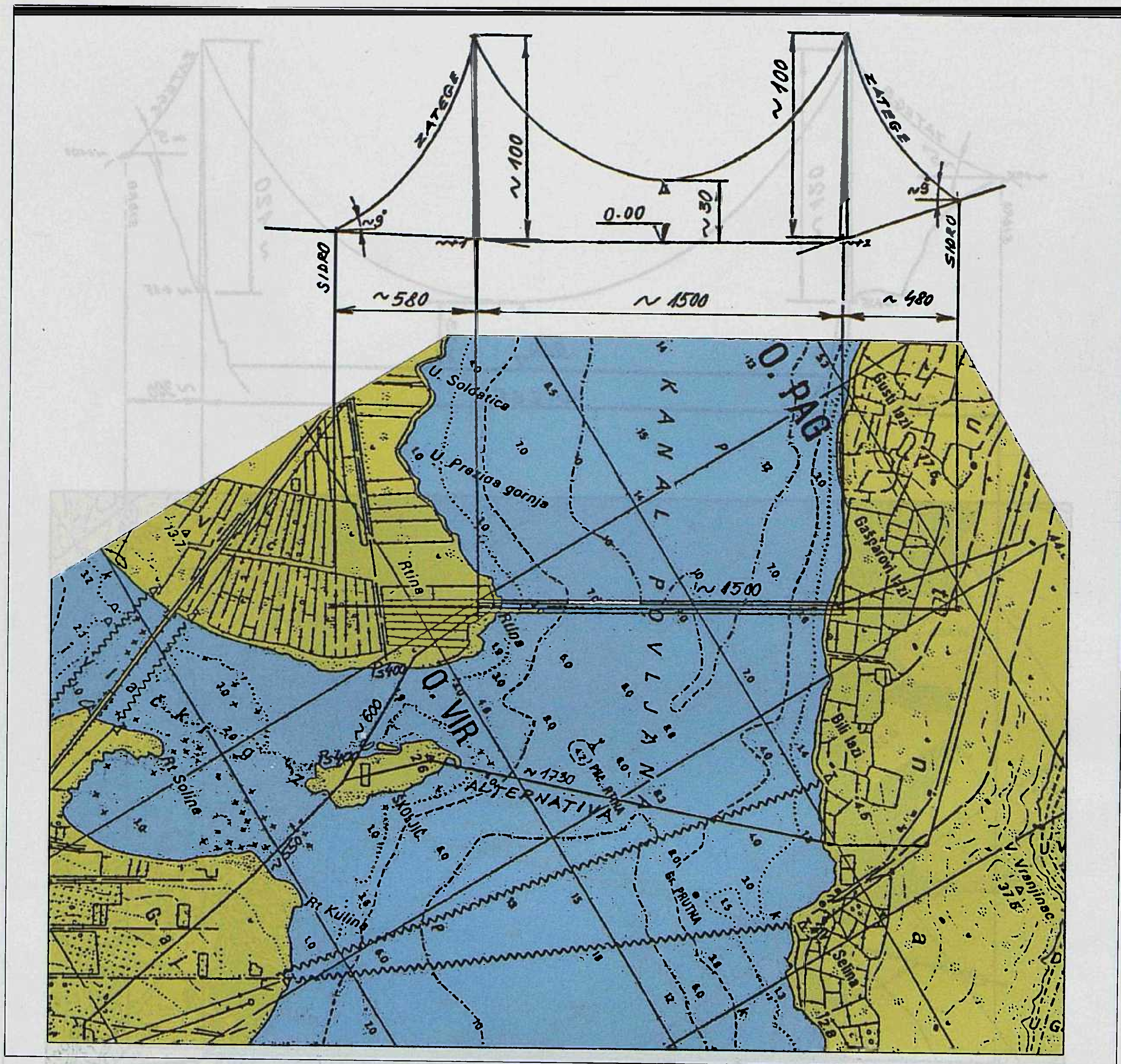


Slika 7. Dalekovod 400 kV – prijelaz preko Velebitskog kanala, idejno rješenje

Za izvedbu klasičnog dalekovoda 400 kV, udolinom preko Baških Oštarija, veoma teško bi se postiglo (prihvatilo) rješenje.

Propisna rješenja mehaničkog dimenzioniranja kompaktiranog dalekovoda, predviđaju dimenzioniranje vodiča i izolacije na uvjete zaleđivanja s djelovanjem reduciranog, projektnim zadatkom predviđenog tlaka vjetra. Statička kontrola stupova i temelja bi se provodila za te uvjete. Po želji (potrebi) moglo bi se primijeniti istovremeno djelovanje vjetra i zaleđenje svih elemenata dalekovoda.

Izvedbom kablenskog voda, smanjila bi se zona vrlo velike (ekstremne !) zagađenosti izolacije od posolice! Na preostalom nadzemnom "otočnom" dijelu, 25 km, iz sigurnosnih razloga, povoljnijeg održavanja, kao i zbog jeftinije izvedbe kvalitetnije (duže) strujne staze silikonske štapne izolacije, preporučuje se primijeniti vrlo veliku zagađenost, 31 mm/kV (50 mm/kV !?). Najkvalitetnija dielektrična i mehanička rješenja, bi se postizala primjenom štapne (silikonske) izolacije, konzolne složene (pokretna konzola) i zatezne za uobičajene i vrlo velike sile vlačnog naprezanja vodiča.



Slika 8. Dalekovod 400 kV – prijelaz preko kanala Poveljana, idejno rješenje

Odgovarajuće rješenje izvelo bi se na prijelazu preko kanala Poveljana. Za montažu jednoga vodiča, predviđaju se dva izvedena stupa.

Gabariti kompaktiranog dalekovoda 400 kV bi imali podjednaku visinu i bili uži (!) od klasičnog dalekovoda 220 kV. Poprečno njihanje vodiča zbog djelovanja vjetera bi se u najvećoj mjeri reduciralo, pretvaralo u (kontrolirano) uzdužno gibanje !

3.3.2. Lička dionica 400 kV

Lička dionica nove interkonjeksije od prijelaza Velebita i uklapanja u dalekovod 400 kV do Meline (Brinja), mogla bi se izvesti udvostručenjem postojećeg dalekovoda 400 kV, (pretvorbom postojećeg ulaza Brinje 220 kV izvan funkcije u 400 kV, slika 2). Do kakve bi promjene u pogledu sigurnosti dovelo ud-

vostručenje “bačva” “dvostruka jela” (slika 3), najbolje pokazuje havarija, koja se na zadnji dan prosinca 1980. i prva dva dana siječnja 1981. dogodila pri ekstremnim uvjetima zaleđivanja !?

U podjednakim klimatskim prilikama (paralelne trase) na dionici Brinje – Velebit, srušilo se 80 stupova dalekovoda 400 kV oblika “Y”. Na dalekovodu 220 kV sa stupovima oblika “jela” nije pao niti jedan stup. Dogodilo se savijanje nekoliko konzola nosivih stupova. Oblik “jela” “dvostruka jela” očito više odgovara klimatskim uvjetima od oblika “Y”, što je zamjetno i na prirodnom okolišu Ličke dionice.

Za otežane klimatske uvjete, preporučuje se primjena pokretnih konzola. Pokretna konzola smatra se (idealnim!) mnogo sigurnijim rješenjem (za velike vertikalne sile i oštrije klimatske uvjete !) od klasične krute konzole s nepomičnim hvatištima.

4. "POKRETNNA KONZOLA"

Preporučuje se usvajanje pojma "pokretna konzola". U tehnologiji kompaktirane gradnje dalekovoda pod ovim pojmom podrazumijeva se složena pokretna izolacijska konzola, koja omogućuje optimalna rješenja na dalekovodima visokog napona.

Pokretna konzolna izolacija povoljnije bi prenosila opterećenja na konstrukciju nosivih stupova. Eliminirao bi se diferencijalni vlak, bitno smanjilo torziono opterećenje, a zbog sniženja hvatišta, smanjilo bi se i savijanje stupa. Navedenim opterećenjima vodiči klasično izvedenog dalekovoda u eksploataciji, a naročito u ekstremnim klimatskim uvjetima (zaleđenje i istovremeno djelovanje vjetra!), bi opterećivali stupove dalekovoda. Eliminacija diferencijalnog vlaka, bitno smanjenje torzionog opterećenja i smanjenje savijanja, u velikoj mjeri bi pridonosili sigurnosti stupova kompaktiranog dalekovoda. Prema iskustvu, diferencijalni vlak i torziono opterećenje najčešći su razlozi rušenja nosivih (90%) stupova klasičnih dalekovoda. Kod kompaktiranog dalekovoda u ekstremnim klimatskim uvjetima, pokretna konzolna izolacija bi se nesmatano zakretala u smjeru vodiča na stranu s većom (diferencijalnom) zateznom silom. Ne bi dolazilo do nepredviđenog jednostranog vlačnog opterećenja, koje bi u ekstremnim uvjetima kod klasičnih dalekovoda dovodilo do loma (krutih) konzola ili pucanja užeta-vodiča. Ako ne bi dolazilo do lomova konzola ili pucanja vodiča ne bi se pojavljivalo ni torziono opterećenje (u ekstremnim uvjetima), za koje se stup ne kontrolira osim u iznimnim projektima. Opterećeni (nosivi) stup s pokretnim konzolama bolje bi amortizirao ekstremno opterećenje, što bi pridonosilo sigurnosti, tj. teže bi se dogodila havarija! Složena konzolna izolacija, gornji nosivi-zatezni štapni izolator i donji podporni-tlačni štapni izolator, korektno projektirani, ne bi imali druga opterećenja. Izolacijske pokretne konzole, podložne nesmetanom uzdužnom (linearnom kontroliranom) gibanju užeta vodiča, eliminirale bi djelovanje diferencijalnog vlaka. Montirana užeta vodiča s kratkim ovješima na vrhovima pokretnih konzola, povezana međufaznim rastojnicima na trećinama raspona dalekovoda, ne bi se mogla poprečno njihati. Tlak vjetra na kompaktirana užeta, rezultirao bi horizontalnim pomakom užeta u smjeru voda na jednu ili drugu stranu. Ukupni učinak bila bi redukcija poprečnog njihanja i eliminacija rezultanti djelujućih sila, koje bi kod kruto ovješanih izolatorskih lanaca, podložnih poprečnom njihanju i ograničenom nelinearnom gibanju (čvrstoća materijala konzola i užeta), dovodile do pucanja konzola (užeta). Pokretne konzole bi predstavljale znatno sigurnija rješenja na nosivim stupovima dalekovoda!

Kod rušenja jednoga stupa pri ekstremnim klimatskim uvjetima, klasični dalekovod bi na tome dijelu voda, s većim izgledima pretrpio domino efekt, rušenje više stupova.

Na vodu 220 kV Konjsko – Brinje na prijelazu Velebita 12. 01. 03. srušilo se sedam stupova. Pokretna konzolna izolacija kao osnovno rješenje (u trendu) tehnologije kompaktiranja, tlak vjetra bi pretvarala u uzdužno (kontrolirano) linearno gibanje, praćeno iskrivljenjem vodiča, horizontalnim odstupanjem lančаницe od vertikalne ravnine kroz ovjesišta vodiča. Čuvala bi se prirodna širina objekta.

Evidentno bi bilo potrebno usvojiti pojam "pokretna konzola", slika 4. i dopuniti ELEKTROENERGETIČKI POJMOVNIK 7.

Primjenom pokretnih konzola povoljnije bi se opterećivali (postojeći) stupovi i temelji. Zbog predviđenih (nužnih) izmjena u vodičima (promjene broja užeta!), stupovi i temelji bi se (po potrebi) dodatno pojačali (stabilizirali).

Bez primjene tehnologije kompaktiranja i pokretnih izolacijskih konzola, pretvorba dalekovoda nižega napona u dalekovode višega napona i udvostručenje postojećih dalekovoda ne bi bili mogući.

Ugovor za primjenu tehnologije kompaktiranja s ciljem, pretvorbe (udvostručenja) dalekovoda (400 kV!), za izvedbu prve dionice, trebao bi računati s dužim vremenom (2,5 godine), s time da bi tipsko ispitivanje moralo prethoditi projektiranju.

Za izvedbu kompaktiranog dalekovoda 110 kV, tipsko ispitivanje bi bilo moguće izvesti u fazi projektiranja, prije ishoda graditeljske dozvole.

Sve poslove dalo bi se obavljati angažiranjem: domaće pameti 4, 5, 6, domaće industrije i domaće operative.

5. ZAKLJUČAK

Obradena je preliminarna slika južnog kraka prijenosne mreže s naznakom problema koji traže zahvate na mreži.

Prema postojećem Master planu 9 ne predviđa se izgradnja termoelektrane južno od Rijeke, što upućuje na nužnost druge 400 kV veze sjever – jug.

Interkonjekcijske vodove 220 kV i 400 kV kompaktiranjem bi bilo moguće pretvoriti u 400 kV i 2x400 kV, čime bi se uz doradu postrojenja (aneksi 400 kV), ostvarila odgovarajuća pojačanja mreže 400 kV i pojačanje dielektrične i mehaničke sigurnosti na pravcima, sjever – jug Zagreb – Split – Dubrovnik (Mostar) i istok – zapad (Osijek – Zagreb – Rijeka – Istra).

Mreža 220 kV bi se postupno pretvarala u mrežu 400 kV, 110 kV.

Provodila bi se strategija zaštite okoliša i održivi razvoj prijenosne mreže.

Pretvorba postojećih i izgradnja nužnih nadzemnih i podmorskih energetskih veza, mogla bi rezultirati spajanjem s mrežama susjednih zemalja, 2 x 400 kV.

Predloženim konceptom bi se reducirali gubici u prijenosnoj mreži hrvatskog EES-a.

Uskladilo bi se tehničko rješenje s elektroenergetskom mrežom Europske unije.

Starost dalekovoda također upućuje na nužnost rekonstrukcije prijenosnih objekata.

Koncipirana je druga 400 kV veza sjever – jug s proširenjem mreže 400 kV na Zadar i Šibenik.

Za sigurniji prijelaz Velebita predviđa se izvedba kompaktiranog dalekovoda 400 kV udolinom preko Baških Oštarija s "otočnom" vezom 400 kV i (preferencijalno) podmorskim kabelom Karlobag–Pag (Paški zaljev).

Povećanje sigurnosti i ekonomičnosti hrvatskog EES-a ovisi o brzini realizacije predloženih rješenja rekonstrukcije i proširenja prijenosne mreže.

LITERATURA

- [1] Okrugli stol *HED* Hrvatsko energetska društvo CIGRE, Hrvatski komitet Studijski komitet 37, Zagreb 25. lipnja 1996.
- [2] Energija br. 5, listopad 2002. "Iz godišnjeg izvješća HEP-a za 2001. godinu".
- [3] Zajednica elektroprivrednih organizacija Hrvatske, Tipizacija dalekovoda 110 kV u Hrvatskoj, 12.1986.
- [4] I. UGLEŠIĆ, T. FANCEV, D. GRGIĆ: "Provjera osnovnih električnih i mehaničkih parametara i svojstava odabranih glava pri pretvorbi DV 220 kV Konjsko – Brinje – Mraclin u DV 400 kV", Enconet Int. d.o.o, ST-DAL-001/00-OPP-IP1, Zagreb, 2000.
- [5] I. GROZDANIĆ, Đ. RADUKA, "Dalekovod 220 kV Konjsko – Brinje – Mraclin, pretvorba kompaktiranjem u dalekovod 400 kV, idejno rješenje, Dalekovod d.d, HEP Direkcija za prijenos, Zagreb, 2001.
- [6] I. UGLEŠIĆ, T. FANCEV, D. GRGIĆ, I. GROZDANIĆ: "Provjera osnovnih električnih i mehaničkih svojstava kompaktiranih glava dalekovodnih stupova", v savjetovanje HK CIGRE 4-8. 11. Cavtat, 2001.
- [7] J. MOSER, Elektroenergetički pojmovnik - Inačica, 1997. Zagreb,
- [8] Topografski zemljovid 1:100000, Veliki atlas hrvatske – Mozaik knjiga, Zagreb, 2002.
- [9] Potrebna izgradnja novih elektroenergetskih objekata i postrojenja u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2001. do 2020. godine (Master plan), Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb rujan 2001.

JUSTIFICATION OF 400 kV NETWORK SPREADING AND APPLICATION OF COMPACTING TECHNOLOGY

The concept of transmission network reconstruction is evaluated, as well as security increase, transmission capacity increase and loss decrease. Conceptual and technological solution for 400 kV electric power system spreading is

proposed as well as the third energy connection north-south with solutions to increase security, by passing Velebit and belonging coastal area.

Based on HEP's published data on losses in the electric power system for 2001 the evaluation of losses by voltage level and transmission network elements has been done. Also the losses on 220 kV Konjsko-Brinje transmission lines and 400 kV Konjsko-Meline are evaluated.

The physical part of the compacting technology is described as well as the application of flexible consoles in extreme climatic circumstances with a possibility to increase the security of existing transmission lines.

Justification of compacting technology is analyzed.

BERECHTIGUNG DER ERWEITERUNG DES 400 kV NETZES UND DER GEDRUNGENER BAUWEISE SEINER ANLAGEN

Ein Umbau des Übertragungsnetzes, zwecks Steigerung seiner Sicherheit, seiner Übertragungsleistung, und der Einschränkung seiner Verluste ist vorentworfen worden. Vorgeschlagen werden grundlegende technische Lösungen der Erweiterung des 400 kV Übertragungssystems und die Errichtung der dritten energetischen Nord-Süd Verbindung mit Lösungen, die eine grössere Sicherheit bei der Bewältigung des Bergmassives Velebit und des Küstengebietes an seinem Fuße, erzielen.

Auf Grund der für das Jahr 2001 bekanntgemachten Verluste im Netz der kroatischen Elektrizitätswirtschaft, wurden Verluste je Spannungsebene und je Anlage des Übertragungssystems abgeschätzt. Ebenso abgeschätzt wurden Verluste der 220 kV Leitung Konjsko-Brinje und der 400 kV Leitung Konjsko-Meline.

Beschrieben und dargestellt sind das physikalische Bild der gedrungenen Bauweise, die Anwendung beweglicher Konsolen in äussersten Witterungsverhältnissen mit der Möglichkeit der Sicherheitssteigerung bestehender Fernleitungen.

Untersucht wurde die Berechtigung der Anwendung gedrungener Bauweise.

Naslov pisca:

Ivan Grozdanić, dipl. ing.
Elektroprojekt d.d.

Alexandera von Humboldta 4
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2003 – 02 – 12.

KOMPOZITNI POLIMERNI IZOLATORI U PRIJENOSU I DISTRIBUCIJI ELEKTRIČNE ENERGIJE

Prof. dr. sc. Zijad H a z n a d a r, Zagreb – prof. dr. sc. Kemo S o k o l i j a, Sarajevo – prof. dr. sc. Sead B e r b e r o v i ć – prof. dr. sc. Željko Š t i h, Zagreb

UDK 621.315/316:621.315.62
PREGLEDNI ČLANAK

Prikazana je kratka povijest razvoja kompozitnih izolatora. Načinjen je pregled prednosti i nedostataka konvencionalnih izolatora (stakleni i porculanski) i kompozitnih polimernih izolatora. Nakon toga, prikazana je analiza i usporedba konvencionalnih i kompozitnih polimernih izolatora glede njihovih mehaničkih i električkih karakteristika, ponašanja u otežanim uvjetima rada, te ekonomska usporedba na temelju podataka objavljenih u svjetskoj literaturi. Na kraju su diskutirana i neka, još uvijek, otvorena pitanja vezana za primjenu kompozitnih polimernih izolatora u prijenosu i distribuciji električne energije.

Ključne riječi: konvencionalni izolatori, kompozitni polimerni izolatori, izolatori od silikonske gume, starenje.

1. UVOD

Visokonaponski izolatori vanjske montaže izrađeni od porculana i stakla (jednim imenom nazvani konvencionalni izolatori) imaju iza sebe povijest koja traje više od jednog stoljeća, dok se povijest kompozitnih polimernih izolatora svodi na proteklih tridesetak godina. Prva generacija polimernih izolatora (monolitni epoksid, odnosno prve varijante danas već klasične konstrukcije izolatora s fiberglasnom jezgrom prekrivene polimerim kućištem) nije pružila očekivani životni vijek u eksploataciji. Premda su se iduće generacije ovih izolatora dokazale u vremenu što je skoro jednako vremenu prihvatljivom za konvencionalne izolatore – trideset godina – mnogi su korisnici visokonaponske opreme i danas skeptični glede dugoročnih osobina polimernih izolacijskih materijala. Tu su također i drugi razlozi pa veliki broj korisnika, posebice u Europi, nastavlja s korištenjem konvencionalnih izolatora: povjerenje u proizvod temeljen na povijesnom iskustvu, mogućnost da se na tržištu nabave konvencionalni izolatori dobre kakvoće, konkurentnost glede vremena isporuke i cijene. Pored toga tu su i drugi ne manje bitni razlozi:

- Postoje internacionalni i nacionalni standardi i vlastite tehničke specifikacije kod većine korisnika.
- Nije bilo radikalnih ni čestih promjena u materijalu, dizajnu pričvršćivanja metalnih armatura, kao ni u procesu proizvodnje.
- Zbog visoke razine međunarodne standardizacije konvencionalnih izolatora, kod zamjene oštećenih jedinica mogu se koristiti proizvodi drugih proizvođača.
- Relativno jednostavna identifikacija defektnih jedinica.

Od vremena kad su uvedeni (sedamdesetih godina prošlog stoljeća) kompozitni polimerni izolatori znatno su napredovali, kako glede korištenih materijala, dizajna, procesa proizvodnje, tako i glede njihove pouzdanosti. Cijena kompozitnih polimernih izolatora je pala, a s kraćim rokovima isporuke oni su postali konkurentni konvencionalnim izolatorima. Danas su, u prvom redu zbog smanjenja težine izolatora, dalekovodi na kojima su instalirani kompozitni polimerni izolatori, posebice dalekovodi viših napona, jeftiniji od onih čije vodiče nose konvencionalni izolatori. Veliki broj korisnika, proizvođača, industrijskih asocijacija, istraživačkih instituta i sveučilišta aktivno je uključeno u istraživanje i razvoj testova starenja polimernih kompozitnih izolatora, kako bi se ustvrdila korelacija između starenja u laboratoriju i ponašanja u realnim pogonskim uvjetima.

Problem ostaje u činjenici što proizvođači nastavljaju sa stalnim promjenama dizajna, kompozicije materijala, načina pričvršćivanja armatura kao i samog procesa proizvodnje. To je razlogom pa neki korisnici još uvijek nisu posve spremni prijeći na kompozitne polimerne izolatore, iako se bez sumnje radi o jednoj veoma kvalitetnoj tehnologiji.

1.1. Konvencionalni izolatori

Kao materijali koji su dokazali sposobnost da se odupru starenju u uvjetima ambijenta, keramike (posebice porculan) našle su primjenu u širokom spektru aplikacija. S druge strane, primjena keramika diktira glomazne i teške konstrukcije, podložne pucanju pri rukovanju i transportu, te vandalizmu tijekom

eksploatacije. Tu je također i njihova relativno slaba otpornost na preskok u uvjetima onečišćene atmosfere. Sve ovo govori o tome da, usprkos mnogim prednostima keramika, pouzdanost elektroenergetskog sustava još uvijek trpi zbog njihovih nedostataka.

1.1.1. Prednosti primjene keramike

(i) Stabilnost

Generalno se može kazati da su keramike karakterizirane jakim ionskim vezama i blisko pakiranim atomima (silicij i kisik, kvarcni pijesak i silikati). To im daje veliku stabilnost i otpornost na starenje pod utjecajem UV zračenja, površinskih prажnjenja, vlaženja itd.

(ii) Mehanička čvrstoća

Rigidna priroda keramičkih materijala ima za posljedicu značajnu mehaničku čvrstoću, tako da se izolatori izrađeni na toj osnovi mogu koristiti kako u situacijama kad na njih djeluju naprezanja na vlak, tako i u onim kad se ima i naprezanja na savijanje. Porculanska kućišta koja se koriste kod kablskih glava, provodnih izolatora i odvodnika prenapona su samopodrživa, tako da ne zahtijevaju druge materijale ili komponente kako bi se postigla tražena čvrstoća.

(iii) Jeftine sirovine

Osnovne sirovine koje se koriste za proizvodnju porculana, kao što su gline, feldspat i kvarc, relativno su jeftine i raspoložive.

1.1.2. Nedostaci kod primjene keramike

(i) Proizvodnja i vrijeme isporuke

Proces proizvodnje porculana sastoji se iz niza faza. Kad se radi o velikim kućištima potreban je dugotrajan period za sniženje sadržaja vode u ekstrudiranoj jezgri prije nego se pristupi njihovom oblikovanju i pečenju. Rezultat toga jesu duga vremena isporuke.

(ii) Lomljivost

Keramike su veoma lomljive, tako da su konvencionalni izolatori prilikom korištenja, transporta ili instaliranja podložni pucanju. S druge strane, vandalizam često predstavlja jedan od značajnih uzročnika mehaničkih oštećenja u pogonu. Opća je praksa da se prilikom kupovine porculanskih izolatora u cijenu uključi faktor loma, što naravno dovodi do porasta jedinične cijene proizvoda.

(iii) Težina

Zbog velike specifične gustoće keramike, tijela konvencionalnih izolatora su veoma teška. S porastom naponskog nivoa javljaju se problemi vezani uz upravljanje teškim porculanskim konstrukcijama: osim što je često potrebna primjena dizalica, potrebne su i skupe i masivne strukturalne potpore. Glomaznost i velika težina porculanskih proizvoda obično diktiraju jeftiniji, ali dugotrajniji transport radi sniženja troškova. To, s druge strane, produljuje vrijeme isporuke.

(iv) Kvar na šupljim porculanskim kućištima

Šuplja porculanska kućišta za provodne izolatore, mjerne transformatore, prekidače, kablске glave i odvodničke prenapona mogu, kod unutarnjeg proboja, doživjeti havariju. Naime, kod pojave unutarnjeg luka snage dolazi do brzog porasta tlaka. Ako se ovaj tlak ne oduši prije nego što dostigne čvrstoću kućišta na pucanje, kućište se može skršiti. Kad se to dogodi, komadi porculana, koji nose veoma veliku silu, razletjet će se na sve strane u okolici aparata. Ovaj tip kvara je veoma poznat, naročito kod distributivnih odvodnika prenapona.

(v) Svojstva u uvjetima onečišćenja

Stabilne kemijske veze keramičkih materijala znače također da oni posjeduju veliku slobodnu površinsku energiju, što istodobno znači veliku površinsku adheziju glede onečišćenja što je prisutno u okolišu. Zbog velike slobodne površinske energije keramike se lako vlaže, a tako prisutna voda formira filmove na pojedinim dijelovima površine izolatora. Materijali s takvim karakteristikama poznati su kao "hidrofilični" materijali.

Hidrofilične se površine ne ponašaju dobro u uvjetima onečišćene atmosfere. Vodeni filmovi rastvaraju vodljive onečišćivače, što snizuje ukupni površinski otpor izolacije i dovodi do stvaranja vodljivih elektrolita duž kontinuirane staze, tj. do začinjanja procesa preskoka.

1.2. Polimerna izolacija

Kao što je već rečeno, prvi polimerni izolatori nisu imali očekivanu životnu dob, u prvom redu zbog neadekvatne otpornosti na UV-zračenje, habanje i hidrolizu. Mnogi korisnici elektroopreme u svijetu su i danas rezervirani kad je u pitanju dugoročno ponašanje kompozitnih izolatora, upravo iz razloga što su prvi izolatori doživjeli kvarove već nakon veoma kratkog vremena eksploatacije.

Polimerni materijali visokih svojstava koriste se u tehnologiji visokonaponskih izolatora već više od trideset godina. Tijekom ovog perioda njihova primjena je stalno rasla, tako da danas polimeri postaju osnovni materijali za vanjsku izolaciju. Oni su u općoj primjeni kad je riječ o kablskim glavama, odvodnicima prenapona, izolatorima za nadzemne vodove, sabirničkim izolatorima i provodnim izolatorima.

1.2.1. Prednosti primjene polimera

(i) Manja težina

Gustoća polimernih materijala je mnogo niža od gustoće keramika što za posljedicu ima značajno sniženje težine proizvoda. Ova se razlika povećava s povišenjem naponske razine. Kompozitni polimerni izolatori ne zahtijevaju primjenu kranova ili drugih uređaja kod korištenja i instaliranja. Smanjena težina omogućuje primjenu lakših i jeftinijih stupova i

konstrukcija za montažu. Tu su također i niži troškovi transporta u odnosu na ekvivalentne keramičke izolatore. Kompozitni polimerni izolatori su u prednosti glede njihove primjene u gusto naseljenim područjima pošto omogućavaju primjenu užih koridora za dalekovode. Zahvaljujući visokom omjeru čvrstoća/težina omogućena je primjena duljih raspona i jeftinijih stupova, kao i poboljšanje vizualnog izgleda dalekovoda. Kompozitni polimerni izolatori pružaju mogućnost projektiranja novih kompaktnih dalekovoda sa sniženim elektromagnetskim utjecajima.

(ii) Fleksibilnost

Za razliku od porculanskih dalekovodnih potpornih izolatora koji, zbog krhke naravi porculana, ne omogućuju bilo kakvo ugibanje (deflekciju), kompozitni polimerni izolatori, zahvaljujući svojstvima svoje fiberglasne jezgre, predstavljaju veoma fleksibilne strukture.

Neelastičnost porculanskih potpornih izolatora predstavlja veoma veliki problem kad se radi o događajima koji dovode do pojave iznenadnih promjena u mehaničkom opterećenju: pucanje vodiča, padanje leda s vodiča, udar vozila u stup, udarci vjetra... Posljedice ovih događaja mogu biti katastrofalne: pucanje izolatora i pad vodiča dovode do pucanja izolatora na sljedećem stupu i tako redom – kaskadni kvar. Na koncu imamo situaciju u kojoj se kilometri dalekovodnog užeta nalaze na zemlji. Fleksibilnost kompozitnih polimernih izolatora štiti dalekovode od ovakvih događaja, omogućujući istodobno postizanje svih prednosti što ih u projektiranje dalekovoda unosi koncept primjena potpornih izolatora (kompaktiranje, podizanje naponskog nivoa postojećih dalekovoda, sniženje radiosmetnji, neprobojnost izolatora, estetski aspekt...).

(iii) Geometrija

Pošto se polimerna izolatorska kućišta proizvode najčešće u postupku prešanja, jasno je kako nije teško proizvesti jedinice koje za istu cijenu imaju veću kliznu stazu po jedinici duljine od one što se ima kod konvencionalnih izolatora. Isto tako, jasno je da se bez većih ekonomskih i problema u proizvodnji mogu postići mnogo složeniji profili rebara. Danas se često primjenjuje konstrukcija s promjenjivim rebrima (velikomalo), koja omogućava poboljšanje preskočnih karakteristika u vlažnim uvjetima – sprječava se istodobno premoštavanje svih rebara.

(iv) Svojstva u uvjetima onečišćenja

Tipični polimerni materijali koji se koriste u izolatorima za vanjsku montažu imaju nisku slobodnu površinsku energiju. Kad su novi i prije nego što budu izloženi djelovanju okoliša, polimerni materijali su otporni na vlagu – prirodno im je svojstvo hidrofobičnosti. Veoma je poželjno da se ovo svojstvo zadrži i tijekom njihovog izlaganja utjecajima okoliša, tj. da ga prenesu na nataloženi sloj zagađivača. Na površini izo-

latora načinjenih od takvih materijala, voda formira vodene kapljice (kuglice), tako da postoji diskontinuitet rastvorenog vodljivog onečišćivača. Rezultat je manja klizna struja i smanjena vjerojatnost nastanka suhih zona, odnosno viši napon potreban da prouzroči preskok. U usporedbi s porculanom i staklom, neki polimerni materijali imaju veću otpornost na preskok i u prilikama kad se radi o površinama koje pokazuju znake starenja.

(v) Kvar kod šupljeg kućišta

Kod polimernih šupljih izolatora radi se o posve drukčijim posljedicama kvara izazvanog unutarnjim lukom u odnosu na porculan. Fizička svojstva polimernih materijala jasno govore da se on neće skršiti kao porculan, nego će doći do probijanja ili pucanja strukture i odušivanja unutarnjeg tlaka. Rezultat je vanjski preskok i oslobodjenje energije kvara izvan kućišta.

(vi) Proizvodnja

Proces proizvodnje polimernih proizvoda je u biti kraći od onog kod keramika. Tipično trajanje prešanja je reda minuta, tako da je vrijeme isporuke znatno kraće nego kod uređaja na bazi keramika.

1.2.2. Nedostaci kod primjene polimera

(i) Degradacija u uvjetima ambijenta

Polimerni materijali imaju slabije unutarnje veze nego porculan (kovalentne umjesto ionskih), tako da su, pod djelovanjem višestrukih naprezanja što ih susrećemo u eksploataciji, podložni promjenama – starenju. Međutim, ako se radi o dobro razvijenom materijalu i konstrukciji, kompozitni izolatori mogu dostići dobra svojstva koja su sposobni održati tijekom željene životne dobi. Da bi se to postiglo potrebno je ostvariti složeno optimiranje formulacije polimera i dizajna izolatora. To znači da se mora posjedovati *know-how* glede izbora vrste i koncentracije punila i aditiva, kao i korištenja podesnih metoda miješanja prilikom realizacije kompaunda. Uvjeti što se imaju u proizvodnom procesu moraju biti takvi da je osigurana zaštita od degradacije kompaunda tijekom odvijanja ovog procesa. Formulacija kompaunda predstavlja veoma složen proces optimiranja za koji je potrebno dugotrajno eksperimentiranje i ispitivanje. Formulacije mogu varirati u širokoj skali što podrazumijeva sadržaj osnovnog polimera između 20% i 80% (težinski). Aditivi se koriste radi poboljšanja električkih i mehaničkih svojstava: antioksidanti, plastifikatori, pigmenti, agensi za pospješivanje procesa proizvodnje, katalizatori, amortizeri plamena, UV-stabilizatori, sredstva za sprječavanje stvaranja tragova i erozije i drugi, ovisno o specifičnoj formulaciji. U mnogim situacijama, aditivi su ti koji, kolektivno i pojedinačno, svojim svojstvima određuju sveukupne karakteristike materijala.

Struktura polimernih materijala koja pruža fleksibilne veze i mobilnost dugih lanaca je ta koja omogućuje postizanje mnogih, polimerima svojstvenih, prednosti.

Međutim, budući da su sve formulacije polimernih materijala organske prirode, kontinuirano pogonsko naprezanje može dovesti do slabljenja površinskih svojstava i slabljenja karakteristika u uvjetima onečišćenja, unatoč tome što su polimeri pojačani odgovarajućim aditivima, a kućište konstruirano tako da ograniči kliznu struju. Prema tome, za postizanje visoke razine svojstava u različitim primjenama, potrebno je postići kombinaciju znanosti o materijalima, pogonskih ekspertiza i visoke razine procesa proizvodnje u ovom području.

Pogonska naprezanja, kao što su korona pražnjenja, UV-zračenje ili kemijski napadi, dovode do kemijskih reakcija na površini polimera. Jedan od rezultata ovih reakcija je formiranje hidrofilnih grupa koje će omogućiti vlaženje površine i porast klizne struje. Materijal koji je doživio sniženje hidrofobičnosti ne mora se nužno nastaviti mijenjati odnosno trpjeti napadaje *trackinga* i erozije u uvjetima vlaženja. Zadržavanje svojstva hidrofobičnosti je, međutim, jako poželjno. Ako dođe do njenog sniženja, preko površine izolatora ne smiju proteći kritične klizne struje koje će dovesti do formiranja suhih zona. Ako se formiraju suhe zone, formulacija materijala mora biti takva da se odupre *trackingu* i eroziji. Dizajn kućišta može u ovim uvjetima utjecati na veličinu klizne struje. Na osnovi izloženog možemo zaključiti da postoje tri razine zaštite od starenja i znatnih oštećenja površine, odnosno kompletnog kompozitnog polimernog izolatora.

(ii) Visoke cijene sirovina

Cijene koštanja sirovina za izradu kompozitnih polimernih izolatora znatno su više od cijena sirovina za proizvodnju porculana i stakla. Punila i aditivi miješaju se s baznim polimerom ne samo kako bi se snizili troškovi, nego i da se poboljšaju svojstva i olakša proces izrade. Bazni polimer može biti konstituent kompaunda u iznosu 20% do 80% težine. Prema tome, stvarne formulacije kompaunda u kojima se deklarira jedan te isti bazni polimer su različite, što ima izravnog utjecaja na svojstva. Na današnjem visokokonkurentnom tržištu proizvođači traže načina da prednost, tj. nižu cijenu, steknu kroz reformuliranje materijala. Novije generacije materijala mogu biti i neispitane, a prethodno pogonsko iskustvo ne može biti nikakva garancija za ponašanje jedne posve drukčije formulacije.

2. RAZVOJ KOMPOZITNIH IZOLATORA

Premda javno mnijenje, pokazujući povećani interes za okolišem, sve više utječe i na tehnologiju prijenosa i distribucije električne energije, posve je jasno da će, zahvaljujući prednostima što ih nude, visokonaponski nadzemni vodovi, posebice kad se radi o ekstra i ultravisokim naponima, biti prisutni barem i u prvim desetljećima novog tisućljeća. Ovakva ocjena utemeljena je ponajprije na razlozima ekonomske naravi: ka-

belski vodovi su, samo glede kapitalnih troškova, više-kratno skuplji od nadzemnih. Tu su također i tehničke prednosti nadzemnih vodova: visoka pouzdanost, jednostavnija izolacija, nepostojanje problema hlađenja, niži nivo gubitaka, jednostavnije instaliranje, jednostavnija detekcija kvarova, održavanje itd. Prema tome, posve je jasno da će se kompanije koje gospodare u oblasti prijenosa i distribucije električne energije unaprijed odlučiti za vanjske visokonaponske vodove, a za kabelsku tehnologiju opredijeliti samo u slučajevima kad to konkretni uvjeti beskompromisno i definitivno zahtijevaju.

Što je, međutim, s pitanjem uklapanja nadzemnih vodova u okoliš? U nekim dijelovima USA i u Europi također, već su na snazi takva ograničenja, koja, kako glede visine stupova, tako i izbora izolatora, omogućuju prihvaćanje samo onih konstrukcija za koje se može utvrditi da su nezamjetljive. Osvrnuvši se na dva veoma bitna aspekta uloge koju su u ovom pogledu odigrali kompozitni polimerni izolatori, nije teško uvjeriti se kako bi ovi zahtjevi bili danas potpuno ne-realni da je industrija izolatora ostala na konvencionalnim materijalima – porculanu i staklu. Radi se, naime, o sljedećim pitanjima:

- estetski aspekt – izgled samih izolatora i izgled kompaktiranog dalekovoda u odnosu na njihove ekvivalente realizirane u konvencionalnoj tehnologiji;
- primjena specijalnih konstrukcija stupova koji su: niži od konvencionalnih, manje upadljivi u odnosu na konvencionalne i više nalik prirodnim formama (drveću na primjer).

Ovi učinci prodora nove tehnologije u područje vanjske visokonaponske izolacije predstavljaju, međutim, samo kolateralne učinke u odnosu na ciljeve razvoja što su ih, u vremenu opće opsjednutosti naponima reda tisuću kilovolti, pred sebe postavili industrija izolatora i korisnici visokonaponske elektroopreme. Porculan i staklo postigli su posve afirmirane performanse u doba kad je gornja granica prijenosnog napona bila 230 kV, gdje se na primjer s dvanaest standardnih kapastih članaka po fazi u izolatorskom lancu još uvijek nije postavljalo pitanje omjera između mehaničke čvrstoće i težine takvog izolacijskog ansambla. S porastom naponske razine i broja vodiča u snopu pojavio se zahtjev za primjenom dva, odnosno četiri, paralelna lanca, što je značilo 25, 30, 40 ili više izolatorskih članaka po fazi. Pogled u budućnost, koja se tad vidjela kroz prizmu prijenosnog napona 1100 kV, govorio je da će na primjer na jednom zateznom stupu visjeti pet tona porculanskih izolatora ili čak pet puta više na jednom krajnjem stupu. Takve perspektive učinile su da šezdesete i početak sedamdesetih godina dvadesetog stoljeća postanu ispunjene traganjem za lakšim i jednostavnijim izolatorima, međutim, istodobno sposobnim odgovoriti na stroge električke, ali prije svega, mehaničke zahtjeve zbog kojih su i uvedeni komplicirani paralelni lanci.

Ideju kako postići konstrukciju koja će biti lakša od klasičnog lanca kapastih izolatora nije bilo potrebno posebno razvijati, budući da je bilo jasno da se količina metala, kao nužnog zla u dizajnu kapastog izolatora, može reducirati primjenom lanca dugih štapnih izolatora. No, zbog ograničenja u duljini dugog štapnog izolatora, ponovno je u pitanju lanac i ponovno je tu više metala nego što ga je nužno imati. Tehnologija kompozicije polimerne smole i staklenih vlakana, koja je već bila napravila prodor u drugim područjima inženjerstva, bila je ovdje spasonosno rješenje: nađen je odgovor na mehaničke zahtjeve – jezgra (štap) od smolom ojačanih staklenih vlakana. Tako je postalo jasno da se količina metala može svesti na nužni minimum. Ostao je, međutim, problem udovoljenja električkim zahtjevima – jezgru je trebalo prekriti kućištem od izolacijskog materijala koje će je zaštititi od vanjskih utjecaja i istodobno izolatoru dati nužna svojstva koja mu omogućavaju rad u uvjetima istodobnog djelovanja električkih naprezanja i naprezanja što ih izaziva okoliš.

U takvom ambijentu nastala je koncem šezdesetih i prvom polovinom sedamdesetih godina prva generacija kompozitnih polimernih izolatora, u Njemačkoj, Italiji, USA, Francuskoj i Velikoj Britaniji. Različiti proizvođači koristili su različite vrste baznog polimera za izradu kućišta izolatora: silikonska guma, etilen propilenska guma (EPR – *ethylene propylene rubber*), epoksidna smola i politetrafluoretilen (PTFE). Kako bi se postigla željena svojstva izolatora svaki od ovih baznih materijala kombiniran je s odgovarajućim punilima i aditivima. Metalne armature su s jezgrom spajane primjenom različitih tehnologija – stezanje armatura na jezgru, usađivanje u armaturama prisutnih klinova u jezgru i lijepljenje armatura i jezgre.

Prva generacija kompozitnih polimernih izolatora ponudila je značajne prednosti i proizvela veliki interes među korisnicima. Posebne prednosti u odnosu na konvencionalne izolatore ogledale su se u:

- smanjenju težine – ekonomičniji dizajn novih stupova, odnosno mogućnost da se podigne naponski nivo postojećih sustava uz zadržavanje postojećih stupova; ova činjenica također omogućuje povećanje razmaka između vodiča i zemlje i povećanje razmaka između faza radi sniženja intenziteta električkih i magnetskih polja koja postaju predmetom sve većeg zanimanja javnog mnijenja;
- većem omjeru između mehaničke čvrstoće i težine izolacijskih konstrukcija – mogućnosti primjene duljih razmaka između stupova;
- manjoj podložnosti ozbiljnim oštećenjima zbog vandalizma izazvanog pušćanom vatrom – situacije u kojima dolazi do raspuknuća konvencionalnih izolatora i eventualnog pada vodiča na zemlju;
- značajno poboljšanim performansama u uvjetima onečišćene atmosfere;
- lakšem instaliranju – izbjegnuta uporaba teških dizalica;

- sniženim troškovima održavanja – nema potrebe za pranjem, čišćenjem ili primjenom specijalnih premaza što je redovita praksa kod konvencionalnih izolatora u uvjetima jako onečišćene atmosfere;
- estetskim aspektima – privlačnija pojava omogućuje lakše uklapanje izolatora i dalekovoda u prirodni ambijent.

Navedene prednosti povukle su za sobom sniženje sveukupnih troškova, premda je nabavna cijena ovih izolatora bila u početku viša od cijene njihovih ekvivalenata u konvencionalnoj tehnologiji. U Tablici 1 prikazani su razlozi zbog kojih uvođenje kompozitnih polimernih izolatora dovodi do sniženja sveukupnih troškova izgradnje i održavanja jednog dalekovoda.

Tablica 1. Sniženje troškova zbog uvođenja kompozitnih izolatora [2]

Sniženje troškova zbog promjene konstrukcije i materijala	Sniženje konstrukcijskih troškova	Sniženje troškova održavanja
Manje metalnih dijelova u izolacijskoj konstrukciji	Transportni troškovi, troškovi skladištenja, troškovi oštećenja u transportu	Nepotrebno pranje, čišćenje ili premazivanje i u uvjetima jako onečišćene atmosfere
Moguće sniženje u nabavnoj cijeni u odnosu na konvencionalnu konstrukciju (danas već ostvareno)	Troškovi instaliranja	
	Uštede zbog smanjenja oštećenja izazvanih grubim upravljanjem	Otpornost na vandalizam (pušćanu vatru)
Sniženje u cijeni stupova i troškova koridora prilikom uklapanja dalekovoda u okoliš	Mogućnost montaže uz pomoć helikoptera	

Opisane prednosti bile su razlogom da je veliki broj korisnika širom svijeta odlučio eksperimentirati s kompozitnim polimernim izolatorima, ugrađujući ih na kratkim sekcijama pojedinih dalekovoda i na mjestima gdje su se očekivali ili već imali problemi s konvencionalnim izolatorima. Prva iskustva bila su, međutim, razočaravajuća. Tipični problemi s kojima su se korisnici susreli već nakon nekoliko godina eksploatacije bili su:

- pojave *trackinga* i erozije (*tracking* predstavlja pojavu ireverzibilne degradacije (slabljenja) materijala kućišta prouzročenu pražnjenjima na površini izolatora; ogleda se u formiranju vodljivih karboniziranih staza koje premošćuju međuelektrodni razmak preko površine izolatora; erozija se definira kao ireverzibilna degradacija površine izolatora prouzročena površinskim pražnjenjima koja za rezultat ima gubitak materijala kućišta) materijala kućišta koje za epilog imaju otkaz izolatora;
- stvaranje raspuklina na površini izolatora ili tragova kemijske dekompozicije površine što, olakšavajući

skupljanje onečišćenja, vode ka pojavi površinskih parcijalnih pražnjenja i preskoka na naponima koji su niži od onih koje mogu izdržati novi izolatori;

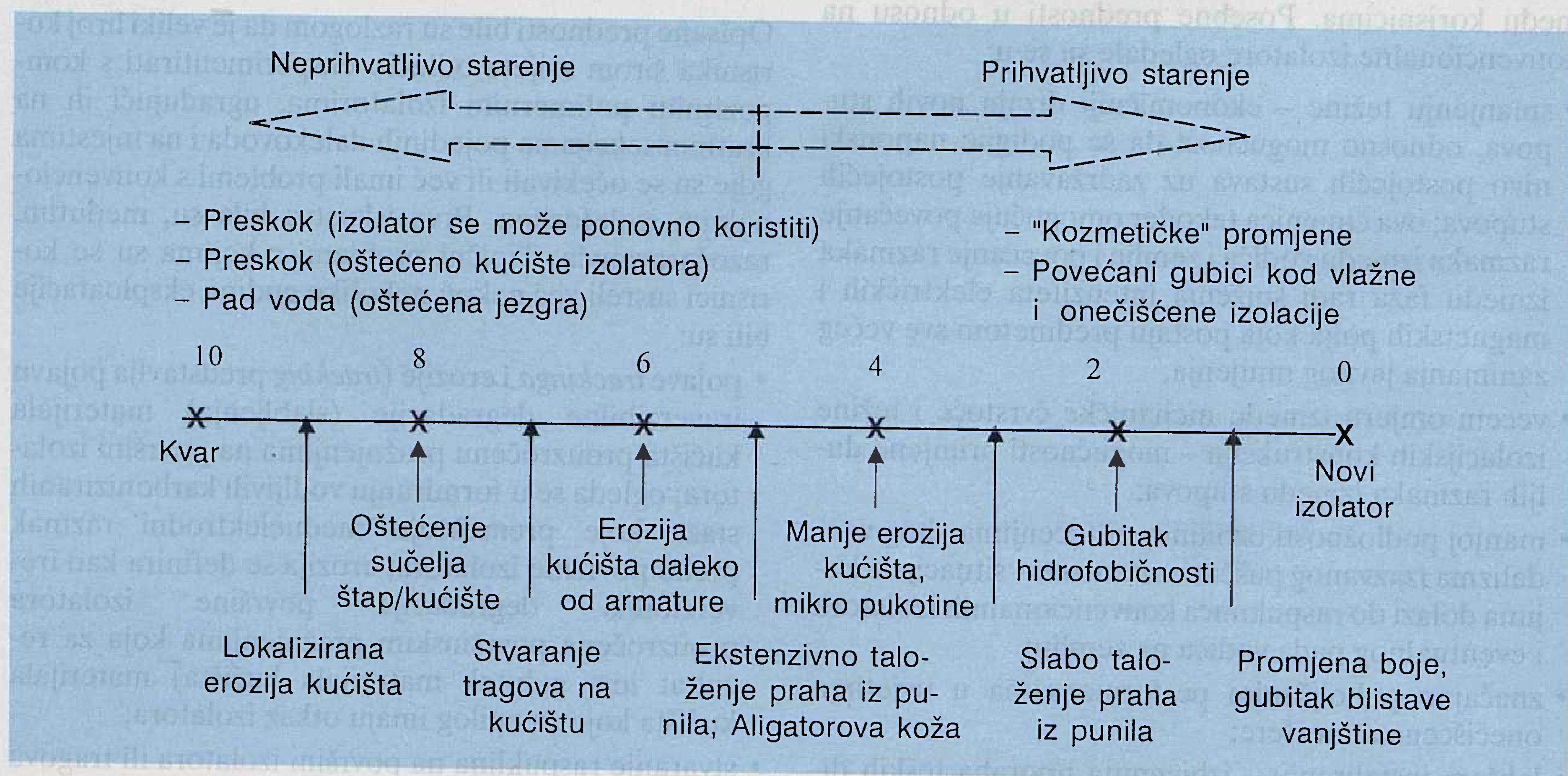
- slabljenje veza s armaturama popraćeno prodorom vode u unutrašnjost izolatora s posljedicama koje se odražavaju u slabljenju električkih i mehaničkih svojstava i kao epilog imaju električki, odnosno najčešće mehanički kvar izolatora.

Ova iskustva upućivala su na zaključak da se, zbog loše konstrukcije, izbora neodgovarajućih materijala i loše kontrole kakvoće radi o proizvodima s ograničenom i znatno nižom životnom dobi od zahtijevane. S obzirom na poteškoće u otkrivanju defekata i nepostojanje korelacije između vrste, odnosno intenziteta defekata i preostale životne dobi izolatora, postavilo se vrlo važnim pitanje procjene trajanja životne dobi kompozitnih polimernih izolatora i s njim vezanog pitanja dugotrajne pouzdanosti dalekovoda na kojima su oni instalirani.

Za razliku od konvencionalnih izolacijskih materijala, kod kojih interakcija električkih naprezanja s utjecajima okoliša (onečišćenje, vlaženje, sunčevo zračenje, toplinski ciklusi itd.), čije su posljedice protjecanje klizne struje i pojave pražnjenja (korona pražnjenja, pražnjenja preko suhih zona i preskok preko površine izolatora), i nakon eventualne pojave preskoka neće ostaviti "dubljih tragova", presudnih za njihovo buduće ponašanje, na polimernim materijalima koji se koriste za izradu kućišta kompozitnih polimernih izolatora događaju se često značajne promjene. Bilo da se radi o promjenama koje će dovesti do slabljenja površine, pa tako i do slabljenja svojstava izolatora, ili da su u pitanju samo neznatne, "kozmetičke" promjene u terminologiji koja se ovdje koristi, sve one spadaju pod pojam starenje. Moramo, međutim, praviti razliku između promjena čije pojavljivanje ne dovodi do

nepovratnog drastičnog slabljenja svojstava izolatora, i koje stoga možemo tolerirati (prihvatljivo starenje), i promjena koje dovode do značajnog slabljenja električkog i mehaničkog integriteta izolatora – neprihvatljivo starenje. Na sl. 1. prikazana je *Gorurova karta* starenja kompozitnih polimernih izolatora na kojoj se vide uzroci i posljedice promjena o kojima je ovdje riječ.

Ako se utvrde uzroci problema onda se može naći i rješenje koje će taj problem, ako ne potpuno eliminirati, a ono barem toliko umanjiti njegove negativne učinke do na mjeru ostajanja u domeni onih što ih je moguće tolerirati. To je bio pristup onih proizvođača kompozitnih polimernih izolatora koji su, za razliku od drugih koji su napustili njihovu proizvodnju, započeli intenzivna istraživanja čiji je rezultat bio druga generacija ovih izolatora. Vojničkim rječnikom govoreći bilo je jasno da postoji agresor; trebalo je uspostaviti učinkovitu obranu koja će usprkos njegovim napadima osigurati integritet utvrde. Neprijateljski vojnici su ovdje nabijene čestice što čine tok klizne struje. Taj im je tok potrebno prekinuti, budući da onda neće biti sposobni pucati iz oružja koje je ovdje površinsko parcijalno pražnjenje i na koje je osjetljiva naša utvrda načinjena od slabih polimernih organskih materijala. Tako je, zahvaljujući jednom od polimerima inherentnih svojstava, postavljena prva crta obrane kompozitnih polimernih izolatora – hidrofobična površina koja je u stanju intenzitet klizne struje svesti na razinu koja neće dovesti do površinskih parcijalnih pražnjenja. Kad napadi postanu toliko intenzivni da padne prva crta obrane, materijal površine izolatora i njegova konstrukcija moraju biti izdržljivi na utjecaje pucnjave – druga crta obrane – moraju biti otporni na stvaranje tragova, a erozija i kad do nje dođe ne smije ugroziti ni električki, ni mehanički integritet izolatora.



Slika 1. Gorurova karta starenja kompozitnih polimernih izolatora[1]

Druga generacija polimernih izolatora ponudila je materijale otporne na *tracking* i otpornije na utjecaje pražnjenja. Osim toga ostvarene su bolje veze s armaturama, te riješen problem mehaničkog dimenzioniranja jezgre. Poboljšana kontrola kakvoće utjecala je, sa svoje strane, na povećanje pouzdanosti nove generacije kompozitnih polimernih izolatora, tako da je od njih postalo sasvim realno očekivati životnu dob od 20 do 30 godina.

Zrelost spoznaje da obnova prve crte obrane nakon što dođe do njezinog pada – regeneracija izgubljene hidrofobičnosti – predstavlja ključnu činjenicu u obrani kompozitnih polimernih izolatora od napada što ih vrši sustav multidimenzionalnih naprezanja, dovela je, u vremenu što pripada posljednjem desetljeću dvadesetog stoljeća, do nastupa treće generacije polimernih izolatora: silikonska guma, zahvaljujući svojstvu regeneracije izgubljene hidrofobičnosti, postala je materijal kojega su prihvatili gotovo svi proizvođači u svijetu.

Zahvaljujući ranije navedenim prednostima u odnosu na konvencionalne izolatore, konzekventnom sniženju sveukupnih troškova, značajnim poboljšanjem u performansama i kakvoći proizvodnje što ga je u odnosu na prvu generaciju kompozitnih polimernih izolatora donio razvoj u ovoj tehnologiji, te činjenici da je značajno opala i njihova nabavna cijena, ovi izolatori su danas postali najbolji izbor kod gradnje novih i rekonstrukcije postojećih sustava prijenosa i distribucije električne energije. Da je tako najbolje govori podatak da su danas 60% – 70% svih izolatora koji se instaliraju u USA upravo kompozitni polimerni izolatori.

Za razliku od situacije što smo je imali u vrijeme prve generacije kompozitnih izolatora, danas možemo kazati da su proizvođači naučili bolje kontrolirati svoje procese proizvodnje. Oni su istodobno uspjeli poboljšati formulacije kako bi postigli bolje konačne karakteristike svojih proizvoda. Sve je to bilo moguće zahvaljujući boljem razumijevanju utjecaja okoliša na polimerne materijale, tako da današnji polimeri koriste poboljšane antidegradante kad su u pitanju utjecaji ultravioletnog zračenja, topline i kemijskih napada. Istodobno su učinjena i značajna poboljšanja kad je riječ o baznim kompaundima koji se koriste u proizvodnji konačnog materijala.

Svaki proizvođač koji se nije bavio istraživanjima, čiji su rezultat bili poboljšanje formulacije kompaunda, žrtvovao je poboljšana svojstva svojih proizvoda.

U okviru problema s kojima su se suočili u eksploataciji kompozitnih polimernih izolatora proizvođači i korisnici su stekli značajne spoznaje o njihovim uzročnicima. To je rezultiralo u poboljšanim programima ispitivanja i znatno boljem razumijevanju uzroka i rješenja osnovnog problema – problem starenja.

Današnja generacija kompozitnih izolatora nudi znatno poboljšana rješenja zaštite od oštećenja prouzročenih djelovanjem korone, tako što su u mnoge konstrukcije inkorporirani ekrani putem kojih se izolira ili eliminira utjecaj korone.

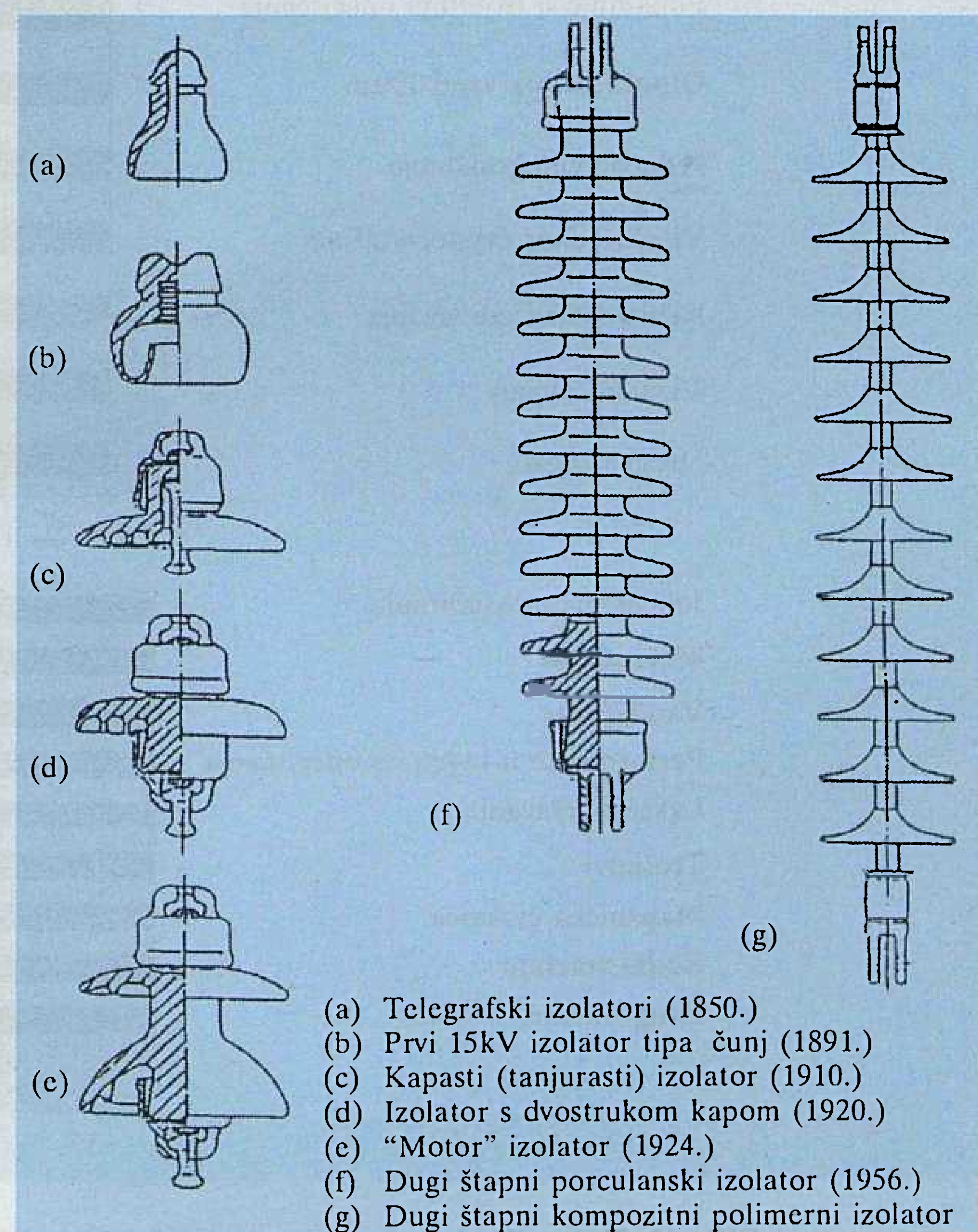
3. USPOREDBA KONVENCIONALNIH I KOMPOZITNIH POLIMERNIH IZOLATORA

3.1. Povijest razvoja izolatora za prijenosne vodove

Povijest razvoja visokonaponskih izolatora govori da su oni svoje ishodište imali u telegrafskim izolatorima koji su se koristili još do kraja posljednjeg desetljeća 19. stoljeća (sl. 2a.). Izolatori tipa čunj (*pin-type*) (sl. 2b.) primijenjeni su za prve 15 kV-ne prijenosne vodove 1891. godine. Kad su na red došli viši naponi, ekonomski razlozi su zahtijevali ovjesnu poziciju vodiča. Kako su tad raspoloživi materijali mogli podnijeti samo ograničena naprezanja na istezanje, razvijena je konstrukcija kapastog (tanjurastog) izolatora koji omogućuje da se naprezanje na vlak koje postoji na armaturama (kapa i tučak), konvertira u naprezanje na tlak i smicanje u izolacijskom tijelu (sl. 2c.). Prisutni nedostaci ovog načela konstrukcije:

- proboj tanjura prouzročen koincidencijom visokog električkog i mehaničkog naprezanja između kape i tučka;
- osrednja svojstva u uvjetima onečišćenja zbog prisustva neadekvatno dizajniranih donjih rebara;
- radiosmetnje zbog korona pražnjenja u blizini tučka;
- korozija tučka prouzročena istosmjernom komponentom klizne struje u uvjetima onečišćenja [3];
- pucanje kape zbog širenja cementa [4].

Ipak, mnogi korisnici širom svijeta ne odustaju od primjene ove tehnologije i ove konstrukcije na svojim prijenosnim vodovima.



Slika 2. Razvoj visokonaponskih izolatora za prijenosne vodove [2]

Drugi su korisnici, međutim, iskoristili progres u razvoju izolacijskih materijala (mogućnost da se proizvede porculan s povećanom čvrstoćom na vlak) i na temelju toga razvijena je konstrukcija dugog štapnog izolatora, koji ne pati od svih prethodno pobrojenih nedostataka. Njegova posebnost sastoji se u tome što se opterećenje na vlak inducira u izolacijsko tijelo, pri čemu je izolator cijelom svojom duljinom opterećen na vlak. Slike 2d. i 2e. prikazuju prve izolatore s takvim dizajnom. Današnji moderni dugi štapni izolatori proizvode se od visokokvalitetnog aluminijskog porculana, čime se postižu duljine do 2 m i promjeri jezgre do 125 mm (sl. 2f.).

U nastojanju da se, koristeći prednosti dizajna dugog štapnog izolatora, osvoji prostor ekstra i ultra visokih napona i pri tome postignu tri osnovna cilja:

- sniženje sveukupne ovjesne mase izolacijske konstrukcije;
- mogućnost prijenosa velikih snaga;
- sniženje troškova održavanja,

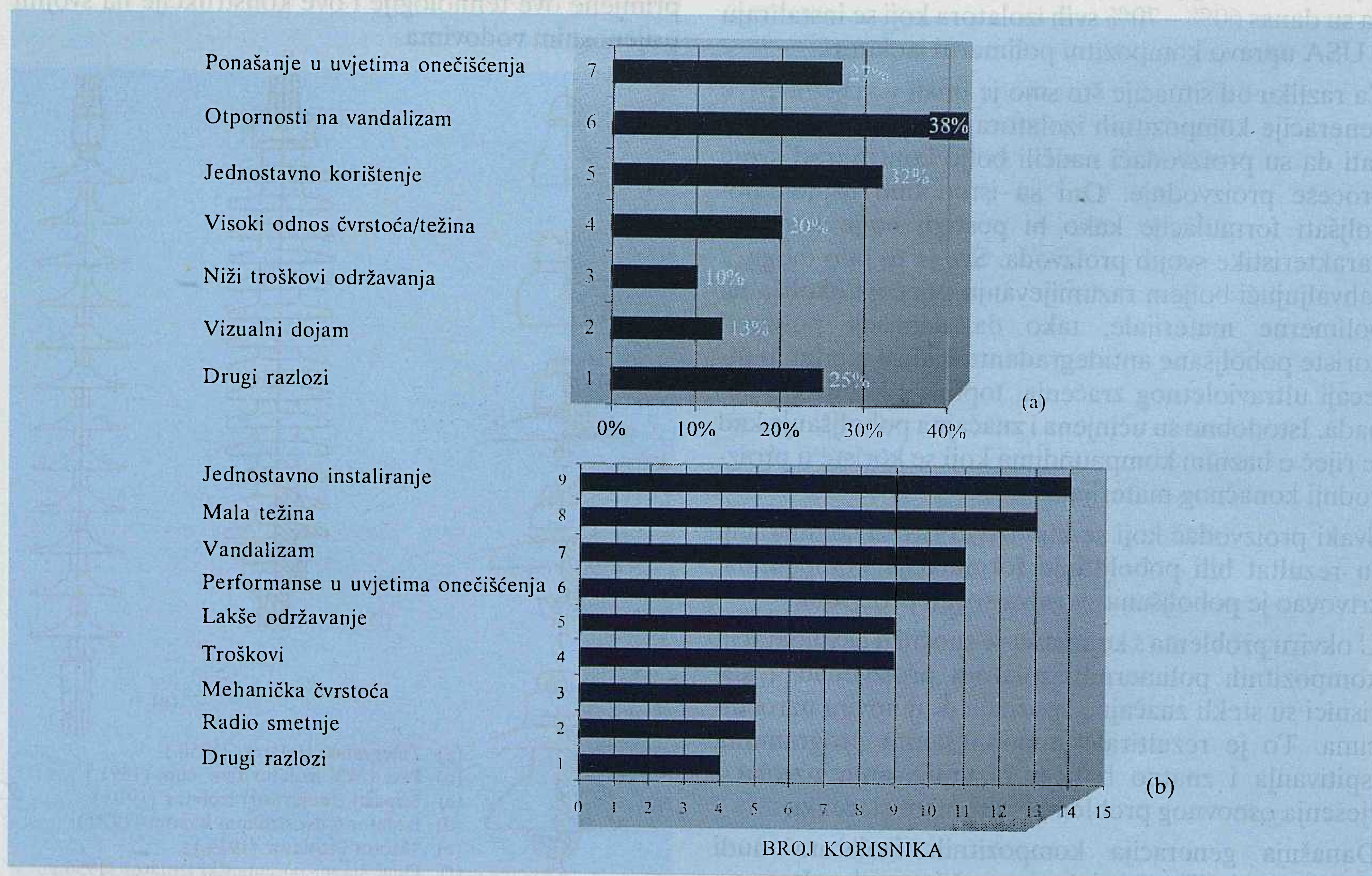
razvijena je konstrukcija kompozitnog polimernog izolatora – sl. 2g.

3.2. Opće prednosti kompozitnih polimernih izolatora

Međunarodni savjet za velike električne sustave (CIGRE) je prvi put 1990., [5] a potom ponovno 2000. [6], objavio rezultate anketa koje su se odnosile na razloge zbog

kojih su korisnici širom svijeta donijeli odluke da na svoje dalekovode ugrade kompozitne polimerne izolatore. Rezultati ovih anketa prikazani su na sl. 3.

Otpornost na vandalizam, posebice pušcanu vatru, predstavlja veoma važan faktor na tržištu u USA. Ponašanje u uvjetima onečišćene atmosfere, o čemu će kasnije biti više riječi, je, kao što se vidi, jedna od osnovnih prednosti. Jednostavno upravljanje odnosi se na sniženje rizika od oštećenja u transportu (lom rebara), kao i na jednostavnije montiranje na stup, bilo da se koristi ručna montaža (nisu potrebne skele i koluture) ili da se primjenjuju helikopteri. S tim u svezi je i smanjenje prostora potrebnog za skladištenje – izolatori se pakiraju u kartonske tube i s njima se jednostavnije manipulira u fazi transporta i skladištenja. Visoki omjer mehanička čvrstoća/težina je interesantan kod projektiranja novih prijenosnih vodova. U pitanju je niža razina zahtjeva u pogledu stupova i koridora, budući da povišenje ovog omjera omogućuje primjenu novih dizajna i koncepata izolacijskih konstrukcija i konstrukcija stupova, a što za posljedicu ima sniženje troškova izgradnje dalekovoda, odnosno mogućnost podizanja naponske razine postojećih vodova. Niži troškovi održavanja – nisu potrebni uobičajeni ciklusi čišćenja izolatora – posljedica su superiornog ponašanja kompozitnih polimernih izolatora u uvjetima onečišćene atmosfere. Vizualni dojam se popravlja zbog činjenice da su izbjegnute armature



Slika 3. Kriteriji zbog kojih su se korisnici odlučili primijeniti kompozitne polimerne izolatore:

(a) Rezultati ankete obavljenе od strane CIGRE [5];

(b) Rezultati ankete što ju je objavio japanski Tehnički komitet za izolatore [7]

između pojedinačnih jedinica u izolatorskom lancu. Drugi razlozi odnose se na sigurnost od prijeloma u slučaju dinamičkih mehaničkih naprezanja, te na mogućnost kompaktiranja prijenosnih vodova.

Premda je tijekom devedesetih godina broj instaliranih kompozitnih izolatora u svijetu doživio veliki porast, ne postoje svježiji, na široj osnovi elaborirani podaci o razlozima za njihovo uvođenje niti o iskustvima u njihovoj primjeni.

Iz tog razloga zadovoljit ćemo se i pregledom što ga je nedavno publicirao japanski Tehnički komitet za kompozitne izolatore (*Non – Ceramic (composite) Insulators Technical Committee*) [7]. Radi se o podacima prikupljenim od osamnaest korisnika kompozitnih polimernih izolatora: iz Sjeverne Amerike (10), Europe (6) i Australije (2).

Na sl. 3b. prikazani su rezultati ove ankete, s navedenim razlozima zbog kojih su se korisnici odlučili uvesti kompozitne polimerne izolatore.

3.3. Usporedba mehaničkih svojstava

Sniženje mase u odnosu na konvencionalni dizajn posljedica je sljedećih činitelja:

- odsustvo armatura između pojedinih jedinica, budući da se već danas mogu proizvesti jednodijelni dugi štapni izolatori čija je duljina približno 6 m, što odgovara naponskoj razini od 800 kV;
- promjena koncepta dizajna – manji promjer;
- niža specifična gustoća korištenih materijala.

U Tablici 2 prikazani su podaci koji slikovito govore o tome što u pogledu sniženja mase izolacijske konstrukcije donosi tehnologija kompozitnih polimernih izolatora.

Tablica 2. Usporedba masa porculanskih i kompozitnih polimernih izolatora [8]

Napon (kV)	Masa (kg)				
	Konvencionalni izolatori			Kompozitni izolatori	
	Broj jedinica	I-lanac	V-lanac	I-lanac	L-lanac
230	12	205	410	16	32
345	18	306	612	27	54
500	25	427	854	50	100

U Tablici 3, radi ilustracije ranijih navoda o povećanom odnosu mehanička čvrstoća/težina, prika-

zana je usporedba osnovnih mehaničkih svojstava materijala koji se koriste u proizvodnji visokonaponskih izolatora.

3.4. Usporedba električkih (izolacijskih) svojstava

Električka izolacija prijenosnih vodova i postrojenja instaliranih na otvorenom postiže se pomoću zraka što ih okružuje. Izolatori, čija se funkcija sastoji prije svega u tome da budu čvrsta i pouzdana mehanička potpora vodičima, održavaju prijeko potrebni preskočni razmak – ono kod kojega neće doći do preskoka u zraku. Dakle, kad bi im površina bila uvijek suha i čista onda i ne bi morali imati relativno složenu formu (rebra, "suknjice" na donjoj površini, aerodinamički oblik rebara i sl.). Isto tako, s električke točke gledanja, ne bi bilo posebno važno iz kojeg su materijala izrađeni.

Budući da visokonaponski izolatori dalekovoda i postrojenja ne "žive" pod staklenim zvonom, nego su izloženi stalnim utjecajima atmosfere (onečišćenje, kiša, rosa, magla, UV-zračenje i sl.), njihova površina može postati manje ili više vodljivom. Iz tog razloga će napon kod kojeg dolazi do preskoka zračnog razmaka (preskočni napon) biti niži od onog koji se ima kod suhe površine. Visina ovog napona je u realnim uvjetima rada funkcija oblika izolatora (duljina klizne staze i faktor oblika) i specifične površinske vodljivosti elektrolitičkog sloja što se formira na njegovoj površini pod utjecajem nataloženog onečišćenja i padalina, ali i načina na koji dolazi do njezinog vlaženja, tj. materijala površine izolatora.

Električka svojstva (izolacijska čvrstoća) dane izolacijske površine, odnosno površine danog izolatora, definirana su, dakle, visinom preskočnog napona u uvjetima prisustva vodljivog (elektrolitičkog) sloja onečišćenja. Na temelju pokusa utvrđena je sljedeća analitička relacija koja opisuje tzv. karakteristiku onečišćenja [9]:

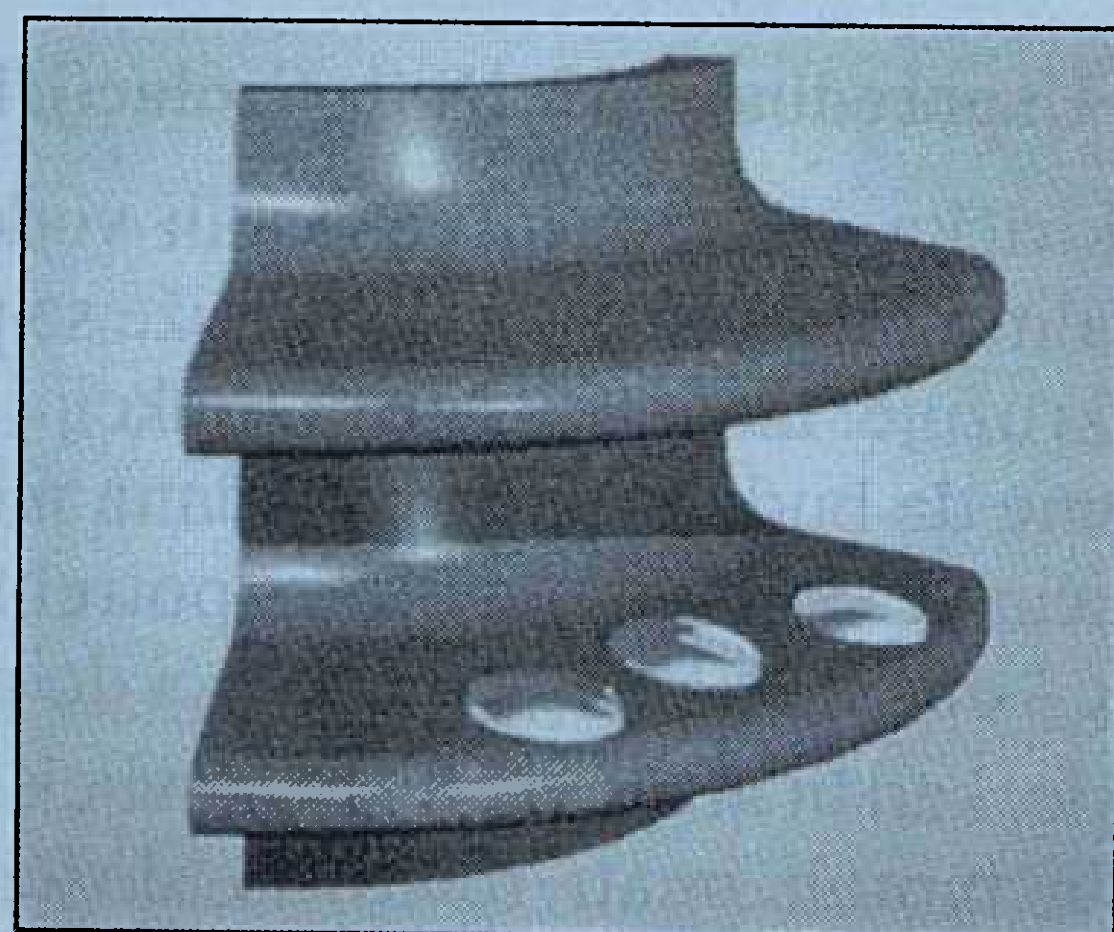
$$U_f = k_F \gamma_s^{-n}$$
 (1)

- gdje su: U_f – preskočni napon u uvjetima prisustva vodljivog sloja onečišćenja;
- k_F – konstanta koja ovisi o geometriji izolatora;
- γ_s – specifična površinska vodljivost sloja onečišćenja; $\gamma_s = \gamma \cdot \delta$;
- γ – specifična volumna vodljivost magle;
- δ – debljina sloja onečišćenja;
- n – koeficijent nagiba karakteristike onečišćenja.

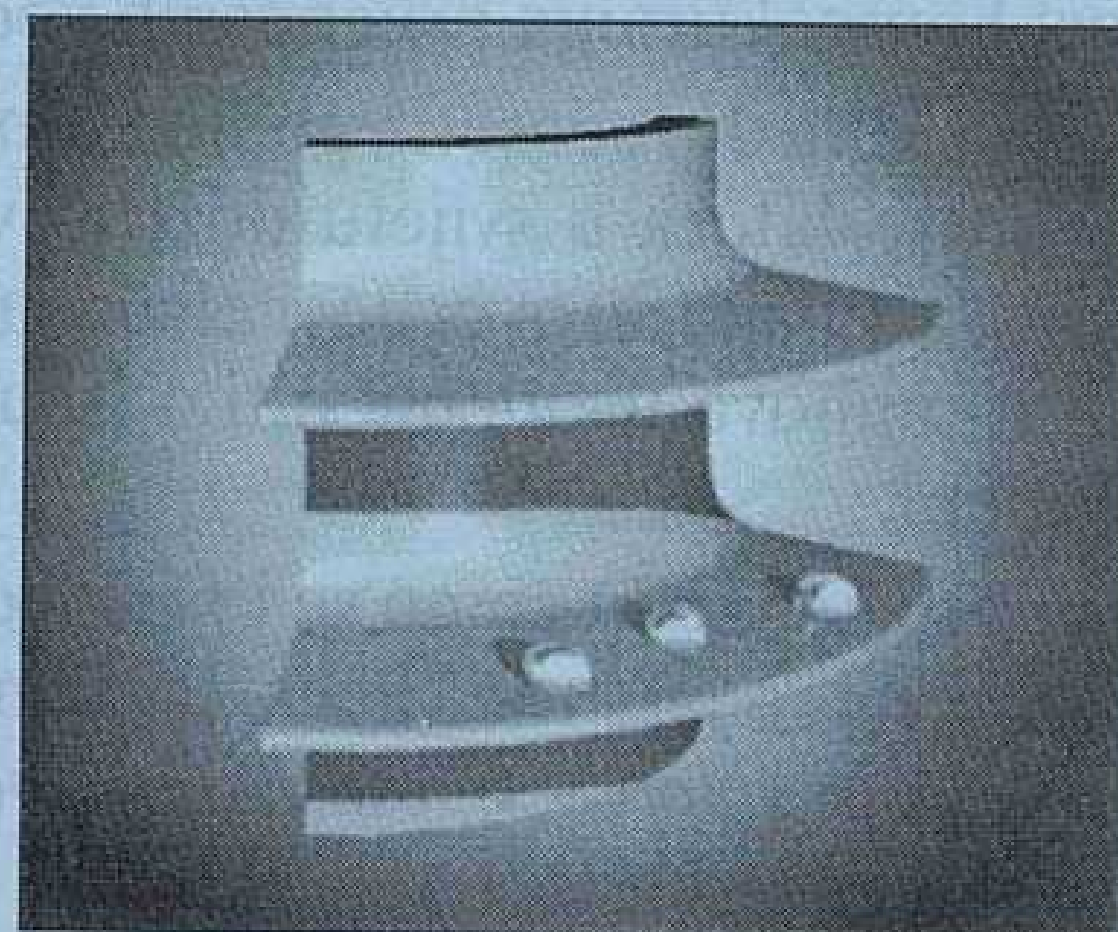
Tablica 3. Usporedba mehaničkih svojstava materijala koji se koriste u proizvodnji izolatora [2]

Vrsta materijala		Čvrstoća na vlak (Mpa)	Čvrstoća na tlak (Mpa)	Čvrstoća na savijanje (Mpa)	E-modul (Mpa)
Porculan		30 – 60	450 – 550	35 – 90	55 000
Kompoziti	Smola ojačana staklenim vlaknima (na mokro)	62 – 230	95 – 180	125 – 210	14 000 – 27 000
	Smola ojačana staklenim vlaknima (u vakuumu)	400	320	530	28 000

Površine čistih izolatora: Stupanj vodoodbojnosti na hidrofobičnoj silikonskoj gumi (c) je mnogo viši od onog što ga ima hidrofilni porculan (a)

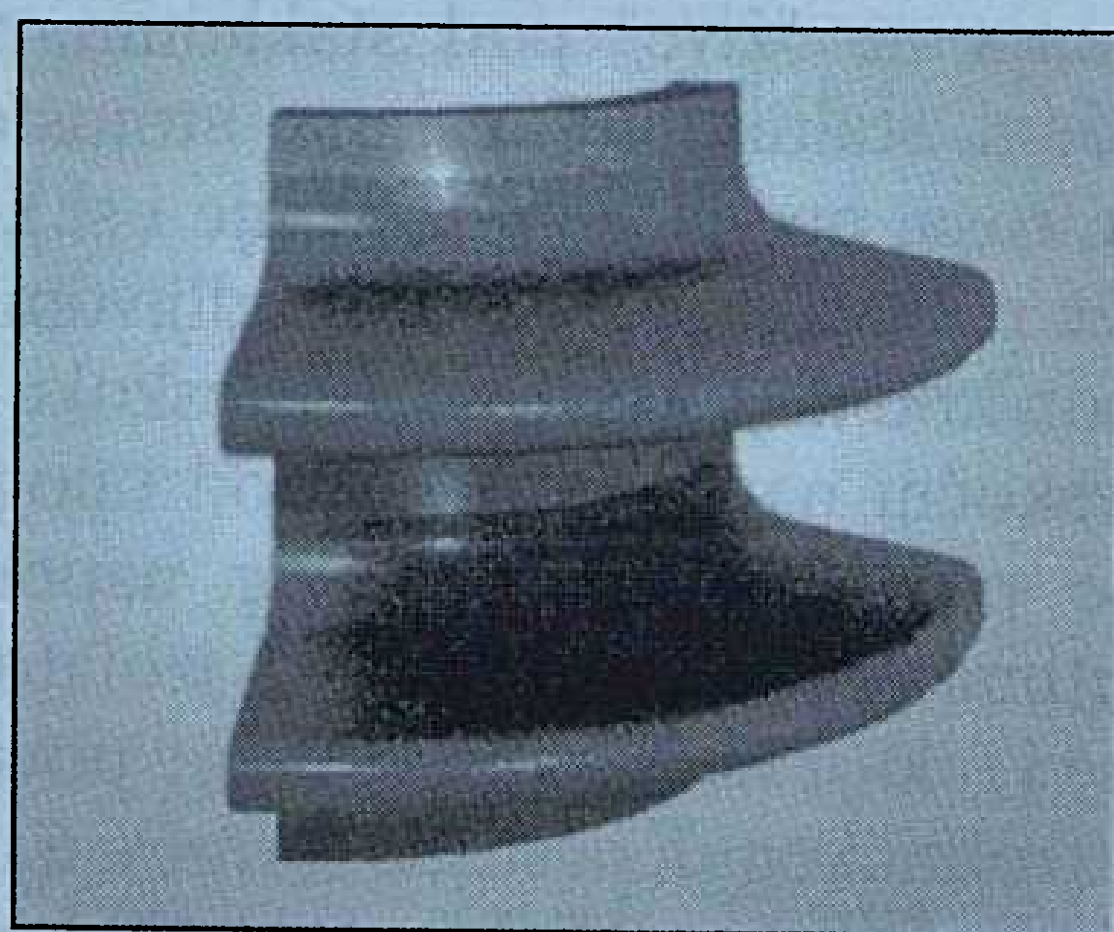


(a)

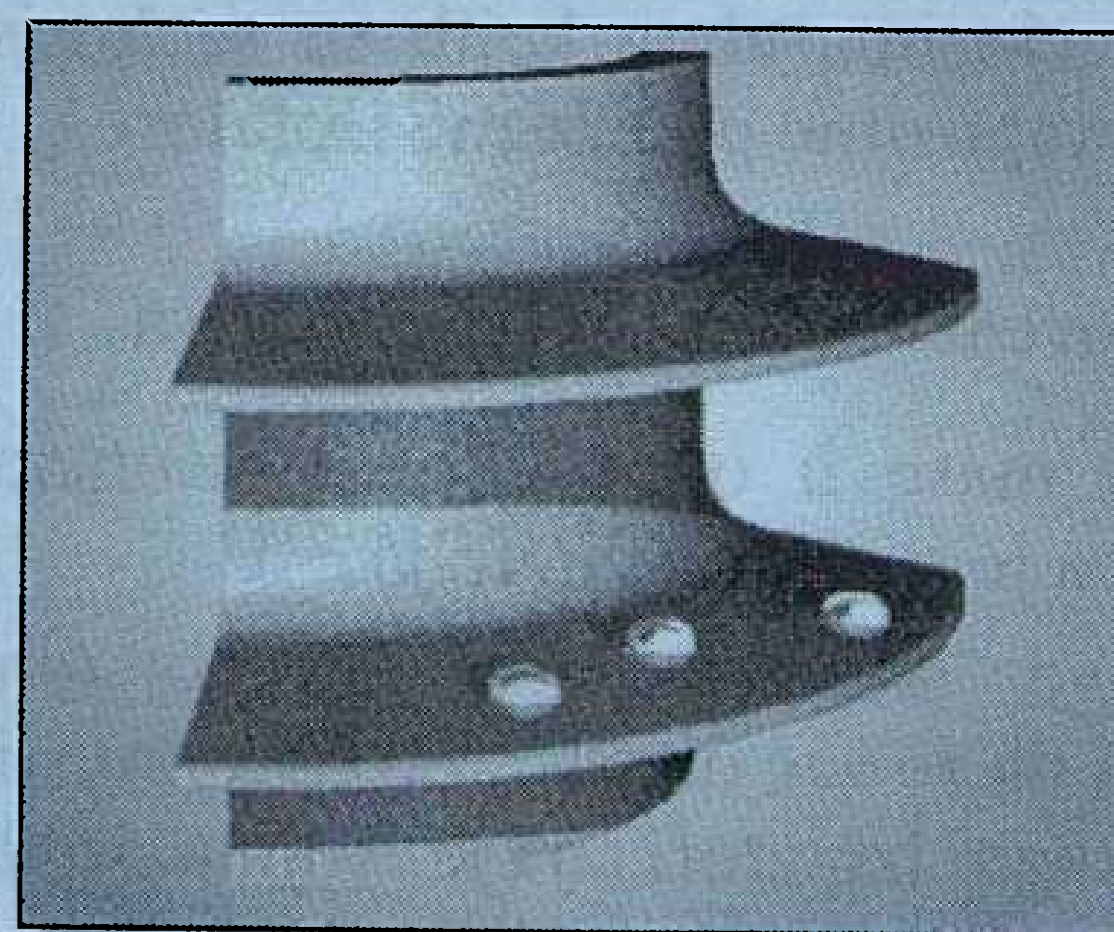


(c)

Površine izolatora prekrivenih slojem onečišćenja: Dok na površini porculana (b) voda potpuno prodire u hidrofilni sloj onečišćenja, površina silikonske gume (d), zahvaljujući transferu hidrofobičnosti, ima još uvijek visok stupanj vodoodbojnosti.



(b)

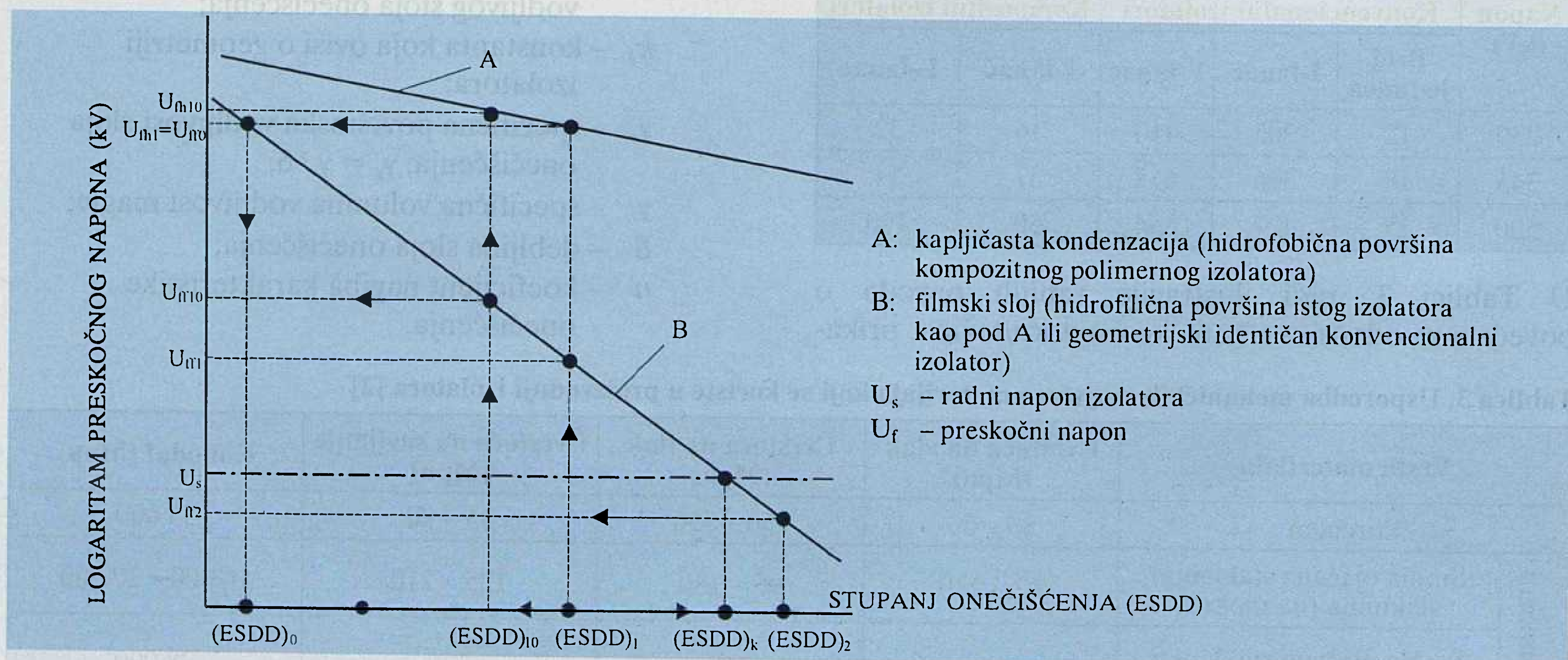


(d)

Slika 4. Prikaz ponašanja hidrofilnih – (a), (b) i hidrofobičnih izolacijskih površina – (c) i (d) [2]

Za razliku od keramičkih materijala čija se površina jednoliko vlaži (visoka slobodna površinska energija porculana stupa u interakciju s kohezivnim površinskim naponom vode) – sl. 4a. i 4b., polimerni materijali, pod uvjetom da su čisti i još uvijek neoštećeni, imaju površinu koja je vodoodbojna (hidrofobična), tako da se na njoj ne formira kontinuiran vodeni film, nego diskretne vodene kapljice (sl. 4c).

Na sl. 5. dan je kvalitativni prikaz dviju preskočnih karakteristika: karakteristika označena sa (A) odnosi se na jedan kompozitni polimerni izolator na čijoj površini, zahvaljujući svojstvu transfera hidro-fobičnosti, i u uvjetima onečišćenja, voda formira odvojene kapljice kao kod čistog i neoštećenog izolatora – sl. 4d., dok karakteristika (B) odgovara istom tom izolatoru koji je, zbog različitih uzroka, privremeno ili



Slika 5. Preskočne karakteristike izolatora kod različitih uvjeta što vladaju na njegovoj površini

trajno izgubio to svojstvo. Prema tome, karakteristika (B) odgovarala bi geometrijski identičnom konvencionalnom izolatoru.

Kod danog stupnja onečišćenja $(ESDD)_1$ * hidrofobičnoj površini odgovarat će preskočni napon U_{f1} , koji je znatno viši od radnog napona U_s . U slučaju da dođe do gubitka hidrofobičnosti, površine kompozitnog izolatora, kao i u slučaju kad je umjesto danog kompozitnog polimernog izolatora upotrijebljen konvencionalni izolator (prijelaz s karakteristike (A) na karakteristiku (B)), za održavanje nepromijenjene pogonske sigurnosti izolatora, odnosno sustava u kojemu je taj izolator instaliran, potrebno je sniziti površinsku provodnost sloja onečišćenja na vrijednost $(ESDD)_0$, što praktički znači poduzeti palijativne mjere pranja ili čišćenja. U protivnom bi svako povećanje vodljivosti iznad $(ESDD)_k$ dovelo do preskoka na radnom naponu (na primjer $(ESDD)_2 - U_{f2} < U_s$). Ukoliko, međutim, zbog prestanka vlaženja, odnosno sušenja površine izolatora, dođe do sniženja vodljivosti, na primjer sa $(ESDD)_1$ na $(ESDD)_{10}$, preskok će biti izbjegnut ($U_{f10} > U_s$). Ako sušenje površine izolatora dovede do odvijanja procesa obnove hidrofobičnosti (prijelaz s karakteristike (B) na karakteristiku (A)), to će omogućiti još pouzdaniji rad ($U_{f10} > U_s$), promatranog izolatora u uvjetima onečišćene atmosfere bez da se poduzimaju palijativne mjere pranja i čišćenja, budući da će proces obnove hidrofobičnosti omogućiti "zacjeljivanje rana" što ih je izazvala površinska erozija primjerice.

3.5. Usporedba ponašanja u pogonskim uvjetima

Radi usporedbe ponašanja osnovnih vrsta kompozitnih polimernih izolatora (EP guma i silikonska guma), kao i usporedbe njihovog ponašanja u odnosu na ponašanje konvencionalnih izolatora, prikazat ćemo neke od interesantnih rezultata do kojih su došli istraživači širom svijeta.

Prvu usporedbu dali su Cherny i Stoukus iz tvrtke *Ontario Hydro* 1979. godine. [10] Oni su ustanovili da se na izolatorima od EP gume već nakon 18 mjeseci starenja u realnim uvjetima (vod 550 kV) događaju takva oštećenja površine koja snizuju njihovu izolacijsku čvrstoću za 25 – 30%, dok izolatori od silikonske gume ne pokazuju nikakva oštećenja niti im se snizuje izolacijska čvrstoća. Autori iz Švedske [11] saopćili su rezultate do kojih su došli nakon što su od 5 do 9 godina pratili ponašanje izolatora u pogonu. Ustanovljeno je da su nakon prve dvije godine rada kompozitni izolatori održali veoma dobre karakteristike – usporedive s karakteristikama konvencionalnih izolatora. Međutim, u kasnijim godinama, za razliku od izolatora od silikonske gume, koji su i dalje imali superiorne karakteristike, izolatori od EP gume pokazali su značajno sniženje izolacijske čvrstoće. Naime, svi (konvencionalni i EP izolatori), izuzev izolatora od silikon-

ske gume, su nakon što su bili prekriveni značajnim količinama morske soli doživjeli preskoke. Na silikonskim izolatorima nije čak opažena niti aktivnost pražnjenja; ustanovljeno je samo neznatno povećanje klizne struje uz njezine slabe varijacije.

Isti istraživači [12] također su otkrili da je do slabljenja izolacijskih svojstava EP gume došlo zbog njezina starenja, dok je za silikonsku gumu ustvrđeno da se na površini formira niskomolekularni silikonski sloj koji posjedujući izvanredna hidrofobična svojstva održava izolacijske karakteristike izolatora u uvjetima starenja. Starenje EP gume praćeno je nereverzibilnim razaranjem površine, a kod pojedinih konstrukcija događale su se pukotine na sučeljima i razaranja rebara [13].

Od 1980. do 1985. u Njemačkoj su ispitivani kompozitni izolatori različitih proizvođača na 225 kV ispitnoj stanici lociranoj uz morsku obalu [14]. Premda se tijekom ispitivanja nije dogodio niti jedan preskok, uočene su značajne razlike u ponašanju izolatora s različitim materijalima kućišta. Ustanovljeno je da silikonski izolatori nakon 5 godina nisu imali impulse klizne struje veće od 10 mA, dok su izolatori od EP gume imali veliki broj ovakvih impulsa, te već nakon dvije godine, doživjeli proboje rebara, odnosno rascjepe na sučelju i tragove erozije poslije 5 godina. Zahvaljujući svim ovim saznanjima narastao je interes za korištenjem kompozitnih izolatora s kućištem izrađenim iz silikonske gume [14]. Osim toga, postalo je evidentno da silikonska guma ima bolje karakteristike u odnosu na porculan i staklo. To je pokazano ne samo kroz stečena pogonska iskustva [14, 15, 16], nego i kroz rezultate dobivene u laboratorijima i ispitnim stanicama na otvorenom [16, 17, 18].

Nakon četrnaestogodišnjeg rada na *Hydro Quebecovim* 735 kV vodovima, kompozitni polimerni izolatori s kućištem od silikonske gume nisu pokazali nikakva vidljiva oštećenja, iako su radili u uvjetima dosta intenzivnog onečišćenja [19]. Zbog ovih izvanrednih svojstava u uvjetima s onečišćenom atmosferom, kompozitni polimerni izolatori s kućištem od silikonske gume danas se kod ovog korisnika široko koriste kao zamjena za konvencionalne izolatore, na kojima dolazi do pojave preskoka ili drugih defekata.

Izraelska elektroprivreda je 1993. [21], prikupivši podatke od šesnaest korisnika iz Južne Afrike, Kanade, Australije, Namibije, Španjolske, Švicarske i USA, a koji se odnose na 60 000 kompozitnih izolatora (uglavnom onih koji imaju kućište od silikonske gume), došla do sljedećih zaključaka:

- osnovni razlozi za korištenje kompozitnih izolatora su sniženi troškovi održavanja i poboljšane karakteristike glede otpornosti na vandalizam;
- mnogi od korisnika su promijenili svoje specifikacije odlučujući se isključivo na izolatore s kućištem od silikonske gume;
- većina izolatora s kućištem od silikonske gume radi bez čišćenja – čak i u uvjetima jako onečišćene at-

* Na apscisu karakteristike onečišćenja mogu se nanijeti vrijednosti ekvivalentne gustoće soli – ESDD

mosfere – ponašajući se i u takvim uvjetima superiornije od konvencionalnih izolatora i izolatora na bazi EPDM;

- kad su u pitanju kvarovi mehaničke naravi, svi oni odnosili su se na krhki prijelom jedinica koje su imale jezgru temeljenu na standardnom E-staklu.

Elektroprivredna tvrtka Južne Afrike ESKOM je, radi zamjene konvencionalnih izolatora, koji su se pokazali slabim zbog problema vandalizma i preskoka u uvjetima onečišćene atmosfere [22], još od 1978. počela s instaliranjem izolatora na bazi silikonske gume, sve do naponskog nivoa 400 kV. Na ukupno 25 426 km vodova 275 kV i 400 kV, 10% ugrađenih izolatora danas su kompozitni polimerni izolatori uz stalnu tendenciju da se ovaj udio povećava. Primjenom izolatora od silikonske gume, koji se ponašaju bolje od izolatora na bazi EPMD i konvencionalnih izolatora [23], izbjegli su troškove veoma skupog pranja izolatora pomoću helikoptera u priobalnim područjima. Osim toga, na ovaj su način poboljšane karakteristike vodova budući da je smanjen broj ispada. ESKOM smatra da su kompozitni izolatori na bazi silikonske gume uvjerljiva alternativa za konvencionalne izolatore.

Španjolska elektroprivredna tvrtka REE izvješćuje da je broj kvarova koji se odnose na uvjete onečišćene atmosfere drastično snižen nakon što su konvencionalni stakleni izolatori zamijenjeni kompozitnim polimernim izolatorima s kućištem od silikonske gume [24].

Jedna od američkih elektroprivreda, *Florida Power and Light* (FPL), također saopćava svoja dobra iskustva s izolatorima na bazi silikonske gume [25]. Prema njihovim iskustvima, karakteristike ovih izolatora u uvjetima onečišćene atmosfere bolje su nego bilo kojih drugih izolatora, čak i u slučajevima kad se reducira ili uopće ne primjenjuje pranje izolatora. Iskustva do kojih je FPL došla tijekom snažnih slanih oluja (1991. i 1996.) [26] ukazuju na činjenicu da su preskoci do kojih je tom prilikom došlo (217 ispada i preskoci na 72 izolatora, od čega 48 na kompozitnim polimernim izolatorima od EP gume, u oluji koja se dogodila 1996.) posljedica loših svojstava materijala kućišta. To potvrđuje podatak da se, u danim okolnostima, na izolatorima na bazi silikonske gume, s istom duljinom klizne staze nije dogodio niti jedan preskok.

Rezultati do kojih su došli istraživači iz Švedske, koji se odnose na desetogodišnje istraživanje ponašanja kompozitnih izolatora u ispitnoj stanici Sveučilišta *Chalmers* Anneberg – testirano je šest izolatora s kućištem silikonske gume i tri izolatora od EPDM gume – ponovno pokazuju da postoji čvrsta povezanost između uvjeta na površini izolatora, posebice svojstva hidrofobičnosti i performansi izolatora (klizna struja, izolacijska čvrstoća). Ustanovljena je ozbiljna površinska degradacija izolatora s kućištem od EPDM gume s ATH kao punilom. Kod izolatora, na bazi silikonske gume, međutim, radilo se samo o niskom stupnju degradacije. Klizne struje na četiri od šest izolatora ove

vrste nisu nikad prešle 15 mA, dok su na druga dva tijekom oluja registrirane vršne vrijednosti od 60 i 90 mA. Na izolatorima iz EPDM gume izmjerene su vršne vrijednosti od 135 odnosno 210 mA, kojom prilikom je jedan od njih doživio preskok. Ranija istraživanja u istoj ispitnoj stanici [27] pokazala su da izolatori od EP gume mogu doživjeti slabljenje izolacijskih svojstava, zbog različitih uzroka, ovisno o kompoziciji materijala, konstrukciji i procesu proizvodnje. To se naravno može dogoditi i s izolatorima od silikonske gume, tako da generičko ime materijala kućišta ne znači automatski dobre, odnosno loše karakteristike. Tako na primjer J. T. Looms [28] navodi rezultate istraživanja prema kojima jedna vrsta silikonske gume ima prognozu životne dobi od 25 godina, a druga svega 2,6 godina. Jasno je, prema tome, da samo adekvatno testiranje funkcionalnosti i konačno stečena pogonska iskustva mogu biti garancija razine svojstava kompozitnih polimernih izolatora.

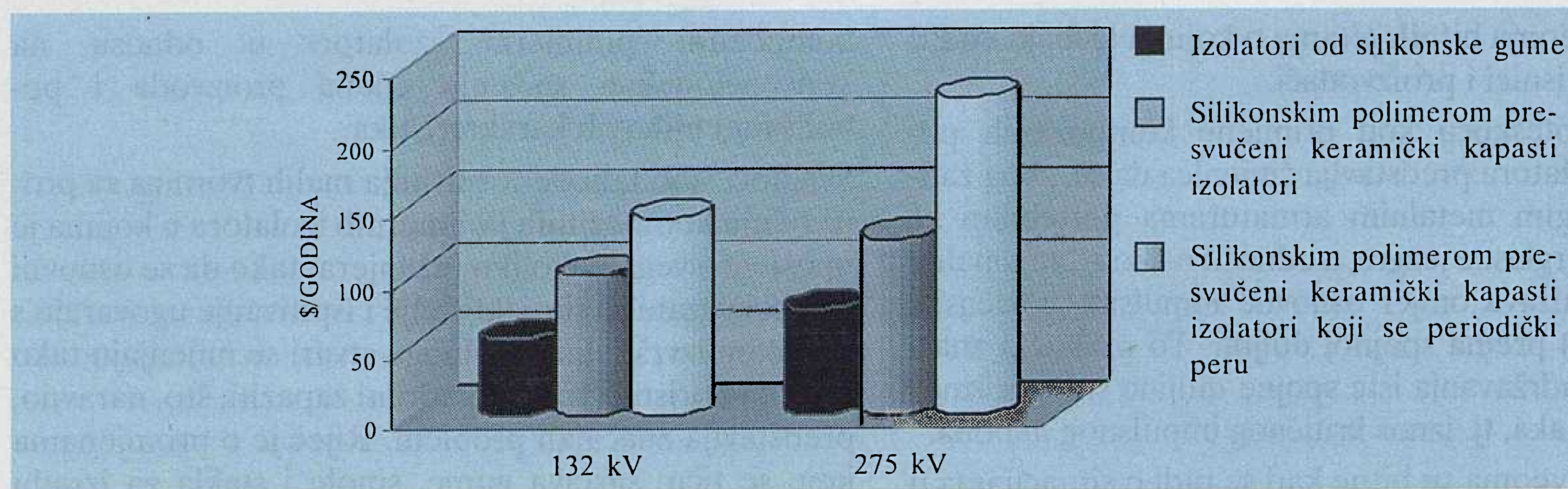
3.6. Ekonomska usporedba

Ekonomska opravdanost primjene kompozitnih polimernih izolatora u početku se uglavnom ogledala u sniženju troškova održavanja. Tu je također i sniženje troškova vezanih za broj prekida u napajanju kao i skraćivanje vremena potrebnog za zamjenu jedinica oštećenih prilikom tih prekida. Kad su u pitanju izolatori čija površina održava svojstvo hidrofobičnosti tijekom čitavog životnog vijeka izolatora, onda ovom treba pridodati uštede što proizlaze iz sniženja gubitaka energije – protjecanje manje klizne struje.

Što se tiče inicijalnih troškova (troškovi nabave) kompozitnih polimernih izolatora, možemo kazati da se danas na tržištu mogu naći kompozitni polimerni izolatori čija je cijena niža, ali i oni čija je cijena znatno niža od cijene konvencionalnih izolatora. Ovdje se krije stupica u koju mogu upasti korisnici. Stečena iskustva iz eksploatacije, naime, govore da su se s izolatorima koji nisu prošli postojeće IEC standarde već nakon nekoliko godina eksploatacije pojavili ozbiljni problemi [29]: jeftin kompozitni polimerni izolator može značiti loše električke i mehaničke karakteristike.

Imajući u vidu činjenicu da troškovi nabave izolatora mogu dostići maksimalno pet postotaka troškova izgradnje dalekovoda, lako zaključujemo da kupovinom jeftinih izolatora, tj. onih čija je cijena niža 20 – 40%, možemo uštedjeti svega jedan do dva postotka ukupnih troškova. Na korisniku je onda da se zapita vrijedi li to rizika glede sniženja karakteristika voda zbog povećane vjerojatnosti preskoka i povećanih troškova održavanja.

Da bi se izvršila analiza ekonomske opravdanosti uvođenja kompozitnih izolatora potrebno je uzeti u obzir troškove nabave kao i ostale troškove: skladištenje, transport, instaliranje i održavanje. Na sl. 6. prikazani su usporedno ukupni godišnji troškovi triju varijanti: izolatori na bazi silikonske gume, silikonskim



Slika 6. Usporedba godišnjih troškova triju različitih varijanata [30]

polimerom prekriveni keramički izolatori, keramički izolatori koji se periodično peru. Riječ je o analizi što ju je napravila australska elektroprivredna kompanija *Powerlink Queensland* [30].

Kao što se vidi, ukupni godišnji troškovi primjene kompozitnih polimernih izolatora od silikonske gume iznose 30 – 40% troškova primjene konvencionalnih izolatora.

Na temelju analize izraelske elektroprivrede [31] – *Israel Electric Corp. Ltd* – proizlazi da ukupni godišnji troškovi primjene izolatora od silikonske gume koji ne zahtijevaju pranje iznosi svega 50% ukupnih troškova primjene konvencionalnih izolatora (pranje jedanput godišnje), odnosno 41% ovih troškova u slučaju da se i silikonski izolatori peru svakih pet godina. Pri tom je kalkulirano s kompozitnim izolatorima čija je nabavna cijena 70% viša od cijene konvencionalnih izolatora.

The Los Angeles Department of Water and Power je bio jedan od prvih korisnika u USA koji je nakon skoro potpunog prijelaza na kompozitne polimerne izolatore na naponima 115, 138 i 230 kV, donio odluku da na novim dalekovodima 500 kV isključivo koristi ove izolatore [32]. Jedan od osnovnih razloga za ovakvu odluku leži u eliminiranju troškova pranja izolatora.

Florida Power & Light Company, koja kompozitne polimerne izolatore koristi na svojim prijenosnim vodovima još od 1977., donijela je nedavno odluku da ih primijeni i na jednom novom 500 kV vodu [33]. Prije donošenja ovakve odluke, bez obzira na činjenicu da je cijena ponude izabranih kompozitnih polimernih izolatora bila za 45% niža od cijene ekvivalentnih porculanskih izolatora, te da je procijenjeno kako bi troškovi njihovog instaliranja bili za 73% niži od onih što ih zahtijeva instaliranje porculanskih izolatora, postavio se problem ekonomske opravdanosti s obzirom na aspekt životne dobi kompozitnih polimernih izolatora. Novi vod, naime, prolazi kroz područje koje karakteriziraju činitelji koji pridonose starenju kompozitnih polimernih izolatora: UV-zračenje, visoki stupanj vlažnosti, visoke temperature i onečišćenje. S obzirom na veliki stupanj rizika kad se radi o procjeni životne dobi kompozitnih polimernih izolatora, problem donošenja odluke postavljen je tako što je prvo izvršena procjena životne dobi porculanskih izolatora

u ovakvim uvjetima. Zatim su izračunati ukupni troškovi njihovog životnog ciklusa (osim troškova nabave i instalacije, troškovi radne snage i materijala prilikom održavanja, uključeni su i financijski činitelji: stopa eskalacije cijene materijala i cijene radne snage, diskautna stopa...). Izračunato je vrijeme u kojemu bi nakon ugradnje kompozitnih polimernih izolatora imali troškove jednake onim što bi ih porculanski izolatori imali tijekom procijenjenog životnog vijeka (32 godine). Rezultat je dao iznos 32/15, što znači da bi životna dob kompozitnih polimernih izolatora od svega 15 godina bila dovoljna da se isplati njihova ugradnja. S obzirom da iskustva što ih ima sama kompanija u eksploataciji kompozitnih polimernih izolatora slabije kakvoće (prva generacija) i procjene što ih daju testovi ubrzanog starenja glede modernih materijala i dizajna ovih izolatora govore da kompozitni polimerni izolatori mogu u ovom ambijentu raditi barem toliko dugo koliko i porculanski izolatori, nije bilo teško donijeti odluku o primjeni kompozitnih polimernih izolatora na novom 500 kV vodu.

4. ZAKLJUČAK

Iako je prošlo više od trideset godina otkako su stidljivo uvedeni u arenu visokog napona, i danas, kad govorimo o kompozitnim polimernim izolatorima, možemo kazati da je riječ o novoj tehnologiji. Bez obzira na to što su u međuvremenu postignuta značajna poboljšanja glede konstrukcija korištenih materijala i procesa proizvodnje, korisnici se u eksploataciji s vremena na vrijeme još uvijek sreću s izvjesnim problemima.

Kroz profesionalne susrete, što su na internacionalnom nivou sve češći, iskristalizirana su sljedeća, još uvijek otvorena, pitanja vezana za primjenu kompozitnih polimernih izolatora u elektroenergetskom sustavu.

- (i) Utvrđivanje ekvivalencije u odnosu na konvencionalne izolatore

Kad se radi o donošenju odluke o zamjeni postojećih konvencionalnih izolatora s kompozitnim polimernim izolatorima, razlike u konstrukciji i materijalima ot-

varaju niz veoma bitnih pitanja o kojima trebaju voditi računa i korisnici i proizvođači.

Osnovnu poteškoću kod primjene kompozitnih polimernih izolatora predstavlja činjenica da se, zbog zahtjeva za dugim metalnim armaturama potrebnim za stezanje fiberglasne jezgre, u odnosu na konvencionalne izolatore, snižava omjer osnovne impulsne izolacijske razine (BIL) prema spojnoj duljini. To praktički znači da se kod zadržavanja iste spojne duljine snižava iznos lučnog razmaka, tj. iznos kritičnog impulsnog napona.

Ove razlike veoma su bitne kad se radi o situacijama u kojima je prijeko potrebno održati postojeće razmake (zamjena uz zadržavanje postojećih stupova), dok kod primjene na novim stupovima obično ne predstavljaju problem. One se, međutim, mogu minimizirati, tako što će se umjesto zdjelice na vrhu kompozitnog polimernog izolatora upotrijebiti drugi tip armature – vilice na primjer: postojeća ovjesna oprema na stupu može se demontirati i spojna duljina kompozitnog polimernog izolatora će zapravo biti povećana za duljinu demontirane spojne opreme. Drugi način za otklanjanje ove razlike može biti primjena neke od inovacija koje se odnose na konstrukciju u kojoj su samo očke izrađene od metala, odnosno na one u kojima su metalne armature prekrivene polimernim materijalom. [2]

Kad se radi o ekvivalentiranju glede karakteristika u uvjetima onečišćenja, onda, na temelju do sada iznesenog, možemo kazati da je zbog toga što u ovom pogledu postoje značajne razlike već između kompozitnih polimernih izolatora s različitim vrstama polimera, oblika rebara i pretpovijesti starenja, a pogotovu i između njih i konvencionalnih izolatora, veoma teško govoriti o rangiranju izolatora ili utvrđivanju ekvivalencije s konvencionalnim izolatorima.

Kad su u pitanju potporni izolatori, radi se o mnogo većoj mehaničkoj čvrstoći na udar nego kod konvencionalnih potpornih izolatora iste statičke čvrstoće. Isto tako, ako je riječ o izolatorima s kućištem od silikonske gume, kompozitni potporni izolatori imaju bolje karakteristike u uvjetima onečišćenja. Prema tome, nesumnjive su njihove prednosti na lokacijama izloženim seizmičkim djelovanjima i djelovanjima jakog onečišćenja. Problem je, međutim, u činjenici da potporni izolatori s čvrstom jezgrom mogu doživjeti velike defleksije (230 kV potporni izolatori se u rasponu od stanja bez opterećenja do maksimalno dopuštenog opterećenja mogu saviti i do 60 cm). Ovolike defleksije mogu dovesti do problema čije rješavanje traži primjenu skupljih izolatora sa šupljom jezgrom.

(ii) Promjene u kakvoći proizvoda i problem kontrole kakvoće

U situaciji koja postoji danas u oblasti elektroenergetike, gdje korisnici elektroopreme pripremaju se za deregulaciju reduciraju investicije i sredstva za održavanje, sve je manje raspoloživih novaca za izolatore. To je razlogom da se strategija proizvođača usmjerava ka promoviranju prednosti što ih donose

kompozitni polimerni izolatori u odnosu na konvencionalne, sniženju cijena proizvoda i poboljšanju njihovih karakteristika.

Svjedoci smo također osnivanja malih tvornica za proizvodnju kompozitnih polimernih izolatora u kojima je uposleno svega nekoliko inženjera, tako da se osnovni poslovi vezani za projektiranje i ispitivanje ugovaraju s vanjskim izvršiteljima. Mnoge stvari se mijenjaju tako brzo da korisnici to nisu kadri ni zapaziti, što, naravno, predstavlja značajan problem. Riječ je o promjenama koje se tiču: sastava gume, smole i stakla za izradu jezgre, zaptivke i metalnih armatura, debljine rebara i omotača što prekriva jezgru, oblika i razmaka između rebara, kao i opreme za proizvodnju. S obzirom na činjenicu da se toliko mnogo stvari mijenja veoma brzo, postavlja se pitanje mogu li se, u situaciji kad mnogi proizvođači nisu adekvatno ekipirani, na tržištu pojaviti proizvodi koji nisu prošli odgovarajuću kontrolu kakvoće konstrukcije i procesa proizvodnje. Potrebno je imati na umu činjenicu da u proizvodnji izolatora postoje veoma kritični koraci koji ne dopuštaju bilo kakve improvizacije u procesu.

Mnogi su korisnici već bili pokusni kunići, a njihova postrojenja i dalekovodi ispitne stanice nekih proizvođača. Zbog toga je prijeko potrebno da se korisnici ne zaokupljaju samo s problemima primjene i karakteristika kompozitnih polimernih izolatora, nego da otvore oči kad su u pitanju bilo kakve promjene što ih uvode proizvođači.

(iii) Održavanje pod naponom

Kao što smo već naveli ranije, iz razloga što postoji mala vjerojatnost da proces proizvodnje i kontrola kakvoće omoguće tako grube pogreške koje bi dovele do velikih oštećenja u samom proizvodu, kao i zbog toga što bi proizvodnja velikih jedinica zahtijevala naponne koje je veoma teško imati u tvorničkom krugu, kompozitni polimerni izolatori ne podvrgavaju se niti jednom električkom testu prilikom njihove proizvodnje. Činjenica da su se zbog unutrašnjih oštećenja, istina na malom broju izolatora u svijetu, dogodili preskoci odmah nakon njihovog instaliranja, kod mnogih koji obavljaju održavanje pod naponom stvara se zabrinutost. To je razlog zbog kojeg neki korisnici postavljaju zahtjeve za električkim ispitivanjem kompozitnih polimernih izolatora prije njihovog instaliranja u mrežu koja se nalazi pod naponom. Problem je, međutim, u činjenici da ne postoji standardizirana metoda za provođenje ovog ispitivanja.

(iv) Starenje i dugovječnost

Polimerni materijali nisu inertni kao porculan i staklo, nego stupaju u interakciju s okolinom, što dovodi do promjena u njihovim svojstvima tijekom vremena. Ove permanentne promjene, kao što smo već kazali, stavljamo pod jedan zajednički nazivnik – *starenje*. Starenje je obično povezano s deterioracijom (nereverzibilne promjene) karakteristika.

S konceptom starenja, povezan je niz drugih problema koji još uvijek nisu dobro definirani, pa onda, naravno, nisu ni riješeni:

- Što znači "dugovječnost" a što "kraj životne dobi" kod kompozitnih polimernih izolatora?
- Kako se oni mogu predodrediti i kvantificirati?
- Kako se različiti materijali u pogledu starenja ponašaju u različitim aplikacijama i sredinama?

S obzirom da proizvođači stalno mijenjaju materijale i konstrukcije, jasno je da se mehanizam starenja, dugovječnost i kraj životne dobi, također mijenjaju, tako da, na primjer, karakteristika starenja koja se odnosi na neku od starih konstrukcija ne može biti relevantna glede novih vrsta konstrukcija.

(v) Zaštitni prstenovi

Još uvijek ne postoje standardi koji reguliraju ovo veoma važno pitanje: ukoliko ovi prstenovi ne štite izolator, pojavit će se prijevremeni otkaz. Danas još uvijek svaki proizvođač daje svoje preporuke za primjenu svojih jedinstvenih zaštitnih prstenova. To otvara mogućnosti za instaliranje pogrješnih prstenova na danom izolatoru. Česti su slučajevi gdje je nepravilno instaliranje ili nepravilno rukovanje bilo uzročnikom ozbiljnih kvarova (krhki prijelom jezgre) na kompozitnim polimernim izolatorima. Ima i takvih situacija gdje proizvođač radi sniženja cijene isporučuje prstenove manjeg promjera, a da korisnici o tome ne samo da nisu dobili nikakvo tehničko objašnjenje nego čak nisu bili ni informirani.

(vi) Krhki prijelom

U jednoj anketi što ju je 1997. proveo *Edison Electric Institute* [1] dvadeset jedan od pedeset devet anketiranih korisnika (36%) izvijestio je o tome da su tijekom eksploatacije ovjesnih kompozitnih polimernih izolatora iskusili barem jedan krhki prijelom. Radi se o kvarovima na svim prijenosnim naponima i o kompozitnim polimernim izolatorima s i bez zaštitnih prstenova.

Krhki prijelom je kvar što ga je teško adresirati, budući da se uzročnik ove pojave može nalaziti u procesu proizvodnje, transportu i instaliranju, kao i u djelovanju različitih činitelja tijekom eksploatacije. Još uvijek ne postoji nikakav alat ili metoda za otkrivanje početka ili trajanja ove vrste kvara.

Radne grupe IEEE i CIGRÉ, kao i različite istraživačke organizacije, uporno rade na problemu krhkog prijeloma, međutim, nepostojanje informacija i preporuka u ovoj oblasti još uvijek obeshrabruje mnoge korisnike da prihvate primjenu tehnologije kompozitnih polimernih izolatora.

LITERATURA

- [1] R. S. GORUR, E. A. CHERNEY, J. T. BURNHAM: "Outdoor Insulators", Ravi S. Gorur, Inc., 1999, (book).

- [2] K. SOKOLIJA: "Visokonaponski izolatori", Univerzitet u Sarajevu, ETF u Sarajevu, 2000. (knjiga).
- [3] D. A. SWIFT et al.: "The DC Component of Leakage Current on AC Energized Out-door Insulation: the Effect of Dry Band Discharges", 5th ISH Braunschweig, 1987. Paper 51.14.
- [4] E. A. CHERNEY, R. D. HOOTON: "Cement Grows Failure Mechanism in Porcelain Suspension insulators", IEEE, Vol. PWRD-2, No. 1, Jan. 1987.
- [5] CIGRE WF. 22.03: "Worldwide Service Experience with HV Composite Insulators", Electra, Vol. 130, May 1990.
- [6] Working Group 03 of Study Committee 22, "Worldwide Service Experience with HV Composite Insulators", Electra, No 191, 2000.
- [7] T. KIKUCHI, S. NISHIMURA, M. NAGAO, K. IZUMI, Y. KUBOTA, M. SOKATA: "Survey on the Use of Non-ceramic Composite Insulators", IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 6, No. 5, October 1999.
- [8] CEVOSIL Composite Insulator A Superior Alternative to Porcelain, Fast Book Cevosil, AV-102 768-A, 08/1995.
- [9] K. SOKOLIJA: "Dinamički model preskoka izolacije u uvjetima zagađene atmosfere", Doktorska disertacija, ETF Zagreb, 1988.
- [10] E. A. CHERNEY, D. I. STONKUS: "Nonceramic Insulators for Contaminated Enviroments", IEEE/PES 1979. Paper F 80 181–8.
- [11] E. M. SHERIF, A. E. VLASTOS: "Performance of Longrod Composite Insulators Under Various Contaminated Conditions", HVDC Insulator Symposium Univ. of S. California, Nov. 1985.
- [12] E. M. SHERIF, A. E. VLASTOS: "Influence of Aging on the Electrical Properities of Composite Insulators", 5th ISH Braunschweig, 1987, Paper 51.01.
- [13] A. E. VLASTOS: "Diagnosis of the Shed Surface Degradation on Composite Polymeric Insulators Long-Term Exposed to Outdoor Environment", CIGRE 1990. Session, Paper 15/33–05.
- [14] H. DIETZ et al.: "Latest Development and Experience with Composite Longrod Insulators", CIGRE 1986, Session, Paper 15–09.
- [15] E. A. CHERNEY: "State-of-the-Art Review on Composite Insulators Above 69 kV", CEA, Paper ST 118, April 1982.
- [16] R. S. GORUR et al.: "The Electrical performance of Polymeric Insulating Materials Under Accelerating Aging in Fog Chamber", IEEE Trans. on Power Delivery, 1988.
- [17] A. E. VLASTOS, E. M. SHERIF: "Experience form Insulators with RTV Silicone Rubber Sheds and Shed Coatings", IEEE/PES Winter Meeting, New York Jan. 1989, Paper VM 120–7 PWDR.
- [18] R. G. HOULTAGE, D. A. SWIFT: "Composite Rod Insulators for AC Power Lines: Electrical Performance of Various designs at a Coastal Station", IEEE Trans. on Power Delivery, paper No. 90WM 026–5 PWRD, 1990.
- [19] C. de TOURREIL: Discussion contribution to¹⁹.

- [20] R. S. GORUR et al.: "Aging in Silicone Rubber Used for Outdoor Insulation", IEEE Trans. on Power Delivery Vol. 7, No. 2, Apr. 1992.
- [21] R. MUNTEANU: "Silicone Rubber Insulators on ESKOM'S AC Transmission Lines", AC and DC Power Transmission, Conf. Publ. No. 423, IEEE 1996.
- [22] C. N. RAVERA et al.: "Silicone Rubber Insulators on ESKOM'S AC Transmission Lines", AC and DC Power Transmission, Conf. Publ. No. 423, IEEE 1996.
- [23] W. L. WOSLOO, F. F. BOLOGNA: "High Voltage Insulators: The Backbone of Transmission and Distribution Networks", World Congress on Insulator Technologies for the Year 2000 and Beyond, Barcelona, 1999.
- [24] J. J. MUNOZ: "Spanish Utlity Moves to Composite Insulators", Interview in Insulator News & Market Report, Nov/Dec. 1997.
- [25] J. BURNHAM: "Using Transmission Polymer Insulators to Reduce Costs and Increase Reliability", Int. Symp. on Modern Insulator Technologies, Miami, November, 1997.
- [26] Florida Power & Light: Recent Experience with "Salt Storm" Outages, Insulator News & Market Report, Vol. 5., No. 3, May/June 1997.
- [27] A. E. VLASTOS, E. M. SHERIF: "Natural Ageing of EPDM Composite Insulators", IEEE Trans, on Pow. Delivery, Vol. 5, No. 1, 1990.
- [28] J. S. LOOMS: "Insulators for High Voltages", Peter Pergrinus on behalf of IEE, 1988. (book).
- [29] A. SHÜTZ: "Discussion Contribution to the Meeting of SC 33 during CIGRE 1996.", Insulator News & Market Report, Nov./Dec. 1996.
- [30] B. POKARIER: "Experience and Applications with Non-Ceramic Insulators at Powerlink Queensland", Insulator New & Market Report, July/August, 1996.
- [31] R. MUNTEANU: "Silicone Rubber Insulators Reduce Life Cycle Costs", Transmission and Distribution, No. 1994.
- [32] New Los Angeles Transmission Project Goes Entirely to Silicone Insulators, Insulator News & Market Report, Vol. 2, No. 3., May/June, 1994.
- [33] J. T. BURNHAM, P. GIVENS: "Present Worth Life Cycle Cost Evaluation of Polymeric and Porcelain Insulators", Insulator News & Market Report, Vol. 3, No. 6., November/ December, 1995.

COMPOSITE POLYMER INSULATORS IN TRANSMISSION AND DISTRIBUTION OF ELECTRIC ENERGY

In the work short history of composite insulators is given. Advantages and disadvantages of conventional insulators are given (glass and porcelain) as well as of composite polymer insulators. After that the analysis and comparison between conventional and composite polymer insulators regarding their mechanical and electrical characteristics, behavior under difficult circumstances as well as their economic evaluation based on data published in worldwide literature is given. Finally, some still open questions regarding the application of polymer insulators in transmission and distribution of electric energy are discussed.

KOMPOSITE POLYMERE ISOLATOREN IN ÜBERTRAGUNGS- UND VERSORGUNGSNETZEN

Im Artikel ist eine kurzgefasste Geschichte der Entwicklung von kompositem polymeren Isolatoren dargestellt. Gegeben ist eine Übersicht der Vor- und Nachteile konventioneller (Glas- und keramischen) Isolatoren, sowie kompositen polymeren Isolatoren. Im Bezug auf ihre mechanische und elektrische Eigenschaften, auf ihr Benehmen in erschwerten Betriebsbedingungen, sowie auf die Wirtschaftlichkeit, an Hand der in den allweltlich anerkannten Fachzeitschriften veröffentlichten Angaben, ist danach eine Untersuchung und ein Vergleich der konventionellen und der kompositen polymeren Isolatoren dargestellt. Am Ende wurden manche, noch immer offene Fragen bezüglich der Anwendung konventioneller und kompositen polymeren Isolatoren in Übertragungs- und Versorgungsnetzen erörtert.

Naslov pisaca:

Prof. dr. sc. Zijad Haznadar, dipl. ing.
prof. dr. sc. Sead Berberović, dipl. ing.
prof. dr. sc. Željko Štih, dipl. ing.
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Unska 3
10000 Zagreb, Hrvatska

prof. dr. sc. Kemo Sokolija, dipl. ing.
Elektrotehnički fakultet
Zmaja od Bosne b.b.
71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Uredništvo primilo rukopis:
 2003 – 07 – 17.

POGON VJETROELEKTRANA

Dr. sc. Nijaz Dizdarević – dr. sc. Mislav Majstrovic – dr. sc. Srđan Žutobradić, Zagreb

UDK 621.311.24.05
PREGLEDNI ČLANAK

U ovom je radu predstavljen generički model sustava za pretvorbu vjetra u električnu energiju. Razmotrena je općenita shema djelovanja vjetroeletktrane koja obuhvaća elemente projektirane obzirom na tri oblika energije: energiju vjetra, mehaničku energiju te električnu energiju. U svrhu analize pogona vjetroeletktrane nužno je provesti razmatranja elektroničkog sučelja prema izmjeničnoj mreži, generatora, vjetroturbine kao pogonskog stroja te vjetra kao primarnog izvora energije. Osnovna obilježja pogona vjetroeletktrane opisana su sa stajališta izbora izvedbe vjetroeletktrane obzirom na vrstu priključenja na mrežu te stalnost brzine vrtnje glavne osovine.

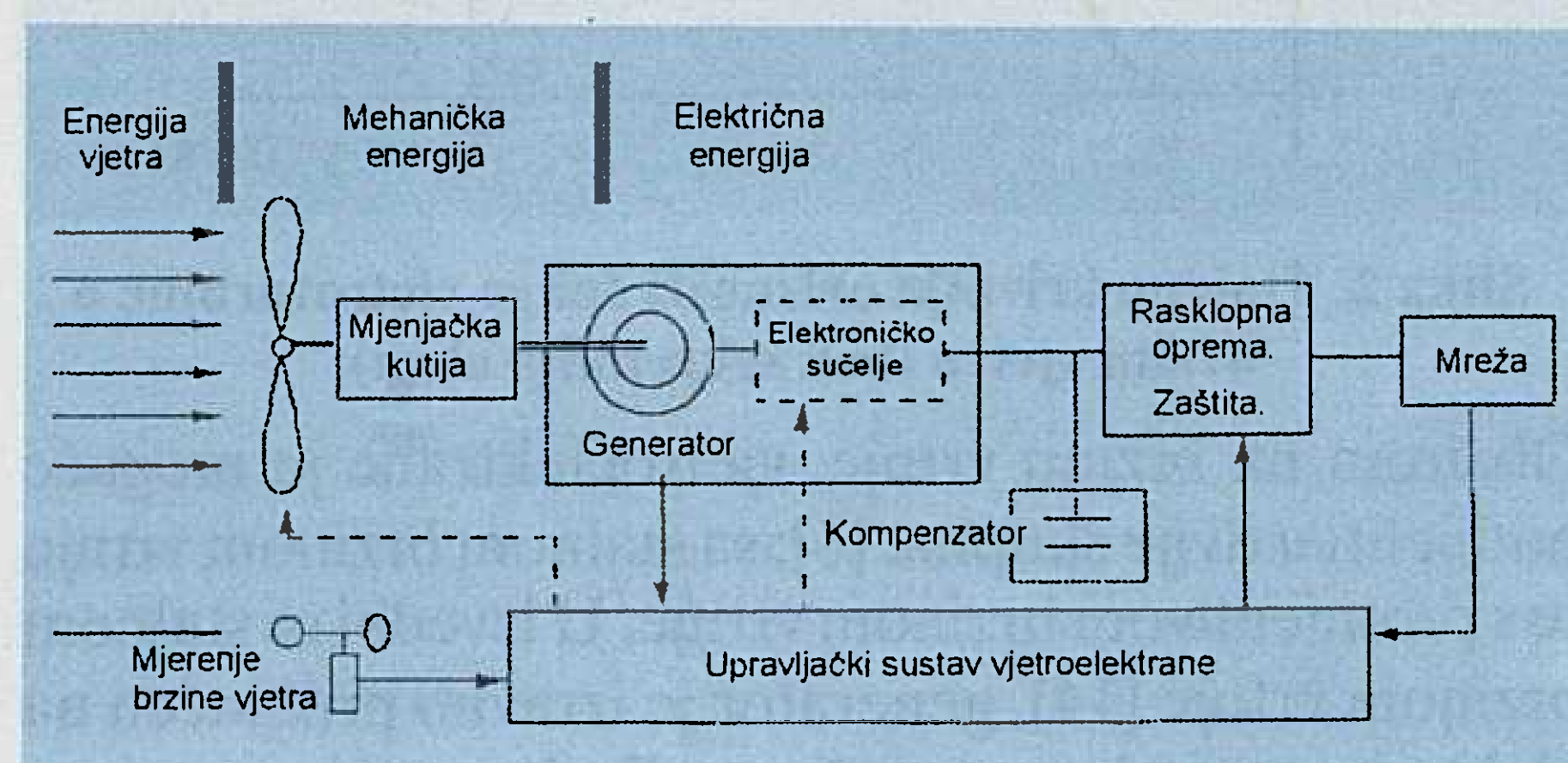
Ključne riječi: vjetroeletktrana, elektroničko sučelje, generator, vjetroturbina, vjetar.

1. OPĆENITI OPIS SUSTAVA ZA PRETVORBU ENERGIJE VJETRA U ELEKTRIČNU ENERGIJU

Sustav za pretvorbu energije vjetra u električnu energiju (vjetroeletktrana) transformira energiju gibajuće zračne mase u električnu energiju [10, 12]. Vjetar predstavlja izrazito promjenjivi energetska resurs koji se ne može uskladištiti. Obzirom na nemogućnost uskladištenja potrebno je definirati uvjete pogona sustava za pretvorbu energije vjetra unutar elektroenergetskog sustava. Vjetrenjače su u uporabi od 10. stoljeća, a u Europi su postale široko rasprostranjene u 18. stoljeću. Proizvodnja električne energije iz vjetroeletktrana započinje 1940-ih godina u Njemačkoj, SAD i Danskoj. Od tog doba kreće masovna proizvodnja komponenti i sustava vezanih uz vjetroeletktrane. Stanje njihove razvijenosti danas doseže razinu visoke pouzdanosti i isplativosti. Razvijene su jedinice u rasponu od 500 kW do 1500 kW koje se ističu visokom raspoloživošću i dobrim mogućnostima povrata investicije.

Općenita shema djelovanja vjetroeletktrane (slika 1) obuhvaća elemente koji se projektiraju obzirom na tri oblika energije: energiju vjetra, mehaničku energiju te električnu energiju. Predočeni su samo glavni dijelovi sustava (crtkanom linijom su označeni dijelovi koji nisu prisutni u svim izvedbama).

Energija vjetra transformira se u mehaničku energiju korištenjem vjetroturbine koja ima jednu ili više elisa. Obzirom na razinu buke i vizualni efekt, izvedba s tri elise predstavlja najčešće rješenje. Spoj između vjetroturbine i generatora ostvaren je pomoću mehaničke spojke. Mehanička spojka uobičajeno u sebi uključuje mjenjačku kutiju s prijenosnikom pomoću kojeg se niža brzina vrtnje rotora vjetroturbine prilagođava višoj brzini vrtnje rotora generatora. Vjetroturbine no-

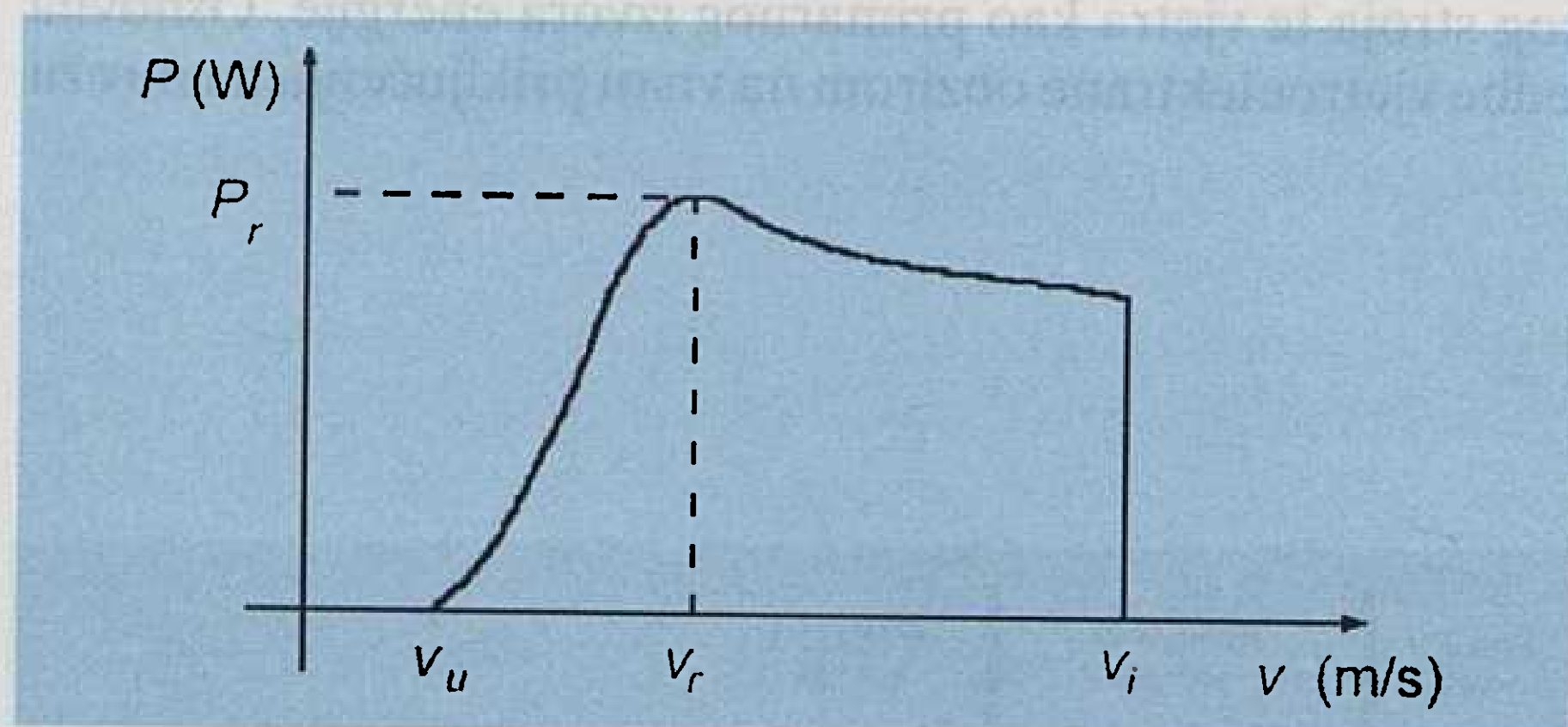


Slika 1. Općenita shema djelovanja vjetroeletktrane

vijeg dizajna koriste višepolne niskobrzinske generatore koji su uglavnom sinkroni s uzбудnim namotom ili uzбудnim permanentnim magnetima kako bi se uklonila potreba za mehaničkim prijenosnikom. U opremi nekih vjetroturbina nalazi se sustav za upravljanje kutem zakreta elisa pomoću kojeg se utječe na iznos snage pretvorbe. Brzina vjetra mjeri se anemometrom. Generator transformira mehaničku u električnu energiju, a može biti sinkroni ili asinkroni. Ukoliko se radi o sinkronom generatoru, opremu je potrebno proširiti uvođenjem sustava uzbude ili permanentnih magneta. Vjetroeletktrana u izvedbi s promjenjivom brzinom vrtnje priključuje se na mrežu putem sučelja zasnovanog na energetska elektronicu. Elektroničko sučelje može biti projektirano na temelju vrlo različitih konfiguracija. Jedinica za kompenzaciju jalove snage može u sebi uključivati uređaj za korekciju faktora snage (aktivne ili pasivne naravi) te filtere za više harmoničke članove. Filteri postaju neophodni ukoliko su elektroničke naprave priključene na mrežu. Rasklopna oprema treba biti projektirana na način koji omogućuje glatko priključenje na mrežu što predstavlja uobičajeni i standardizirani zahtjev. U standardima su također specificirani zaštitni uređaji koji su neophodni za pogon proizvodne

jedinice. Konačno, upravljački sustav vjetroelektrane može biti izveden s različitim stupnjevima složenosti. Detaljniji opis nalazi se u nastavku.

Snaga koju vjetroturbina predaje generatoru prema tipičnom obliku ovisi o brzini vjetra (slika 2). Kod vjetroelektrane s promjenjivom brzinom vrtnje, gornji dio krivulje koji se nalazi između referentne brzine vjetra v_r i izlazne brzine v_i moguće je održavati jednakim referentnoj snazi vjetroturbine P_r . Na slici 2 korištene su slijedeće oznake: P_r referentna snaga vjetroturbine (najveća snaga koju vjetroturbina može postići), v_r referentna brzina vjetra (brzina vjetra pri kojoj se postiže referentna snaga), v_u ulazna brzina vjetra (brzina vjetra pri kojoj vjetroturbina započinje predaju snage) i v_i izlazna brzina vjetra (gornja granica brzine vjetra pri kojoj vjetroturbina ostaje u pogonu).



Slika 2. Tipična krivulja ovisnosti snage vjetroturbine o brzini vjetra (bez zakretanja elisa)

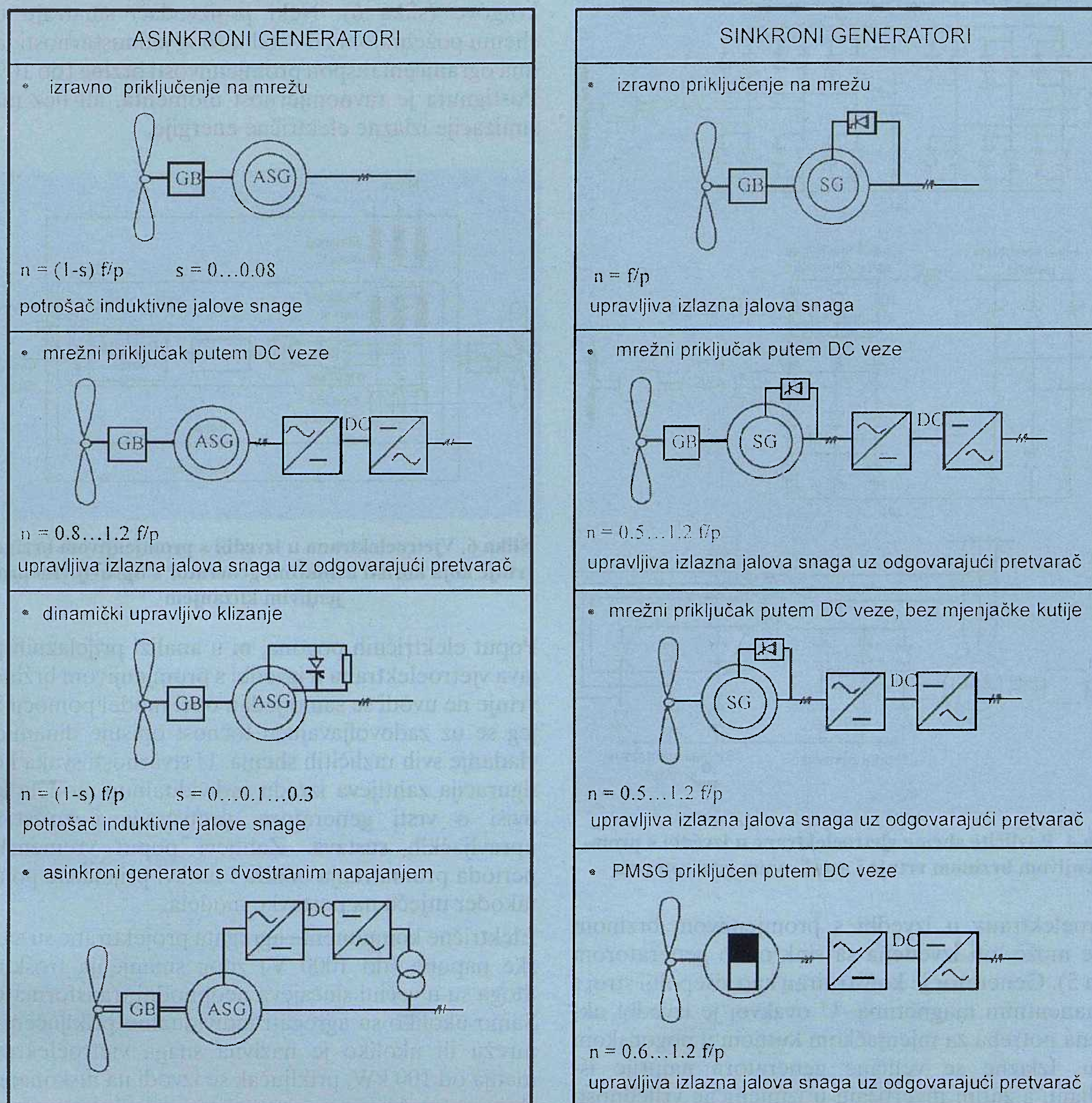
Obzirom na brzinu vrtnje, vjetroelektrane je moguće podijeliti u dvije skupine [6]; sa stalnom brzinom vrtnje te s promjenjivom brzinom vrtnje. U izvedbi sa stalnom brzinom vrtnje [14], generator je izravno priključen na elektroenergetsku mrežu. Frekvencija sustava određuje brzinu vrtnje generatora te time i rotora. Niska brzina vrtnje rotora vjetroturbine transformira se u visoku brzinu vrtnje generatora putem mjenjačke kutije s prijenosnikom. Brzina vrtnje generatora ovisi o broju pari polova i frekvenciji mreže. U izvedbi s promjenjivom brzinom vrtnje [17], generator je priključen na mrežu ili putem inverterskog sustava zasnovanog na energetskej elektronici ili napajanjem uzbudnih namota generatora iz inverterskog sustava vanjske frekvencije. Brzina vrtnje okretnog magnetskog polja generatora, te time i rotora, odvojena je od frekvencije sustava. Rotor je u pogonu s promjenjivom brzinom vrtnje koja se prilagođava trenutnim stanjima brzine vjetra. Svaka vjetroturbina može biti u izvedbi sa ili bez sustava za regulaciju kuta zakreta elisa (*eng. pitch or stall regulated*). Pomoću tog regulacijskog sustava, elisa se zakreće oko njezine duže osi. Korištenjem regulacijskog mehanizma moguće je smanjiti mehaničku snagu prema karakteristikama vjetroturbine. Ukoliko vjetroturbina nije izvedena s regulacijskim sustavom zakretanja, pozornost se pridaje konstrukciji elisa. Elise se projektiraju u skladu s aerodinamičkim efektom. Na taj se način vjetroturbinu štiti od povišenja snage u uvjetima kada brzina vjetra nadvisuje nazivnu razinu.

Obzirom na vrstu priključenja na mrežu, većinu je postojećih vjetroelektrana moguće svrstati u neku od sljedećih skupina (slika 3):

- I. Vjetroelektrana u izvedbi sa stalnom brzinom vrtnje koja je izravno priključena na mrežu:
 - A. Vjetroturbina s asinkronim generatorom i
 - B. Vjetroturbina sa sinkronim generatorom.
- II. Vjetroelektrana u izvedbi s promjenjivom ili djelomično promjenjivom brzinom vrtnje:
 - A. Sinkroni ili asinkroni generator s pretvaračem u glavnom strujnom krugu,
 - B. Asinkroni generator s upravljivim promjenjivim klizanjem i
 - C. Asinkroni generator s nadsinkronom ili podsinkronom pretvaračkom kaskadom.

U svakom od navedenih sustava vjetroturbina može biti u izvedbi sa ili bez sustava za regulaciju kuta zakreta elisa. Prednosti vjetroelektrane u izvedbi sa stalnom brzinom vrtnje su jednostavnost i niski troškovi. Asinkroni generator potrebno je opremiti s dodatnim izvorom jalove snage. Vjetroelektrane u izvedbi s promjenjivom brzinom vrtnje omogućavaju veću proizvodnju električne energije, manja mehanička naprezanja mehaničkih dijelova te ravnomjerniju proizvodnju koja je manje ovisna o promjenama vjetra i njihovima u sustavu. U nekima od tih vjetroelektrana, spoj rotora vjetroturbine i generatora konstrukcijski je izveden bez mjenjačke kutije. Ponekad se pokazuje potrebnim dodatno uvesti zasebnu kompenzaciju viših harmoničkih članova zbog postojanja elektroničkih pretvarača. Izravni priključak asinkronog generatora na mrežu najčešća je vrsta priključenja. Koristi se kod velikog broja različitih vjetroelektrana čije se vjetroturbine nalaze u rasponu nazivnih snaga između 50 kW i 1500 kW. Najveće jedinice uobičajeno su izvedene bez regulacijskog sustava zakretanja elisa. Izravni priključak sinkronog generatora na mrežu primjenjuje se samo kod manjeg broja malih vjetroelektrana koje su uglavnom u samostojećim sustavima. Vjetroelektrane u izvedbi s promjenjivom brzinom vrtnje primjenjuju se sve češće.

Veličina pripadnih vjetroturbina sve više raste. Osnovni cilj pogona s promjenjivom brzinom vrtnje vjetroturbine pronalazi se u optimizaciji njezine učinkovitosti, odnosno u maksimiziranju iskorištenja raspoložive energije vjetra. Vjetroturbine s promjenjivom brzinom vrtnje tehnološki su motivirane rješenjima iz područja električnih pogona prilagodljive brzine. Pogon s promjenjivom brzinom vrtnje moguće je ostvariti korištenjem odgovarajuće kombinacije generatora i pretvarača utemeljenog na energetskej elektronici. Jedan primjer predstavlja asinkroni generator s kaveznom ili namotanim rotorom te sa statorskom ili rotorskom pretvaračkom kaskadom. U drugom primjeru, sinkroni generator s uzbudnim namotom ili uzbudnim permanentnim magnetima ima statorsko AC/DC/AC pretvaračko sučelje prema mreži. Svaka

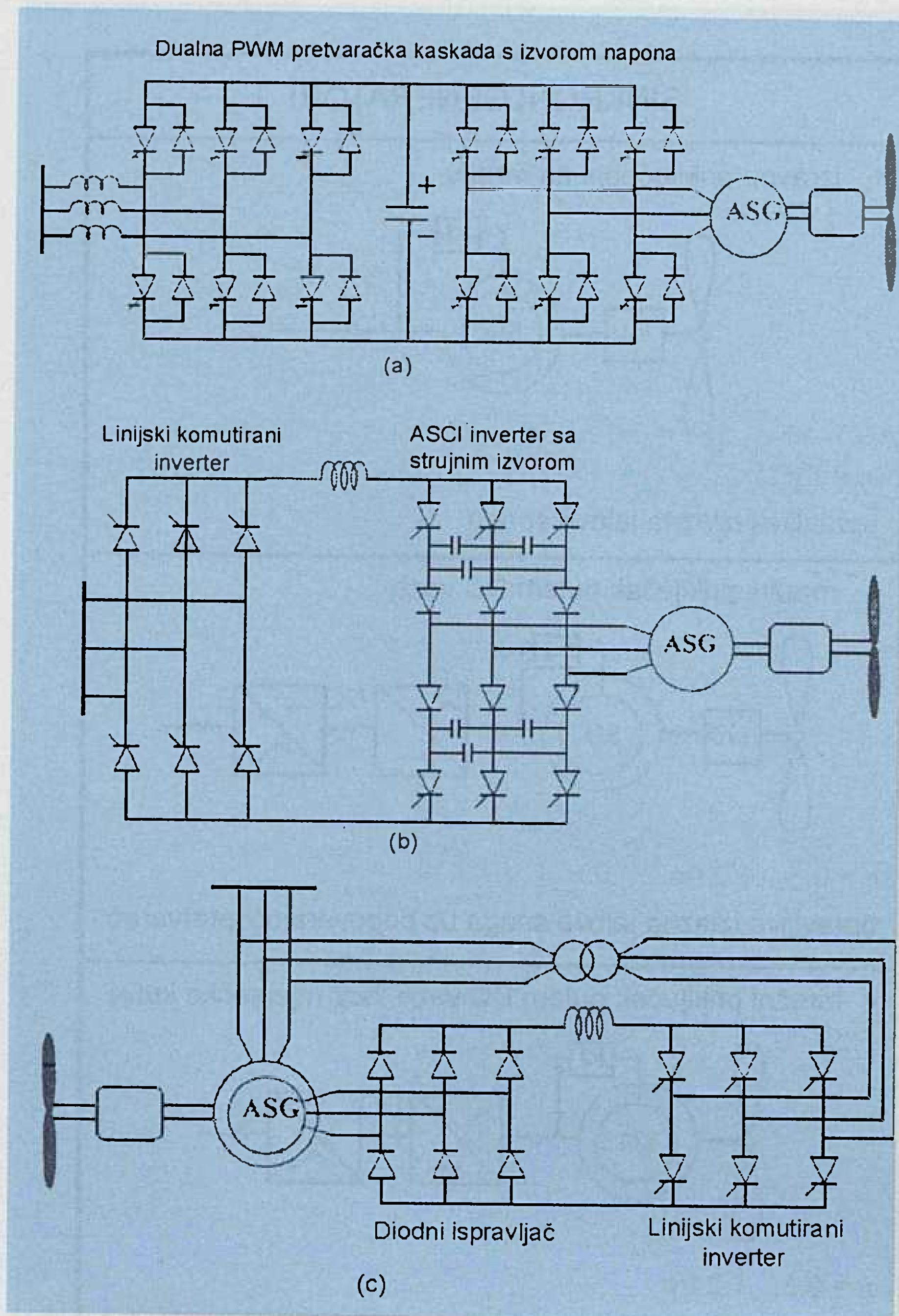


Slika 3. Vrsta priključenja vjetroelektrane na mrežu

kombinacija generatora i pretvarača ima svoje prednosti i nedostatke obzirom na troškove, složenost, pogonske i upravljačke karakteristike, dinamička svojstva, harmoničke članove, regulaciju faktora snage...

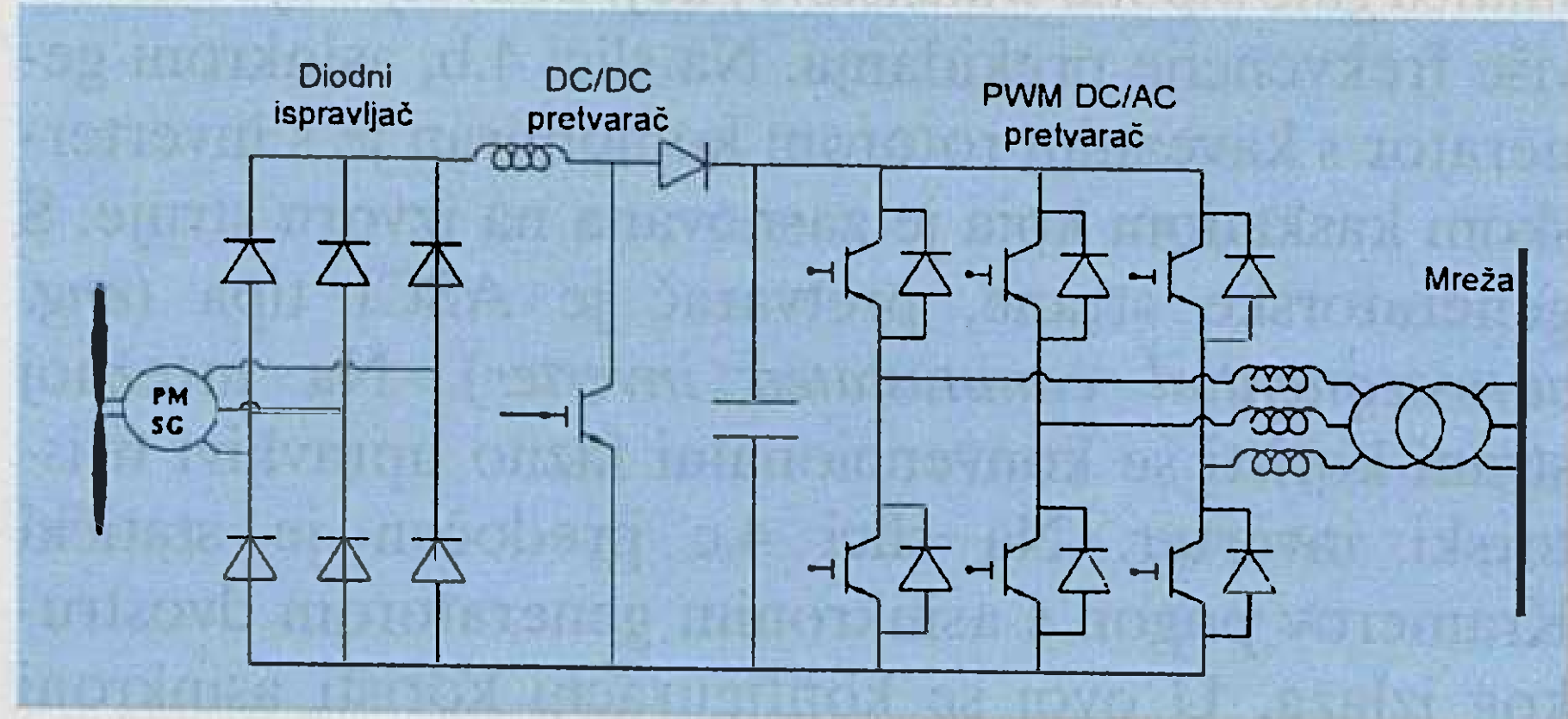
U današnjem stanju razvoja niti jedna shema se ne izdvaja kao znatno nadmoćnija u odnosu na ostale. Testiraju se i vrednuju različite konfiguracije električnog dijela vjetroelektrane. U svrhu ilustracije razmotrene su tri različite sheme vjetroelektrane u izvedbi s promjenjivom brzinom vrtnje i asinkronim generatorom (slika 4). Na slici 4.a predložena je shema prema kojoj se asinkroni generator s kaveznom rotorom priključuje na mrežu putem dualne pretvaračke kaskade s izvorom napona i pulsno-širinskom modulacijom. Prekidački elementi su GTO tiristori (*eng. gate turn off thy-*

ristors), iako se u današnje doba na razinama snage iznad 1 MW sve češće koriste IGBT tranzistori (*eng. insulated gate bipolar transistors*) koji dozvoljavaju znatno više frekvencije prekidanja. Na slici 4.b, asinkroni generator s kaveznom rotorom kombiniran je s inverter-skom kaskadom koja je zasnovana na izvoru struje. S generatorske strane, pretvarač je ASCII tipa (*eng. auto-sequential commutated inverter*). Na mrežnoj strani koristi se konvencionalni fazno upravljivi tiristorski inverter. Na slici 4.c predložen je statički Kramerov pogon s asinkronim generatorom dvostrukog izlaza. U ovoj se konfiguraciji koristi asinkroni stroj s namotanim rotorom te s rotorskom pretvaračkom kaskadom. Kaskada se sastoji od diodnog ispravljača i linijski komutiranog tiristorskog invertera.



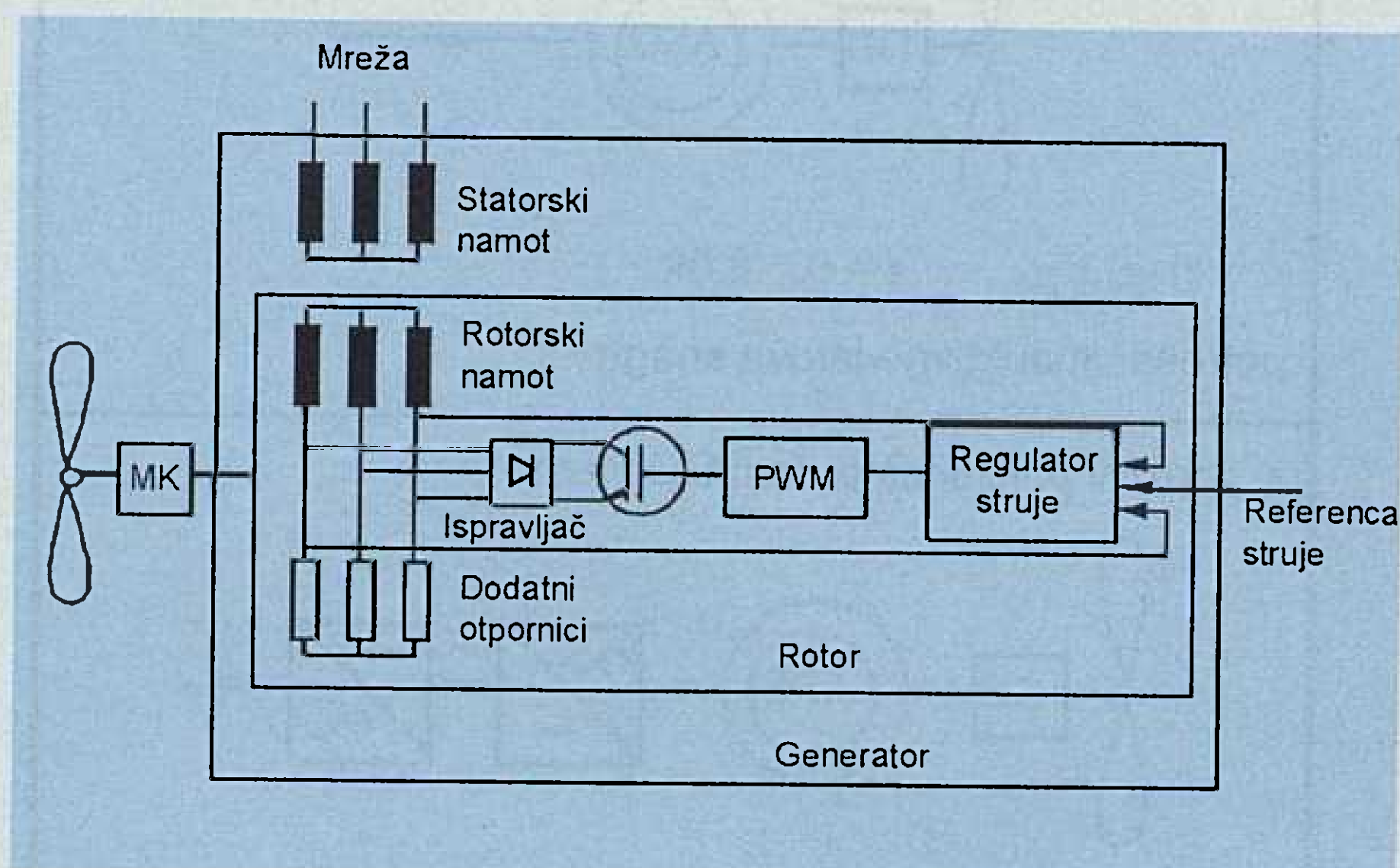
Slika 4. Različite sheme vjetroelektrane u izvedbi s promjenjivom brzinom vrtnje i asinkronim generatorom

Vjetroelektrana u izvedbi s promjenjivom brzinom vrtnje može biti izvedena sa sinkronim generatorom (slika 5). Generator je konstruiran kao višepolni stroj s permanentnim magnetima. U ovakvoj je izvedbi uklonjena potreba za mjenjačkom kutijom u pogonskom dijelu. Izlazne se veličine generatora najprije ispravljaju, a zatim invertiraju u izmjenične vrijednosti putem IGBT invertera s izvorom napona i pulsno-širinskom modulacijom. Alternativno rješenje izvedbe s promjenjivom brzinom vrtnje odnosi se na vjetroelektranu u kojoj se koristi asinkroni generator s namotanim rotorom te s elektronički upravljivim vanjskim



Slika 5. Vjetroelektrana u izvedbi s promjenjivom brzinom vrtnje koja koristi sinkroni generator s permanentnim magnetima bez mjenjačke kutije

djelatnim otporom priključenim na njegove rotorske krugove (slika 6). Neki proizvođači smatraju ovu shemu poželjnijom od ostalih zbog jednostavnosti iako ima ograničeni raspon promjenjivosti brzine (do 10%). Postignuta je ravnomjernost momenta, ali bez maksimizacije izlazne električne energije.

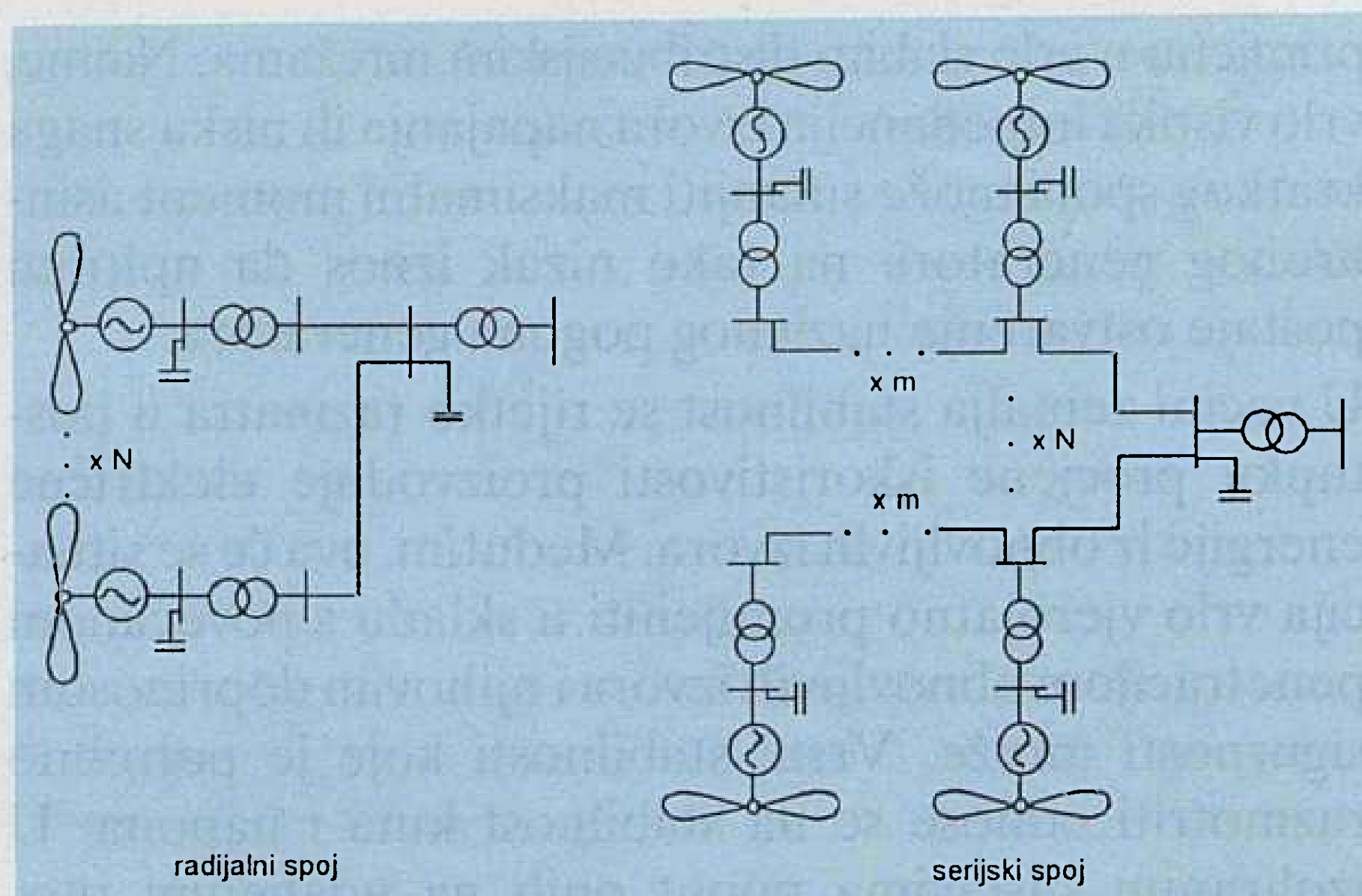


Slika 6. Vjetroelektrana u izvedbi s promjenjivom brzinom vrtnje koja koristi asinkroni generator s upravljivim promjenjivim klizanjem

Poput električnih pogona, ni u analizi prijelaznih pojava vjetroelektrana u izvedbi s promjenjivom brzinom vrtnje ne uvodi se samo jedan opći model pomoću kojeg se uz zadovoljavajuću točnost opisuje dinamičko vladanje svih različitih shema. U stvarnosti svaka konfiguracija zahtijeva izradu individualnog modela koji ovisi o vrsti generatora, pretvarača i korištenih upravljačkih sustava. Zahtjevi poput vremenskog perioda promatranja odziva i naravi prijelazne pojave također utječu na postavke modela.

Električne komponente agregata projektirane su za niske napone (do 1000 V) zbog smanjenja troškova. Stoga su u većini slučajeva neophodni transformatori. Samo ukoliko su agregati individualno priključeni na mrežu ili ukoliko je nazivna snaga vjetroelektrane manja od 100 kW, priključak se izvodi na niskonaponsku mrežu. Ako se nazivna snaga nalazi u rasponu između 100 kW i nekoliko MW, priključak se izvodi na srednje naponsku mrežu (10 kV - 66 kV) [7]. Velike vjetroelektrane (na primjer više od 50 MW) priključuju se na visokonaponsku mrežu [8]. U nekim je zemljama kriterij prema kojem se izvodi priključenje vjetroelektrane na mrežu vezan uz omjer između snage kratkog spoja u točki priključka i nazivne snage vjetroelektrane. Međutim, ovaj je kriterij teško zadovoljiti ukoliko je vjetroelektrana smještena u području s niskom prijenosnom moći. Agregati se na mrežu priključuju individualno ili u skupinama. Konfiguracija priključka definira se na više načina. Dva osnovna su radijalni i serijski (slika 7).

Većina se postojećih načina izvođenja procjene interakcije između vjetroelektrane i električne mreže temelji na detaljnim modelima. Njima se simulira vladanje pojedinačnih agregata ili cijelog vjetroparka tijekom prijelaznih režima rada. Osnovni nedostatak



Slika 7. Osnovne konfiguracije priključenja agregata unutar vjetroelektrane

temeljnih modela odnosi se na zahtjevnost proračuna koja može dosegnuti granicu nepraktičnosti ukoliko se razmatra vjetroelektrana s 20 i više pojedinačnih agregata. Praktičnost proračuna vrlo je značajna obzirom da pri razmatranju interakcije između vjetroelektrane i mreže uključuje brzih dinamičkih članova ne doprinosi uvijek dobivanju relevantne informacije. Korištenje reduciranog modela vjetroelektrane uvelike olakšava provođenje analize stabilnosti velikog sustava. Time se javlja potreba za dinamičkim ekvivalentiranjem vjetroelektrane, pri čemu bi ekvivalent trebao zadržati relevantnu razinu dinamike obzirom na električnu mrežu. Ekvivalenti se postavljaju na način da je omogućen proračun utjecaja fluktuacije brzine vjetra.

Prvi korak prema uspostavljanju takvih dinamičkih ekvivalenata predstavlja primjena metodologije za redukciju reda modela. Vrijedno je napomenuti da se tim tehnikama, dakle, ne izvodi agregacija već se reducira red sustava. To zapravo znači da je za svaku od postojećih vjetroelektrana neophodno riješiti manji broj jednostavnijih diferencijalnih jednadžbi. Tehnike poput singularnih perturbacija pokazale su se najprihvatljivijima u postizanju reduciranih modela uz istodobno očuvanje prihvatljive razine točnosti. U daljnjem koraku, pojednostavljenje reduciranog modela postiže se primjenom tehnika agregacije nad prethodno razvijenim singularno perturbiranim modelom vjetroelektrane. U konačnici, ovisno o uvjetima vjetra moguće je dobiti model koji sa samo jednim agregatom predstavlja vjetroelektranu.

2. MODELIRANJE VJETROELEKTRANE OBZIROM NA ZAHTJEVE STABILNOSTI

Stabilnost elektroenergetskog sustava opisuje se kao sposobnost zadržavanja stanja pogonske ravnoteže pri normalnim uvjetima pogona te kao sposobnost postizanja prihvatljivog stanja ravnoteže u uvjetima pogona nakon pojave poremećaja [1, 2, 3, 15].

Stabilnost kuta rotora generatora odnosi se na sposobnost zadržavanja sinkronizma međusobno povezanih

sinkronih strojeva unutar ees-a pri normalnim uvjetima pogona te nakon poremećaja. Stabilnost kuta ovisi o sposobnosti održavanja i/ili ponovnog uspostavljanja stanja ravnoteže između elektromagnetskog momenta i mehaničkog momenta svakog sinkronog stroja u sustavu. Nestabilnost se javlja u obliku povećanog njihanja kuta rotora nekih generatora što dovodi do gubitka sinkronizma s ostalim generatorima. Odzivi glavnih varijabli promatraju se u kratkotrajnom vremenskom periodu nakon nastanka poremećaja. Obzirom na veličinu poremećaja, stabilnost kuta se manifestira u dva oblika:

- Stabilnost kuta obzirom na male poremećaje odnosi se na sposobnost zadržavanja sinkronizma pri malim poremećajima. Poremećaji su dovoljno mali tako da je linearizacija sustava jednadžbi dozvoljena u analitičke svrhe.
- Prijelazna stabilnost odnosi se na sposobnost zadržavanja sinkronizma nakon ozbiljnih prolaznih poremećaja. Rezultirajući odziv sustava uključuje pojavu velikih odstupanja kuteva rotora generatora i pod izrazitim je utjecajem nelinearnog odnosa snage i kuta.

Stabilnost napona odnosi se na sposobnost zadržavanja prihvatljivih iznosa napona u svim čvorištima sustava pri normalnim uvjetima pogona te nakon poremećaja. Nestabilnost se javlja u obliku progresivnog pada ili porasta iznosa napona u nekim čvorištima. Glavni uzročnik nestabilnosti napona nalazi se u nesposobnosti sustava da zadrži odgovarajuću uravnoteženost proizvodnje i tokova jalove snage unutar sustava u kojem tereti imaju sposobnost oporavka snage. Odzivi glavnih varijabli promatraju se u kratkotrajnom i dugotrajnom vremenskom periodu nakon nastanka poremećaja.

Obzirom na veličinu poremećaja, stabilnost napona se također manifestira u dva oblika:

- Stabilnost napona pri malim poremećajima odnosi se na sposobnost sustava da upravlja naponima nakon pojave malih promjena (promjene opterećenja ili ispadi elemenata mreže).
- Stabilnost napona pri velikim poremećajima odnosi se na sposobnost sustava da zadrži napone unutar dozvoljenih granica nakon velikih poremećaja poput trofaznog kratkog spoja.

Stabilnost frekvencije opisuje se kao sposobnost zadržavanja frekvencije unutar nazivnog raspona vrijednosti nakon ozbiljnih poremećaja koji ponekad mogu rezultirati podjelom sustava na električki međusobno razdvojene dijelove. Stabilnost frekvencije ovisi o sposobnosti sustava da ponovo uspostavi stanje uravnoteženosti između proizvodnje i opterećenja u sustavu uz minimalni gubitak tereta. Odzivi glavnih varijabli promatraju se u kratkotrajnom i dugotrajnom vremenskom periodu nakon nastanka poremećaja. Stabilnost frekvencije ocjenjuje se samo obzirom na velike poremećaje.

Priključenje vjetroelektrana na električnu mrežu može imati značajan utjecaj na sve vrste stabilnosti. Vjetroelektrane se najčešće priključuju na distribucijsku mrežu. Suvremeni distribucijski sustavi projektirani su na način da omoguće prihvatanje snage iz prijenosne mreže te da je zatim razdijele potrošačima. Stoga je smjer toкова djelatne i jalove snage uvijek bio od više prema nižoj naponskoj razini. Međutim, uz značajniju penetraciju distribuiranih proizvodnih izvora tokovi snaga mogu poprimiti obrnuti smjer. Na taj način distribucijska mreža više ne bi bila pasivne naravi (napajanje potrošača), već aktivne prema kojoj bi tokovi snaga i naponi bili određeni na osnovi kako opterećenja tako i proizvodnje. Promjena tokova djelatne i jalove snage koja je uzrokovana distribuiranom proizvodnjom stvara značajne tehničke i ekonomske posljedice po elektroenergetski sustav.

Analiza distribucijskih mreža do sada nije obuhvaćala problem stabilnosti obzirom da je mreža bila pasivne naravi te da je uz stabilnu prijenosnu mrežu zadržavala stabilnost u velikoj većini slučajeva. Nadalje, u ranim shemama primjene distribuirane proizvodnje čiji je cilj bio proizvesti kWh iz novih obnovljivih izvora energije, razmatranja prijelazne stabilnosti generatora nisu bila od velikog značenja. Naime, ukoliko bi poremećaj u distribucijskoj mreži uzrokovao propad napona i ispad distribuiranog proizvodnog izvora tada bi jedini gubitak bio povezan s nemogućnosti proizvodnje tijekom kratkog vremenskog perioda. Agregat distribuiranog izvora bi se ubrzao iznad dozvoljene brzine i bio isključen proradom unutarnje zaštite. Sustav upravljanja pogonom agregata bi zatim pričekao ponovnu uspostavu prihvatljivih uvjeta u mreži i ponovo ga automatski pokrenuo. Naravno, ukoliko distribuirani izvor nije obnovljivog već kogenerativnog tipa kod kojeg bi shema proizvodnje bila posvećena većinskoj isporuci pare kao medija kritičnog za cjelokupni proces, tada bi više pozornosti bilo posvećeno očuvanju pogona generatora za slučaj udaljenijih poremećaja u mreži. U uvjetima kada je iznos tromosti agregata distribuiranog izvora nizak, a iznos vremena prorade zaštite visok, stabilnost distribucijske mreže nije moguće održati za sve eventualne poremećaje.

Osobite probleme u nekim zemljama čini neželjena prorada releja za otkrivanje brzine promjene frekvencije. Ti releji imaju vrlo osjetljiva udešenja kako bi otkrili pojavu otočnog pogona. Međutim, u slučaju velikih poremećaja poput ispada velikog središnjeg generatora, propad frekvencije uzrokuje neželjenu proradu releja koji zatim isključuju veliki broj distribuiranih izvora.

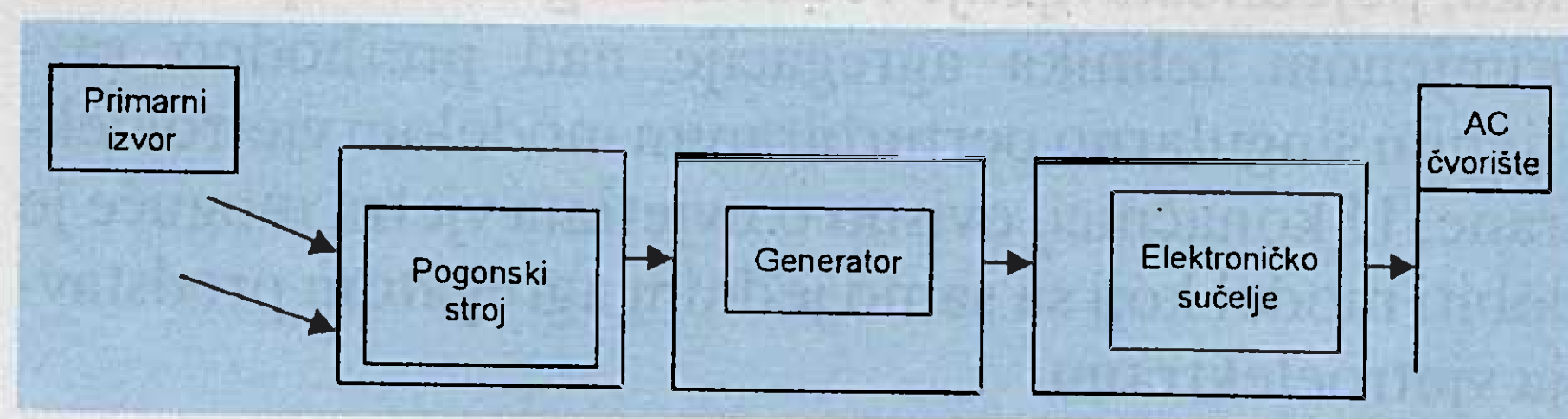
Tijekom prijelazne nestabilnosti kod sinkronih generatora dolazi do klizanja polova. Međutim, kada do ubrzanja dolazi kod asinkronih generatora, iz mreže se povlači veliki iznos jalove struje što nadalje uzrokuje snižavanje napona u mreži i vodi prema nestabilnosti napona. Granica stabilnosti stacionarnog stanja asinkronog generatora također može ograničiti njihovu

primjenu u vrlo slabim distribucijskim mrežama. Naime, vrlo visoka impedancija izvora napajanja ili niska snaga kratkog spoja može smanjiti maksimalni moment asinkronog generatora na tako nizak iznos da upitnim postaje ostvarenje nazivnog pogona generatora.

U većini zemalja stabilnost se rijetko razmatra u postupku procjene iskoristivosti proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora. Međutim, ova će se situacija vrlo vjerojatno promijeniti u skladu s povećanom penetracijom obnovljivih izvora i njihovim doprinosom sigurnosti mreže. Vrste stabilnosti koje je potrebno razmotriti odnose se na stabilnost kuta i napona. U izoliranim sustavima poput onih na udaljenim otocima, stabilnost frekvencije postaje najznačajnijim problemom. U tim je situacijama neophodno razmotriti utjecaj iznenadnog ispada većeg broja distribuiranih izvora na dinamička svojstva izoliranog sustava. Kvarovi u mreži, ispadi konvencionalnih generatora i drugi poremećaji mogu biti uzrokom ispada velikog broja distribuiranih generatora što u nekim slučajevima dovodi do većeg nedostatka proizvodnje i privremenog propada frekvencije.

U slučaju povećane integriranosti vjetroelektrana i elektroenergetskog sustava, brze promjene vjetera i vrlo visoke brzine vjetera mogu rezultirati iznenadnim gubitkom proizvodnje što nadalje dovodi do odstupanja frekvencije i dinamički nestabilnih stanja. Njihanje frekvencije može vrlo lako aktivirati proradu frekvencijske zaštite u vjetroelektrani. Previsoke postavne vrijednosti podfrekvencijske zaštite čine ionako ozbiljnu situaciju nakon ispada proizvodnje još ozbiljnijom. Frekvencijski releji, naime, mogu isključiti distribuirane generatore te čak i povećati nedostatak proizvodnje. Ovakav razvoj situacije može dovesti do nestabilnosti frekvencije i sloma.

U analizi stabilnosti polazi se od generičkog modela proizvodne jedinice (slika 8). U postupku modeliranja vjetroelektrane nužno je provesti razmatranja elektroničkog sučelja prema izmjeničnoj mreži, generatora, vjetroturbine kao pogonskog stroja te vjetera kao primarnog izvora energije.



Slika 8. Generički model proizvodne jedinice

3. ELEKTRONIČKO SUČELJE PREMA IZMJENIČNOJ MREŽI

U starijim izvedbama vjetroelektrana nije predviđeno postojanje elektroničkog sučelja prema mreži. Elektroničko sučelje javlja se u suvremenim izvedbama. U tablici 1 na općeniti su način navedena osnovna obilježja pogona vjetroelektrane sa i bez elektroničkog sučelja prema izmjeničnoj mreži [11].

Tablica 1. Razlike u pogonu vjetroelektrane sa i bez elektroničkog sučelja prema izmjeničnoj mreži

Obilježje	Bez sučelja	Sa sučeljem
Regulacija napona	Ovisi o izlaznoj djelatnoj snazi vjetroelektrane.	Ovisi o izlaznoj djelatnoj snazi te o razdjeljivoj jalovoj snazi vjetroelektrane
Opterećenje voda	Moguće smanjiti u periodu visokih opterećenja.	Moguće smanjiti u periodu visokih opterećenja. Jalova snaga raspoloživa za optimizaciju ukupne prividne snage.
Upravljanje disperziranim sustavima	Start, upravljanje i zaustavljanje agregata poznate su procedure.	Općenito, elektroničko sučelje ima brzi odziv.
Harmonici	Ne smatraju se problemom kod većine trofaznih rotirajućih generatora.	Tehnološki starija rješenja zahtijevaju filtriranje. Naprednija su čistija, ali traže pozornost kod viših harmonika članova. Moguće je poništenje harmonika koji dolaze iz mreže.
Prenaponi i propadi napona	Namoti generatora mogu izdržati odstupanja napona.	Starija rješenja su osjetljiva na odstupanja napona. Naprednija rješenja su prilagodljivija.
Zaštita	Standardi su dovoljno dobro poznati i dokumentirani.	Standardne sheme zaštite su primjenjive na elektroničko sučelje. Trend ide za unutarnjom programskom podrškom.

4. IZBOR GENERATORA VJETROELEKTRANE

Vjetroelektrane se uobičajeno dijele prema slijedećim osobinama agregata [9]:

- Stalna brzina vrtnje, konstantna frekvencija,
- Promjenjiva brzina vrtnje, konstantna frekvencija i
- Promjenjiva brzina vrtnje, promjenjiva frekvencija.

Proizvodne jedinice u vjetroelektranama su uobičajeno asinkroni ili sinkroni generatori. Zbog problema s pouzdanosti, istosmjerni generatori rijetko se primjenjuju. Sinkroni generatori se uglavnom koriste za pretpostavljene uvjete otočnog pogona. U slučaju odabira sinkronog generatora, uzbudni sustav i regulator brzine vrtnje potrebni su u svrhu održavanja napona i frekvencije. Asinkroni generatori se gotovo uvijek koriste u slučaju priključenja vjetroelektrane na krutu mrežu (mreža velike naponske i frekvencijske krutosti). Njihova glavna prednost nalazi se u jednostavnoj i jeftinoj konstrukciji. S druge strane, neophodno ih je opremiti s kompenzacijskim uređajem (uglavnom uklopive kondenzatorske baterije) kao i s priključnim uređajem za početnu sinkronizaciju s mrežom (*eng. soft-starter*). Sinkroni se generatori ne koriste u komercijalnim izved-

bama sa stalnom brzinom u pogonu na krutu mrežu. Sustav regulacije kuta zakretanja elisa propelera ne izvodi se u svim sustavima iako je izražena tendencija za njihovim uključenjem kod vjetroturbina čija je nazivna snaga veća od 50 ± 0 kW.

Vjetroelektrane sa stalnom brzinom vrtnje i konstantnom frekvencijom koriste mehaničko-hidraulički sustav regulacije brzine vrtnje pomoću kojeg upravljaju elisama propelera turbine. U njima, generator može biti asinkroni ili sinkroni. Asinkroni generator dodatno je opremljen lokalnim izvorom jalove snage u svrhu održavanja samouzbude i održavanja napona na priključnicama. U pogonu je pri relativno konstantnoj frekvenciji (50 ± 0.5 Hz) između stanja praznog hoda i nazivnog opterećenja.

U izvedbi vjetroelektrane sa stalnom brzinom vrtnje i konstantnom frekvencijom, sinkroni generator ima veći faktor efikasnosti i pouzdanosti, ali teže zadržava sinkronizam u uvjetima poremećaja brzine vrtnje nastalih zbog brzih promjena vjetra i/ili poremećaja u mreži poput kratkog spoja. Sposobnost proizvodnje jalove snage dodatna je prednost sinkronog generatora ako se vjetroelektrana priključuje na naponski slabu mrežu.

U slučaju priključenja na već izgrađenu mrežu dobre infrastrukture, asinkroni generator je u prednosti jer je znatno jeftiniji i robusniji, a ima i jednostavniji sustav upravljanja. Osim toga, uvjeti održivosti sinkronizma fleksibilniji su u usporedbi sa sinkronim generatorom.

Izvedba vjetroelektrane sa stalnom brzinom vrtnje i konstantnom frekvencijom ima optimalan pogon samo za jedan omjer između brzine vrha elise propelera i brzine vjetra. Naime, samo se pri jednom omjeru postiže maksimalna djelatna snaga. Ukoliko omjer odstupa od optimalnog, djelatna snaga manja je od maksimalne.

U literaturi je dobro poznata izvedba vjetroelektrane s promjenjivom brzinom vrtnje i konstantnom frekvencijom. Takve vjetroelektrane imaju generator s promjenjivom brzinom vrtnje i vjetroturbinu koja rotira različitim brzinama vrtnje ovisno o promjenjivosti brzine vjetra. Ostvariv je optimalni pogon za svaki omjer između brzine vrha elise propelera i brzine vjetra, odnosno za svaku brzinu vjetra. Međutim, tada su na električnoj strani vjetroelektrane povećani početni investicijski troškovi zbog složenije izvedbe priključenja na mrežu.

U slučaju primjene sinkronog generatora izvedba uključuje statički pretvarač frekvencije zasnovan na energetskoj elektronici. U slučaju primjene asinkronog generatora izvedba uključuje diodni ispravljač u mostnom spoju za regulaciju djelatnog otpora rotora i promjenu brzina/moment ($/T$) karakteristike asinkronog stroja. Istodobno su na mehaničko-hidrauličkoj strani troškovi smanjeni, jer se regulacija brzine vrtnje agregata više ne izvodi na turbini koja time postaje jednostavnija.

Nazivnu snagu generatora s promjenjivom brzinom vrtnje potrebno je dimenzionirati u iznosu koji je i do pet puta veći od optimalnog iznosa nazivne snage generatora sa stalnom brzinom vrtnje. Štoviše, osim cijene generatora povećava se i bojazan od pojave povećanja ukupne harmoničke izobličenosti zbog primjene statičkih pretvarača.

Iako je najskuplji dio vjetroelektrane njezina turbina, veličina i cijena generatora uz uključenu učinkovitost regulacijskog sustava neosporno čine značajne investicijske troškove. Neophodna je pažljiva financijska analiza kojom bi se odredila opravdanost uvođenja pogona s promjenjivom brzinom vrtnje. Prema nekim statistikama, pogon s promjenjivom brzinom vrtnje na godinu postiže i do 40% veći iznos predane električne energije od pogona sa stalnom brzinom. Ako je cijena isporučene energije dovoljno visokog iznosa, moguće je postići ekonomsku isplativost i uz veće početne investicijske troškove pogona s promjenjivom brzinom vrtnje.

Kombinirana primjena generatora s promjenjivom brzinom vrtnje i statičkog pretvarača frekvencije pomaže u izbjegavanju problema vezanih uz stabilnost kuta i regulaciju frekvencije, odnosno elektromehanička njihanja. Iznenadne promjene brzine vjetra više ne uzrokuju promjene injektirane snage vjetroelektrane. Razlika snage na rotirajućoj osovini pohranjuje se unutar kombinirane inercije agregata u obliku kinetičke energije (agregat se ubrzava/usporava kako vjetar ubrzava/usporava). Kod priključenja vjetroelektrane kao izvora konstantne djelatne snage na naponski slabu mrežu, mogući su problemi stabilnosti napona, što je dobro poznata pojava u HVDC prijenosu. Naime, statički frekvencijski pretvarač (AC/DC/AC) moguće je promatrati kao HVDC sustav primijenjen na niskom naponu i bez istosmjernog voda.

Prema dostupnim informacijama, investitori se uglavnom odlučuju za inicijalno jeftiniju varijantu, dakle za vjetroelektranu u izvedbi sa stalnom brzinom vrtnje i konstantnom frekvencijom uz korištenje asinkronog generatora u pogonu na krutu mrežu.

5. VJETROTURBINA

Aerodinamička snaga rotora vjetroturbine P_w (W) u uvjetima uravnoteženog toka zračne mase [6, 10, 12], računa se korištenjem izraza

$$P_w = \frac{1}{2} c_p(\beta, \lambda) \rho A_{prop} V_{w0}^3, \quad (1)$$

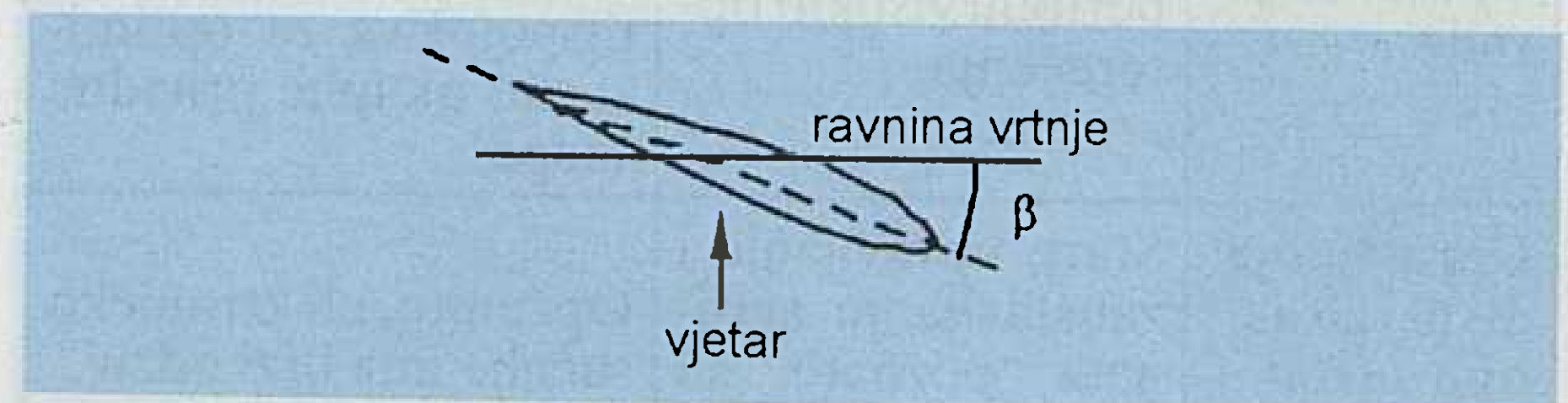
gdje $c_p(\beta, \lambda)$ označava svojstveni koeficijent, gustoću zraka (1.225 kg/m^3), A_{prop} površinu obrisa propelera (m^2) i V_{w0} srednju brzinu vjetra (m/s).

Ukoliko se radi o vjetroturbini reguliranoj pomoću kuta zakreta elisa propelera, aerodinamička snaga rotora vjetroturbine ne iskazuje se samo u ovisnosti o

brzini vjetra, već i o svojstvenom koeficijentu $c_p(\beta, \lambda)$. Svojstveni koeficijent $c_p(\beta, \lambda)$ ovisan je o kutu zakreta elisa propelera β ($^\circ$) i omjeru λ između brzine vrha elise propelera i srednje brzine vjetra

$$\lambda = r_{prop} \omega_T / V_{w0}, \quad (2)$$

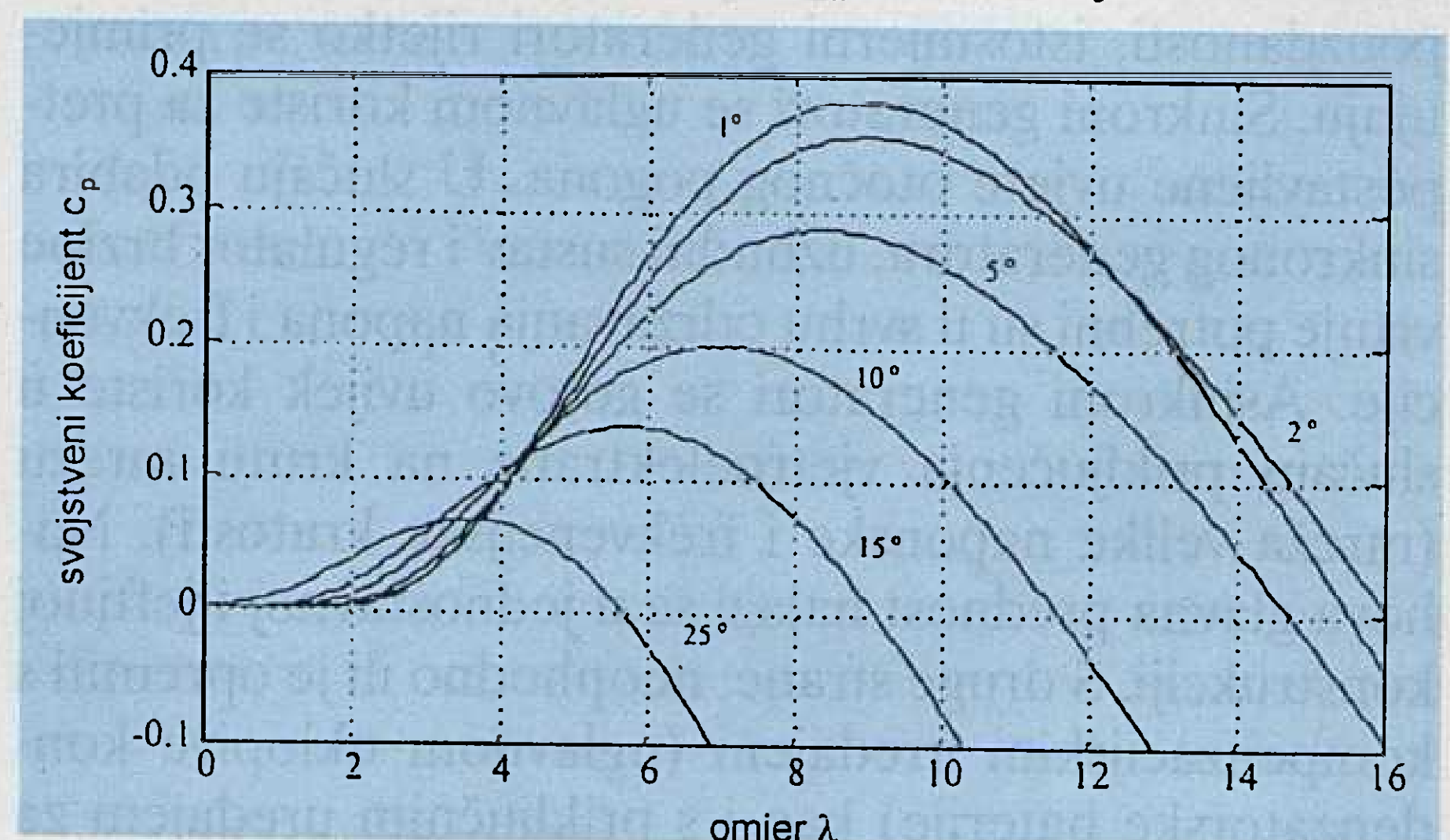
gdje r_{prop} označava radijus propelera (m), a ω_T brzinu rotora vjetroturbine (rad/s). Odnosi između kuta zakreta β , smjera vjetra i ravnine vrtnje predloženi su na slici 9.



Slika 9. Kut zakreta elisa propelera β

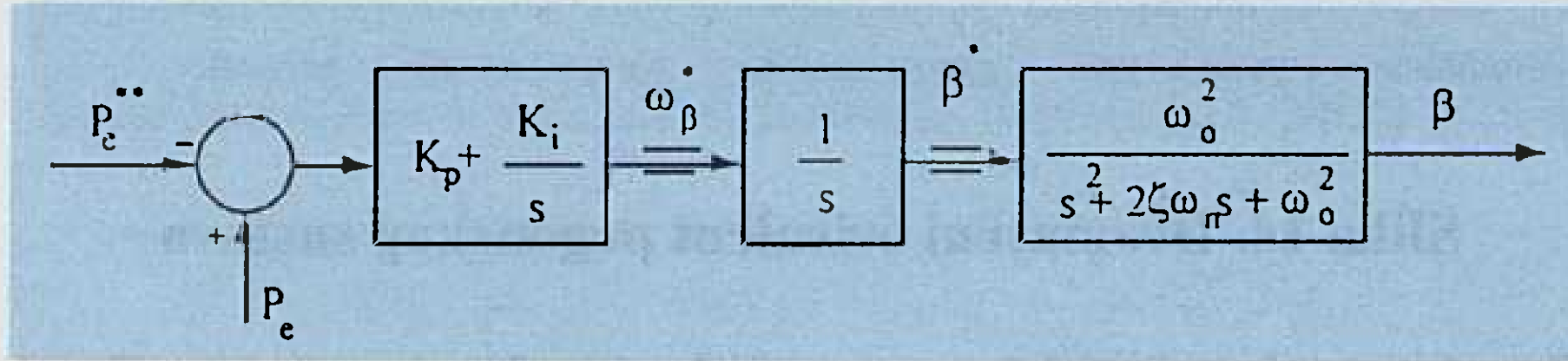
Svaka vjetroturbina ima različit svojstveni koeficijent $c_p(\beta, \lambda)$ koji se dobiva eksperimentalnim postupkom. Razvijene su analitičke aproksimacije koje uvelike olakšavaju njegovo izražavanje. Koeficijent se iskazuje numerički s većim brojem konstantnih faktora dobivenih metodom aproksimacije. Na slici 10 predložen je tipični oblik krivulje svojstvenog koeficijenta dobiven analitičkom aproksimacijom. Uvođenjem dodatne proporcionalno-integracijske povratne veze po snazi (ponekad i brzini vrtnje) agregata izvodi se stabilizacija odziva vjetroturbine putem kuta zakreta elisa propelera β . Slično stabilizacijsko djelovanje poznato je iz pogona sinkronog generatora u čijem se uzbuđenom sustavu nalazi stabilizator elektroenergetskog sustava (PSS). Sustav regulacije kuta zakreta elisa propelera potrebno je pravilno modelirati obzirom da kut zakreta izravno utječe na ulaznu mehaničku snagu te time i na električnu snagu koju isporučuje generator. Ovaj sustav se osim za stabilizaciju odziva koristi i za ograničavanje snage koja se predaje mreži u uvjetima visokih brzina vjetra. Kako se povećavaju vrijednosti kuta zakreta β , koriste se niže krivulje sa slike 10 čime se dobivaju smanjene vrijednosti svojstvenog koeficijenta $c_p(\beta, \lambda)$.

Stoga je u uvjetima otočnog pogona regulator brzine vrtnje/frekvencije moguće izvesti putem sustava regulacije kuta zakreta. Na slici 11 predložen je model sus-



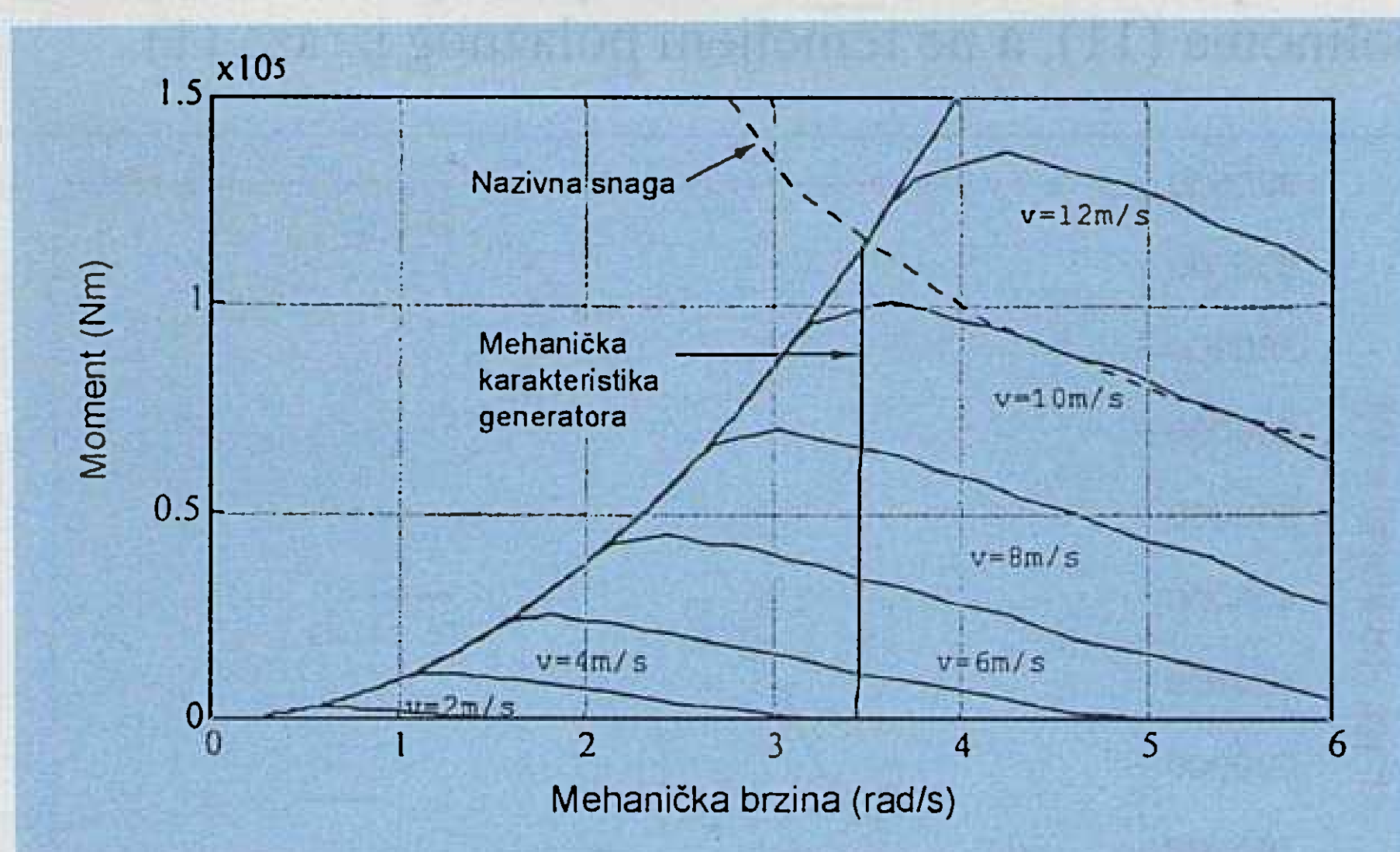
Slika 10. Svojstveni koeficijent $c_p(\beta, \lambda)$

tava regulacije kuta zakreta s povratnom vezom po izlaznoj snazi generatora P_e . Proporcionalno-integracijski član stvara referentnu brzinu promjene kuta ω_β^* koja se ograničava u svrhu izbjegavanja preopterećenja mehanizma. Izlaz iz integratora također je ograničen, a predstavlja referentni kut zakreta β^* . Regulacijskim članom drugog reda predstavljen je aktuator te dinamika elisa propelera.



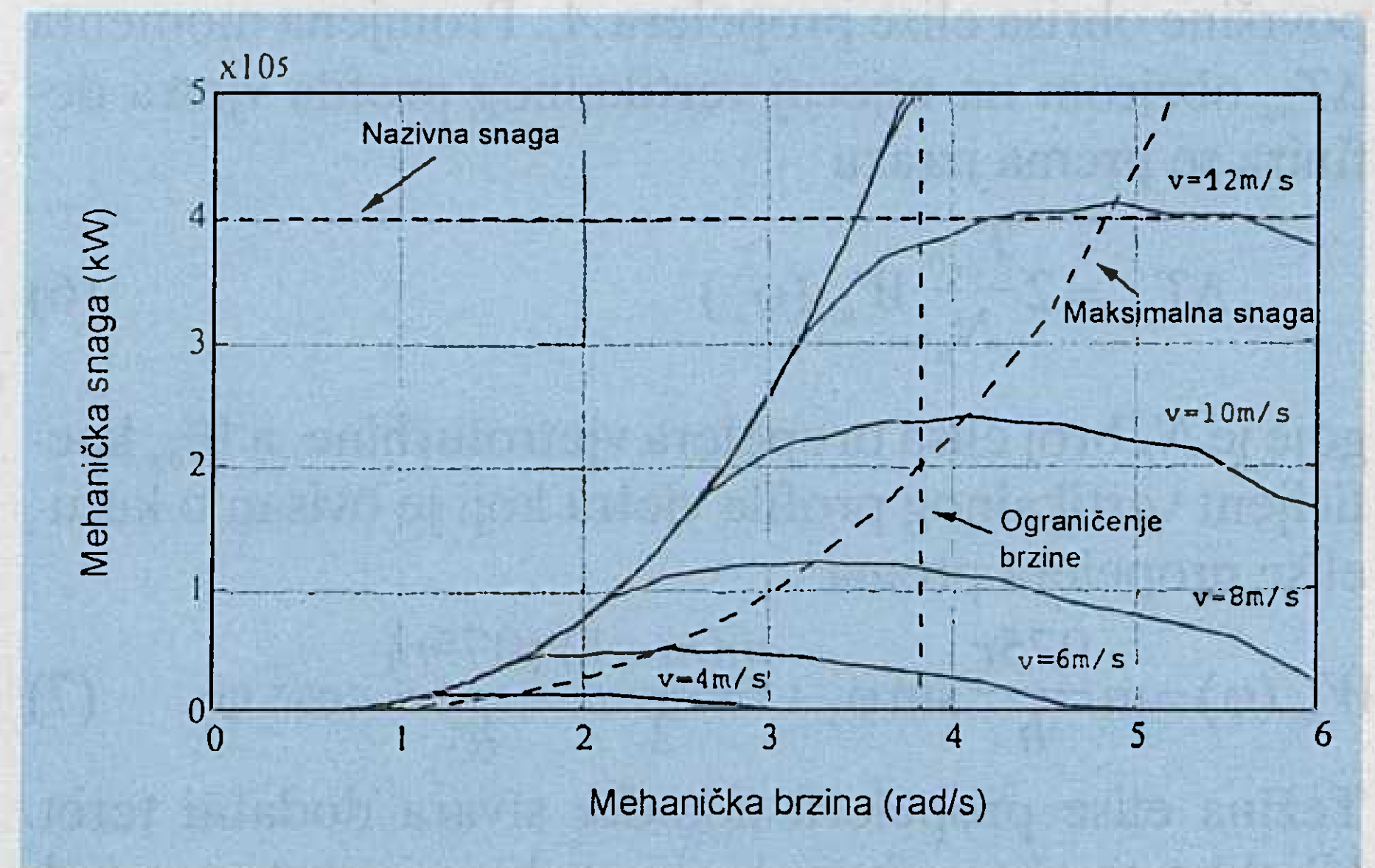
Slika 11. Sustav regulacije kuta zakreta elisa β

Na temelju svojstvenog koeficijenta $c_p(\beta, \lambda)$ te nazivnih veličina vjetroturbine i generatora moguće je definirati pogonsku točku na temelju mehaničkih karakteristika vjetroturbine. Na slici 12 predložene su karakteristike 400 kW vjetroturbine i asinkronog generatora u okviru izvedbe sa stalnom brzinom vrtnje i konstantnom frekvencijom. Pogonska točka vjetroturbine nalazi se u sjecištu između jedne od karakteristika vjetroturbine (u ovisnosti o brzini vjetra) i karakteristike generatora. Sustav upravljanja kod vjetroturbine s promjenjivom brzinom vrtnje poprima vrlo različite oblike. Prema najrasprostranjenijem obliku, aerodinamička učinkovitost optimira se iskorištavanjem najveće raspoložive snage pri svakoj brzini vjetra. Na slici 13 predloženo je upravljanje prema najvećoj raspoloživoj snazi. Crtkanom linijom spojeni su maksimumi krivulja snage, odnosno optimalne pogonske točke obzirom na različite brzine vrtnje.



Slika 12. Karakteristika 400 kW vjetroturbine i asinkronog generatora – stalna brzina vrtnje –

U uvjetima niske brzine vjetra, prate se vrijednosti krivulje snage u potrazi za maksimumom energije koju predaje vjetroturbina. Pri većim brzinama vjetra javljaju se izvjesna pogonska ograničenja poput ograničenja mehaničke brzine, nazivnog momenta i ograničenja snage sustava. U tom je području potrebno modificirati upravljačku strategiju na odgovarajući način kako se ne bi narušila ograničenja. Modifikaciju je prema jednom od pristupa moguće izvesti upravlja-



Slika 13. Upravljačka strategija zasnovana na najvećoj snazi – promjenjiva brzina vrtnje –

njem momentom generatora kako bi se ograničila brzina vrtnje rotora kod vjetroturbina bez sustava za regulaciju kuta zakreta. Prema drugom pristupu, upravlja se brzinom vrtnje putem regulacije kuta zakreta elisa propelera i postavlja referentna veličina momenta generatora na nazivnu vrijednost. Općenito, izvedbe s promjenjivom brzinom vrtnje imaju ulaznu referentnu snagu prema kojoj se izvodi regulacija njihove izlazne snage, ali samo pri vrijednostima koje su niže od najveće raspoložive snage vjetra.

Ukupni aerodinamički moment rotora definiran je kao zbroj srednjeg momenta i momenata koji su definirani različitim njihovim. Srednji moment T_{ae0} dobiva se na osnovi (1) i (2) u obliku

$$T_{ae0} = \frac{P_w}{\omega_T} = \frac{1}{2} \pi r^3 \rho V_{w0}^2 \frac{(\beta, \lambda)}{\lambda}. \quad (3)$$

Glavni superponirajući utjecaji na srednji moment javljaju se zbog sjenke stupa (*eng. tower shadow*), vertikalnog profila vjetra (*eng. wind shear*) i gravitacijskog opterećenja (težina svake elise).

Sjenka stupa odnosi se na pojavu smanjenja aerodinamičkog momenta elise propelera obzirom na njezin prolazak ispred stupa. Smanjenje momenta javlja se zbog smetnje u toku vjetra koju stvara stup. Promjena momenta T_{is} za svaku elisu i definirana se izrazom

$$\Delta T_{is} = 2 \frac{T_{ae0}}{N_b} W_{is}(\varphi), \quad (4)$$

gdje je N_b broj elisa propelera vjetroturbine, a W_{is} koeficijent sjenke stupa ovisan o kutu i elise propelera

$$W_{is}(\varphi_i) = \begin{cases} t_0 + t_p \cos[p(\varphi_i - \varphi^*)]; (\varphi^* - \varphi_T) \leq \varphi_i \leq (\varphi^* + \varphi_T) \\ u \text{ protivnom} \end{cases} \quad (5)$$

U prethodnom izrazu korištene su slijedeće oznake: $p = \pi / \varphi_T$, $\varphi_T = \varphi_i / 2$, φ^* kut azimuta elise propelera i t_0 i t_p empirijski faktori.

Vertikalni profil vjetra odnosi se na povećanje brzine vjetra obzirom na povećanje visine. Ova pojava također proizvodi promjenu momenta koja je uzrokovana gradijentom brzine vjetra po uzdužnoj visini h

površine obrisa elise propelera A_r . Promjena momenta ΔT_{ws} obzirom na utjecaj vertikalnog profila vjetra definira se prema izrazu

$$\Delta T_{ws} = 2 \frac{T_{ae0}}{N_b} W_{ws}(\varphi_i) \quad (6)$$

gdje je N_b broj elisa propelera vjetroturbine, a W_{ws} koeficijent vertikalnog profila vjetra koji je ovisan o kutu i elise propelera prema

$$W_{ws}(\varphi) = m \frac{0.75r}{h} \sin \varphi_i + \frac{m(m-1)}{2} \frac{(0.75r)}{h^2} \cos^2 \varphi_i. \quad (7)$$

Težina elise propelera također stvara dodatni teret. Ukoliko se elise gibaju brzinom koja je potpuno jednaka brzini osi vratila, odnosno ukoliko se cijeli rotor smatra jednim tijelom, utjecaj težine elise bio bi poništen. Međutim, u detaljnijem modelu u kojem se razmatra elastični spoj između svake elise i vratila, promjena momenta T_{wb} uslijed utjecaja težine elise ($M_{bi}g$) definira se prema izrazu

$$\Delta T_{wb} = r_{cdg} M_{bi} g \cos \varphi_i. \quad (8)$$

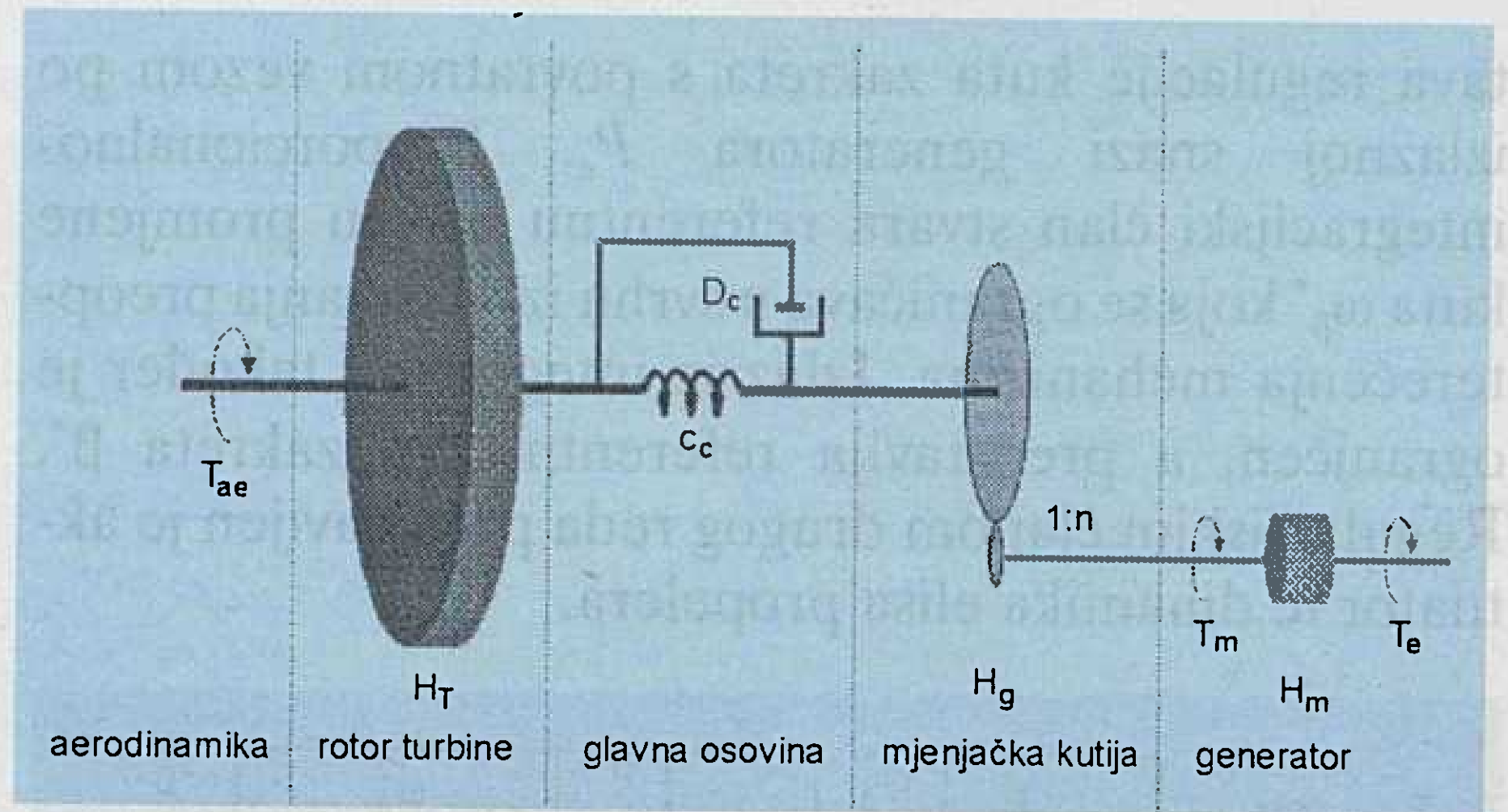
Na temelju prethodno predloženih izraza za različite doprinose, moment T_{bi} koji proizvodi svaka elisa propelera vjetroturbine definira se pomoću izraza

$$T_{bi} = \frac{T_{ae0}}{N_b} + \Delta T_{ts} + \Delta T_{ws} + \Delta T_{wb}. \quad (9)$$

Ukupni aerodinamički moment rotora dobiva se kao zbroj pojedinačnih momenata svake elise

$$T_{ae} = \sum_{i=1}^{N_b} T_{bi}. \quad (10)$$

Zbog zahtjeva za povećanom upravljivosti vjetroturbine, momentna slijednost pogonskog sustava uobičajeno se postiže pomoću 'mekog' osovinskog spoja ili specijalnih elastičnih spojki. Pri modeliranju pogonskog sustava, potrebno je primijeniti višemasene ekvivalente. Na taj se način prepoznaju torzijska njihanja niske frekvencije koja dominiraju dinamičkim vladanjem vjetroturbine. Model pogonskog sustava uključuje tromosti vjetroturbine, generatora i mjenjačke kutije koja spaja dvije rotirajuće osovine. Red modela se određuje na temelju broja rotirajućih masa (ili spojnih masa). Dvomaseni model (turbina i generator) predstavlja rezonantni sustav manje složenosti (slika 14). Tromost mjenjačke kutije obično je znatno manja od tromosti generatora ($\approx 1/30$). Stoga mjenjačka kutija nema dinamički utjecaj pri nižim frekvencijama njihanja, odnosno zasebno se uglavnom ne modelira. Ipak, ostavlja se mogućnost njezinog uključivanja u okviru tromosti generatora. Izbor drugog reda modela zasnovan je na poznavanju dominantnih temeljnih modova rezonancije pogonskog sustava te želje za održavanjem niskog stupnja složenosti ukupnog modela. Osim s dvomasenim ekvivalentom, pogonski sustav moguće je modelirati korištenjem još dva mehanička ekvivalenta; tromasenim i šesteromasenim.

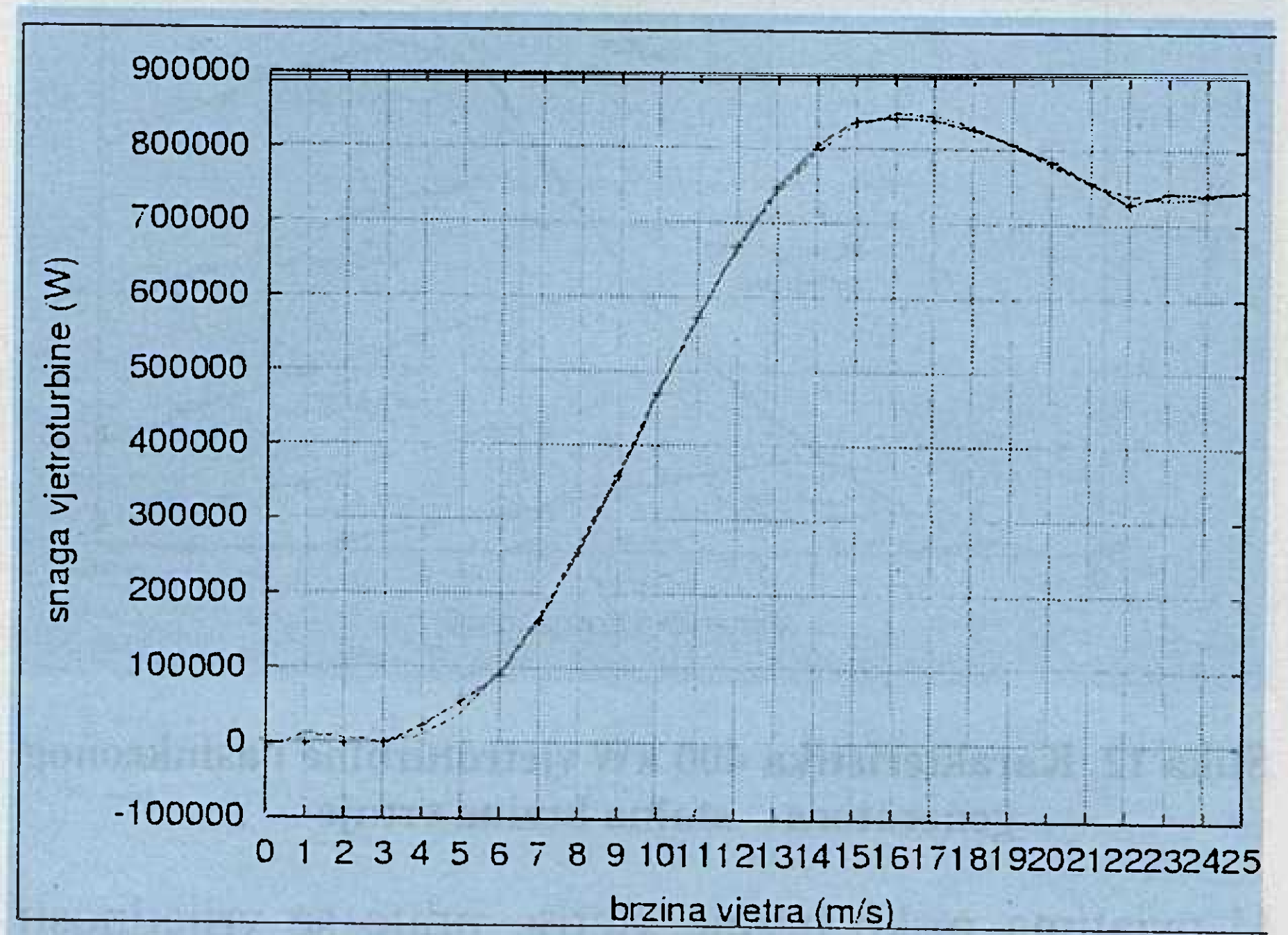


Slika 14. Dvomaseni evivalent pogonskog sustava

Za npr. vjetroturbinu sa stalnom brzinom vrtnje i konstantnom frekvencijom te bez sustava za regulaciju kuta zakreta elisa propelera, primjer ovisnosti snage o brzini vjetra predložen je na slici 15. Primjer se odnosi na vjetroturbinu NORDEX N-50 nazivne snage 800 kW. Za navedenu vjetroturbinu, ovisnost aerodinamičke snage rotora vjetroturbine P_w (W), odnosno ulazne mehaničke snage generatora, o brzini vjetra V_w (m/s) aproksimirana je polinomom šestog reda

$$P_w = a_6 V_w^5 + a_4 V_w^4 + a_3 V_w^3 + a_2 V_w^2 + a_1 V_w + a_0 \quad (11)$$

U prethodnom su izrazu koeficijenti polinoma određeni minimiziranjem funkcije zbroja kvadrata odstupanja. Dobivene su slijedeće vrijednosti koeficijenta: $a_6 = -0.2166248$, $a_5 = 18.01868$, $a_4 = -541.4492$, $a_3 = 6813.510$, $a_2 = -29382.79$, $a_1 = 43470.16$, i $a_0 = -8490.896$. Obzirom da proizvođači vjetroturbina u pravilu tablično obznajuju opisanu ovisnost, aerodinamička snaga P_w se u analizi prijelaznih pojava uglavnom proračunava na temelju aproksimacijskog polinoma (11), a ne temeljem polaznog izraza (1).



Slika 15. Ovisnost snage vjetroturbine o brzini vjetra

6. VJETAR

Analiza stabilnosti vjetroelektrane uvelike ovisi o modelu promjene brzine strujanja vjetra [13]. Promjena brzine vjetra V_w uzrokuje promjenu aerodinamičke

snage P_w , nakon čega prema jednadžbi gibanja dolazi do promjene električne snage koju generator injektira u mrežu. Promjenjivost injektirane snage uzrokuje pojavu promjenjivog iznosa napona u čvorištu priključenja vjetroelektrane te time i u široj utjecajnoj okolini unutar distribucijske mreže. Uglavnom se proračuni provode uz pretpostavku da u najsloženijem obliku brzina vjetra ima četiri komponente prema izrazu

$$V_w = V_{wB} + V_{wR} + V_{wG} + V_{wN}, \quad (12)$$

pri čemu V_{wB} predstavlja osnovnu komponentu brzine vjetra (*eng. base*), V_{wR} komponentu linearne promjene brzine vjetra (*eng. ramp*), V_{wG} komponentu udarne promjene brzine vjetra (*eng. gust*) i V_{wN} komponentu promjene brzine vjetra koja je podložna šumu (*eng. noise*).

Osnovna komponenta brzine vjetra V_{wB} definirana je pomoću izraza

$$V_{wB} = konst. \quad (13)$$

Komponenta linearne promjene brzine vjetra V_{wR} definirana je pomoću izraza

$$V_{wR} = \begin{cases} 0 & \text{za } t < T_{1R} \\ V_{ramp} & \text{za } T_{1R} \leq t \leq T_{1R} + T_R \\ MAXR * V_{wB} & \text{za } t > T_{1R} + T_R \end{cases} \quad (14)$$

pri čemu je V_{ramp} definiran u obliku

$$V_{ramp} = MAXR * V_{wB} \frac{t - T_{1R}}{T_R}. \quad (15)$$

Veličina $MAXR$ definira maksimalni koeficijent linearne promjene prema osnovnoj komponenti brzine vjetra V_{wB} , t vrijeme, T_{1R} i T_R vremenski trenutak početka i ukupno trajanje linearne promjene.

Komponenta udarne promjene brzine vjetra V_{wG} definirana je pomoću izraza

$$V_{wG} = \begin{cases} 0 & \text{za } t < T_{1G} \\ V_{sico} & \text{za } T_{1G} \leq t \leq T_{1G} + T_G \\ 0 & \text{za } t > T_{1G} + T_G \end{cases} \quad (16)$$

pri čemu je V_{sico} definiran u obliku

$$V_{sico} = -\frac{1}{2} MAXG * V_{wB} \sin \left(3\pi \frac{t - T_{1G}}{T_G} \right) \left[1 - \cos \left(2\pi \frac{t - T_{1G}}{T_G} \right) \right]. \quad (17)$$

Veličina $MAXG$ definira maksimalni koeficijent udarne promjene prema osnovnoj komponenti brzine vjetra V_{wB} , t vrijeme, T_{1G} trenutak početka udarne promjene i T_G ukupno trajanje promjene.

Komponentu promjene brzine vjetra V_{wN} podložnu šumu moguće je definirati na dva načina. Prvi je poznat pod nazivom Weibull raspodjele vjerojatnosti, a drugi pod nazivom funkcije spektralne gustoće.

Prema Weibull raspodjeli vjerojatnosti, komponenta V_{wN} definirana je izrazom

$$V_{wN} = c [-\ln(r)]^{1/k}, \quad (18)$$

pri čemu k i c označavaju koeficijente nagiba i skaliranja ($k=1.9$ za $A=6.8$ m/s, $c=0.1 V_{wB}$), a r slučajni broj temeljen na jednolikoj raspodjeli unutar intervala 0:1. Prema funkciji spektralne gustoće, komponenta V_{wN} definirana je izrazom

$$V_{wN} = 2 \sum_{i=1}^N [S_v(\omega_i) \Delta\omega]^{1/2} \cos(\omega_i t + \phi_i), \quad (19)$$

pri čemu je

$$\omega = \left(i - \frac{1}{2} \right) \Delta\omega, \quad (20)$$

$$S_v(\omega_i) = \frac{2K_N F^2 |\omega_i|}{\pi^2 \left[1 + \left(\frac{F\omega_i}{V_w \pi} \right)^2 \right]^{4/3}}. \quad (21)$$

U izrazima (19-21), veličina i označava slučajni broj temeljen na jednolikoj raspodjeli u intervalu 0:2, $S_v(\omega_i)$ funkciju spektralne gustoće, $\Delta\omega$ brzinu (za $N=50$, $\Delta\omega=0.5-2.0$ rad/s), K_N površinski koeficijent ($K_N=0.001-0.040$), F skalu turbulencije ($F=600-700$ m) i V_w brzinu vjetra na ref. Visini (m/s).

7. TRANZIJENTNI MODEL AGREGATA U VJETROELEKTRANI

U studijama stabilnosti koriste se standardni modeli sinkronih ili asinkronih generatora. U aerodinamičkom dijelu, dovoljno je koristiti srednji moment (promjenjiv obzirom na brzinu vjetra) uz dvomaseni model pogonskog sustava [4, 5]. Ukoliko je vjetroelektrana u izvedbi sa stalnom brzinom vrtnje te asinkronim generatorom koji je izravno priključen na mrežu, potrebe studije stabilnosti potpuno zadovoljava tranzijentni model asinkronog generatora drugog reda. Tranzijentni model drugog reda ima dvije diferencijalne jednadžbe električnih varijabli te tri diferencijalne jednadžbe gibanja rotora za dvomaseni pogonski sustav. Ukoliko je vjetroelektrana u izvedbi s promjenjivom brzinom te s elektroničkim pretvaračem na statorskim priključnicama, potrebno je koristiti potpune modele generatora (četvrtog reda za asinkroni generator i šestog reda za sinkroni generator). Ako je neophodno simulirati vladanje pretvarača i njegove sklopne operacije, koriste se izravni *abc-koordinatni* modeli generatora.

Uglavnom se investitori odlučuju za tip agregata u kojem je asinkroni generator izravno priključen na mrežu. Pogonjen je vjetroturbinom posredstvom mjenjačke kutije. Vjetroelektrana je u izvedbi sa stalnom brzinom vrtnje i konstantnom frekvencijom. Obzirom da standardni programi u sebi vrlo rijetko imaju uključen model asinkronog generatora, u nastavku je pozornost posvećena njegovom tranzijentnom modelu. Model je s turbinske, odnosno osovinske strane prilagođen korištenju unutar vjetroelektrane. Uključen je u vlastiti programski paket za simulaciju prijelaznih

elektromehaničkih pojava u višestrojnom elektroenergetskom sustavu obzirom na dinamičke i statičke aspekte analize. Polaznu osnovu izvoda tranzijentnog modela asinkronog generatora predstavlja tranzijentni model asinkronog motora.

Osnovna diferencijalna jednadžba koja opisuje dinamiku električnog dijela tranzijentnog modela asinkronog generatora definirana je izrazom

$$\frac{d\bar{E}'_{gen}}{dt} = -j\omega_{0s}\bar{E}'_{gen} - \frac{1}{T'_0} \left[\bar{E}'_{gen} + j(X - X')\bar{I}_{gen} \right], \quad (22)$$

u kojem se reaktancija X , vremenska konstanta T'_0 i pu frekvencija ω_{0s} dobivaju korištenjem jednadžbi

$$X = X_s + X_{mag}; T'_0 = \frac{X_r + X_{mag}}{\omega_{0s} R_r}; \omega_{0s} = 1 + \frac{d\Theta_n}{dt}. \quad (23)$$

Nakon d-q dekompozicije, izraz (22) postaje

$$\frac{dE'_q}{dt} = (\omega_{0s} - \omega_m)E'_d - \frac{E'_q}{T'_0} + \frac{X - X'}{T'_0} I_d, \quad (24)$$

$$\frac{dE'_d}{dt} = -(\omega_{0s} - \omega_m)E'_q - \frac{E'_d}{T'_0} - \frac{X - X'}{T'_0} I_q. \quad (25)$$

Kod jednomasenog rotora, dinamika osovine agregata definirana je diferencijalnom jednadžbom

$$\frac{d\omega_m}{dt} = \frac{T_m - D_\Sigma \omega_m - T_e}{2H_\Sigma}, \quad (26)$$

u kojoj T_e i T_m označavaju elektromagnetski i mehanički moment generatora (pu), D_Σ ukupni koeficijent prigušenja (pu/pu), ω_m brzinu vrtnje generatora (pu) i H vremensku konstantu tromosti agregata (s). Za slučaj korištenja jednomasenog rotora, konstanta H_Σ uzima se jednakom odgovarajućoj konstanti vjetroturbine za poremećaje koji dolaze sa strane primarnog izvora energije, odnosno vjetra. Za poremećaje koji dolaze sa strane električne mreže, konstanta H_Σ uzima se jednakom odgovarajućoj konstanti asinkronog generatora. Približan odnos konstanti tromosti vjetroturbine i generatora reda je veličine 10:1.

Elektromagnetski T_e i mehanički T_m momenti proračunavaju se temeljem izraza

$$T_e = (E'_d I_d + E'_q I_q) / \omega_{0s}; T_m = \frac{P_w}{\omega_m} \frac{1}{S_{ngen}}; \quad (27)$$

Kod dvomasenog rotora [4, 5], dinamika osovine agregata koja je sastavljena od dva rotora povezana pomoću spojke, definirana je pomoću slijedećih diferencijalnih jednadžbi

$$\frac{d\Theta_c}{dt} = \omega_r - \frac{\omega_m}{n}, \quad (28)$$

$$\frac{d\omega_r}{dt} = \frac{\frac{P_w(V_w)}{\omega_r} \frac{1}{S_{ngen}} - c_c \Theta_c - (D_c + D_r) \omega_r + \frac{D_c}{n} \omega_m}{2H_r}, \quad (29)$$

$$\frac{d\omega_m}{dt} = \frac{\frac{C_c}{n} \Theta_c + \frac{D_c}{n} \omega_r - \left(D_m + \frac{D_c + D_g}{n^2} \right) \omega_m - T_e}{2 \left(H_m + \frac{H_g}{n^2} \right)}, \quad (30)$$

u kojima je

Θ_c	kut torzije osovine između rotora vjetroturbine i rotora asinkronog generatora (rad _c),
ω_r, ω_m	brzina vrtnje rotora vjetroturbine i generatora (pu, u stacionarnom stanju vrijedi $\tau = \tau_m/n$),
$1:n$	reduktorski prijenosni omjer između dvije brzine,
P_w	aerodinamička snaga (W),
V_w	brzina vjetra (m/s),
S_{ngen}	nazivna snaga generatora (VA),
c_c	koeficijent torzijske krutosti (pu/rad _c),
D_c	koeficijent torzijskog prigušenja spoja između rotora vjetroturbine i rotora generatora (pu/pu),
D_r	koeficijent prigušenja vjetroturbine (pu/pu),
D_g	koeficijent prigušenja mjenjačke kutije (pu/pu),
D_m	koeficijent prigušenja generatora (pu/pu),
H_r	vremenska konstanta tromosti vjetroturbine (s),
H_g	vremenska konstanta tromosti mjenjačke kutije (s), i
H_m	vremenska konstanta tromosti generatora (s).

Obzirom na planiranu izgradnju vjetroelektrana u Republici Hrvatskoj u Energetskom institutu "Hrvoje Požar" pokrenute su aktivnosti vezane uz analizu tehničkih uvjeta njihovog priključenja na mrežu. Korištenjem opisanih modela provedena su istraživanja čiji su rezultati predstavljeni u studiji "Utjecaj vjetroelektrane na naponske i strujne prilike u elektroenergetskoj mreži", N. Dizdarević, M. Majstrovic, S. Žutobradić, D. Bajš. Proračuni su izvedeni obzirom na priključenje iste vjetroelektrane na dvije naponske različite lokacije (Ravna 1 – Pag i Stupišće – Vis) gdje su ukupne aktivnosti doživjele najveći pomak.

8. ZAKLJUČAK

Model ees-a s aspekta priključka vjetroelektrana na distribucijsku mrežu opisan je sa stajališta izbora izvedbe vjetroelektrane obzirom na vrstu priključenja na mrežu te stalnost brzine vrtnje. Predočen je tranzijentni model asinkronog generatora. U današnje doba, integracija malih distribuiranih jedinica za proizvodnju električne energije u distribucijsku mrežu predstavlja realnu proizvodnu opciju u većini razvijenih i srednje razvijenih zemalja. Veća penetracija distribuiranih izvora očekuje se u idućih nekoliko godina. Svi današnji igrači u elektroenergetskom sektoru trebaju spoznati mogući utjecaj vjetroelektrana kao distribui-

ranih izvora na elektroenergetski sustav. U okviru ovog članka predložen je model vjetroelektrane pogodan za analizu tehničkih aspekata koji su pridruženi pogonu vjetroelektrane kao distribuiranog izvora električne energije u okviru distribucijske mreže. U ovom je radu trenutni status tehnološkog razvitka vjetroelektrana nadopunjen s odgovarajućim modelom uporabljivim u proračunima tokova snaga, kratkog spoja i stabilnosti kuta i napona. Te je proračune nužno provesti u numeričkim studijama kako bi se ukazalo na električku kvalitativnost/kvantitativnost lokacije priključenja vjetroelektrane u okviru distribucijske mreže. Električko vladanje iste vjetroelektrane na naponski različitim lokacijama mreže može biti vrlo različito. Električki uvjeti u mreži mogu ograničiti priključenje vjetroelektrane unatoč visokoj kvaliteti njezine tehnološke izvedbe.

LITERATURA

- [1] V. AKHMATOV: "A dynamic stability limit of grid-connected induction generators", *Proc. IASTED Conference on Power and Energy Systems*, Marbella, Spain, Sept. 2000, Paper 319-087
- [2] V. AKHMATOV: "Electromechanical interaction and stability of power systems with windmills", *Proc. IASTED Conference on Power and Energy Systems*, Marbella, Spain, Sept. 2000, Paper 319-086
- [3] V. AKHMATOV: "Modelling and transient stability of large wind farms", *Proc. 2nd International Workshop on Transmission Networks for Offshore Wind Farms*, Stockholm, Sweden, March 2001
- [4] R. CHEDID: "A comparative analysis of dynamic models for performance calculation of grid connected wind turbine generators", *Wind Engineering*, vol. 17, No. 4, 1993
- [5] R. CHEDID: "Adaptive fuzzy control for wind-diesel weak power systems", *IEEE Trans. Energy Conversion*, vol. 15, No. 1, March 2000, pp. 71-78
- [6] CIGRE, "Modelling new forms of generation and storage", WG 38.01, Nov. 2000
- [7] Eesti Energia, "Technical requirements for connecting wind turbine installations to the power network", EE 10421629 ST 7:2001, Company Standard, 2001
- [8] ELTRA, "Specifications for connecting wind farms to the transmission network", ELT1999-411a
- [9] M. ERMIS: "Various induction generator schemes for wind-electricity generation", *Electric Power Systems Research*, vol. 23, 1992, pp. 71-83
- [10] L. FRERIS: *Wind energy conversion systems*, Prentice Hall, 1990
- [11] P. GARDNER: "Grid connection of wind turbines", *Power Generation Journal*, vol. 18, 1995, pp. 58-63
- [12] S. HEIER: *Grid integration of wind energy conversion systems*, John Wiley & Sons, 1998
- [13] IEC, "Wind turbine generator systems – PART 1 – PART 21", *IEC Standards*, IEC61400-1& IEC61400-21, 1998
- [14] H. KNUDSEN: "Induction generator models in dynamic simulation tool", *Proc. Intl. Conference on Power System Transients IPST'99*, Budapest, Hungary, June 20-24, 1999, pp. 253-259
- [15] J. MILANOVIC: "Stability of distribution networks with embedded generators and induction motors", *IEEE paper*, No. 0-7803-7322-7, 2002
- [16] NORDEX, "N50/800 kW: Leading technology for first class outputs", Technical Brochure, Norderstedt, Germany, 2002
- [17] P. NOVAK: "Modeling and control of variable-speed wind-turbine drive-system dynamics", *IEEE Control Systems*, Aug. 1995, pp. 28-38

WIND POWER PLANTS' OPERATION

The paper presents the generic model of wind to electric energy conversion. General scheme of wind power plants concerning three types of energy is discussed: wind, mechanical and electric energy. In order to analyze wind power plant operation it is necessary to consider the electronic interface to alternating current system, wind turbine generator as power generating engine and wind as primary energy source. Basic characteristics of wind power plants' operation are described from the point of choice of power plant design considering the type of connection to the grid as well as the stability of main axle's rotating speed.

DER EINSATZ VON WINDKRAFTWERKEN

Im Artikel ist ein angeeignetes Modell der Umwandlung der Energie des Windes in die elektrische Energie vorgezeigt. Das allgemeine Wirkschaltplan des Windkraftwerkes, alle im Projekt umfasste Anlageteile jeder der drei Energieformen (Windenergie, mechanische und elektrische Energie) beinhaltend, ist in Betracht gezogen. Zwecks Untersuchung des Windkraftwerkes im Betrieb, ist eine Beurteilung der elektronischen Schnittstelle zum Wechselstromnetz, des Generators, der Windturbine, sowie des Windes, als primären Energieträgers, unentbehrlich. Die Grundmerkmale des Windkraftwerkbetriebes sind vom Standpunkt der Bauartwahl des Windkraftwerkes -seine Ankoppelungsart an das Versorgungsnetz berücksichtigend-, und vom Standpunkt der Stätigkeit der Drehgeschwindigkeit der Hauptwelle aus, betrachtet.

Naslov pisaca:

Dr. sc. Nijaz Dizdarević, dipl. ing.
dr. sc. Matislav Majstrovic, dipl. ing.
dr. sc. Srđan Žutobradić, dipl. ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar"
Savska 163,
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 2003 – 04 – 24.



DIJAGNOSTIKA NJIHANJA SNAGE CIJEVNIH AGREGATA HE DUBRAVA

Branko B a j i ć, Luksemburg/Zagreb

UDK 621.311.21.005
PRETHODNO PRIOPĆENJE

Na osnovi multidimenzionalnih ispitivanja kavitacije, formulira se i verificira dijagnoza uzroka njihanja snage u ritmu jednom na okret na cijevnim agregatima HE Dubrava snage po 40 MW. Uzrok njihanja je jaka iako slabo erozivna kavitacija, koja, zbog rada izvan projektnog režima, horizontalnog položaja vratila i velikog promjera radnog kola, te neujednačene i nedovoljne kavitacijske kvalitete lopata radnog kola, pulsira jednom na okret.

Ključne riječi: fluktuacije snage, kavitacija, multidimenzionalna dijagnostika, cijevna turbina, HE Dubrava.

Uvod

Od puštanja u pogon 1989. godine, na cijevnim agregatima HE Dubrava dolazi do njihanja snage u ritmu jednom na okret, na agregatu A razmjerno jakog a nešto slabijeg na agregatu B. Njihanje opterećuje konstrukciju i skraćuje životni vijek postrojenja. U periodu od 1990. do 2002. godine, iskušan je niz pristupa ovom problemu [1 – 12], no uzrok pojave nije utvrđen.

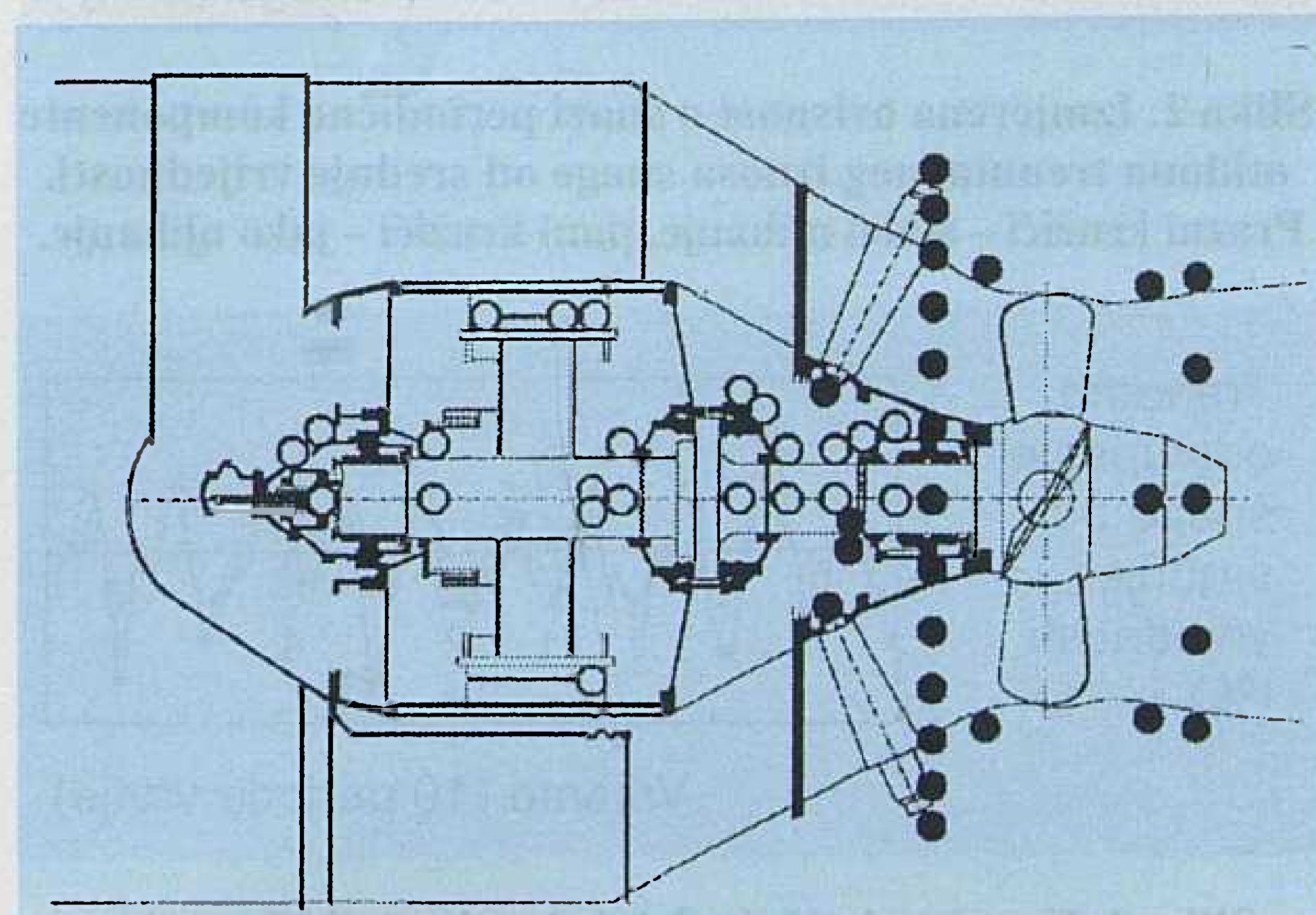
Vibro-akustička dijagnoza kavitacije u turbini* agregata A na Dubravi, koja je, multidimenzionalnom metodom Korto Cavitation Services [13,14], izvedena 2002. godine (sl. 1), ukazala je na moguću vezu kavitacije i njihanja snage [14]. Nakon toga je, uz korištenje svih dostupnih eksperimentalnih podataka o njihanju snage [15] i kavitaciji u turbini A, iz naravi [14] i modelskih [16,17], ta mogućnost detaljno analizirana. Jedan od ciljeva analize bio je da se utvrdi u kojoj je mjeri njihanje snage posljedica okolnosti da turbine na Dubravi rade s oko 1,5 m nižom donjom vodom od projektne jer (još) nije izgrađena planirana nizvodna elektrana.

Ovdje se izvješćuje o rezultatima te analize. Najprije se bilježi izvedena dijagnoza, potom argumenti na kojima se ona zasniva, a na kraju se još razmatraju praktične implikacije nalaza, uključivši one oko utjecaja donje vode.

DIJAGNOZA

Njihanje snage agregata A HE Dubrava uzrokuje kavitacija, koja, zbog horizontalnog položaja vratila i velikog promjera radnog kola, pulsira jednom na okret.

* Osnovni podaci o turbinama: snaga 40 MW; nazivni pad 17,5 m; nazivni protok $250 \text{ m}^3/\text{s}$; brzina vrtnje 125 min^{-1} ; promjer radnog kola 5,4 m; broj lopata radnog kola 4; broj lopata privodnog kola 24.



Slika 1. Agregat A HE Dubrava s osjetilima rabljenim u multidimenzionalnim dijagnostičkim ispitivanjima. Za dijagnostiku kavitacije i njihanja snage iskorištena su, uz izvore podataka o režimu, osjetila označena punim kružićima.

Njihanje postaje jako kad se na lopatama radnog kola razvije jaka slojasta kavitacija, a posebno jako kad se na lopatama privodnog kola, naročito gornjim, zaustavi smeće; ono kvari nastrujavanje radnog kola, pa pospješuje razvoj kavitacije. Kavitacijska je kvaliteta lopata radnog kola različita; jedna kavitira posebno jako – otud ritam njihanja od jednom na okret.

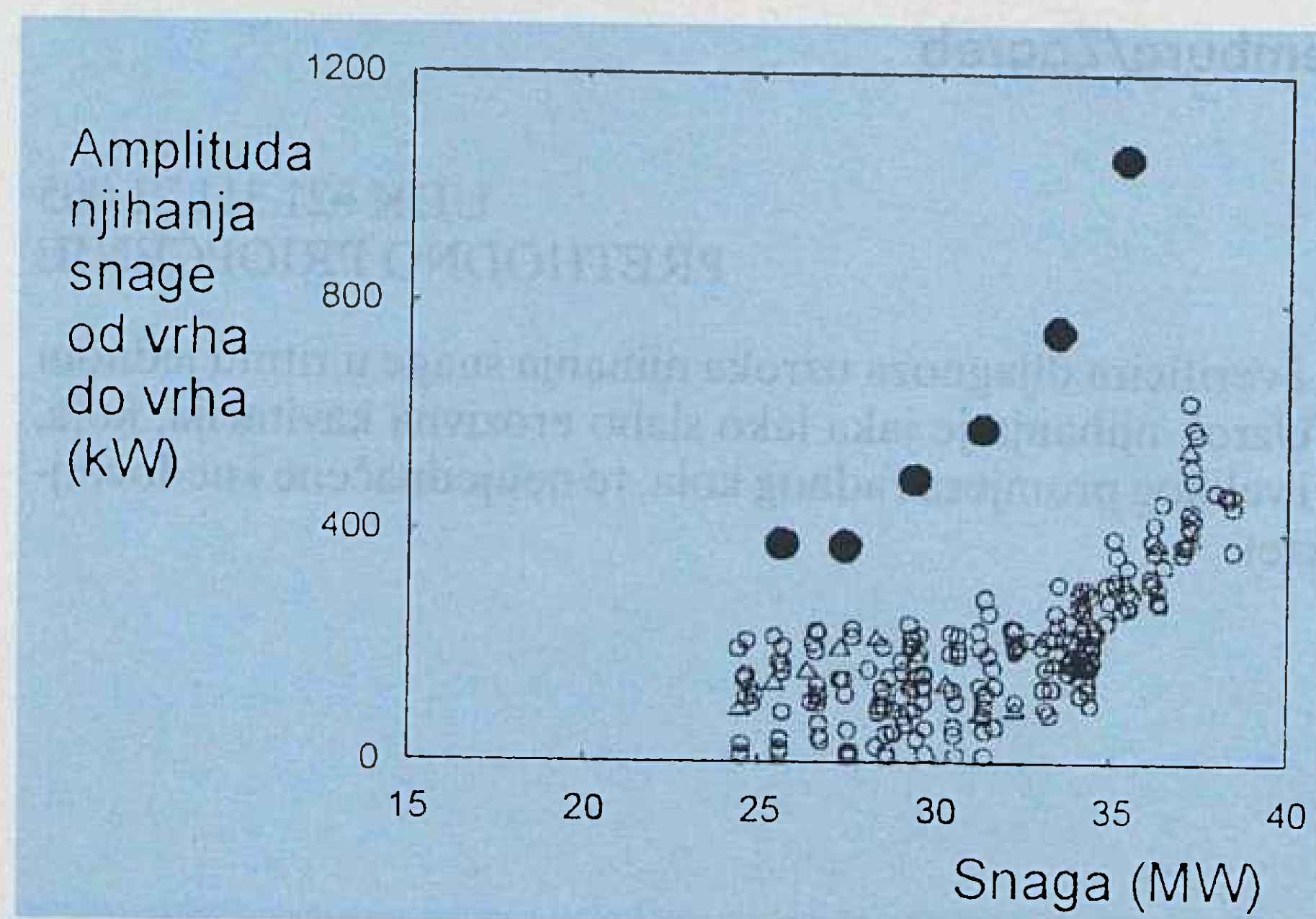
PODACI IZ ISPITIVANJA

Njihanje snage

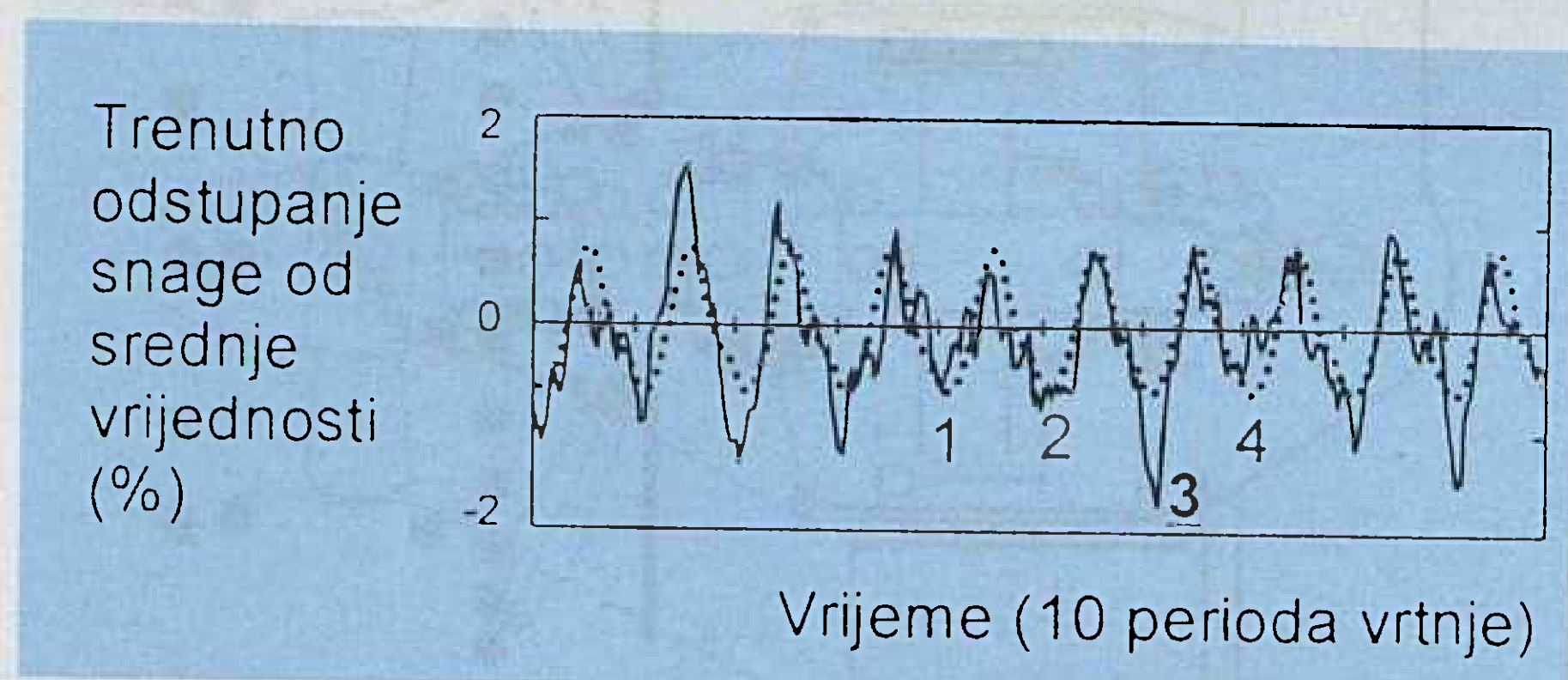
Monitoringom njihanja snage, koji je obuhvatio velik broj različitih režima rada agregata A HED [15], nađene su, u skladu sa zapažanjem osoblja elektrane [18], dvije klase procesa njihanja snage:

- slabo njihanje, koje traje neprestano, i
- jako njihanje, koje nailazi povremeno a može se eliminirati samo zaustavljanjem i ponovnim pokretanjem stroja, ne i samim prelaskom u prazni hod ili mehaničku vrtnju; tijekom ispitivanja naišao je samo jedan slučaj jakog njihanja.

Nađena ovisnost amplitude njihanja o snazi zabilježena je na sl. 2, a na sl. 3 ilustriran je valni oblik promjenljive komponente snage.



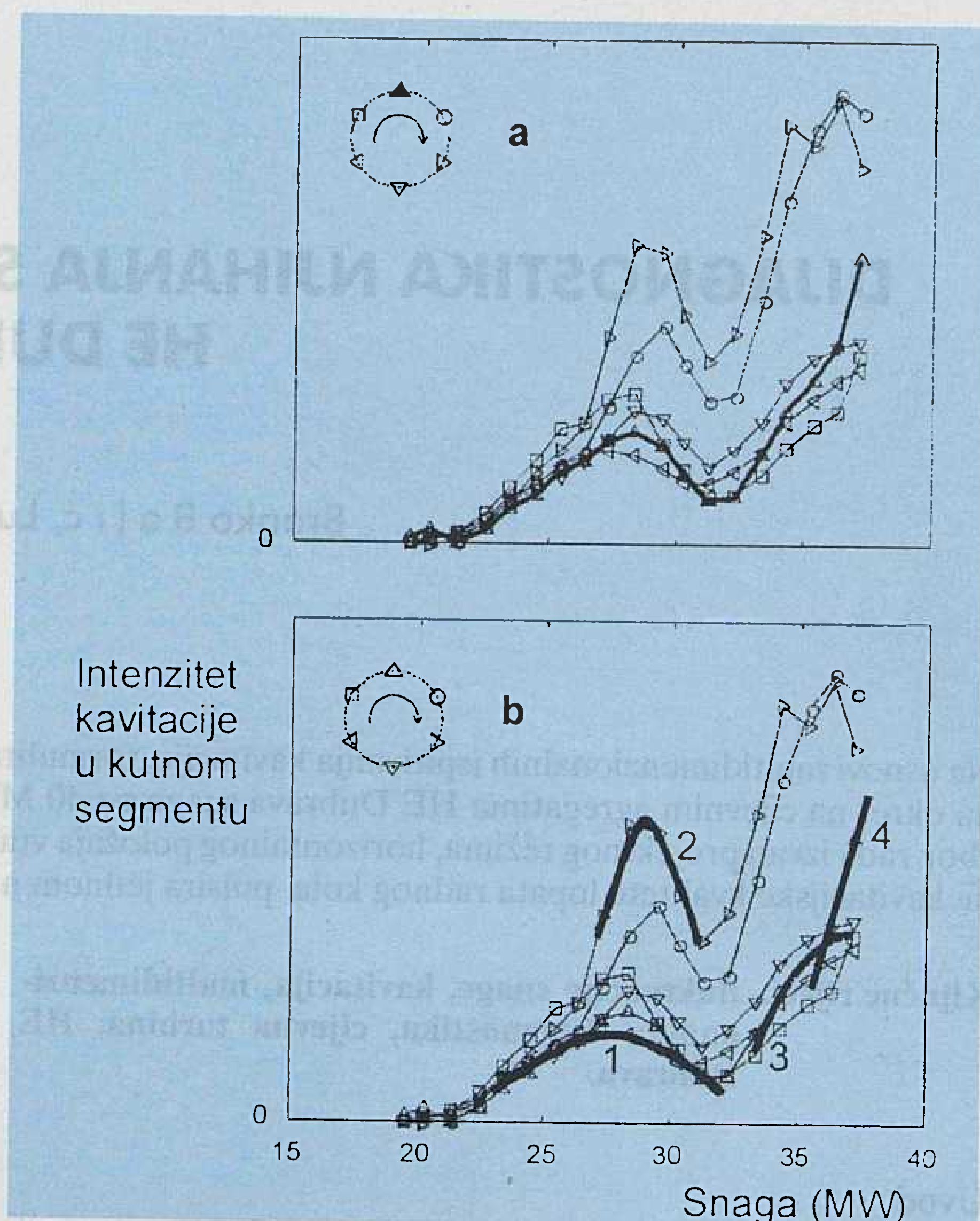
Slika 2. Izmjerena ovisnost o snazi periodične komponente otklona trenutačnog iznosa snage od srednje vrijednosti. Prazni kružići – slabo njihanje, puni kružići – jako njihanje.



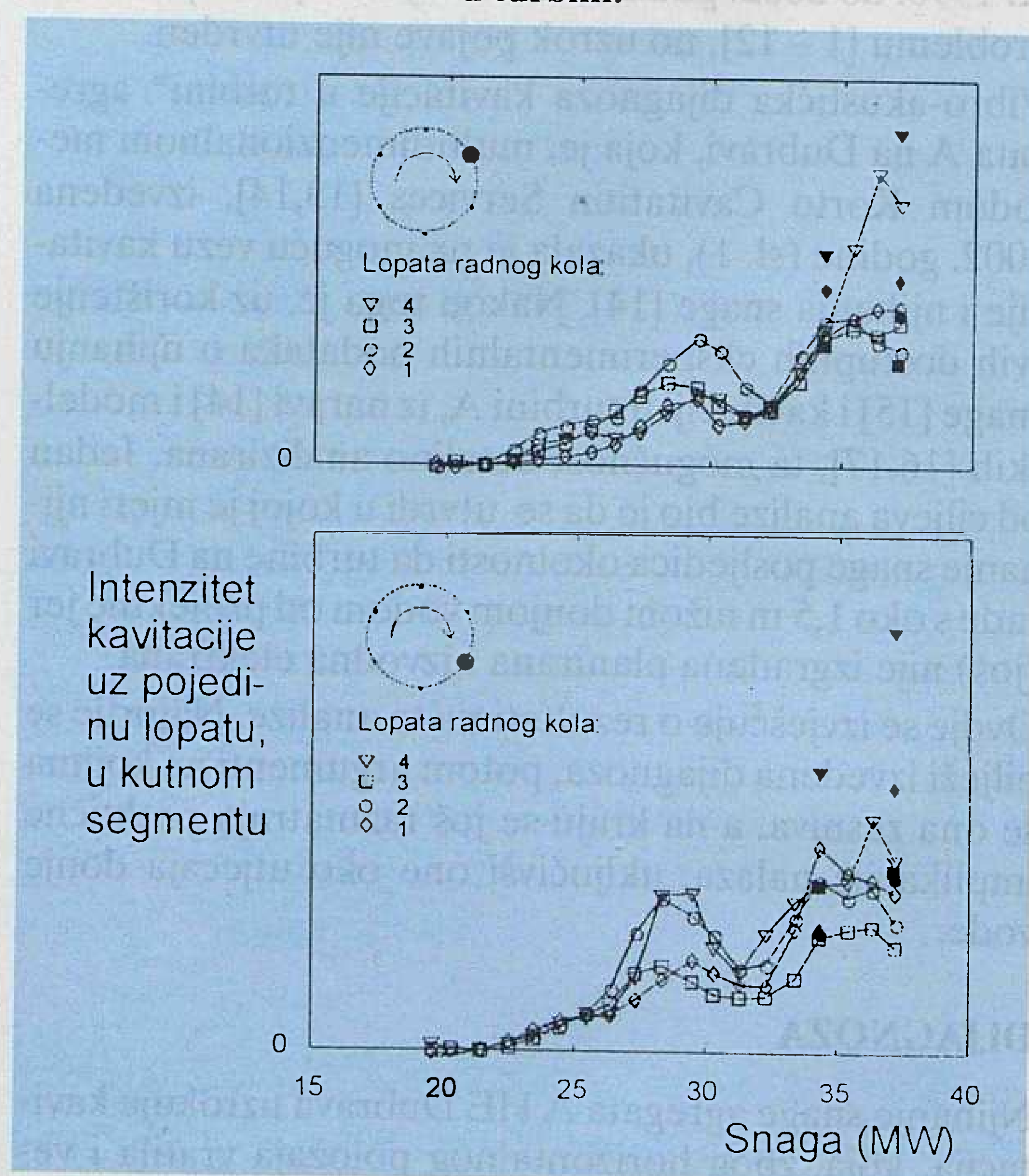
Slika 3. Karakteristični odsječak valnog oblika pojave njihanja snage, snimljen na visokim snagama turbine (puna crta) i aproksimacija njegove determinističke, polagano promjenljive komponente (točkice)

Kavitacija

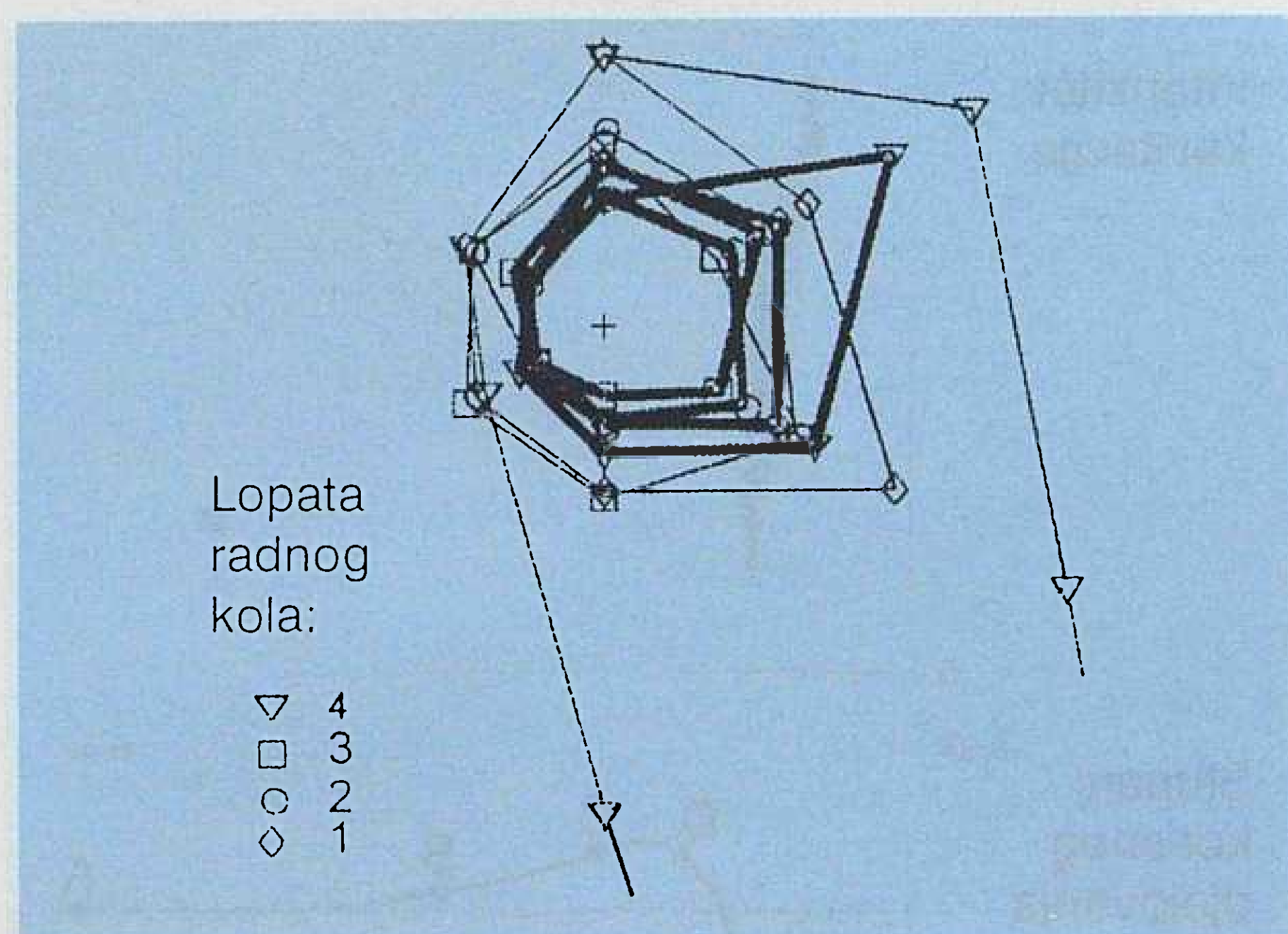
Multidimenzionalna metoda dijagnostike i monitoringa, primijenjena pri ispitivanju kavitacije [14], omogućuje prostorno razlučivanje kavitacije, razlučivanje kavitacije iz pojedinih lopata radnog kola, razlikovanje pojedinih kavitacijskih mehanizama, kao i kombinacije postupaka s takvim razlučivanjima. Uz grubu prostornu rezoluciju (po kutnim segmentima unutar turbine), takvi rezultati ispitivanja prikazani su na sl. 4 – 7 [14], i to na sl. 4 – 6 u prirodnom stanju stroja, a na sl. 7 sa simuliranjem greške koja ilustrira utjecaj nepovoljnog nastrojavanja radnog kola na kavitaciju. Kao intenzitet kavitacije, na slikama je prikazana vibro-akustička veličina koja je u slučaju erozivne kavitacije proporcionalna brzini odnosa metala, a za sve je tipove kavitacije definirana jednako.



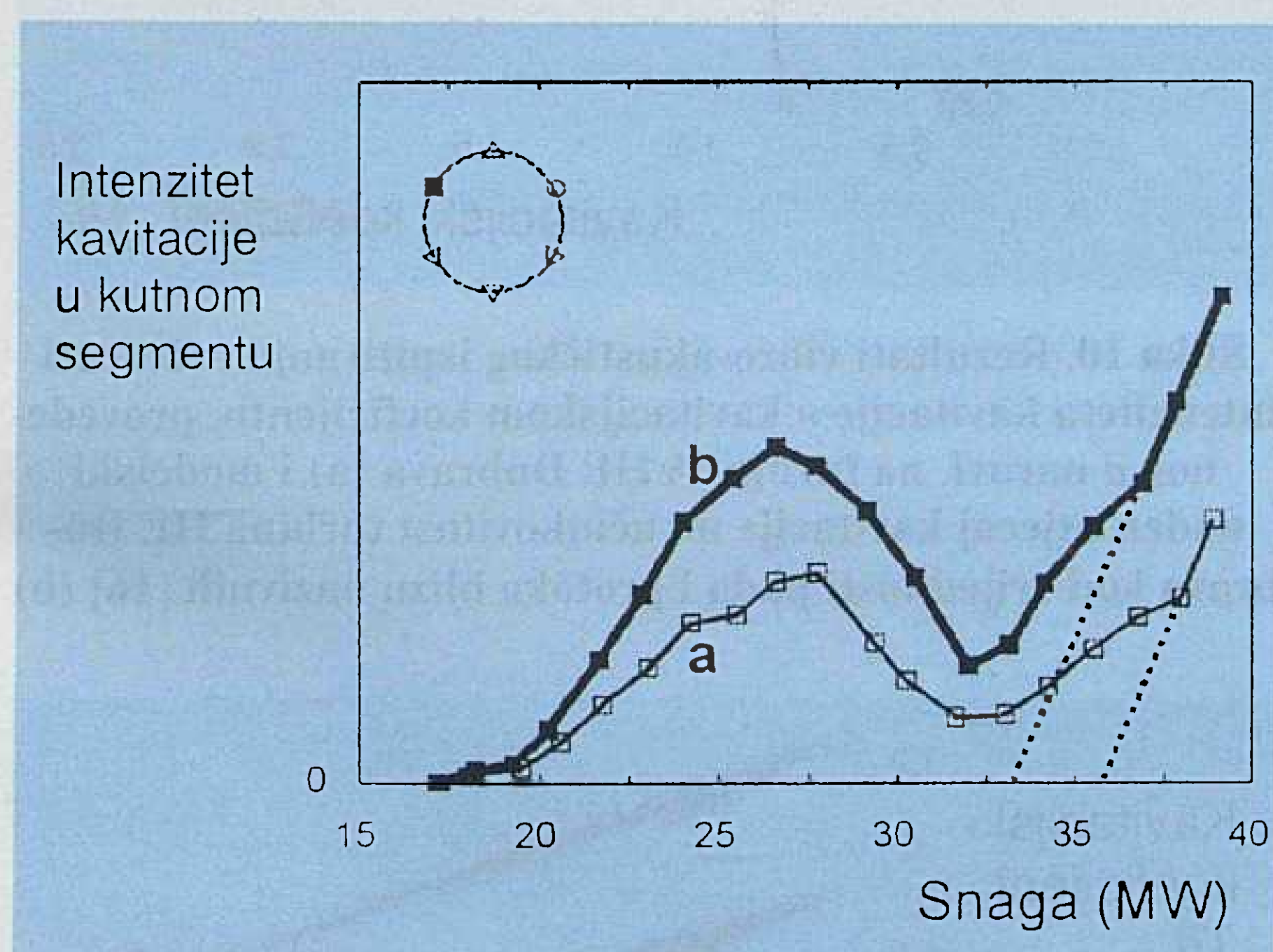
Slika 4. Intenzitet kavitacije u 6 kutnih segmenata turbine označenih sa 6 znakova (pogled nizvodno; strelica označuje smjer vrtnje) [14]. Na slici a posebno je, debelom crtom, označen kutni segment s najnižim tlakom, prema gore, a na slici b tragovi četiri kavitacijska mehanizma koji djeluju u turbini.



Slika 5. Intenzitet kavitacije uz svaku od 4 lopate radnog kola, u dva kutna segmenta – desno gore i desno dolje [14]. Prazni znakovi i crte – režimi sa slabim njihanjem, puni znakovi – režimi s jakim njihanjem snage.



Slika 6. Intenzitet kavitacije uz svaku od 4 lopate radnog kola (radijalna koordinata) u ovisnosti o trenutnom kutnom položaju radnog kola mjenom položajem lopate 4 (kutna koordinata) [14]. Debele crte – slabo njihanje, tanke crte – jako njihanje snage.

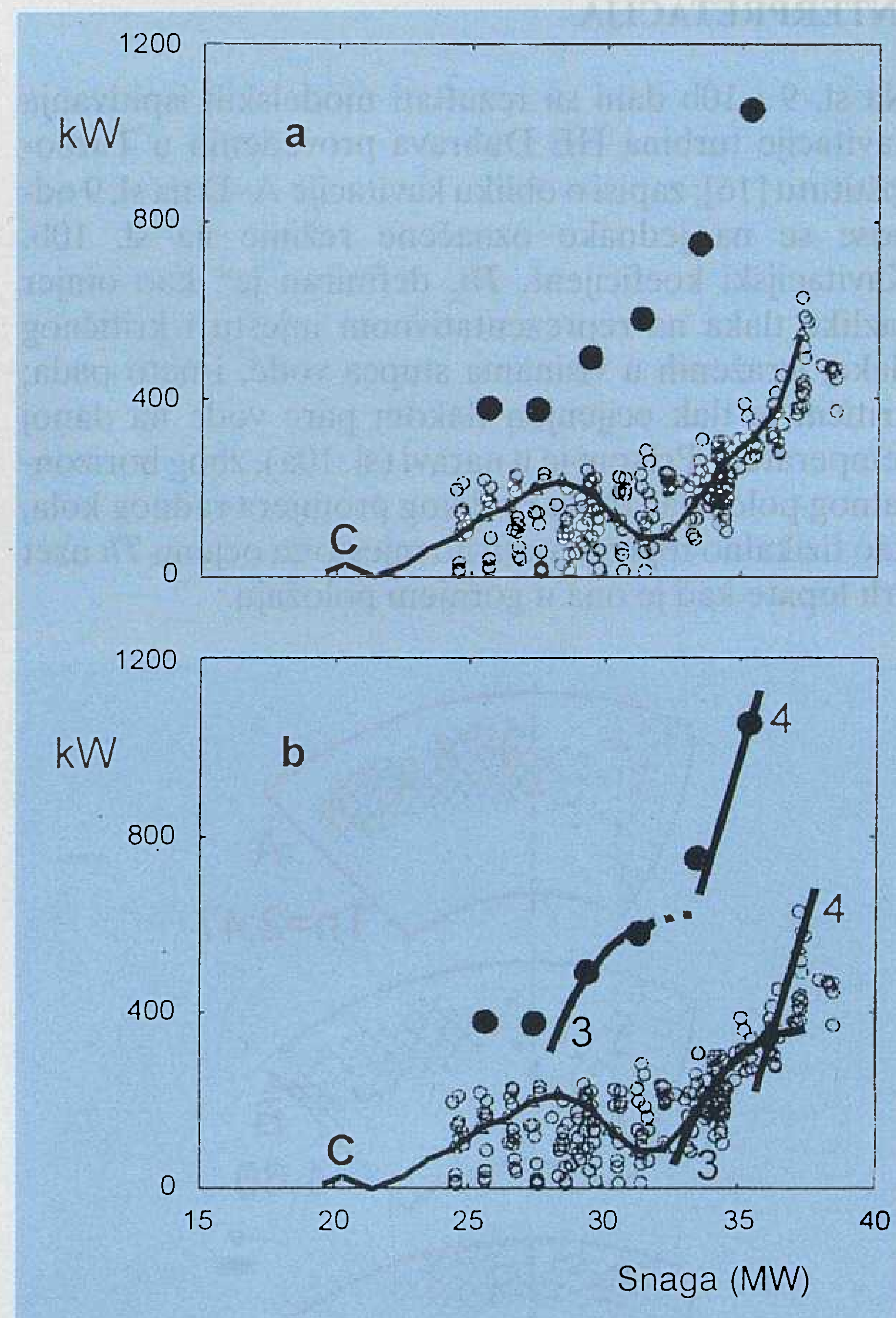


Slika 7. Utjecaj pogrešnog položaja privodne lopate [14] – intenzitet kavitacije u kutnom segmentu iza lopate otvorene za 5° više nego po kulisi: (a) lopata u normalnom položaju, (b) lopata zakrenuta

ANALIZA

Brzina promjene

Ocjena periodične komponente izmjerenog valnog oblika fluktuacija snage, prikazana na sl. 3, može poslužiti kao svojevrsna referencija pri prosudbi brzine promjene izmjerenog valnog oblika njihanja snage. Kako se vidi iz slijeda perioda 1-2-3-4, promjena trenutnog iznosa snage je vrlo brza: znatan otklon snage od prosjeka događa se već unutar jednog perioda vrtnje. Dva su izravna zaključka: (a) za bilo kakav rezonantni mehanizam (generiranja pojave osnovnog ritma jednom na okret) ovo je prebrzo; (b) kavitacija, za koju je tipično da se, reagirajući na slučajne promjene u uvjetima nastrujavanja, mijenja već unutar dijela okreta, mogla bi – što se brzine promjena tiče – izazvati pojavu poput 1-2-3-4.



Slika 8. Podaci o ovisnosti amplitude njihanja snage o postavljenoj snazi agregata (sa sl. 2), uspoređeni s podacima o ovisnosti intenziteta kavitacije o snazi: (a) njihanje u usporedbi s ovisnošću intenziteta kavitacije u gornjem kutnom segmentu (krivulja C preuzeta sa sl. 4a); (b) njihanje, slabo i jako, u usporedbi s oblicima ovisnosti kavitacijskih mehanizama o snazi (mehanizmi 3 i 4 sa sl. 4b)

Ovisnost o snazi

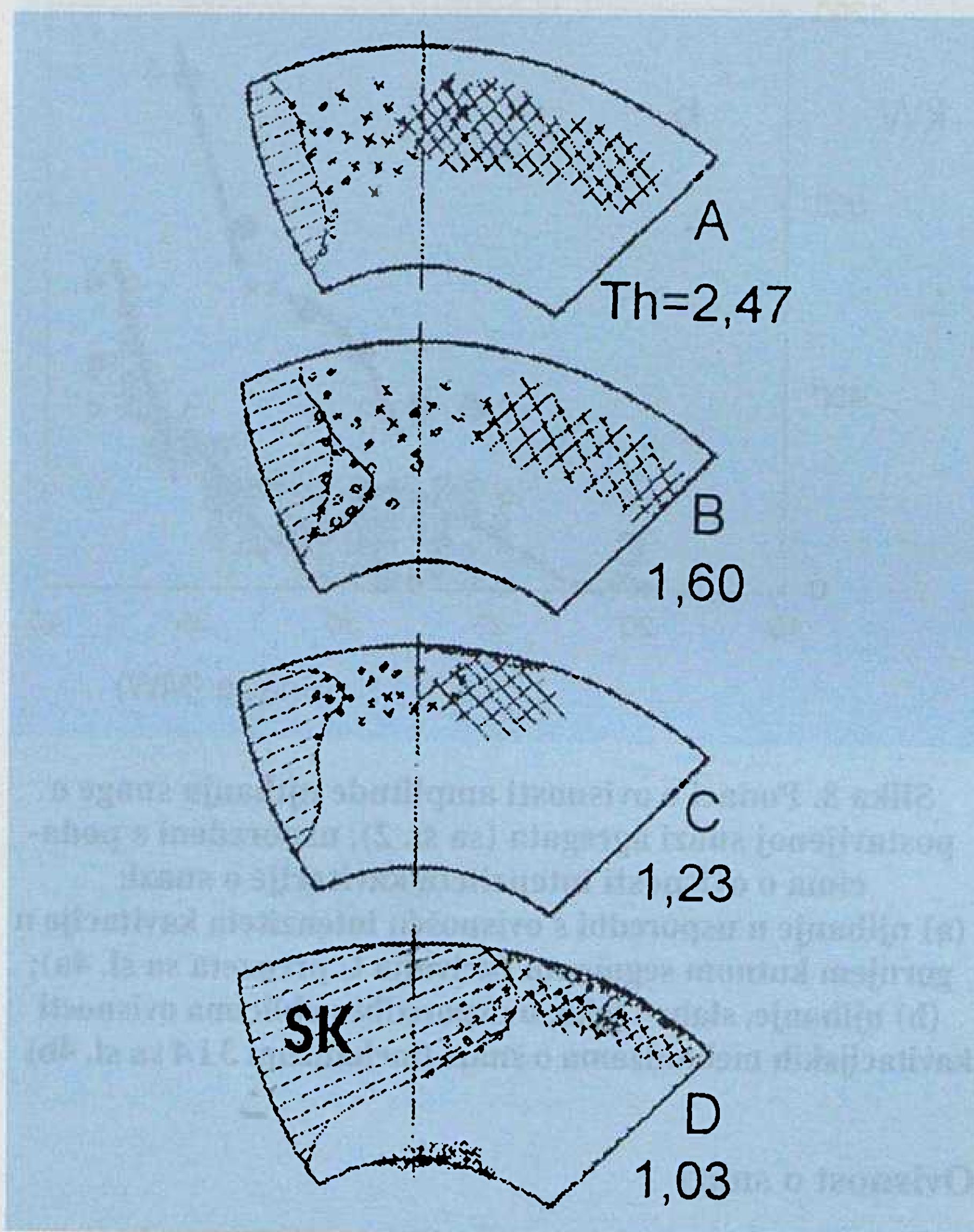
Usporedba podataka o ovisnosti o snazi njihanja i kavitacije, izvedena iz sl. 2 i 4 a prikazana na sl. 8, ukazuje na dobro podudaranje karakterističnih oblika tih ovisnosti. I doista, na višim iznosima snage, gdje njihanje najjače dolazi do izražaja, ono slijedi karakterističan nemonotoni tok ovisnosti o snazi kavitacije (sl. 8a), a u tome se razabiru tragovi kavitacijskih mehanizama što djeluju na višim i visokim snagama (sl. 8b).

Ovisnost o položaju radnog kola

Oblik ovisnosti intenziteta kavitacije o trenutnom kutnom položaju radnog kola, sl. 6, ili, točnije, razlika tog oblika u slučaju slabog i jakog njihanja snage, pokazuje da su kavitacija i jako njihanje povezani, te da ta veza ima vremenski tok koji odgovara ritmu njihanja: jednom na okret, unutar manjeg dijela okreta, dolazi do eksplozivnog rasta intenziteta kavitacije kad agregat jako njiše.

INTERPRETACIJA

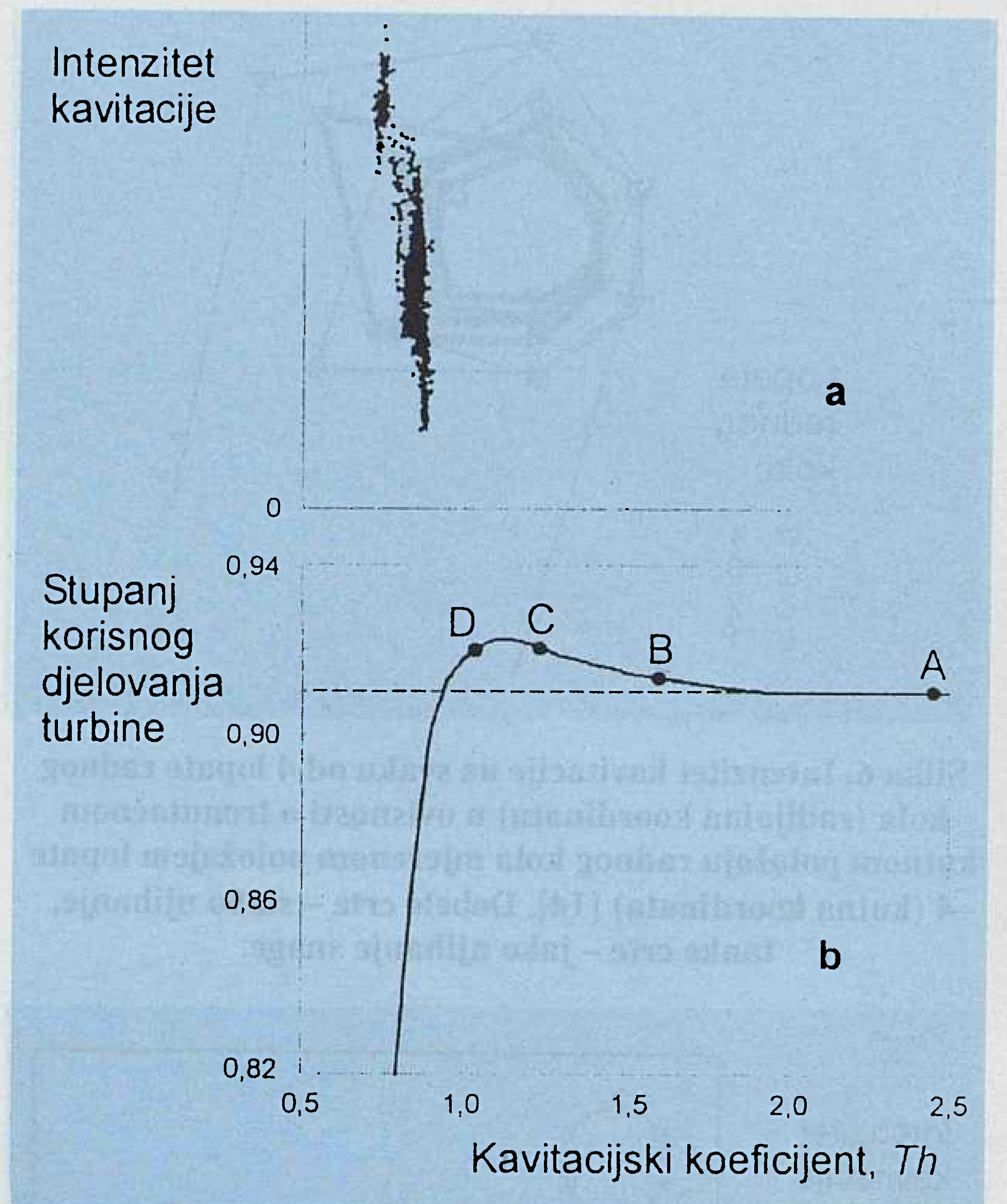
Na sl. 9 i 10b dani su rezultati modelskih ispitivanja kavitacije turbina HE Dubrava provedenih u Turbo-inštitutu [16]; zapisi o obliku kavitacije A–D na sl. 9 odnose se na jednako označene režime na sl. 10b. Kavitacijski koeficijent, Th , definiran je* kao omjer razlike tlaka na reprezentativnom mjestu i kritičnog tlaka, izraženih u visinama stupca vode, i neto pada; kritični je tlak ocijenjen tlakom pare vode na danoj temperaturi. Pri tom je u naravi (sl. 10a), zbog horizontalnog položaja vratila i velikog promjera radnog kola, kao fizikalno reprezentativno mjesto za ocjenu Th uzet vrh lopate kad je ona u gornjem položaju.



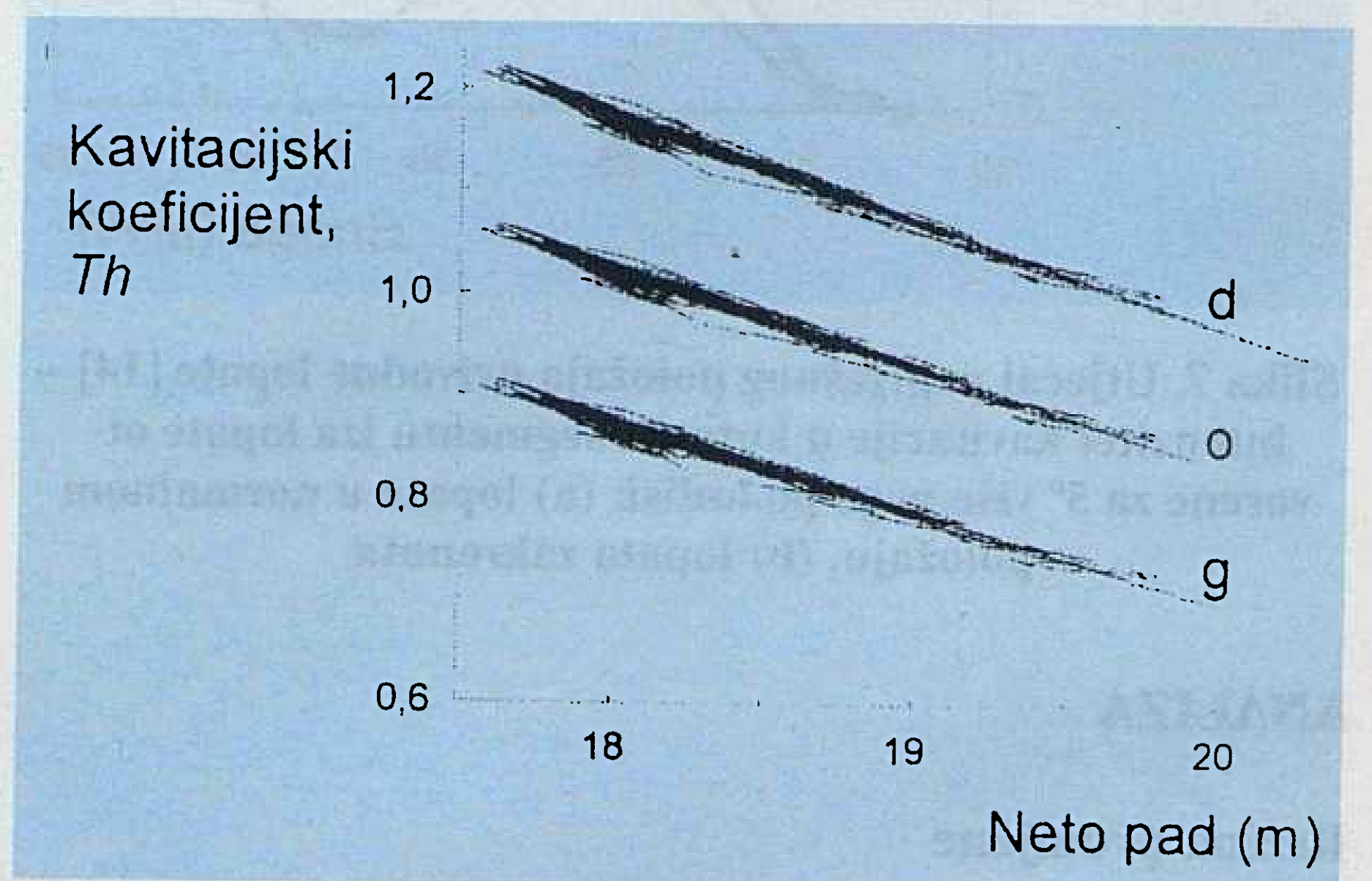
Slika 9. Oblici kavitacije nađeni modelski blizu nazivnih vrijednosti pada i protoka za HE Dubrava, pri 4 iznosa kavitacijskog koeficijenta, Th [17]; tipovi kavitacije su označeni na način koji se rabi pri ispitivanju brodskih vijčanih propelera. Razni prisutni tipovi kavitacije različito su erozivni; SK po tome nije posebno opasna.

Strmi pad učinkovitosti turbine s padom Th ispod praga (sl. 10b) praćen je naglim rastom vibro-akustički ocijenjenog intenziteta kavitacije (sl. 10a). Iz sl. 9 se razabire da su ti efekti posljedica snažnog razvoja slojaste kavitacije, SK na slici. Uz veliko opterećenje, a na niskim vrijednostima kavitacijskog koeficijenta, SK zahvaća tako velik dio površine lopate radnog kola, da se uzgon ove osjetno smanji. To smanjuje doprinos koji lopata daje ukupnom momentu, a mjerivi rezultat je trenutni

* Preuzeta je definicija iz [16]. Važeća norma veličinu blisku ovoj naziva Thomin broj.



Slika 10. Rezultati vibro-akustičkog ispitivanja ovisnosti intenziteta kavitacije o kavitacijskom koeficijentu, provedenog u naravi, na turbini A HE Dubrava (a) i modelski nađen utjecaj kavitacije na učinkovitost turbina HE Dubrava kod vrijednosti pada i protoka blizu nazivnih [16] (b)



Slika 11. Pregled režima rada agregata HE Dubrava: kavitacijski koeficijent na osi (o), na vrhu lopate radnog kola kad je ona dolje (d) ili gore (g), u ovisnosti o neto padu, a za tipičnu visinu gornje vode

pad snage turbine. Trag kavitacije SK na rezultatima sa sl. 4 i 8 je mehanizam na najvišim opterećenjima – mehanizam 4: osim o kavitacijskom koeficijentu, razvoj SK ovisi i o opterećenju lopate, i to jako.

Pregled kavitacijskih prilika na turbinama HE Dubrava u naravi, dan na sl. 11, pokazuje da vrh lopate i njeni dijelovi na višim radijusima prolaze kroz režime s vrlo niskim iznosima kavitacijskog koeficijenta, onima

ispod praga krivulje učinkovitosti sa sl. 10b. Posljedica je jak razvoj kavitacije SK, uočljiv preko vibro-akustički detektiranog mehanizma 4.

Kako se kavitacijske prilike mijenjaju periodično, jer unutar okreta svaki dio lopate prolazi kroz stanja između odgovarajućeg maksimuma i minimuma kavitacijskog koeficijenta (vrh lopate između vrijednosti d i g sa sl. 11), i kavitacija SK pulzira. S obzirom na njen slučajni karakter, ove promjene nisu strogo periodične.

Kad bi kavitacijska kvaliteta svih lopata radnog kola bila jednaka, promjene intenziteta kavitacije i promjene učinkovitosti imale bi karakteristični ritam 4 puta na okret. Kako se, međutim, lopate razlikuju po kavitaciji (sl. 5 i 6), i to tako da kavitacija na jednoj lopati, lopati broj 4, dostiže najviši intenzitet, znatno viši od onog na drugima, tipična je periodičnost jednom na okret, dakle ona koja se u njihanju snage i opaža. Zanimljivo je da su geometrija lopata i njihov postav unutar norme; to očito ne osigurava ujednačenost kavitacijske kvalitete.

Osobitosti jakog njihanja – da nailazi samo ponekad i da se ne da eliminirati izlaskom s mreže nego samo zaustavljanjem i ponovnim pokretanjem agregata – mogu se objasniti efektom poput onog sa sl. 7. Na nekoj privodnoj lopati uhvati se smeće, koje se može ukloniti tek zaustavljanjem i pokretanjem agregata. Smeće kvari nastrujavanje lopata radnog kola. To izaziva pojačanu kavitaciju u tragu onečišćene privodne lopate, pa slijedi pad uzgona, momenta i snage. Kako pokazuju sl. 5 i 6, posebno jaka kavitacija razvija se na ovaj način na jednoj, najlošijoj lopati, 4, a iza nje slijedi lopata 1. Smeće djeluje najjače ako se uhvati na nekoj od gornjih privodnih lopata, jer se tu podupiru djelovanje nepovoljnog nastrujavanja i djelovanje niskog tlaka. Alternativnu interpretaciju, po kojoj djeluje smeće uhvaćeno na nekoj od 4 lopate radnog kola, koja onda jako kavitira kad dođe u gornji položaj, eliminira ovdje činjenica da je faza njihanja stalna.

Jaka kavitacija i pad učinkovitosti, nastali na opisani način, traju tek dio okreta; ovo je vezano na boravak vanjskih dijelova lopate 4 u području niskog tlaka. Zbog tromosti razvoja kavitacije, njen puni razvoj dolazi tek nakon prolaska kroz kritično, gornje područje, tj. tek kad je loša lopata već u nekom položaju nešto pomaknutom u smjeru vrtnje. Vibro-akustički pak ona biva najuočljivija još kasnije (sl. 5 i 6), kad se veliki kavitacijski sloj, po izlasku iz područja niskog tlaka, lomi i nestaje.

Kako pokazuje sl. 8b, ova se interpretacija može protegnuti i na slabo njihanje, a razlika među jakim i slabim je samo kvantitativna. I doista, u obadva, i u jakome i u slabome, sudjeluju i mehanizam 4 i mehanizam 3. Međutim, ako se krivulje 3 i 4 (sl. 8b) ekstrapoliraju do maksimalnih snaga, vidi se da u jakome dominira 4 a 3 ne biva značajno, dok u slabome 3 nije zanemarivo. I dalje, i kod slabije razvijene kavitacije preteže najlošija lopata, pa je i kod slabog njihanja održan ritam jednom na okret.

MODEL PROCESA

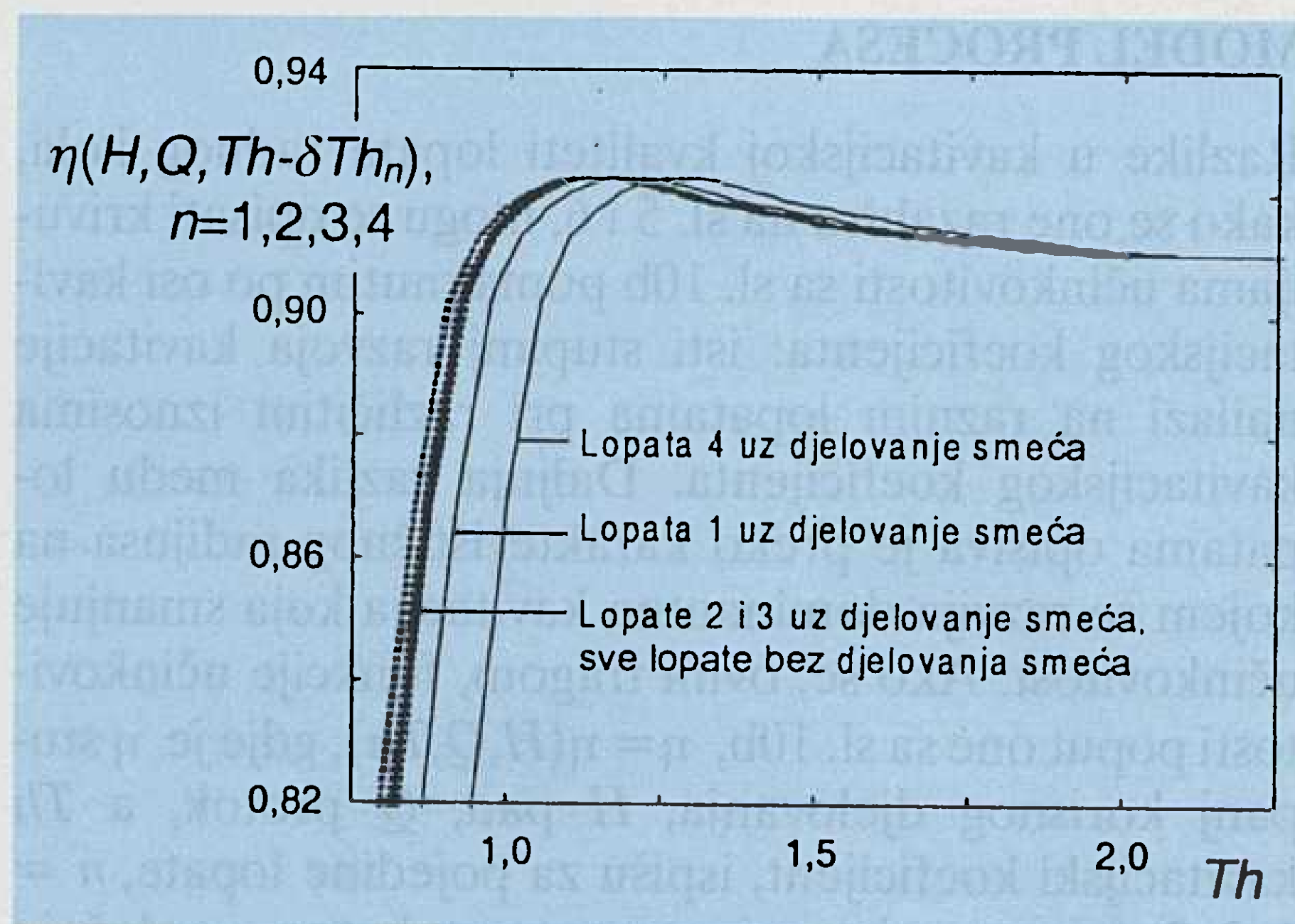
Razlike u kavitacijskoj kvaliteti lopata radnog kola, kako se one razabiru na sl. 5 i 6, mogu se opisati krivuljama učinkovitosti sa sl. 10b pomaknutim po osi kavitacijskog koeficijenta: isti stupanj razvoja kavitacije nailazi na raznim lopatama pri različitim iznosima kavitacijskog koeficijenta. Daljnja razlika među lopatama opisiva je preko karakterističnog radijusa na kojem se razvija dominantna kavitacija koja smanjuje učinkovitost. Ako se, ovim tragom, funkcije učinkovitosti poput one sa sl. 10b, $\eta = \eta(H, Q, Th)$, gdje je η stupanj korisnog djelovanja, H pad, Q protok, a Th kavitacijski koeficijent, ispišu za pojedine lopate, $n = 1, 2, 3, 4$, i to u ovisnosti o trenutnom kutnom položaju radnog kola, Θ , kao $\eta_n = \eta(H, Q, Th(\Theta - n\pi/2 - \Theta_0, r_n) - \delta Th_n)$, uz $Th(\Theta, r)$ jednako kavitacijskom koeficijentu na karakterističnom radijusu r a uz kolo u položaju Θ , r_n karakterističnom radijusu lopate n , δTh_n spomenutom pomaku krivulje učinkovitosti po Th , kojim se opisuje kvaliteta lopate n , a sa Θ_0 se modelira kašnjenje razvoja kavitacije za uzбудom, priređena je osnova modela za simulaciju procesa njihanja snage prema gore zabilježenoj interpretaciji.

Dalje se pretpostavi da je komponenta momenta koju doprinosi lopata n proporcionalna η_n , a četvrtina sume η_n svih četiriju lopata, $\eta(H, Q, Th_{ref}, \Theta)$, koja se označi nekim referentnim iznosom Th , Th_{ref} , npr. onim na osi, promatra se kao veličina proporcionalna ukupnom momentu i snazi. Tako se za trenutni relativni iznos snage u trenutku kad je radno kolo u Θ , dobiva $\eta(H, Q, Th_{ref}, \Theta) / \eta(H, Q, Th_{ref}, \Gamma\varphi >_\varphi)$, gdje $\langle f(\varphi) \rangle_\varphi$ označuje usrednjavanje $f(\varphi)$ po $\varphi \in 0, 2\pi$. Odstupanje ove veličine od 1 je trenutni relativni otklon snage od srednje vrijednosti uz radno kolo u Θ , a razlika pak maksimuma i minimuma (po Θ) te veličine je relativna amplituda njihanja snage od vrha do vrha, i to ona u režimu (H, Q, Th_{ref}) .

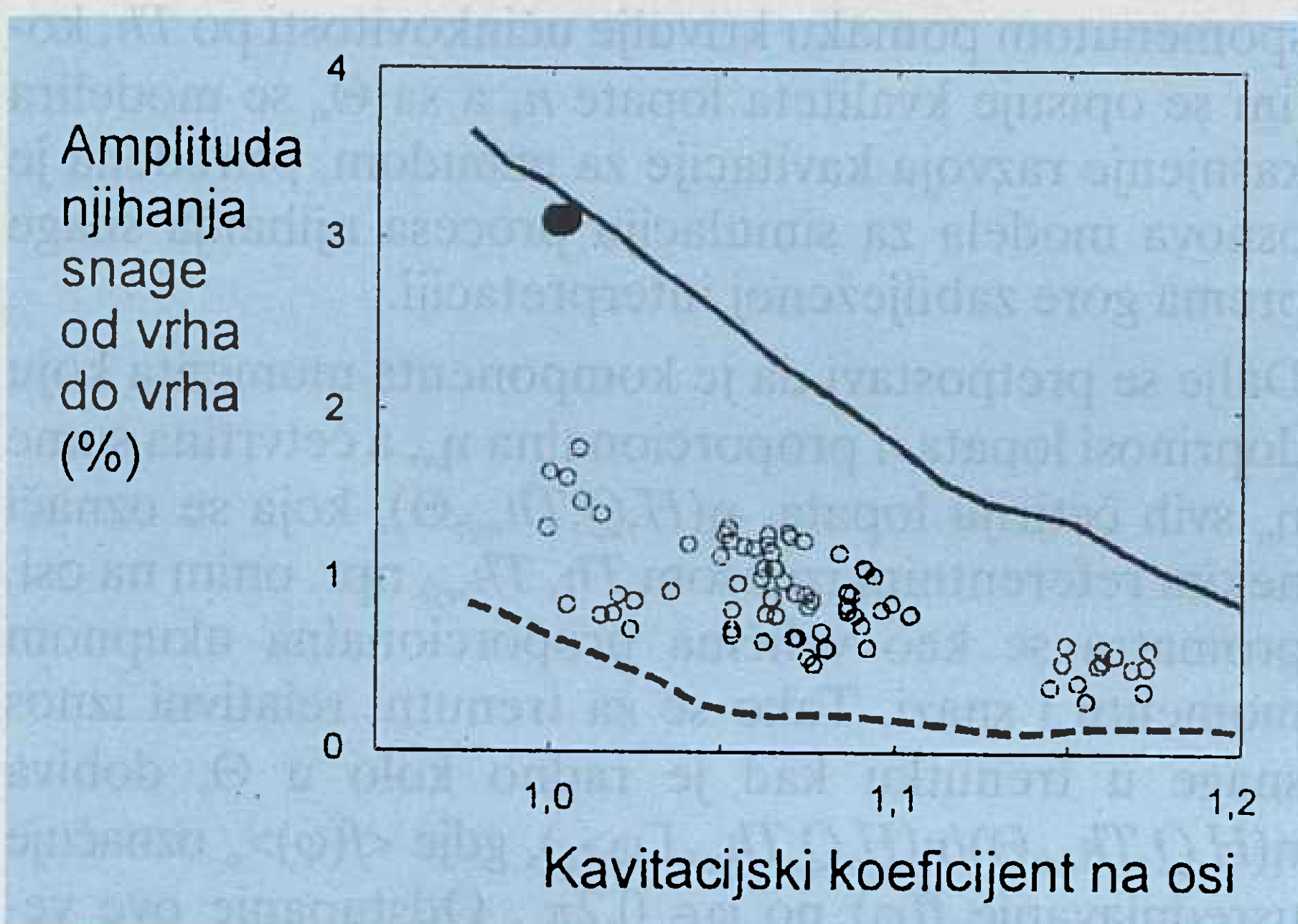
Zabilježeni model pojave je deterministički. On daje periodičan opis prilika i odnosi se samo na periodičnu komponentu njihanja, ne i na slučajna odstupanja od nje.

SIMULACIJA

Pomoću opisanog modela provedena je simulacija njihanja snage. Pretpostavljen je isti karakteristični radijus r_n za sve lopate, $n = 1, 2, 3, 4$, i to jednak 70 % radijusa radnog kola. Pomaci δTh_n procijenjeni su na osnovi razlika vibro-akustički nađenih intenziteta mehanizma 4 na najvišim snagama na raznim lopatama, prema sl. 5. Pri tom je pretpostavljeno da najbolja lopata slijedi ponašanje modela, a za ostale su, iz razlika intenziteta u odnosu na nju, preko ovisnosti sa sl. 10a modelirane pravcem, procijenjeni pomaci δTh_n ; rezultat je predstavljen na sl. 12. Ovaj opis, pa i iz njega izvedeni rezultati, odnose se na pad i protok oko nazivnih vrijednosti, jer se na to odnosi modelski opis prilika sa sl. 9 i 10b.



Slika 12. Kavitacijska kvaliteta lopata radnog kola, procijenjena na osnovi vibro-akustičkih ocjena intenziteta kavitacije; za najbolju se lopatu pretpostavlja da slijedi ponašanje predviđeno modelskim ispitivanjima

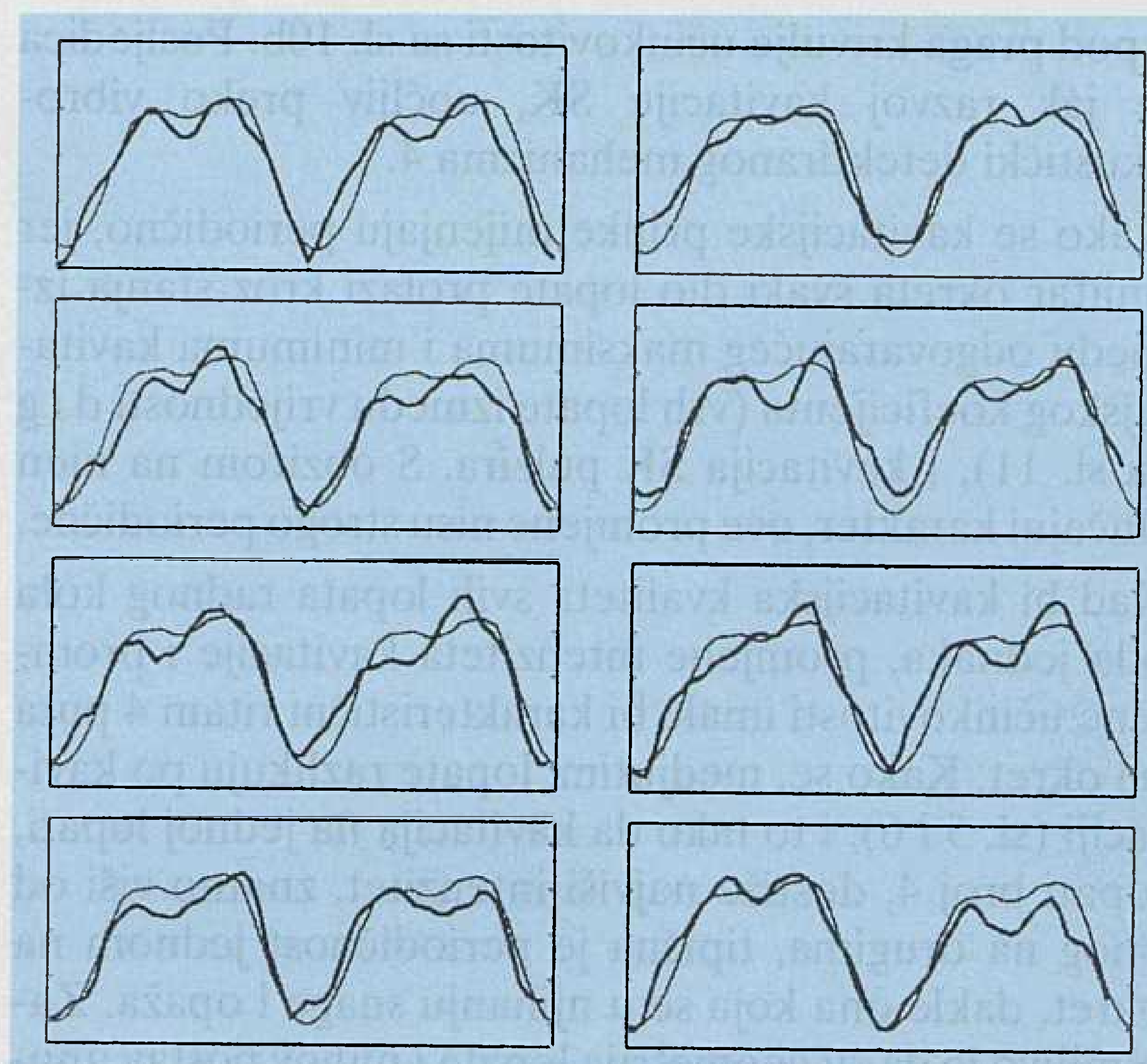


Slika 13. Rezultati simulacije (crte) i mjerenja (točke): puna crta i puni kružići – jako njihanje (smeće na privodnim lopatama djeluje); crtkano i prazni kružići – slabo njihanje (bez smeća). Ovaj opis vrijedi za visoke snage pri padu oko nazivnog.

Usporedba izmjerenih amplituda njihanja snage i onih iz simulacije sa zabilježenim parametrima, prikazana je na sl. 13; globalno su tu kavitacijske prilike opisane onima na osi turbine. Evidentno je da model za slabo njihanje daje samo donju granicu amplituda (mehanizam 3 postaje važan, a nije dobro opisan rabljenim modelom procesa), a što se tiče modela za jako njihanje, on je izveden iz onog slučaja jakog njihanja koji je registriran u sustavnom ispitivanju [15], pa se s njim i slaže. Ako se odstupi od nerealistične pretpostavke o jednakim iznosima karakterističnih radijusa r_n za sve četiri lopate, simulacija može dati i dobro predviđanje samih valnih oblika njihanja snage, sl. 14.

OCJENA KVALITETE RADNOG KOLA

Rezultati simulacije sa sl. 13 za tipičnu visinu gornje vode i visoke snage, prikazani su u praktičnijem formatu na sl. 15. Tu su dodani i opisi nekih hipotetičkih



Slika 14. Valni oblik odstupanja trenutačne snage od srednje vrijednosti nađen u slučaju jakog njihanja u 82 uzastopnih perioda vrtnje: deblje – izmjereno, tanje – rezultat simulacije

situacija: popravljene lopate, i to najlošija ili sve, te donja voda dignuta sa zatečene na onu za koju je turbina projektirana, tj. sa izgrađenom nizvodnom elektranom. Na osnovi tog prikaza, te sl. 9 – 12, može se zaključiti sljedeće:

Prvo. I kavitacijski dobre lopate radnog kola, i to i bez smeća uhvaćenog na lopatama privodnog kola, rade i u režimima sa snažnim padom učinkovitosti. Lopate radnog kola koje su uz to i lošije izrađene rade i duboko u tom području. Tako je to uz danu donju vodu, tj. bez nizvodne elektrane.

Drugo. Viša donja voda, ona za koju je turbina projektirana, donijela bi smanjenje amplitude jakog njihanja uz zatečenu kvalitetu lopata radnog kola na ispod polovice (sl. 15, pomak za 1,5 m). Međutim, njihanje bi i dalje ostalo snažno.

Treće. Uz danu kvalitetu izrade lopata, na nižim je donjim vodama, i to sa ili bez nizvodne elektrane, jako njihanje neizbježno kad se na gornjim lopatama privodnog kola uhvati smeće.

Četvrto. Nedovoljno dobra izrada lopata, od kojih su dvije, iako unutar tolerancija predviđenih odgovarajućom normom, kavitacijski loše, presudna je za njihanje i sa i bez smeća. Čak ako bi se i popravila najlošija lopata, jako je njihanje neizbježno unutar radnog područja turbine u zatečenom stanju. Tek kad se obje loše lopate dovedu na kvalitetu ostalih, može se računati s eliminiranjem jakog njihanja, a preostalo bi tek slabo.

Dakle, sa stajališta njihanja snage, kavitacijska kvaliteta projekta, kako je ona opisana modelskim ispitivanjima, bila bi dovoljna za rad u uvjetima iz projektnog zadatka, tj. uz donju vodu koju drži niz-

vodna elektrana, ali i tu samo uz posebno dobro izrađeno radno kolo i kad ne bi djelovalo smeće na privodnim lopatama. Bez velikog rizika, dana kvaliteta projekta nije prihvatljiva ni uz koju praktično ostvarivu točnost izrade.

Dva su aspekta kavitacijske kvalitete radnog kola:

(a) otpornost na kavitaciju izražena karakterističnim iznosima kavitacijskog koeficijenta i

(b) otpornost na promjene u nastrujavanju.

Prva opisuje kavitacijsku kvalitetu radnog kola u normalnim uvjetima, druga s prvom kvalitetu uz rad sa smećem na privodnom kolu. Uz prisutno smeće, kvaliteta danog radnog kola nije dovoljna ni po prvom ni po drugom aspektu.

Ukratko: Za njihanje je odgovorna nedovoljno točna izrada radnog kola, a mogućnost da ona tako snažno djeluje proizišla je iz okolnosti da radno kolo radi izvan projektnih režima, te da je projekt kavitacijski rizičan.

VIBRACIJE VRATILA

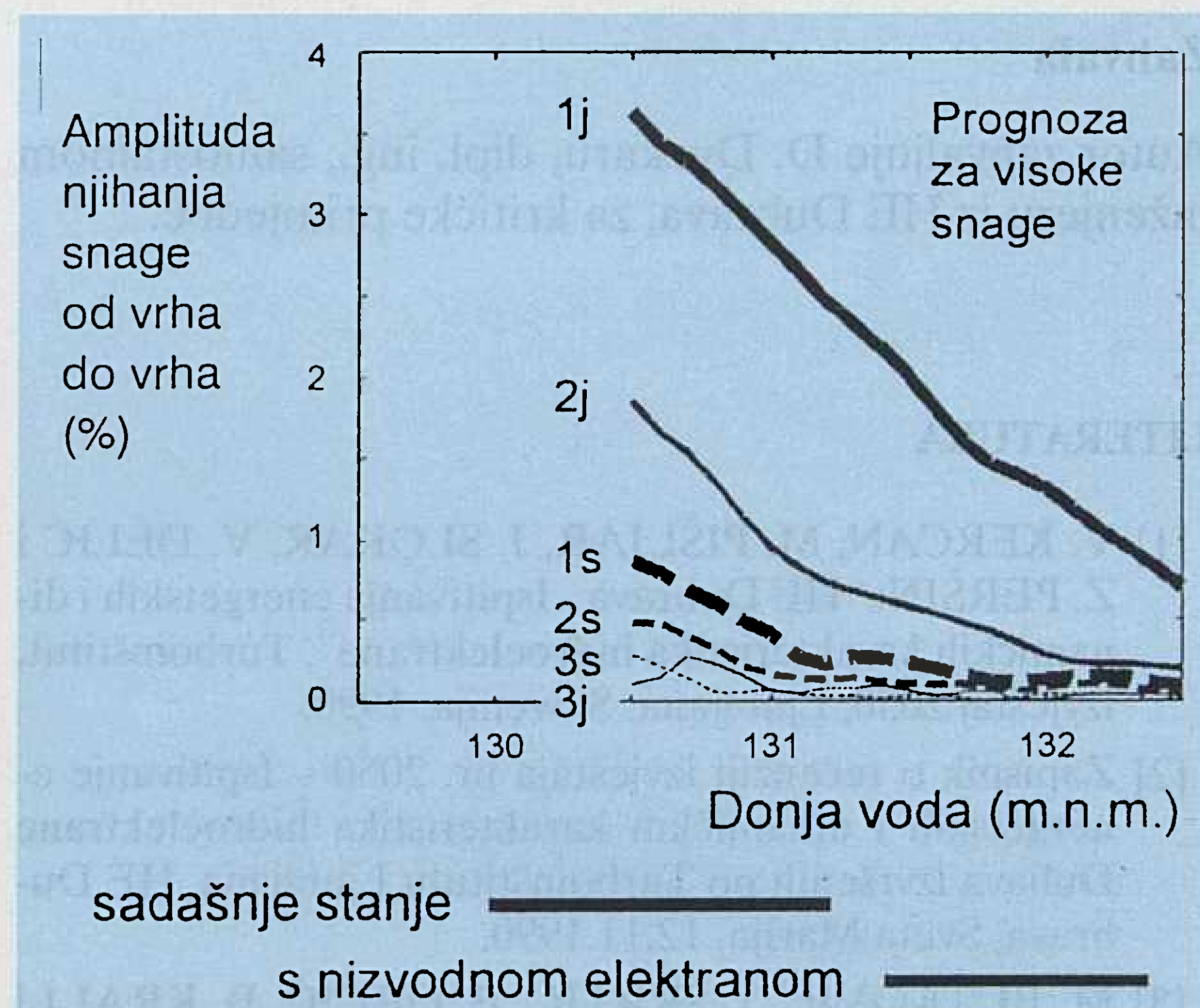
Rezultati četiri nezavisne serije mjerenja vibracija vratila agregata A HE Dubrava, prikazani na sl. 16, ukazuju na moguću povezanost procesa njihanja snage i vibracija vratila na visokim snagama, tj. na njihov zajednički izvor – razvijenu pulzirajuću slojastu kavitaciju, različitu na raznim lopatama radnog kola i posebno jaku na jednoj. Uz oblik ovisnosti amplitude vibracija o snazi na visokim snagama (usp. sl. 8 i 16), na kavitacijski uzrok vibracija vratila na visokim snagama upućuje i okolnost da se – baš poput njihanja, koje jako ovisi o kavitacijskim prilikama – komponenta vibracija na visokim snagama jako mijenja od režima do režima, dok komponenta na nižim snagama, uzrokovana nečim drugim, ostaje podjednaka.

ZAKLJUČAK

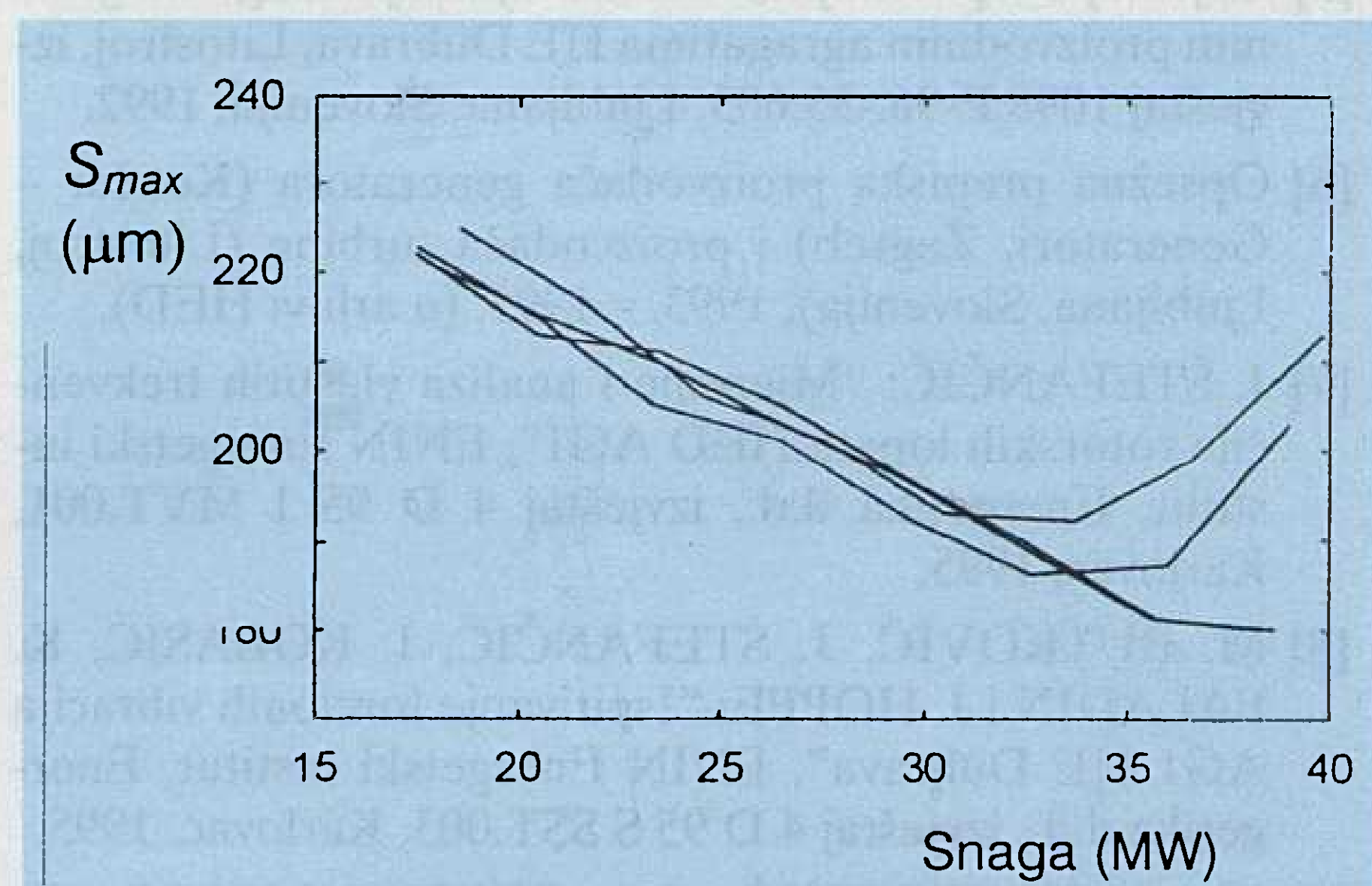
Heurističkom analizom eksperimentalnih podataka i grubim heurističkim modeliranjem procesa, izvedena je predodžba o njihanju snage agregata HE Dubrava kako slijedi.

Uzrok njihanja snage. Njihanje snage na HE Dubrava uzrokuje kavitacija na lopatama radnog kola, koja, zbog horizontalnog položaja vratila i velikog promjera radnog kola, pulsira jednom na okret. Njihanje postaje jako kad se razvije jaka slojasta kavitacija, a posebno jako kad se na lopatama privodnog kola, naročito gornjim, zaustavi smeće; ono kviri nastrujavanje radnog kola, pa pospješuje razvoj kavitacije. Zanimljivo je da kavitacija koja uzrokuje njihanje nije jako erozivna.

Kvaliteta radnog kola. Za njihanje snage odgovorna je za kavitaciju nedovoljno točna izrada radnog kola – iako je ona unutar tolerancija predviđenih normom. Mogućnost da nedovoljna kvaliteta izrade tako snažno djeluje proizišla je iz okolnosti da je donja voda niža od projektne, te iz kavitacijski rizičnog projekta radnog



Slika 15. Ocjena kvalitete radnog kola u svezi s njihanjem snage, prema situaciji na visokim snagama a uz tipičnu gornju vodu: 1 – zatečeno stanje, 2 – najlošija lopata popravljena do kvalitete sljedeće po redu, 3 – sve lopate poput najbolje; j – smeće djeluje (jako njihanje), s – smeća nema



Slika 16. Amplituda vibracija vratila agregata A HE Dubrava nizvodno od aksijalnog ležaja, u četiri različita stanja [19]

kola. Niti rad u uvjetima na koje je projekt računao, s donjom vodom višom za cca 1,5 m, ne bi eliminirao njihanje. Mane su projekta što dozvoljava prejaku kavitaciju u normalnim radnim režimima i donosi previsoku osjetljivost na promjene u nastrujavanju.

Vibracije vratila. Prikupljeni eksperimentalni materijal upućuje na zaključak da pojačane vibracije vratila na visokim snagama imaju isti uzrok kao i njihanje snage.

Otklanjanje njihanja. Budući da je smeće nemoguće eliminirati u potpunosti, a zahtjev da izrada radnog kola bude mnogo bolja od one predviđene normom teško provesti, jako se njihanje može izbjeći samo pomoću novog radnog kola, projektiranog za stvarnu visinu donje vode, ali tako da ima dovoljno veliku rezervu u kavitacijskoj otpornosti i dovoljno nisku osjetljivost na promjene u nastrujavanju. Kriteriji za prosudbu o tome što je tu dovoljno, slijede iz ovdje izvedenog tumačenja pojave njihanja snage.

Zahvala

Autor zahvaljuje Đ. Dvekaru, dipl. ing., samostalnom inženjeru iz HE Dubrava, za kritičke primjedbe.

LITERATURA

- [1] V. KERCAN, M. PIŠLJAR, J. SLOKAR, V. ĐELIĆ i Z. PERŠIN: "HE Dubrava - Ispitivanja energetske i dinamičke karakteristika hidroelektrane", Turboinštitut, izveštaj 2050, Ljubljana, Slovenija, 1990.
- [2] Zapisnik o recenziji izveštaja br. 2050 – Ispitivanje energetske i dinamičke karakteristika hidroelektrane Dubrava izvršenih po Turboinštitutu Ljubljana, HE Dubrava, Sveta Marija, 12.11.1990.
- [3] M. BUTKOVIĆ, I. ŠKRTIĆ, B. ORČIĆ, B. KRALJ i M. KUKA: "Proračun torzionih opterećenja agregata HE – Dubrava", Jugoturbina - Institut, izveštaj 100.Č.4.PTV.0001.91, Karlovac, 1991.
- [4] Snimanje parametara generatora i turbine AG1, HE Dubrava, 06.06.1991.
- [5] Izveštaj o ispitivanjima uzroka njihanja snage na glavnim proizvodnim agregatima HE Dubrava, Litostroj, izveštaj 1098;P-96.-35.603, Ljubljana, Slovenija, 1992.
- [6] Opsežna prepiska proizvođača generatora (Končar – Generatori, Zagreb) i proizvođača turbine (Litostroj, Ljubljana, Slovenija), 1993. – 1995. (u arhivi HED).
- [7] J. ŠTEFANČIĆ: "Mjerenje i analiza vlastitih frekvencija rotorskih lopata HED AG1", ENIN Energetski institut, Energetika d.d., izveštaj 4 D 95 I MVT.001, Karlovac, 1995.
- [8] M. BUTKOVIĆ, J. ŠTEFANČIĆ, I. KOBASIĆ, K. PALADIN i J. HOPPE: "Ispitivanje torzionih vibracija AG1 HE Dubrava", ENIN Energetski institut, Energetika d.d., izveštaj 4 D 95 S SST.003, Karlovac, 1995.
- [9] M. MEHMEDOVIĆ, M. STOJSAVLJEVIĆ, E. VARGOVIĆ i D. NEMEC: "Izveštaj o ispitivanju njihanja djelatne snage u HE "Dubrava" - agregati 1 i 2," Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb, 1997.
- [10] D. NEMEC, M. STOJSAVLJEVIĆ i M. MEHMEDOVIĆ: "Izveštaj o ispitivanju njihanja djelatne snage u HE Dubrava - agregat 1", Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb, 1998.
- [11] D. NEMEC, M. STOJSAVLJEVIĆ i M. MEHMEDOVIĆ: "Izveštaj o mjerenju oscilacija djelatne snage agregata nakon ugradnje "prizona" - HE "Dubrava - agregat 1", Institut za elektroprivredu i energetiku, Zagreb, 1998.
- [12] B. BAJIĆ i Đ. DVEKAR: "Dijagnostička ispitivanja nestabilnosti AG1 - Ispitivanje njihanja snage: Ispitivanje utjecaja nehomogenosti polja pritjecanja vode radnom kolu, niskofrekventnih prilika na difuzoru, aksijalnog pomaka rotora i torzionih vibracija kruške", Korto Cavitation Services i HED, izveštaj, 2002.
- [13] B. BAJIĆ: "Inteligentni monitoring i dijagnostika kavitacije - Metoda za velik broj lopata radnog kola", Energija, god. 51, br. 3, 2002, str. 195-200; također: International Water Power & Dam Construction, Vol. 53, No. 4, 2001, str. 33-36; teorija u: ASME Journal of Fluids Engineering, Vol. 124, No. 4, 2002, str. 943-950.

- [14] B. BAJIĆ: "Multidimenzionalna dijagnostika i monitoring kavitacije - Metoda za mali broj lopata radnog kola - Primjena na HE Dubrava", Energija, god. 51, br. 5, 2002, str. 387-394; također: International Water Power & Dam Construction, Vol. 56, No. 2, 2003, str. 32-35.
- [15] B. BAJIĆ: "Dijagnostička ispitivanja AG1: Empirijska analiza procesa njihanja snage, Ispitivanja 29.12.2000.-21.01.2001.", Korto Cavitation Services, Trier, Njemačka, izveštaj, 2001.
- [16] V. KERCAN i S. CIZL: "HE Dubrava – Primopredajna ispitivanja modela turbine, Turboinštitut, Ljubljana, Slovenija", izveštaj 1779, 1986.
- [17] M. FANCEV, K. FRANJIĆ i Ž. ĐIGAŠ: "HE Dubrava – Kritički osvrt na izveštaj o primopredajnim ispitivanjima modela turbine", št. 1711 Turboinštitut, Ljubljana, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zavod za energetska postrojenja, izveštaj 103/ZEP/TS, Zagreb, 1986.
- [18] Đ. DVEKAR, Ž. HABUŠ, M. HLADNIK, D. KRAMAR, T. KUKOLIĆ, J. MIHALIC, J. SABOLEK, J. SINKOVIĆ i J. ŠAREC – svi iz HE Dubrava, usmeno priopćenje, 2002.
- [19] B. BAJIĆ i Đ. DVEKAR: "Dijagnostička ispitivanja AG 1: Mehanička i magnetna uzbuda, Provjera opletanja, zračnog rasporeda i magnetskog toka, Stanje AG1 22.03.2002.", Korto Cavitation Services i HE Dubrava, Sveta Marija, izveštaj, 2002.

DIAGNOSTICS OF TUBE AGGREGATE'S POWER SWINGING IN HPP DUBRAVA

Based on multi dimensional cavitation testing a diagnosis is formulated and verified considering the cause of power swinging in a rhythm one per turn of tube aggregates in 40 MW HPP Dubrava. The cause of swinging is a strong but low erosive cavitation, which because of the operation out of the designed regime, horizontal axle and huge radius of runner as well as because of unequal and insufficiently strong cavitation quality of the runner blades pulses once per turn.

DAS VERFAHREN DER ERKENNUNG VON LEISTUNGSSCHWANKUNGEN DER ROHRTURBOSÄTZE DES WASSERKRAFTWERKES "DUBRAVA"

Auf Grund mehrdimensionaler Kavitationsprüfungen wurden die Ursachen von Leistungsschwankungen der 40 MW-Rohrturbosätze des Wasserkraftwerkes "DUBRAVA" im Takt einmal je Umdrehung nachgeprüft und niedergeschrieben. Den Anlass für diese Schwankungen gibt eine starke, aber schwach erosionsbildende Kavitation, welche, bei einer im Projekt nicht vorgesehenen Betriebsweise, dank der waagerechten Lage der Hauptwelle und dem großen Durchmesser des Laufrades, sowie der ungleichmässigen und ungenügenden Kavitationsqualität der Laufradschaufeln, Leistungspulsationen einmal je Umdrehung verursacht.

Naslov pisca:

Dr. sc. Branko Bajić, dipl. ing.

Korto Cavitation Services

12, rue Ste Zithe; 2763 Luxembourg; Luksemburg

korto@cavitation.de

www.cavitation.de

Uredništvo primilo rukopis:

2003 – 05 – 15.

TEST PROCEDURE KAO TEHNIČKA OSNOVA STANDARDA ENERGETSKE EFIKASNOSTI KUĆANSKIH UREĐAJA I UREDSKE OPREME

Mr. sc. Vesna K o l e g a, Zagreb

UDK 621.312.001:64/65
PREGLEDNI ČLANAK

Cilj ovog članka je ukazati na važnost donošenja standarda energetske efikasnosti kućanskih uređaja i uredske opreme kao provjereno djelotvorne metode smanjenja potrošnje energije na nacionalnoj razini. S tom svrhom su opisane karakteristike test procedura za različite kućanske i uredske uređaje kao tehničke podloge za donošenje standarda, svjetske institucije koje ih provode, kao i brojne barijere na putu njihove regionalne i internacionalne harmonizacije. Nadalje, u članku je dan prikaz energetske oznake, kao i zakonodavni okvir njihovog uvođenja na hrvatsko energetske tržište.

Ključne riječi: standardi energetske efikasnosti, test procedure, energetske oznake, ekološke oznake.

1. UVODNA RAZMATRANJA

U većini razvijenih zemalja svijeta standardi energetske efikasnosti kućanskih uređaja i uredske opreme su neizostavni dio nacionalne energetske politike s ciljem smanjenja energetske potrošnje i emisije štetnih tvari. Prvi korak u etabliranju standarda je odrediti test procedure (protokole) prema kojima će se određivati energetska potrošnja ili energetska efikasnost uređaja. Energetsko označavanje je iznimno koristan korak u educiranju potrošača i reduciranju potrošnje energije, ali nije nužno za samo donošenje standarda. Jednom kad su definirane test procedure, provode se statističke ili inženjersko-ekonomske analize, kao osnova postavljanju standarda. Sljedeći je korak izrada standarda od strane ovlaštenih institucija, te njihovo oživotvorenje u praksi. Proizvođačima je, nakon donošenja standarda, obično dano razdoblje između 3 i 5 godina u kojem moraju usuglasiti karakteristike uređaja sa zahtjevima iz standarda. Posljednji korak je kontrola implementacije standarda u praksu i provedba raznih programa radi njezinog ubrzanja i poboljšanja.

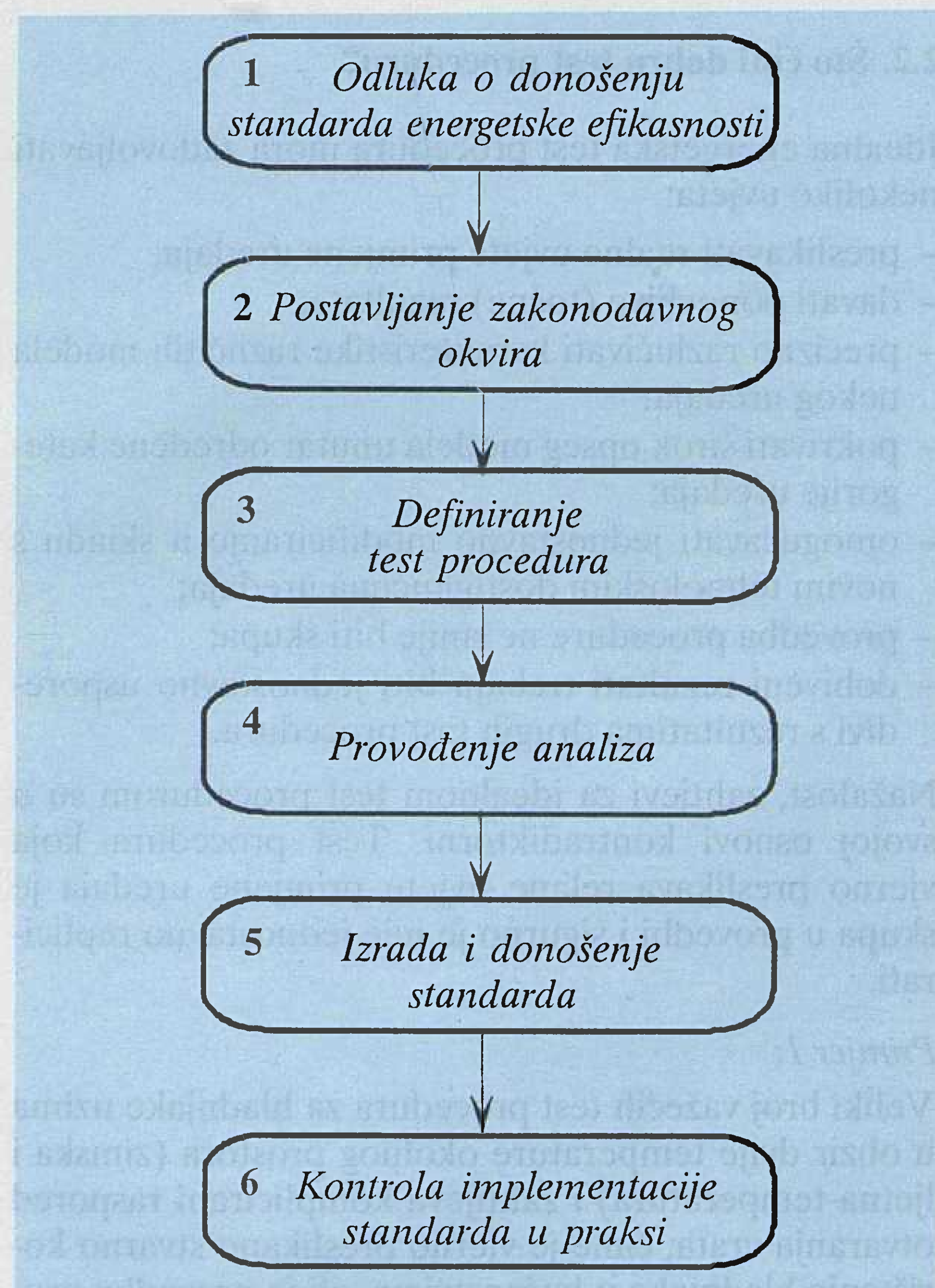
Glavni koraci pripreme, izrade, donošenja i implementacije standarda energetske efikasnosti prikazani su na slici 1.

2. TEST PROCEDURE KAO TEHNIČKA OSNOVA STANDARDA ENERGETSKE EFIKASNOSTI

2.1. Uvod

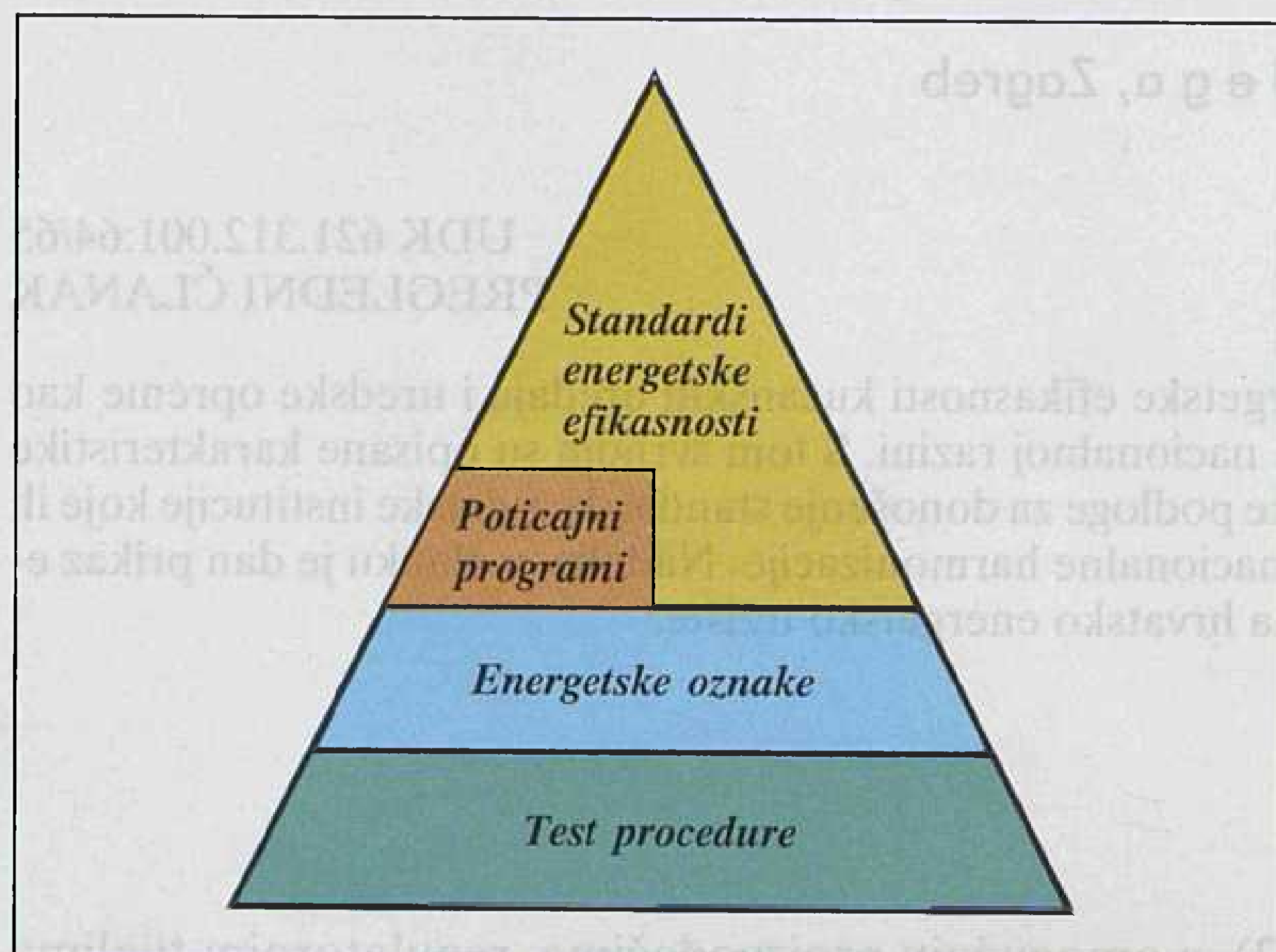
Test procedure (protokoli) su tehnička osnova standarda energetske efikasnosti, energetske oznake i raznih poticajnih programa energetske efikasnosti (sl.

2), a omogućuju proizvođačima, regulatornim tijelima i potrošačima usporedbu energetske potrošnje različitih modela uređaja. Zbog brojnih interesnih sfera, test



Slika 1. Osnovni koraci u etabliranju standarda energetske efikasnosti

procedure su gotovo uvijek kompromis između realnih uvjeta korištenja i laboratorijskih uvjeta koji trebaju biti s jedne strane pouzdani, a s druge ekonomski isplativi, što je u većini slučajeva teško spojiti. Loše osmišljena i provedena test procedura u velikoj mjeri umanjuje učinkovitost standarda, energetske oznake i poticajnih programa. Energetske test procedure su prilično zapostavljeno i nedovoljno ispitano područje o kojem se rijetko diskutira i koje je širokoj javnosti gotovo potpuno nepoznato.



Slika 2. Test procedure kao osnova standarda energetske efikasnosti

2.2. Što čini dobru test proceduru?

Idealna energetska test procedura mora zadovoljavati nekoliko uvjeta:

- preslikavati realne uvjete primjene uređaja;
- davati ponovljive (točne) rezultate;
- precizno razlučivati karakteristike različitih modela nekog uređaja;
- pokrivati širok opseg modela unutar određene kategorije uređaja;
- omogućavati jednostavno modificiranje u skladu s novim tehnološkim dostignućima uređaja;
- provedba procedure ne smije biti skupa;
- dobiveni rezultati trebaju biti jednostavno usporedivi s rezultatima drugih test procedura.

Nažalost, zahtjevi za idealnom test procedurom su u svojoj osnovi kontradiktorni. Test procedura koja vjerno preslikava relane uvjete primjene uređaja je skupa u provedbi i sigurno je nije jednostavno replicirati.

Primjer 1:

Veliki broj važećih test procedura za hladnjake uzima u obzir dvije temperature okolnog prostora (zimsko i ljetna temperatura) i zahtijeva komplicirani raspored otvaranja vrata, čime je vjerno preslikano stvarno korištenje hladnjaka u kućanstvima, ali je provedba procedure skupa i vrlo je teško dobiti točne, ponovljive rezultate.

Specificirana tolerancija za većinu procedura iznosi između 10 i 15% (15% za ISO test procedure), iako su stvarne netočnosti puno manje. Analiza provedena od strane Američkog Federalnog odjela za energiju (US Department of Energy, DOE), za test procedure hladnjaka, pokazuje da, ukoliko se striktno poštuju propisani uvjeti, pogriješka mjerenja iznosi manje od 2%.

Za test procedure kao podloge standarda energetske efikasnosti, iznimno je važno onemogućiti proizvođačima nalaženje rupa u protokolu koje će im omogućiti zaobilaženje i nepoštovanje zahtjeva propisanih standardom.

Primjer 2:

Američka test procedura za perilice rublja specificira da se energetska potrošnja treba mjeriti za program pranja "pamučno rublje, 60°C" – proizvođači su ovaj program uvrstili, ali svojim korisnicima sugeriraju korištenje programa koji troši puno više energije.

Modificiranje postojećih test procedura je složen, skup i administrativno zahtjevan posao koji se pokušava što rjeđe primjenjivati, što ima za posljedicu zastarjelost procedura. Posebno posljednjih godina, velikih tehnoloških dostignuća, mnogi ciljevi koji se žele postići procedurom postaju jednostavno bespredmetni, ali otvarajući pri tome neke nove ciljeve koje procedura treba zadovoljiti.

Primjer 3:

Brojne test procedure za hladnjake se fokusiraju na pitanje kako izbjeći prijenos topline kroz stijenke. Korištenjem novih izolacijskih materijala taj je problem riješen. Međutim, da bi test procedura bila odraz realnog stanja nužno je njome obuhvatiti nova tehnološka rješenja (npr. mogućnost automatskog odleđivanja i dr.).

Pri osmišljavanju kvalitetne test procedure, potrebno je osim tehničkog, uzeti u obzir i druge aspekte (ekonomski, kulturološki, geografski i dr.), koji dodatno kompliciraju ionako složen proces. Svi ovi aspekti su važni jer i iznimno male razlike u provedbi test procedura mogu rezultirati velikim razlikama u energetske potrošnji, zaštiti okoliša i internacionalnoj ekonomiji.

Dobra test procedura je, ustvari, kompromis koji ne dostiže niti jedan kriterij idealnog, ali zadovoljava u većini slučajeva, pri čemu treba znati da nema jednostavnog rješenja, ali da je već i samo prihvaćanje kompleksnosti ovog područja dobra osnova za buduće ispravno djelovanje.

2.3. Glavne svjetske institucije za izradu test procedura i standarda energetske efikasnosti

U svijetu je uobičajeno da u izradi test procedura zajednički sudjeluju asocijacije proizvođača, vladine institucije, nevladine udruge i profesionalne organizacije koje okupljaju timove stručnjaka (tabl. 1). Razni priti-

sci uzrokovani prihvaćanjem standarda energetske efikasnosti, potrebom otvaranja tržišta, mijenjanjem prakse monopolizma i dr., jačaju utjecaj državnih tijela i vladinih institucija u izradi test procedura.

Tablica 1. Glavne svjetske institucije za izradu energetskih test procedura

Područje	Institucija	Sjedište institucije
Svijet	International Organization for Standardization (ISO)	Geneva, Švicarska
	International Electrotechnical Commision (IEC)	Geneva, Švicarska
Europska unija	European Committee for Standardization	Brussels, Belgija
	European Committee for Electrotechnical Standardization	Brussels, Belgija
Njemačka	Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN)	Berlin
Sjedinjene Američke Države	United States Department of Energy (DOE)	Washington DC
	American National Standards Institute (ANSI)	New York
	Association of Home Appliance Manufacturers (AHAM)	Chicago
	American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers (ASHRAE)	Atlanta
Kanada	Canadian Standards Association (CSA)	Toronto
Australija, Novi Zeland	Australia – New Zealand Standards (ANZS)	Strathfield, Australija
Japan	Japan Industrial Standards Committee (JIS)	Tokyo
Kina	China State Bureau of Technical Supervision (CSBTS)	Beijing
Rusija	Committee of the Russian Federation for Standardization, Metrology and Certification (GOSTR)	Moscow
Brazil	Associacao Brasileira de Normas Tecnicas (ABNT)	Rio de Janiero
Indija	Indian Standards Institution (IS)	New Delhi
Južna Koreja	Bureau of Standards, Industrial Advancement Administration	Kwachon City

Karakteristično za većinu ovih institucija je da su poslovično spore u modificiranju test procedura u skladu s novim momentima i tehnološkim dostignućima. Vlade mnogih zemalja žele biti sigurne da test procedure zadovoljavaju zahtjeve Svjetske trgovinske organizacije (World Trade Organization) (kako bi se

spriječile eventualne restrikcije u slobodnoj trgovini), pa ni slučajevi raznih pritisaka na institucije za standardizaciju nisu nepoznata pojava.

2.4. Pregled test procedura za neke kućanske uređaje i uredsku opremu

Energetska trošila se testiraju na razne parametre: nazivnu snagu, napon, uzemljenje i dr., a za kućanske je uređaje karakteristično da su zbog velikih razlika između pojedinih uređaja test procedure potpuno različite. Tako npr. ispitna specifikacija za hladnjake obuhvaća mjerenje volumena, sposobnosti postizanja određenih temperatura, intenziteta buke i dr., dok je test procedura za perilice rublja potpuno različita i sastoji se od testiranja karakteristika pranja, promjene vode, temperature vode, optimalne količine rublja i dr. Glavni kućanski i uredski uređaji za koje su razvijene test procedure su sljedeći:

- klimatizacijski uređaji
- sušilice rublja
- perilice rublja
- perilice posuđa
- hladnjaci i zamrzivači
- peći
- toplinske pumpe
- rasvjetna tijela
- mikrovalne pećnice
- pećnice
- štednjaci
- grijalice vode
- grijači bazena
- osobna računala
- fotokopirni uređaji
- televizori
- telefax uređaji.

U većini su zemalja, test procedure za standarde energetske efikasnosti samo dio mnogo opsežnijeg testiranja za dobivanje certifikata koji obuhvaća sve radne karakteristike uređaja. Jedino u SAD i Australiji su test procedure za energetske standarde ispitivanja sama za sebe (eng. stand-alone tests).

A) Hladnjaci i zamrzivači

Zbog velike potrošnje i relativno jednostavno provedivih ispitivanja, hladnjaci i zamrzivači su uređaji, za koje su, među prvima, razvijene test procedure (tabl. 2). Sve test procedure zahtijevaju smještanje hladnjaka u kontroliranu okolinu u precizno definiranom vremenskom razdoblju ili za točno određen broj ciklusa [2]. Osim japanske test procedure (JIS 9607) sve ostale zahtijevaju da vrata hladnjaka budu zatvorena. Jedna od glavnih razlika između raznih test procedura je odabir uvjeta u okolini hladnjaka i temperatura unutar raznih odjeljaka, koje su iznimno važan parametar jer

Tablica 2. Popis glavnih test procedura za hladnjake i zamrzivače

Institucija	Kodni broj test procedure
CEN	EN 153:1989
USDOE	Volume 10 of US Code of Federal Regulations (10 CFR Ch. II), 1990
IS	IS: 1476 - 1979
CSBTS	CNS 2062, CNS 9577
ANSI/AHAM	ANSI/AHAM HRF – 1 – 1988
ISO	ISO 7371-1985 (i dodatak 1-1987)
ANZS	AS 1430 – 1986 i NZS 6205.2 – 1989
JIS	JIS 9607 (1986)

već i minimalne promjene temperature jako utječu na potrošnju energije.

Ostale se razlike odnose na automatsko odleđivanje, antikondenzacijske karakteristike, vlažnost okoline, optimalnu količinu hrane i dr. Kako je vrlo teško postići točno određenu temperaturu u raznim odjeljcima hladnjaka većina test procedura predviđa minimalno dva mjerenja radi izjednačavanja specificirane temperature, a energetska potrošnja za specificiranu temperaturu odjeljka se određuje interpolacijom. ISO test procedure se baziraju na europskim modelima hladnjaka i njihovim karakteristikama, pri čemu su testovi, posebno za automatsko odleđivanje, antikondenzacijske grijače i neke specifične karakteristike uređaja, malobrojnije i manje detaljne od USDOE i JIS test procedura.

ISO test procedura se provodi za dvije temperature okoline, ovisno o eventualnom krajnjem odredištu uređaja:

- 25°C – kontinentalna klimatska zona
- 32°C – tropska klimatska zona.

JIS test procedura je, sve do nedavno, zahtijevala provedbu svih energetske mjerenja na dvije temperature okolnog prostora (15°C i 30°C). Razlog tome je da su se, u vrijeme pripreme test procedure, japanske kuhinje zimi jako slabo grijale, a ljeti se uopće nisu hladile. U posljednje se vrijeme u Japanu JIS procedure i standardi sve više zamjenjuju ISO procedurama i standardima. Europski proizvođači deklariraju energetske potrošnje za temperaturu okolnog prostora od 25°C, jer je ta temperatura specificirana u CEN test procedurama.

ISO test procedura klasificira hladnjake prema sposobnosti da dosegnu određenu temperaturu s oznakama od jedne do četiri zvjezdice. Za najvišu kvalitetu od četiri zvjezdice temperatura u zamrzivaču mora biti ispod -18°C.

Suprotno ISO testu, USDOE test klasificira hladnjake prema tehnološkim mogućnostima, na modele s automatskim, poluautomatskim ili ručnim odleđivanjem.

Tehnološke inovacije su konstantno prisutne u novim modelima na tržištu, a čak i one najjednostavnije mijenjaju energetske potrošnje i zahtijevaju modifikacije test procedura.

Primjer 4:

Opcija automatskog odleđivanja prisutna je u gotovo svim novijim modelima. Energija potrebna za automatsko odleđivanje čini cca 5-15% ukupne energetske potrošnje hladnjaka. U najnovijim modelima, tajmeri koji aktiviraju odleđivanje (odleđivanje neovisno o stvarnoj potrebi), zamijenjeni su mikroprocesorima (odleđivanje kad je stvarno potrebno). Elektronski kontrolirano odleđivanje komplicira test proceduru jer ukoliko se tijekom ispitivanja ne akumulira led, ne dolazi do odleđivanja. Pitanje je treba li se na svim modelima primjenjivati standardna test procedura za odleđivanje neovisno o mikroprocesorskim kontrolama. USDOE pristup senzorski vođenom odleđivanju (i drugim tehnološkim inovacijama) je da se od specificirane energetske potrošnje odbije uštedena energija (razlika između vremenski podešenog odleđivanja i odleđivanja kad je ono uistinu potrebno, izražava se u %). Mana ovog pristupa je da sve mikroprocesorske algoritme prihvaća kao jednako uspješne, što onemogućuje penaliziranje loše dizajnirane kontrolne logike (česti slučajevi kvarova).

Sve veći broj hladnjaka ima razne nove tehnološke opcije koje zahtijevaju priključenje na vodovodnu mrežu (automatski ledomati, djelitelji zaleđene vode i dr.), a koje mogu povećati energetske potrošnje i do 20% [3]. Problem je što niti jedna test procedura ne specificira da hladnjak treba biti priključen na vodovodnu mrežu za vrijeme ispitivanja.

B) Perilice i sušilice rublja

Parametri koji utječu na test procedure za perilice rublja su mnogobrojniji i mnogoznačniji no za i jedan drugi kućanski uređaj. Uspjeh u harmonizaciji test procedura za perilice rublja, unatoč svim tehničkim, tehnološkim, geografskim i kulturološkim razlikama, bio bi pouzdan znak da je moguće usuglasiti standarde za sve kućanske uređaje. Sve test procedure određuju energiju potrebnu za pokretanje i rad motora i energiju potrebnu za zagrijavanje. Međutim, običaji pranja i definicija “čisto rublje” enormno variraju od zemlje do zemlje, što koči razvitak internacionalnih test procedura [4]. Ostali parametri kao temperatura pranja, kapacitet rublja, kvaliteta vode, vrsta sredstva za pranje rublja i dr., dodatno kompliciraju definiranje test procedura i standarda energetske efikasnosti [5]. Zbog iznimno brzog tehnološkog razvitka perilica rublja, gotovo sve test procedure su podložne konstantnim promjenama. Pristup test procedurama u Europi i Americi je potpuno različit. Test procedure u SAD definiraju dozvoljenu energetske potrošnje potpuno neovisno o karakteristikama pranja (efikasnost pranja i centrifugiranja). Karakteristike pranja se jednostavno

ignoriraju, što se objašnjava time da ukoliko proizvođač ne uspije postići kvalitetne karakteristike pranja za dozvoljeni nivo energetske potrošnje, kupac će potražiti kvalitetniji uređaj nekog drugog proizvođača. Europski pristup prvo definira karakteristike pranja, da bi zatim selektirao zahtjeve za minimalnom energetske efikasnošću i prihvatljivim karakteristikama pranja koje proizvođač mora zadovoljiti. Američki je pristup doživio pravi fijasko uvođenjem mikroprocesorskih kontrola (tzv. senzori nečistoće rublja). Prilikom ispitivanja u laboratorijima, senzori prepoznaju čisto rublje stavljeno u bubanj i automatski odabiru ciklus pranja koji troši najmanje energije. Drugim riječima, test uvijek mjeri energetske potrošnju perilice rublja za ciklus pranja koji troši najmanje energije. Važan bi parametar u test procedurama trebalo biti i sredstvo za pranje rublja koje u posljednjih desetak godina bilježi pravi tehnološki procvat. Poboljšanjem kemijskih karakteristika deterdženata značajno je porasla kvaliteta pranja pri nižim temperaturama vode.

Sve test procedure bi obvezno trebale obuhvatiti karakteristike sredstava za pranje, pri čemu bi idealno bilo imati dvije procedure:

- za sredstva trenutno dostupna na tržištu
- za sredstva koja će biti dostupna u bližoj budućnosti.

Na taj bi se način izbjeglo optimiziranje perilica rublja prema trenutačno dostupnim sredstvima za pranje koja će vrlo brzo biti zamijenjena kvalitetnijima.

Nadalje, nema dobre test procedure za perilice rublja koja ne uzima u obzir kvalitetu i potrošnju vode. Ako test procedura ne obuhvati potrošnju vode, većina će proizvođača nastaviti dosadašnju praksu trošenja nepotrebno velikih količina vode za poboljšanje energetske karakteristike uređaja.

Usko povezane s energetske karakteristike perilica rublja su karakteristike sušilica rublja, za koje je karakteristična velika ekspanzija u posljednjih desetak godina. Prema nekim nepotpunim analizama, u SAD i Velikoj Britaniji čak 50% kućanstava posjeduje sušilicu rublja. U Japanu ih ima 20%, a u Portugalu tek 5% kućanstava. Potrošnja energije sušilice rublja je jako ovisna o efikasnosti centrifugiranja rublja. U dobro centrifugiranom rublju ostaje malo vlage, pa je potrebno minimalno sušenje. Europske test procedure obuhvaćaju efikasnost centrifugiranja, dok US DOE tek predlaže uvođenje test procedure za definiranje efikasnosti centrifugiranja u ovisnosti o preostaloj vlazi (%) u rublju.

Jedna od najvećih komplikacija u određivanju energetske efikasnosti perilica rublja je način grijanja vode, jer energija potrošena na zagrijavanje vode čini najveći dio ukupne energetske potrošnje uređaja. Većina modela proizvedenih u Europskoj uniji ima električne grijače unutar samog uređaja. Za razliku od njih, američki i japanski uređaji imaju vanjske grijače vode. Ako se njihova energetska potrošnja odvoji od potrošnje same perilice, ispada da američki i japanski

modeli imaju značajno bolju energetske efikasnost od europskih, što jasno, uopće nije točno. Nadalje, prvenstveno u SAD, ali i brojnim drugim zemljama, grijači vode su često plinski, što dodatno komplicira test procedure jer se trebaju kombinirati potrošnje različitih energenata.

Iz svega navedenog vidljivo je da je izrada i provedba test procedure za perilice i sušilice rublja vrlo zahtjevan posao, čija uspješnost ovisi o iznimno velikom broju parametara.

2.5. Deklarirana energetska potrošnja u ovisnosti o vrijednostima dobivenim mjerenjima (test vrijednosti)

Zbog fluktuacija u proizvodnji i testiranju, energetska potrošnja jednog uređaja nije reprezentativna za tisuće proizvedenih uređaja, te je iz tog razloga uveden minimalni broj uređaja (jedinica) koji moraju biti testirani da bi se dobio određen nivo statističke pouzdanosti. Uzorak se bira nasumce (tzv. postupak sempliranja, uzorkovanja, eng. sampling procedure). Postupci uzorkovanja se razlikuju u EU, SAD i Kanadi, ali im je zajedničko baziranje na deklariranoj vrijednosti energetske potrošnje koja zadovoljava zahtjeve statističke pouzdanosti. Generalni je pristup jednak za sve vrste uređaja, ali zahtjevi za pouzdanost ovisi o samom uređaju.

Važeći *europski standard* za hladnjake i zamrzivače (EN –153) zahtijeva da proizvođač testira energetske potrošnje za jedan uređaj, pri čemu će deklarirana vrijednost biti vrijednost dobivena mjerenjem (test vrijednost) uvećana za 15%. Druga je opcija da proizvođač testira 3 uređaja, a da deklarirana energetska potrošnja bude aritmetička sredina dobivenih test vrijednosti [6]. Ova opcija omogućuje proizvođačima s visoko razvijenom kontrolom kvalitete mogućnost da deklariraju nekoliko postotaka nižu energetske potrošnje za svoje modele.

Kanadski standard za sušilice rublja specificira da se deklarirana vrijednost energetske potrošnje mora bazirati na uzorku od više jedinica, pri čemu veličina uzorka nije definirana, već proizvođač ima dvije opcije:

- deklarirati srednju vrijednost čitavog uzorka;
- demonstrirati s 97,5% vjerojatnosti da je deklarirana vrijednost 1,05 puta veća od stvarne srednje vrijednosti čitavog uzorka.

Za kanadske je standarde karakteristično da većina propisuje maksimalno dozvoljenu energetske potrošnju (za hladnjake, zamrzivače, perilice rublja, perilice posuda, itd), dok samo neki definiraju minimalnu energetske efikasnost (peći i klimatizacijski uređaji).

Američki standardi, propisuju statističku pouzdanost u granicama između 90 i 99% [7]. Broj nužnih testova da bi se zadovoljili postojeći kriteriji, kao i veličina uzorka jako varira ovisno o uređaju (npr. za hladnjake je tipičan uzorak između 4 i 6 uređaja).

Faktori podešavanja variraju:

- od 1,01 do 1,10 za uređaje za koje kupac profitira od niže vrijednosti;
- od 0,90 do 0,99 za uređaje za koje kupac profitira od više vrijednosti.

Ovdje treba naglasiti da osim poznatih, na deklariranu vrijednost, utječu i brojni, teško predvidljivi faktori.

Primjer 5:

Mnogi su hladnjaci opskrbljeni električnim grijačem na vratima čiji je zadatak reducirati kondenzaciju. Kako taj grijač povećava energetske potrošnje hladnjaka za cca 15%, neki proizvođači su ugradili prekidač koji ako nema kondenzacije isključi grijač. Drugi proizvođači nemaju opciju isključenja grijača. Postavlja se pitanje da li treba deklarirati potrošnju za uključen ili isključen grijač protiv kondenzacije? Inicijalni standardi su zahtijevali od proizvođača da deklarira prosječnu energetske potrošnju za oba slučaja. US DOE je modificirao taj standard zahtijevajući od proizvođača da testira energetske potrošnje s uključenim grijačem, te da provede dodatni test s grijačem u onom položaju u kojem je otpremljen iz tvornice (on ili off položaj). U tom slučaju deklarirana potrošnja ovisi o odluci proizvođača, što je jednostavno nedopustivo.

Navedeni primjer je tek jedan od mnogih koji iznimno negativno utječu na jednoznačnost i pouzdanost deklariranih vrijednosti energetske potrošnje, dodatno komplicirajući i inače složen postupak vjerodostojnog deklariranja energetske potrošnje uređaja.

2.6. Translatiranje rezultata test procedura

Karakteristika gotovo svih energetske ispitivanja, bila ona podloga za standarde, labeliranje i dr. su visoke cijene. Internacionalno priznati laboratoriji imaju različite cijene usluga, a one su u pravilu visoke.

Tako je cijena provedbe USDOE test procedure za jedan hladnjak 2000 USD, a za centralni klimatizacijski sustav cca 6000 USD. Laboratorijska ispitivanja i prateći administrativni poslovi, radi kreiranja EU energetske oznake za perilicu rublja koštaju cca 3800 USD.

Visoke cijene test procedura, su jedan od odlučujućih razloga zbog kojeg sve više internacionalnih proizvođača pokušava konvertirati rezultate test procedura, čineći ih višestruko upotrebljivima. Unatoč prepoznavanju problema, do danas je napravljen začuđujuće malen pomak u definiranju formula za konverziju rezultata dobivenih raznim test procedurama. Istraživanja pokazuju da do sada razvijene formule za konverziju daju samo aproksimativne vrijednosti za druge uvjete ispitivanja. Sve dok se formule za konverziju budu mogle koristiti jedino za aproksimativne usporedbe, neće biti dovoljno pouzdane da zadovolje propise.

Gotovo svi, do sada provedeni pokušaji translatiranja rezultata test procedura odnos se na hladnjake. Najopširniju su analizu proveli Bansal i Krüger [8],

uspoređujući rezultate ispitivanja za uzorak od četiri hladnjaka prema ISO, USDOE, JIS, australijskim i kineskim test procedurama.

Energetske potrošnje hladnjaka su neočekivano mnogo varirale od procedure do procedure. Tako je energetska potrošnja za četiri hladnjaka prema ISO test proceduri bila između 2 i 64% manja od energetske potrošnje prema USDOE test proceduri. Usporedba rezultata dobivenih ISO i JIS test procedurama pokazuju da su ISO vrijednosti u granicama 0,87 – 1,33 JIS vrijednosti. Kao što je prethodno rečeno, od 1995. godine Japan i službeno koristi ISO test procedure. U razdoblju od 1994. – 1995. godina u svim su proizvođačkim katalozima u Japanu bile navedene obje vrijednosti, a pokazalo se da su ISO vrijednosti dosljedno 35-45% veće od JIS vrijednosti za kombinirane hladnjake s automatskim odleđivanjem.

Usporedba JIS i USDOE test procedura pokazuje da odnos dobivenih vrijednosti varira ovisno o dimenzijama uređaja i tehnološkim karakteristikama. Modeli sličnih kapaciteta i tehnoloških karakteristika imaju omjere test vrijednosti unutar cca 10% i odgovaraju jednostavnoj linearnoj translaciji.

Definiranje korelacijskih odnosa između raznih trenutno važećih test procedura je složen proces, koji je tek u začetku, ali o kojem treba povesti računa kao jednom od osnovnih preduvjeta regionalne i internacionalne harmonizacije.

2.7. Utjecaj mikroprocesora na energetske test procedure

Razne kombinacije senzora i “inteligentnih” kontrolnih sustava ugrađenih u energetske uređaje u početku su bile zadužene za neke jednostavnije operacije (npr. odleđivanje u hladnjacima i dr.), ali se njihova primjena brzo proširila na vrlo kompleksne, upravljačke sustave (npr. u klimatizacijskim uređajima, perilicama rublja i posuda, i dr.). Nadalje, mikroprocesori su sastavni elementi brojnih uredskih uređaja (npr. telefax uređaji, računala, kopirni aparati i dr.). Zajednička značajka mikroprocesora u energetske uređajima je da korisnicima olakšavaju rukovanje uređajem i da u velikom broju slučajeva štede energiju (npr. iniciranjem odleđivanja u hladnjacima kad je ono stvarno potrebno, automatskim podešavanjem potrebne količine vode u perilicama rublja i dr.).

Međutim, ugradnja mikroprocesora u energetske uređaje dodatno komplicira test procedure:

- štednjom energije u situacijama koje nisu pokrivene test procedurom;
- automatskim podešavanjem parametara laboratorijskim uvjetima što rezultira nerealno niskom izmjerenom energetske potrošnjom;
- modificiranjem operacija na osnovi “učenja” ponašanja korisnika;
- potrošnjom energije kad je energetske uređaj izvan pogona (off položaj).

Drugim riječima, mikroprocesori ma koliko bili korisni s jedne strane, s druge, uzrokujući nerealno niske izmjerene vrijednosti ili radne učinke superiorne onima predviđenima test procedurama, ustvari miniraju vjerodostojnost same test procedure, a time i vrijednost standarda, oznaka, programa i svega onoga što se na test procedurama bazira. “Inteligentni” uređaj dodatno oslabljuje test proceduru otkrivajući da laboratorijski uvjeti ne odgovaraju realnim uvjetima rada.

Primjer 6:

Senzori nečistoće rublja u “inteligentnim” perilicama rublja odmah prepoznaju da je test rublje ustvari čisto i automatski selektiraju energetske štedljiv, umjesto standardnog ciklusa pranja za umjereno nečisto rublje. Za starije modele uređaja, bez ugrađenih mikroprocesora, vrijedi da uređaj izvan pogona ne troši energiju. Uređaji opremljeni elektronskim komponentama zahtijevaju stalnu opskrbu električnom energijom [9]. Provedene analize pokazuju da elektronske komponente u modernim hladnjacima troše cca 5% od ukupne energetske potrošnje uređaja.

Generalno gledano, gotovo sve energetske test procedure trebaju, u sljedećem desetljeću, biti podvrgnute opširnim modifikacijama koje će na pravi način tretirati utjecaj mikroprocesora u energetskim uređajima. U nekom kraćem razdoblju, eventualno se još i mogu tolerirati raznovrsna podešavanja test vrijednosti, ali na dulje staze, jedina prava solucija je razvijanje novih test procedura baziranih na suvremenim radnim i tehnološkim karakteristikama uređaja. Jedno bi od mogućih rješenja bila podjela test procedura na one koje tretiraju mehanički dio i one koje se bave elektroničkim komponentama uređaja.

3. UVOD U ENERGETSKE OZNAKE

Tipovi energetskih oznaka variraju od zemlje do zemlje, ali se općenito mogu grupirati u tri glavne kategorije:

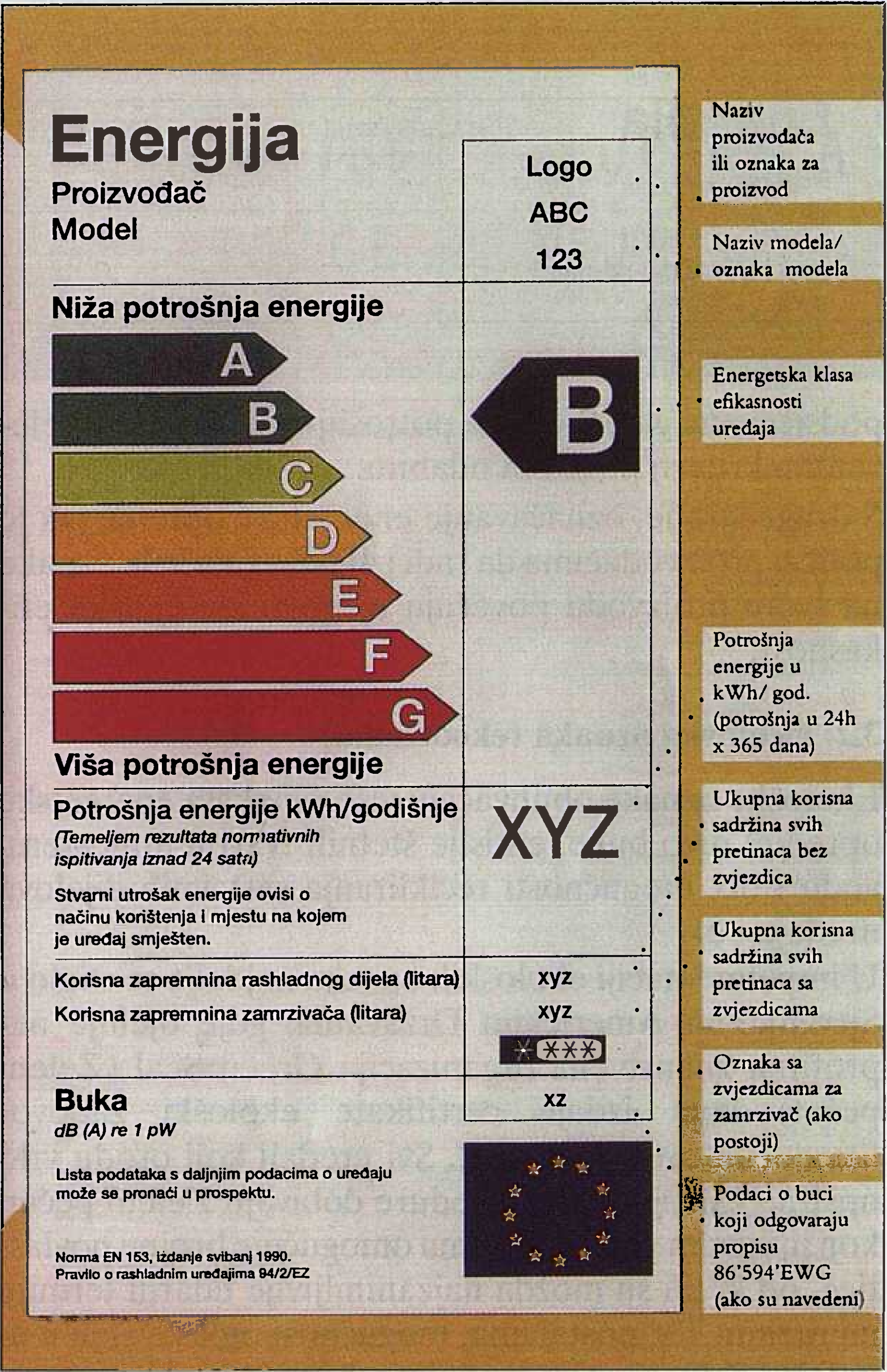
- 1. oznaka energetske efikasnosti
- 2. ekološka oznaka (ekooznaka)
- 3. energetska zvijezda.

Neovisno o tipu energetske oznake, brojna su istraživanja pokazala da je obveza označavanja energetske opreme (ili labeliranja, od eng. labeling), jedan od najdjelotvornijih načina uspostave energetske i ekološke osvještenog nacionalnog gospodarstva. Označavanje mora biti jasno i precizno, prema točno određenoj shemi, kako bi se već na samom početku izbjeegli svi potencijalni nesporazumi u svezi sa značenjem i porukom energetske oznake.

3.1. Oznaka energetske efikasnosti

Oznaka energetske efikasnosti je potvrda kvalitete uređaja s obzirom na njihovu energetsku efikasnost, pri čemu se uređaji prema potrošnji energije dijele na nekoliko stupnjeva energetske efikasnosti označenih

slovima od A do X (grupu A čine energetske najefikasniji uređaji). U zemljama Europske unije uređaji su prema potrošnji energije podijeljeni na 7 stupnjeva (od A do G) (sl. 3).



Slika 3. EU oznaka energetske efikasnosti za hladnjake

Na EU oznaci energetske efikasnosti za hladnjake, osim stupnja efikasnosti, dana je i godišnja energetska potrošnja (kWh/god), korisni volumen rashladnog dijela i zamrzivača (litara), nivo buke (dB) i dr. Oznaka energetske efikasnosti omogućuje potrošačima djelotvornu usporedbu različitih modela nekog uređaja, ovisno o energetskoj efikasnosti, godišnjoj energetskoj potrošnji i nekim važnijim radnim karakteristikama i mogućnostima uređaja.

Stupnjevi energetske efikasnosti određuju se ovisno o vrijednosti indeksa energetske efikasnosti, *I*, za svaku klasu uređaja (tabl. 3).

Indeks energetske efikasnosti nekog modela uređaja određuje se kao omjer energetske potrošnje tog modela i prosječne energetske potrošnje za tu klasu uređaja (u klasi uređaja su modeli jednakih podešenih volumena).

Označavanje olakšava proces uvođenja termina energetske efikasnosti u marketinšku strategiju, informirajući potrošača o karakteristikama uređaja i

Tablica 3. Stupnjevi energetske efikasnosti za EU hladnjake ovisno o indeksu energetske efikasnosti

Indeks energetske efikasnosti, <i>i</i> (%)	Stupanj energetske efikasnosti
155	A
55/K	B
75/Z	C
90/d	D
100/n	E
110/ć	F
125/I	G

podsjećajući ga pritom na potrošnju energije kao relevantan kriterij prilikom odabira. S druge strane, označavanje energetske opreme jak je poticaj proizvođačima da radi izbjegavanja loše oznake na svom proizvodu povećaju njegovu energetsku efikasnost.

3.2. Ekološka oznaka (ekooznaka)

Ekološke oznake obuhvaćaju više aspekata energetske opreme: nivo buke, emisije štetnih tvari u atmosferu, vodu i tlo, mogućnosti recikliranja sastavnih dijelova uređaja i dr. U implementaciji ekoloških oznaka najdalje se stiglo u Sjedinjenim Američkim Državama, gdje djeluje neprofitna znanstvena organizacija Green Seal (Zeleni pečat) koja izdaje certifikate ekološki zadovoljavajućim uređajima [10]. Svi uređaji koji prođu vrlo opširne i stroge test procedure dobivaju Zeleni pečat, koji njihovim proizvođačima omogućuje brojne povlastice, od kojih su možda najzanimljivije udarni termini na raznim TV postajama, mogućnost oglašavanja u ekološki deklariranim medijima, i dr.

Trenutačno se Zeleni pečat izdaje za hladnjake, zamrzivače, perilice rublja, perilice posuđa, sušičice rublja, štednjake i pećnice.

U Europskoj su uniji su do sada ustanovljene ekološke oznake za perilice rublja i posuđa, a u izradi su oznake za hladnjake i zamrzivače [11]. Za dobivanje ove oznake uređaj mora zadovoljavati razne kriterije koji se odnose na zagađivanje atmosfere i vode. Osim toga proizvođači su obvezni svakom uređaju priložiti precizne instrukcije za rukovanje, kao i detaljne podatke o mogućnostima recikliranja materijala od kojih je uređaj izrađen.

3.3. Energetska zvijezda

Energetska zvijezda (Energy Star) je oznaka razvijena u Washingtonu, u Agenciji za zaštitu okoliša (US Environmental Protection Agency, EPA), a od oznake energetske efikasnosti se razlikuje po tome što pokazuje da uređaj zadovoljava određene kriterije, ali ga ne klasificira prema stupnjevima energetske efikasnosti. Energetska zvijezda se više koristi za uredsku nego za kućansku energetsku opremu. Ovom se oznakom, u pravilu, označavaju računala, monitori, telefax uređaji,

kopirni uređaji i printeri koji u stanju pripravnosti (eng. standby mode) imaju potrošnju energije reduciranu na određenu, propisanu razinu kroz neko fiksno vremensko razdoblje. U sljedećim godinama EPA planira uvesti energetske zvijezde za klimatizacijske uređaje, grijalice vode i peći [12]. Općeniti je zaključak da označavanje kućanskih i uredskih uređaja, i to prvenstveno oznakama energetske efikasnosti (u posljednje su vrijeme u velikom porastu i ekološke oznake) postaje sve popularnije diljem svijeta.

Analize tržišta provedene u Australiji pokazuju da 65% populacije (slučajni uzorak na čitavom području) prepoznaje energetske oznake. Znanje o energetskim oznakama među kupcima uređaja je vrlo dobro. Istraživanja tržišta provedena još 1993. godine pokazuju da je cca 90% kupaca upoznato s energetskim oznakama, od čega njih 45% prije kupnje uspoređuju energetske oznake raznih modela uređaja [13]. U sklopu Nacionalnog programa labeliranja koji se sustavno provodi u Australiji posljednjih desetak godina, iznimno su se uspješnim pokazali Vodiči za kupnju energetski efikasnih uređaja, koji se poštom distribuiraju na brojne adrese. U Vodičima su izlistani svi modeli uređaja dostupnih na tržištu i dane njihove energetske karakteristike, što omogućuje potencijalnim kupcima odabir energetsko-ekonomski optimalnog modela. Istraživanje provedeno 1991. godine pokazalo je da cca 42% ispitanika ocjenjuje energetsku efikasnost uređaja odlučujućim faktorom prilikom kupnje uređaja, cca 86% je smatra vrlo važnim faktorom, dok je svega 14% smatra potpuno nevažnom. Ova je analiza dokazala da je prilikom odabira uređaja energetska efikasnost ravnopravna ostalim parametrima kao što su dimenzije, cijena, dizajn, proizvođač i dr. [14].

Najrazvijenije i najšire programe labeliranja koji obuhvaćaju većinu kućanskih uređaja imaju SAD, Kanada i Australija. U zemljama Europske unije je u tijeku priprema podloga za uvođenje jedinstvenih oznaka energetske efikasnosti za hladnjake, zamrzivače, perilice i sušilice rublja. SAD i Kanada imaju oznake za sve kućanske uređaje osim štednjaka (i ostalih uređaja za pripremu hrane) i sušilica rublja, a Australiji preostaje još jedino uvođenje energetskih oznaka za štednjake. Japan i Koreja imaju oznake za hladnjake i zamrzivače. Brazil, Tajland i Filipini su u procesu uvođenja oznaka za klimatizacijske uređaje i hladnjake.

4. ZAKONODAVNI OKVIR UVOĐENJA ENERGETSKIH OZNAKA NA HRVATSKO TRŽIŠTE

Hrvatski je Sabor na sjednici od 19. srpnja 2001. usvojio paket od pet zakona kojima se reguliraju odnosi u energetskom sektoru:

- Zakon o energiji
- Zakon o tržištu električne energije
- Zakon o tržištu nafte i naftnih derivata

- Zakon o tržištu plina
- Zakon o regulaciji energetske djelatnosti.

Zakon o energiji, kao temeljni dokument, uređuje odnose u energetske sektoru, te između ostalog, definira energetske efikasnost i korištenje obnovljivih izvora energije kao bitne preduvjete održivog razvitka.

Stavak 1., članka 13. Zakona o energiji, obvezuje proizvođače i uvoznike energetske opreme, da u tehničkoj specifikaciji proizvoda navedu potrebnu energiju za standardne uvjete rada. Nadalje, u stavku 2., definirana je obveza označavanja energetske opreme energetskim oznakama, čiji oblik i sadržaj, ovisno o vrsti proizvoda, energetskim zahtjevima i dr. propisuje Ministarstvo gospodarstva.

Dana 22. rujna 1992. usvojena je Smjernica vijeća Europske unije, 92/75/EEC, o obveznom označavanju energetskih karakteristika standardnih kućanskih uređaja, pri čemu su države članice obvezne provesti standardizirano označavanje u okvirima nacionalnih zakona [15].

Smjernica se primjenjuje na sljedeće uređaje u kućanstvima:

- hladnjake, zamrzivače i kombinacije
- perilice rublja, sušilice i kombinacije
- perilice posuđa
- pećnice
- grijalice vode i spremnike tople vode
- rasvjetna tijela
- rashladne uređaje.

Na temelju Smjernica 92/75/EEC, Europska je komisija, do 1999. usvojila smjernice o primjeni, koje precizno definiraju metodologiju označavanja za sljedeće električne kućanske uređaje:

- hladnjake, zamrzivače i kombinacije – smjernica 94/2/EEC
- kućanske perilice rublja - smjernica 95/12/EEC
- kućanske sušilice rublja - smjernica 95/13/EEC
- kombinirane perilice i sušilice rublja - smjernica 96/60/EEC
- perilice posuđa - smjernica 97/17/EEC, te smjernica 99/11/EEC kao njezin amandman
- rasvjetna tijela u kućanstvima - smjernica 98/11/EEC.

Sve države članice Europske unije (osim Italije za sušilice rublja) su, do sada, prevele gore navedene Smjernice o primjeni označavanja energetske potrošnje u nacionalne zakone, osim smjernice za rasvjetna tijela (u nekoliko zemalja).

5. ZAKLJUČAK

Ubrzanim donošenjem standarda energetske efikasnosti kućanskih uređaja i uredske opreme kao provjerenom pouzdanom i učinkovitom mjerom smanjenja energetske potrošnje i zaštite okoliša na nacionalnoj razini, u sve većem broju zemalja, test procedure kao njihova tehnička osnova dobivaju na važnosti i sada je

pravi trenutak da im se i u Hrvatskoj posveti zaslužena pažnja. Pretpostavka je da će u nekoliko sljedećih godina, zbog velikih teritorijalnih, gospodarskih, administrativnih i tehnoloških promjena na globalnom energetske tržištu, sve interesne skupine koje se bave test procedurama biti pod iznimno velikom pritiskom. Kako će koja zemlja donositi bilo inicijalne bilo modificirane verzije standarda energetske efikasnosti, tako će test procedure dobivati na važnosti i biti pod povećalom sve većeg broja ljudi. Proizvođači energetskih uređaja zahtijevaju da ispitivanja budu što jednostavnija i jeftinija, ali svako novo tehnološko rješenje, svako poboljšanje karakteristika uređaja, reflektira se na potrebu dorade test procedure što rezultira njenim obveznim poskupljenjem. Multinacionalni proizvođači smatraju komplicirane i u državne granice zatvorene test procedure iznimno jakim tržišnim barijerom. Nadalje, glavni cilj proizvođača je što manja deklarirana energetska potrošnja, dok potrošač želi da test procedura daje što točnije rezultate. Brzi, kontinuirani, tehnološki razvitak uređaja, sve više reducira mogućnosti postojećih test procedura da realno procijene njihovu energetske efikasnost. S obzirom na brojne multinacionalne korporacije koje plasiraju proizvode na različita tržišta, harmonizacija test procedura bi predstavljala veliki poticaj razvitku globalnog tržišta.

U ovom trenutku procedure jako variraju širom svijeta, i prvi bi korak trebala biti regionalna harmonizacija, pri čemu je jedna od glavnih barijera velika raznolikost u karakteristikama uređaja i ponašanju korisnika (npr. za perilice rublja i posuđa, energetska potrošnja je jako ovisna o temperaturama pranja koje se bitno razlikuju u raznim regijama svijeta; u Kini se npr. koristi samo hladna voda) [1].

U procesu harmonizacije najdalje su odmakle zemlje Europske unije, SAD i Kanada, koje su u fazi dogovaranja o harmonizaciji procedura za sve kućanske uređaje. Između SAD i Kanade usklađena je većina test procedura za kućanske uređaje, a u kratkom se vremenu očekuje i službena potvrda provedbe harmonizacije. Meksiko i SAD imaju jednake test procedure za kombinirane hladnjake, sobne klimatizacijske uređaje i električne motore. Očekuje se uključanje Meksika u dogovore između SAD i Kanade.

Za Japan je karakteristično da su za neke uređaje na snazi dvije različite test procedure. Tako se za hladnjake koriste, ISO i JIS procedure koje se bitno razlikuju. Australija i Novi Zeland za neke uređaje koriste modificirane IEC i ISO protokole, a za druge potpuno različite procedure.

Azijske zemlje imaju tendenciju prihvatanja ISO i IEC test procedura i standarda.

Iz navedenog se može zaključiti da će u sljedećim desetljeću jedan od važnijih zadataka svjetskih institucija za standardizaciju biti modificiranje test procedura u skladu s tehnološkim inovacijama, te pronalaženje najdjelotvornijih metoda za prevladavanje klima-

toloških, kulturoloških i dr. specifičnosti pojedinog područja kao velikih barijera u procesu usuglašavanja test procedura na regionalnoj i internacionalnoj razini.

U Zakonu o energiji, kao temeljnom energetske zakonodavstva po prvi se put u članku 12. eksplicite navodi da je učinkovito korištenje energije u interesu Republike Hrvatske. U skladu sa spomenutim članom, kao i Zakonom u cjelini, a radi što bržeg i uspješnijeg uključivanja Hrvatske u europske energetske tokove, od velike je važnosti slijediti relevantne Smjernice Europskog parlamenta, za koje je nadalje karakteristično da uvođenje obveznog etabliranja standarda energetske efikasnosti opreme, test procedura i energetskih oznaka u nacionalna zakonodavstva tretira kao iznimno djelotvornu metodu reduciranja potrošnje energije na nacionalnoj razini.

LITERATURA

- [1] A. K. MEIER, J. E. HILL: "Energy test procedures for appliances", Energy and Buildings 26, 1997.
- [2] P. K. BANSAL, R. KRÜGER: "Test standards for household refrigerators and freezers", Preliminary comparisons, Int. J. Refrig. 18, 1995.
- [3] A. MEIER, M. MARTINEZ: "Energy use of ice making in domestic refrigerators", ASHRAE Trans., 102 (1996)
- [4] H. COUVREUR, J. GOUDA, M. SCOTT: "Fabric washing in Western Europe", 37 th Int. Detergency Conference, Krefeld, Germany, 1996.
- [5] Group for Efficient Appliances (GEA), Washing Machines, Driers and Dishwashers, Rep. No. ISBN: 87-7844-014-9, Danish Energy Agency (DEA), Copenhagen, Denmark, 1995.
- [6] European Committee for Standardization, Methods of measuring the energy consumption of electric mains operated household refrigerators, refrigerator/freezers, frozen food storage cabinets, food freezers, and their combinations, together with associated characteristics, Rep. No. EN 153, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, March, 1989.
- [7] US Department of Energy, Uniform test method for measuring energy consumption of electric refrigerators and electric refrigerator/freezers, Code of Federal Regulations, Appendix A1 to Subpart B of Part 430,23 (10 CFR Chap. II), Government printing Office, Washington, D.C. 1994.
- [8] P. K. BANSAL, R. KRÜGER: "Test standards for household refrigerators and freezers, I: Preliminary comparisons", Int. J. Refrig., 18 (1994)
- [9] L. RAINER, A. MEIER, S. GREENBERG: "Leaking electricity in homes", ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Asilomar CA, American Council for an Energy Efficient Economy, Washington, DC, 1996.
- [10] Proposed Environmental Standards for Major Household Appliances, Green Seal, Washington, DC, 1993.
- [11] P. WAIDE, B. LEBOT, M. HINNELLS: "Appliance Energy Standards in Europe", Energy and Buildings 26, 1997.

- [12] B. JOHNSON, C. ZOI, "EPA energy star computers: the next generation of office equipment", Proc. Conf. of ACEEE 1992 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Panel 6, Pacific Grove, CA, August, 1992.
- [13] George WILKENFELD and Associates: "Evaluation of the National Energy Management Program", Economic and Energy Analysis and others, Department of Primary Industries and Energy, Canberra, Australia, November, 1993.
- [14] International Pacific Consulting and Harrison Market Research, National Energy Survey, 9. August 1991.
- [15] I. RAGUZIN, V. KRSTULOVIĆ: "Označavanje energetske učinkovitosti sukladno energetskej regulativi Europske unije i Republike Hrvatske", Zbornik radova 10. FORUMA: Liberalizacija i privatizacija energetskog sektora u zemljama tranzicije i Europske unije: iskustva i perspektive, HED, prosinac 2001.

TEST PROCEDURES AS THE TECHNICAL BASIS FOR ENERGY EFFICIENCY STANDARDS OF APPLIANCES AND OFFICE EQUIPMENT

The scope of this work is to point out the importance of defining the energy efficiency standards of appliances and office equipment as a proven efficient method for energy demand decrease on the national level. Therefore, characteristics of test procedures are described for different appliances and office equipment, which create a technical background for standard evaluation; world institutions that apply them are mentioned, as well as numerous barriers on their way to regional and international harmonisation. Furthermore, in the work a review on energy labelling is given as well as the legislative framework for its introduction to the Croatian energy market.

ENERGETISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON HAUSHALTS- UND BÜROGERÄTEN - PRÜFFORSCHRIFTEN ALS TECHNISCHE UNTERLAGE DER NORM

Der Zweck dieses Artikels ist an die Wichtigkeit des Verabschiedens der Norm über die energetische Leistungsfähigkeit von Haushalts- und Bürogeräten, als eines überprüften Mittels zur Herabsenkung des Energieverbrauchs im Rahmen des ganzen Staates. Zu diesem Zweck sind Hauptmerkmale der Prüfforschriften für verschiedene Haushalts- und Bürogeräte als technische Unterlage für das Verabschieden der Norm, die diese Vorschriften weltweit durchführenden Behörden, sowie zahlreiche Hindernisse auf dem Wege deren regionaler und internationaler Übereinstimmung. Weiters ist in der Arbeit eine Darstellung energetischer Symbole, sowie der gesetzgeberische Rahmen deren Einführung auf dem kroatischen energetischen Markt gegeben.

Naslov pisca:

Mr. sc. Vesna Kolega, dipl. ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar"
Savska 163
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2003 – 04 – 24.

VIJESTI IZ ELEKTROPRIVREDE I OKOLIŠA

TE-TO ZAGREB – PUŠTENO U RAD KOMBI-KOGENERACIJSKO POSTROJENJE

U Žitnjaku, na lijevoj obali Save, izgrađena je termoelektrana – toplana TE-TO Zagreb. Njezina izgradnja je započela krajem 1958. godine, a stavljena je u pogon krajem 1962. godine. Kao gorivo u početku se koristio lignit iz zagorskih rudnika i viškovi prirodnog plina iz obližnjih naftnih polja. Zbog zatvaranja rudnika dovozi se ugljen iz drugih područja, što nije bilo moguće trajno osigurati. Zbog toga a i zbog ekonomskih razloga pregrađuje se TE-TO na loženje teškog loživog ulja (mazuta) uz već postojeće instalacije na prirodni plin. Prvi blok "A" adaptiran je na tekuće gorivo početkom 1965. godine, a drugi "B" krajem 1966. godine. Na taj način omogućeno je loženje kotlova do 100 % mazutom i prirodnim plinom ili kombinirano.

U vremenu od 1975. do 1979. godine proširuje se TE-TO Zagreb s blokom "C" ukupno instalirane električne snage 120 MW i toplinske snage 200 MW. Blok "C" sastoji se od oduzimno-kondenzacijske turbine snage 110 MW te generatora pare 400 t/h. I blok "C" loži se teškim loživim uljem i prirodnim plinom, pri čemu se kotao može ložiti i jednim i drugim gorivom do 100 % učina.

U razdoblju od 1994. do 1997. godine turbine i kotao blokova A i B revitalizirane su s namjerom da rade još idućih deset godina. Pri tom se ispostavilo da kotao bloka B neće moći biti više u funkciji.

Zato je odlučeno da se sruši i na njegovom mjestu izgradi novo suvremeno kogeneracijsko postrojenje veće snage.

Studije su pokazale da je najpovoljnije rješenje supstitucija dotrajalih blokova A i B novim kombi-kogeneracijskim plinsko-parnim postrojenjem. Novo postrojenje, blok K, smješteno je jednim dijelom na ranije praznom prostoru između postojećih proizvodnih jedinica te u kotlovisi i strojarnici starih blokova, na mjestu demontiranog bloka B.

Sredinom lipnja pušteno je u komercijalni pogon kombi-kogeneracijsko postrojenje u TE-TO Zagreb. Kombinirano plinsko-parno postrojenje ima kapacitet od 200 MW električne i 150 MW toplinske snage. Ukupna godišnja proizvodnja električne energije iznositi će 1,4 milijarde kWh, a toplinske oko 320 milijuna kWh.

Od elektroopreme ugrađeni su :

- turbogeneratori snage 80 MVA, napona 10,3 kV s pripadajućim neovisnim sustavom statičke uzbude s digitalnim regulatorom napona i tiristorskim pretvaračem
- energetske transformatori snage 85 MVA, distributivni i specijalni transformatori te transformatori za vlastitu potrošnju snage 7 MVA
- oprema za rasklopno postrojenje 6,3 kV i postrojenje 400 V
- sklopni aparati za visokonaponsko postrojenje 123 kV (prekidači, rastavljači i zemljospojnik)
- naponski i strujni mjerni transformatori (tipa VPU-123 i AGU-123).

Stavljanjem u pogon ovog postrojenja zadovoljit će se potrebe Zagreba za toplinom, odnosno tehnološkom parom i ogrjevnom toplinom i povećati sigurnost rada hrvatskog elektroenergetskog sustava.

Kao osnovno gorivo pogon troši prirodni plin, ekološki prihvatljivo gorivo, čime se ujedno uvažavaju najstrože norme u očuvanju okoliša. Rezervno je gorivo, u slučaju poremećaja u opskrbi plinom, ekstralako loživo ulje, kojim se osigurava desetodnevni rad postrojenja.

To je prvo proizvodno postrojenje u samostalnoj RH financirano vlastitim sredstvima HEP-a. Ukupna vrijednost postrojenja iznosi oko 900 milijuna kuna. Postrojenje je po principu "ključ u ruke" izgradila američka kompanija Parsons Power Group. Oko 45 % radova u vrijednosti od oko 420 milijuna kuna izvele su hrvatske kompanije u koordinaciji kompanije Montmontaža (Duro Đaković, Tvornica parnih kotlova, ABB Karlovac, Končar i drugi).

SBK

IZ IZVJEŠĆA DRŽAVNOG ZAVODA ZA STATISTIKU

Na temelju Zakona o nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti i drugih važećih zakona Državni zavod za statistiku vodi registar poslovnih subjekata. Upisom u sudski registar svakom se poslovnom subjektu dodjeljuje sedmeroznamenasti matični broj, a dijelu poslovnog subjekta određuje se četveroznamenasti redni broj uz matični broj. Svim poslovnim subjektima i njihovim dijelovima dodjeljuje se i šifra djelatnosti prema Nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti (NKD).

Nacionalna klasifikacija djelatnosti utemeljena je na Europskoj klasifikaciji djelatnosti NACE, Rev. 1 koja je obvezna za države članice Europske unije.

Prema NKD elektroprivredna djelatnost pripada u područje E, Odjeljak 40 – pskrba električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom.

Državni zavod za statistiku prikuplja mjesečna i godišnja izvješća po statističkim jedinicama. Statističke jedinice od kojih se prikupljaju izvješća jesu trgovačka društva razvrstana po područjima djelatnosti u Registru poslovnih subjekata. Pri određivanju statističkih jedinica poštovan je i teritorijalni princip na razini županija, tj. jedna statistička jedinica obuhvaća samo jednu županiju, pa je Hrvatska elektroprivreda dužna načiniti toliko izvješća koliko ima županija.

Između statističkih podataka objavljenih u mjesečnim i godišnjim izvješćima Državnog zavoda za statistiku izabrani su najinteresantniji podaci kao što su:

- podaci o proizvodnji električne energije
- podaci o neto i bruto plaći te broju zaposlenika u toj djelatnosti
- indeksi cijena industrijskih proizvoda.

Promatra se razdoblje od 2000. do kraja prve polovice 2003. godine.

Proizvodnja električne energije

Podatke o proizvodnji električne energije prikupio je Državni zavod za statistiku putem mjesečnih izvješća za područje industrije i energetike u suradnji sa županijskim uredima za statistiku (IND-21/A). Ovi podaci obuhvaćaju

trgovačko društvo HEP Proizvodnja d.o.o. te ostala trgovačka društva izvan HEP grupe s istom djelatnošću, dakle ukupno proizvedenu električnu energiju na području Republike Hrvatske bez obzira na vlasništvo.

U tablici 1. te dijagramima na slikama 1a., 1b., 1c. i 1d. prikazana je struktura proizvodnje električne energije u apsolutnim

polovice 2003. godine. Prema prikupljenim podacima u godinama 2000. i 2001. veći udio je električne energije proizvedene u hidroelektranama. Najmanja proizvodnja ostvarena je u termoelektranama u 2000. godini i iznosi 3561 GWh. Istodobno je ostvarena najviša proizvodnja u hidroelektranama u iznosu 7153 GWh za promatrano razdoblje.

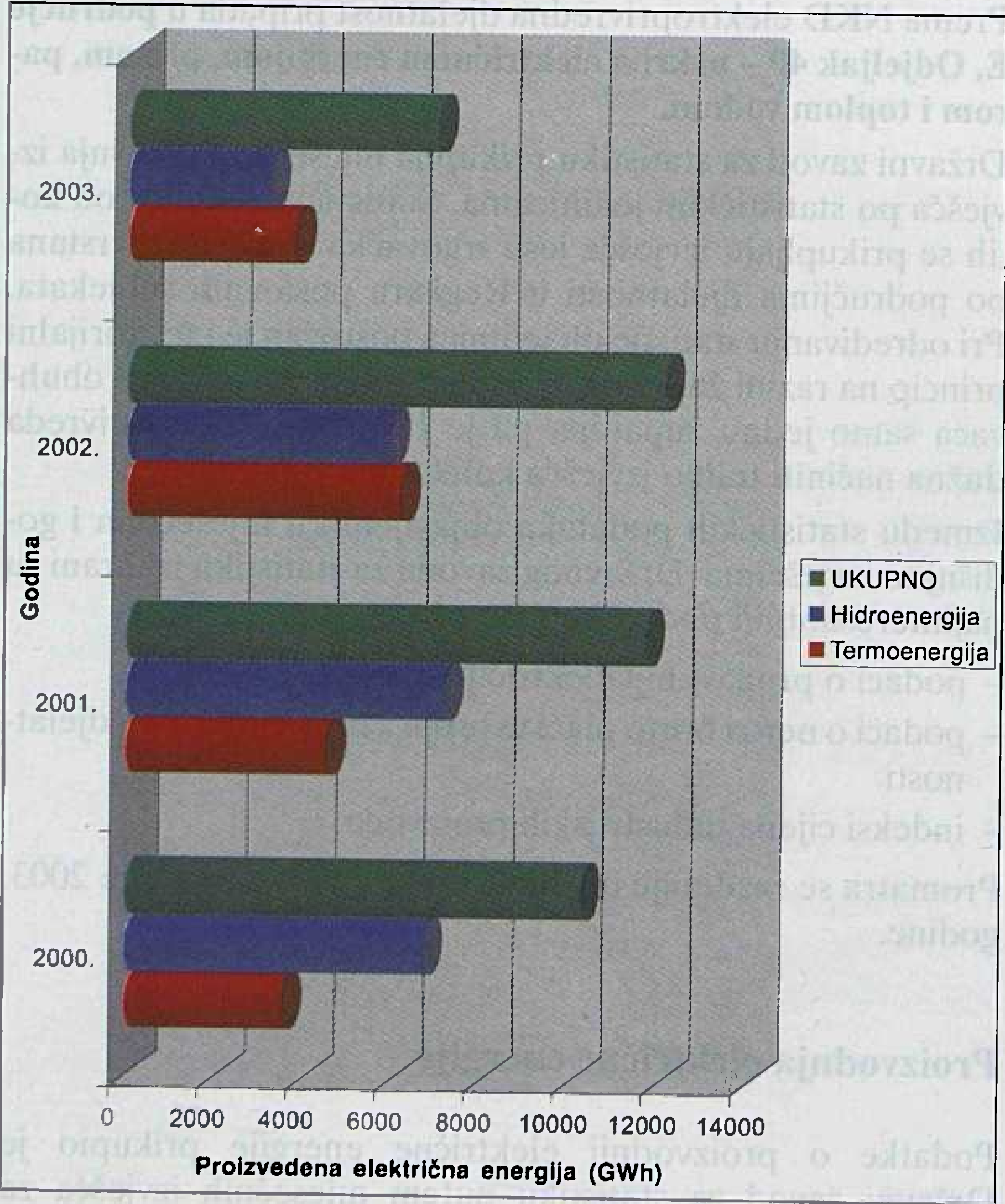
Tablica 1 – Struktura proizvodnje električne energije od 2000. do 2003.

MWh

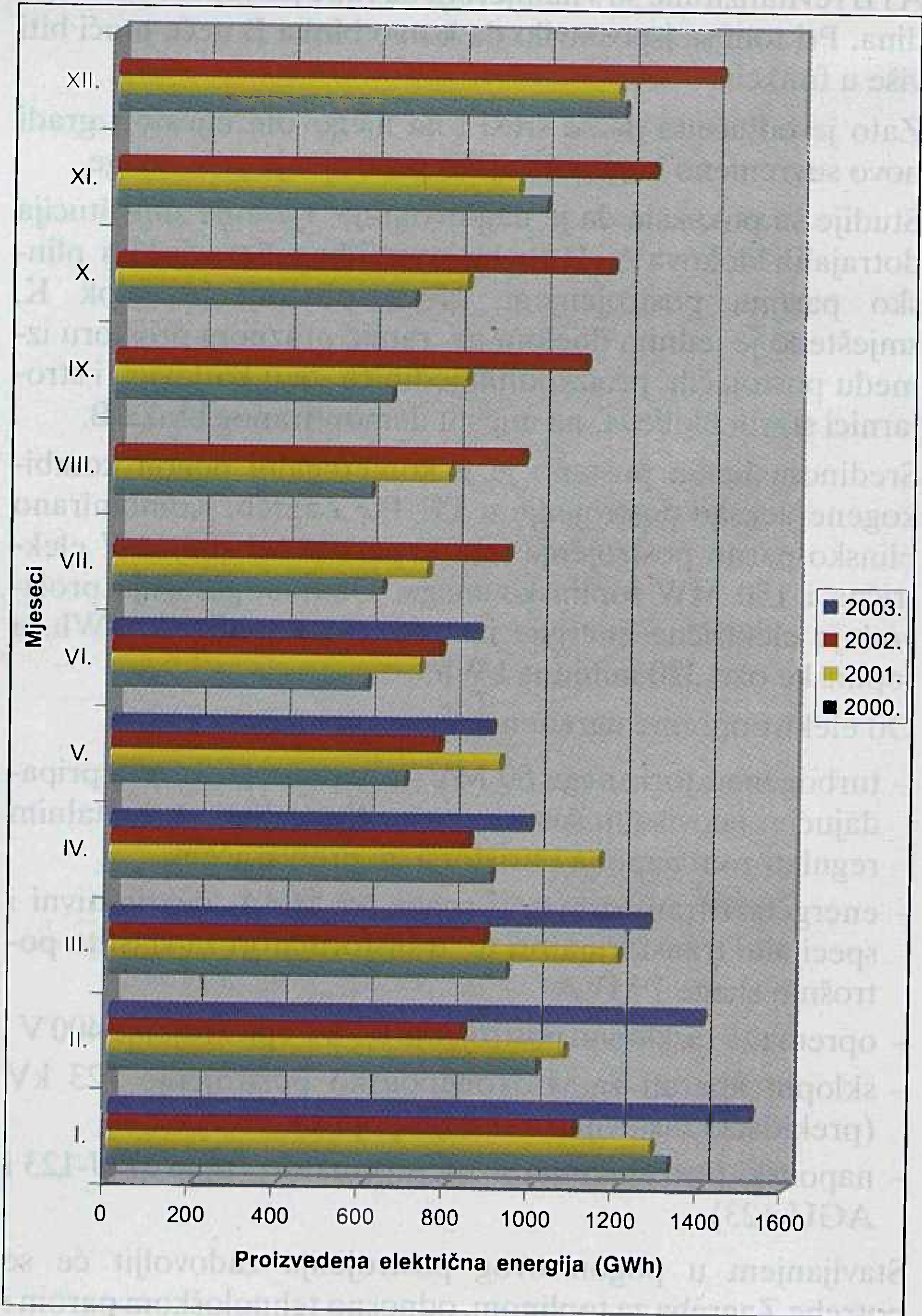
Godina	2000.			2001.			2002.			2003.		
Mjeseci	Ukupno	HE	TE	Ukupno	HE	TE	Ukupno	HE	TE	Ukupno	HE	TE
I.	1321920	848409	473511	1282765	946856	335909	1100362	424871	675491	1517233	824162	693071
II.	1009643	960229	49414	1075673	799630	276043	835308	448791	386517	1401478	735048	666430
III.	936274	603750	359524	1200649	913302	287347	885835	447341	438494	1270038	621429	648609
IV.	898208	647763	250445	1154184	863697	290487	845722	479400	366322	988938	414647	574291
V.	693741	468909	224832	915934	638699	277235	773914	424153	349761	897663	316477	581186
VI.	602892	327141	275751	726608	463147	263461	775233	341715	433518	863641	269900	593741
VII.	635631	254809	380822	742156	375972	366184	930891	308070	622821			
VIII.	606491	275812	330679	791206	367140	424066	965719	385106	580613			
IX.	652328	255622	396706	829872	397987	431885	1108523	453459	644064			
X.	704971	465683	239288	828937	361512	467425	1169419	653982	515437			
XI.	1010782	759590	251192	946498	465279	481219	1266250	763888	502362			
XII.	1193571	865010	328561	1179070	559299	619771	1418603	772880	645723			
Ukupno	10266452	6732727	3560725	11673552	7152520	4521032	12075779	5903656	6161123	6938991	3181663	3757328

iznosima (ukupno, hidro, termo) po godinama i mjesecima za razdoblje od 2000. do kraja prve polovice 2003. godine.

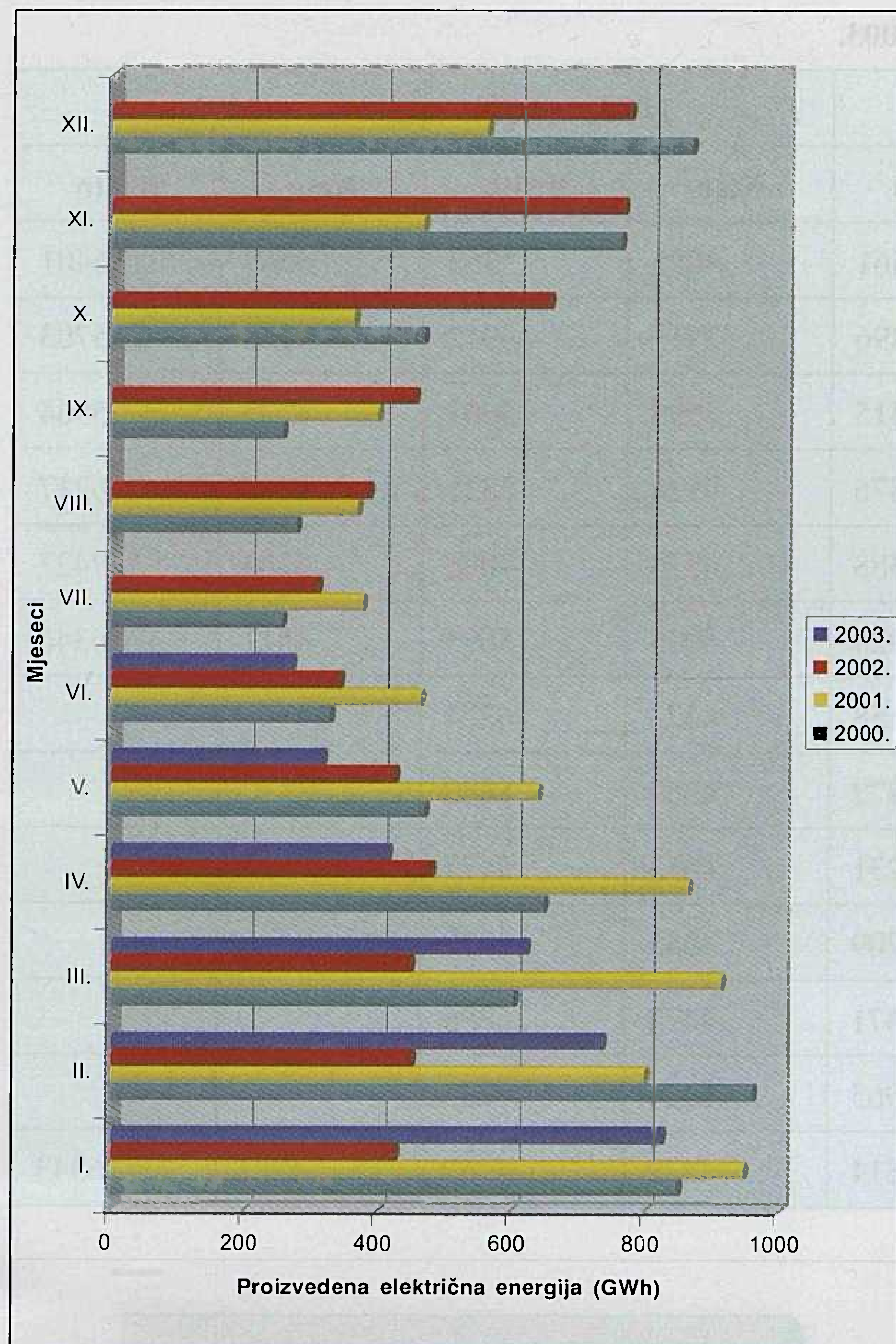
Slika 1a. prikazuje strukturu proizvedene električne energije, odnosno proizvodnju u hidroelektranama i termoelektranama po godinama za razdoblje od 2000. do kraja prve



Slika 1a – Struktura proizvodnje električne energije od 2000. do 2003.



Slika 1b – Ukupna proizvodnja po mjesecima (GWh)



Slika 1c – Produkcija u HE po mjesecima od 2000. do 2003.

U godini 2002. ostvarena je veća proizvodnja u termoelektranama i iznosi 6160 GWh. U prvoj polovici 2003. godine veća proizvodnja je ostvarena u termoelektranama.

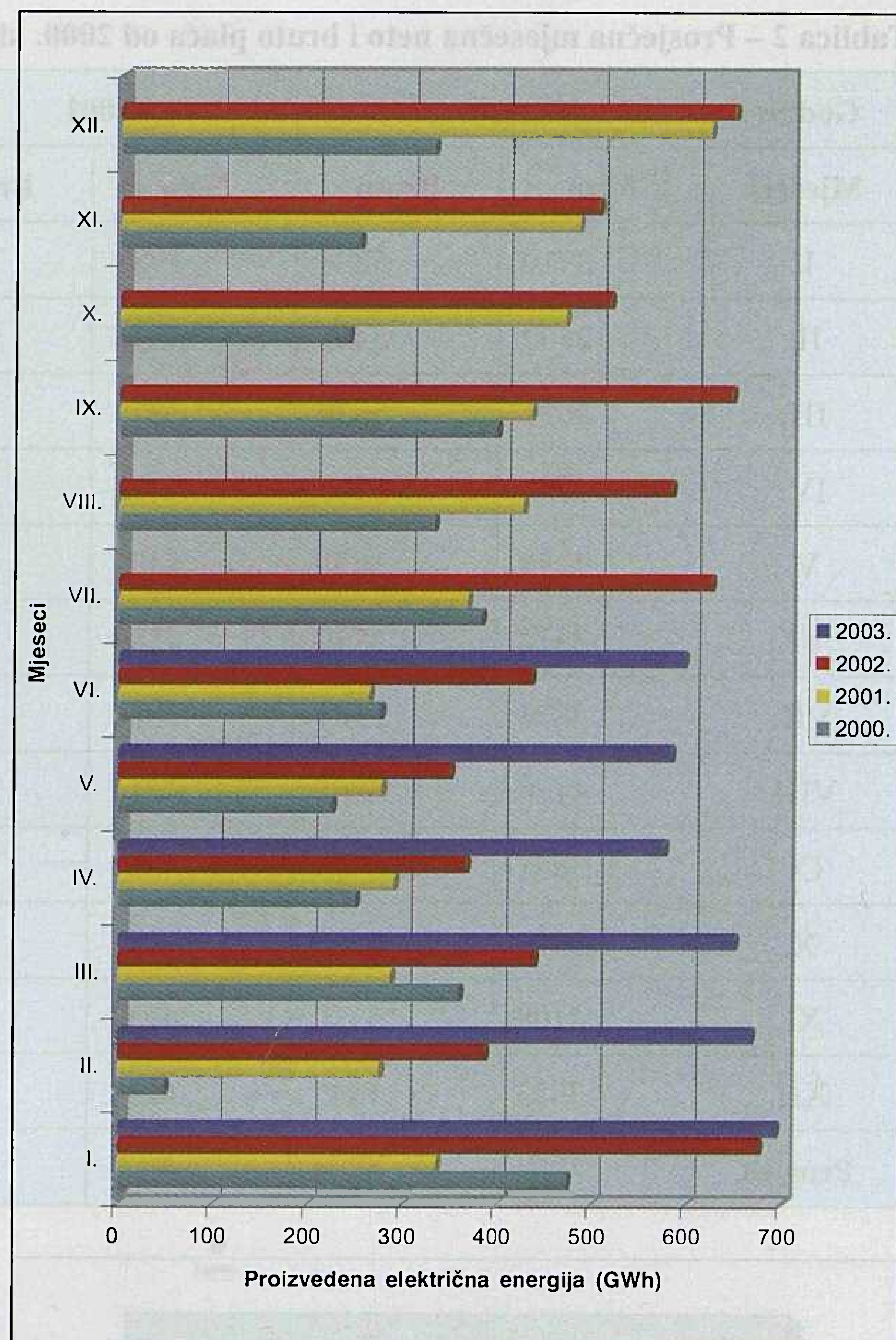
Na slici 1b. prikazana je ukupna proizvodnja električne energije, ali po mjesecima za razdoblje od 2000. do kraja prve polovice 2003. godine. Najveća ukupna proizvodnja ostvarena je u siječnju 2003. godine (1571 GWh), a najmanja u lipnju 2000. godine (603 GWh).

Slika 1c. prikazuje mjesečnu proizvodnju u hidroelektranama. Najmanja mjesečna proizvodnja ostvarena je u hidroelektranama u srpnju 2000. godine. Najveća proizvodnja u hidroelektranama ostvarena je u veljači 2000. godine u iznosu od 960 GWh.

Slika 1d. prikazuje mjesečnu proizvodnju u termoelektranama. Najmanja mjesečna proizvodnja u termoelektranama ostvarena je u veljači 2000. godine u iznosu od 49 GWh, a najveća u siječnju 2003. godine u iznosu od 693 GWh.

Prosječne neto i bruto plaće

Državni zavod za statistiku u okviru godišnjih programa istraživanja prikuplja podatke putem izvješća, koji se u poslovnim subjektima popunjavaju na temelju evidencija o plaćama. Istraživanjem o plaćama zaposlenih u poslovnim subjektima obuhvaćene su neto i bruto plaće zaposlenih koji



Slika 1d – Produkcija u TE po mjesecima od 2000. do 2003.

imaju zasnovan radni odnos, bez obzira na vrstu radnog odnosa i duljinu radnog vremena. U podatke o prosječnim neto plaćama uključena je i naknada za topli obrok.

Prosječna mjesečna isplaćena neto plaća obuhvaća plaće zaposlenih za izvršene poslove na osnovi radnog odnosa i naknade za godišnji odmor, plaćeni dopust, državne blagdane i neradne dane utvrđene zakonom, bolovanja do 42 dana, odsutnosti za stručno obrazovanje, zastoje na poslu bez krivnje zaposlenog, obnašanje vojne obveze, naknadu za topli obrok i primitke na osnovi naknada, potpora i nagrada u iznosima na koje se plaćaju doprinosi, porezi i prirezi.

Prosječna mjesečna bruto plaća obuhvaća sve vrste neto isplata na osnovi redovitog radnog odnosa i zakonom propisana obvezna izdvajanja, doprinose, poreze i prireze.

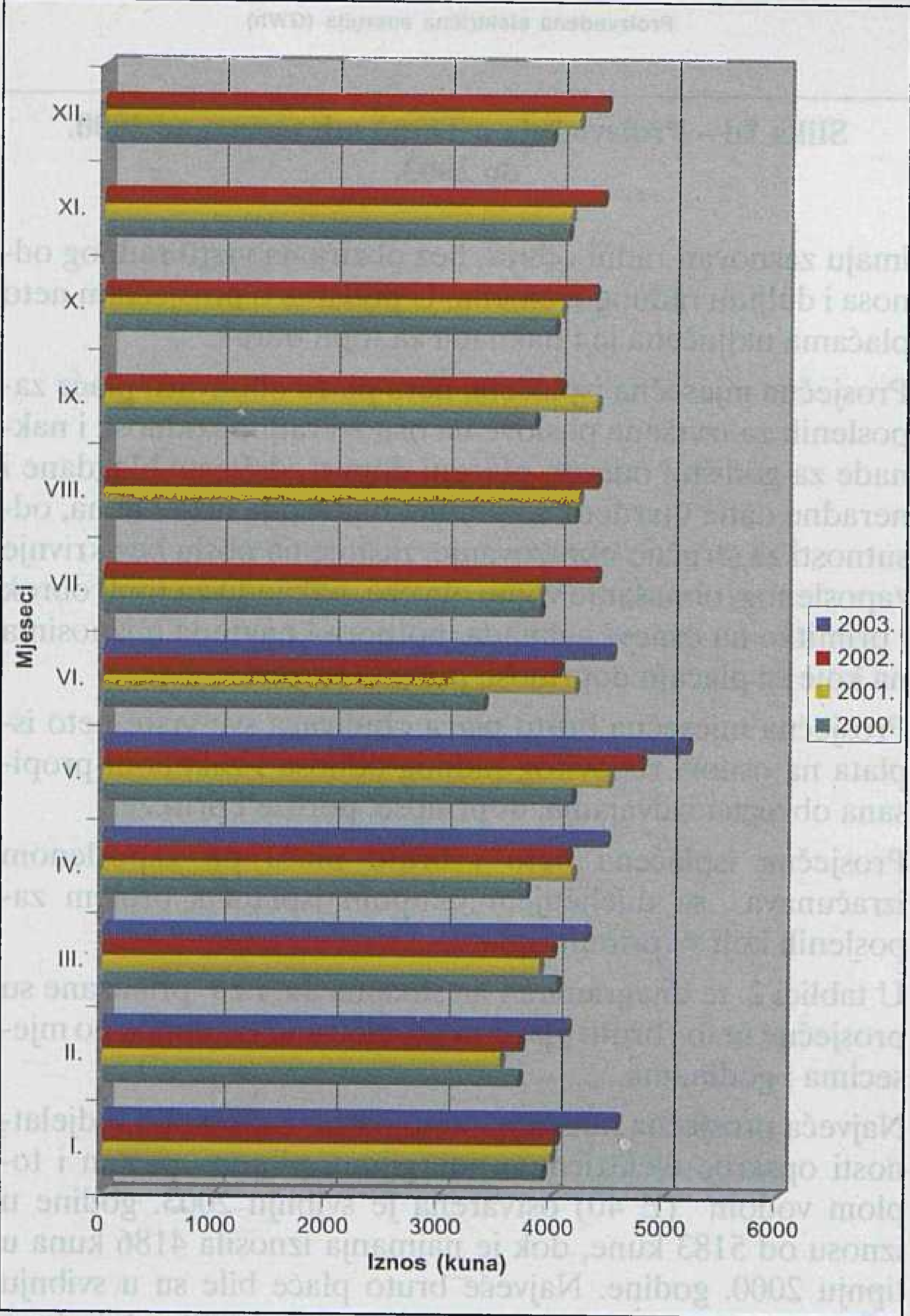
Prosječna isplaćena neto i bruto plaća po zaposlenom izračunava se dijeljenjem ukupnih isplata s brojem zaposlenih koji su primili isplate.

U tablici 2. te dijagramima na slikama 2a. i 2b. prikazane su prosječne neto i bruto plaće za promatrano razdoblje po mjesecima i godinama.

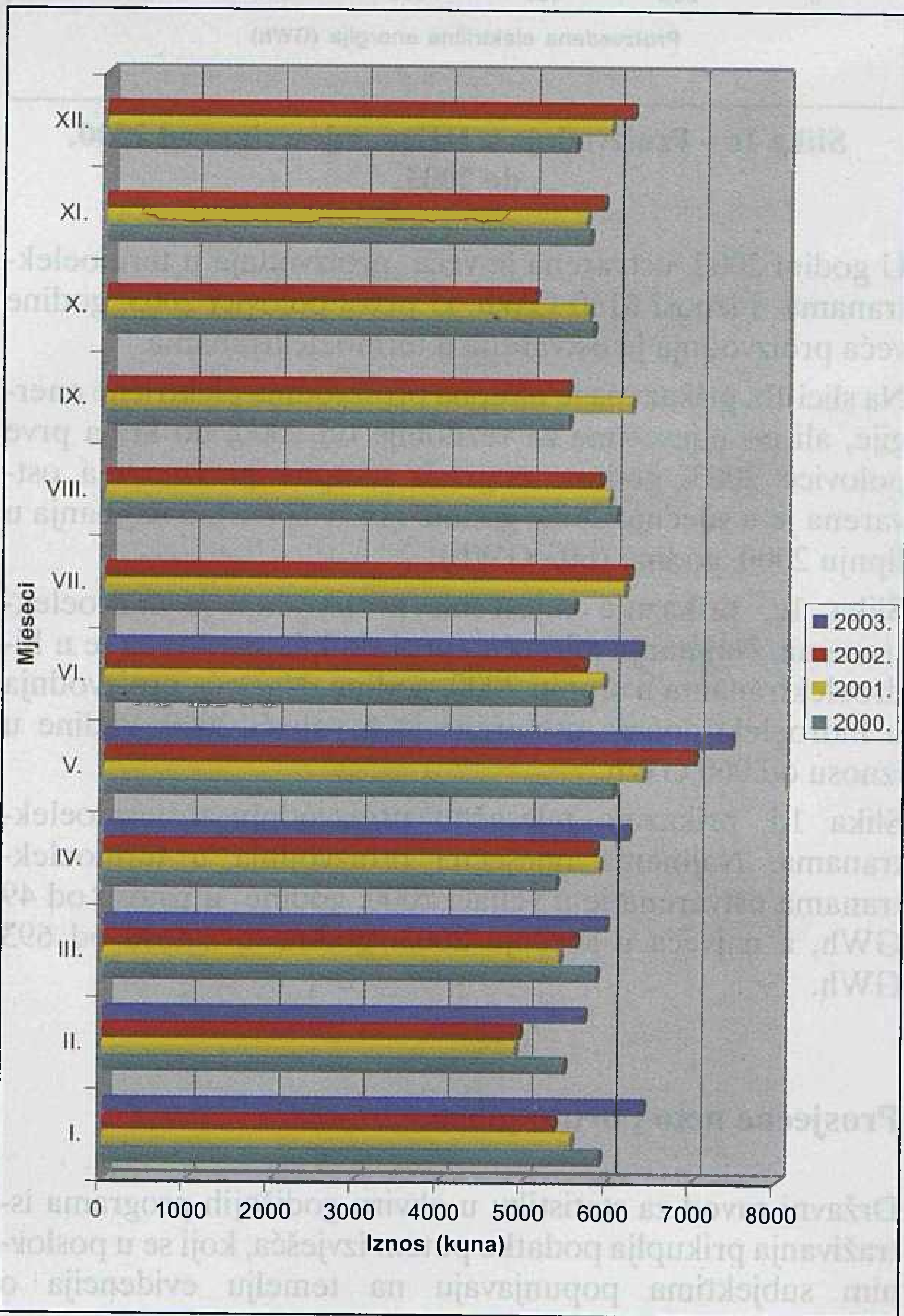
Najveća prosječna mjesečna neto plaća zaposlenih u djelatnosti opskrbe električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom (E 40) ostvarena je svibnju 2003. godine u iznosu od 5183 kune, dok je najmanja iznosila 4186 kuna u lipnju 2000. godine. Najveće bruto plaće bile su u svibnju 2003. godine 7427 kuna, dok je najmanja od 4896 zabilježena u lipnju 2001. godine.

Tablica 2 – Prosječna mjesečna neto i bruto plaća od 2000. do 2003.

Godine	2000.		2001.		2002.		2003.	
Mjeseci	Neto	Bruto	Neto	Bruto	Neto	Bruto	Neto	Bruto
I.	3910	5884	3988	5561	4025	5353	4567	6401
II.	3690	5465	3536	4896	3711	4942	4126	5703
III.	4031	5839	3878	5415	3995	5607	4295	5964
IV.	3757	5365	4162	5876	4128	5831	4457	6217
V.	4155	6038	4484	6388	4778	7008	5184	7427
VI.	3372	5740	4186	5924	4035	5693	4511	6346
VII.	3874	5564	3874	6158	4373	6224		
VIII.	4176	6065	4214	5972	4369	5880		
IX.	3821	5478	4369	6231	4053	5477		
X.	3993	5753	4057	5709	4345	5078		
XI.	4108	5710	4130	5671	4410	5886		
XII.	3953	5545	4202	5965	4436	6223		
Prosjek	3903	5704	4090	5814	4222	5767	4523	6343



Slika 2a – Prosječne mjesečne neto plaće

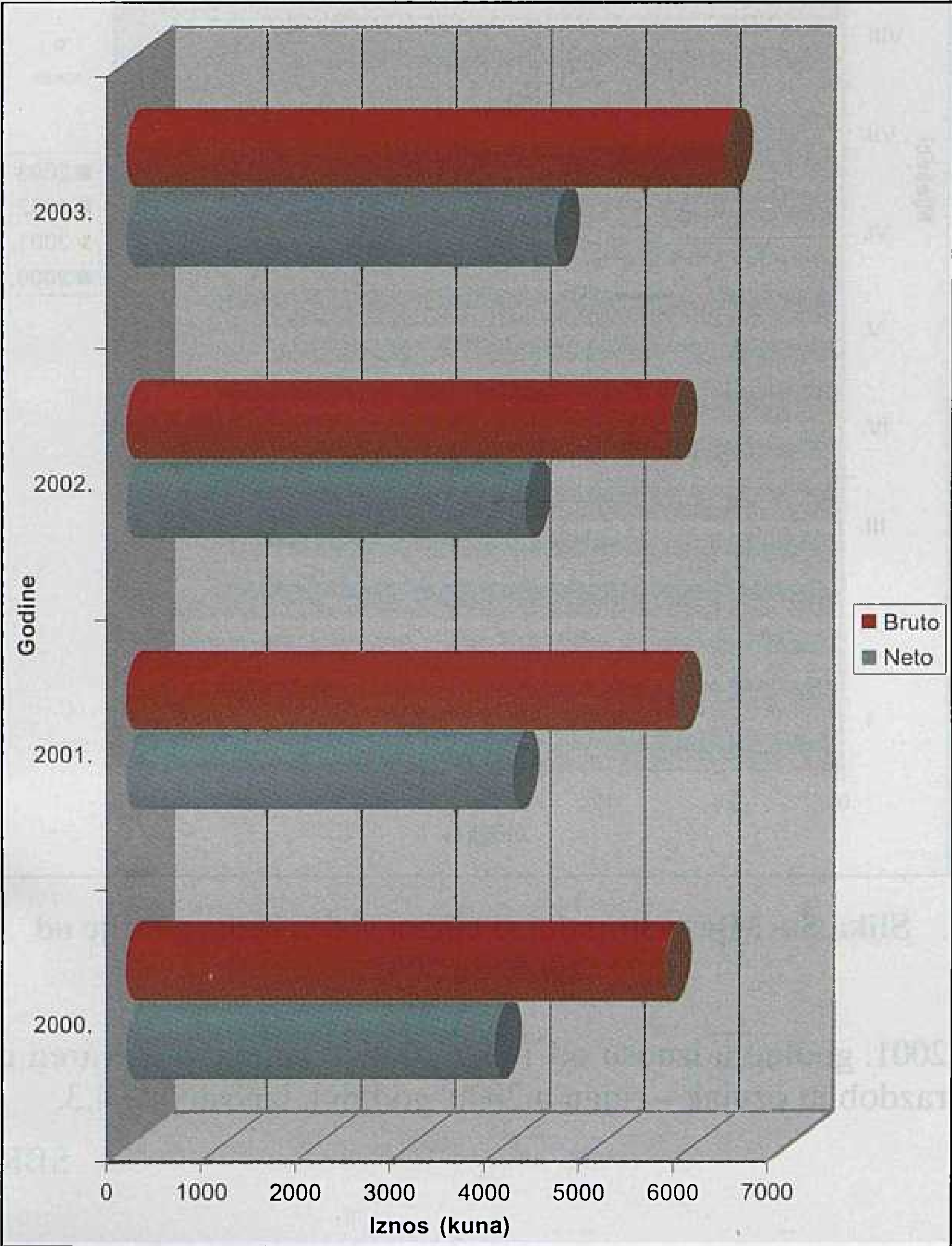


Slika 2b – Prosječne mjesečne bruto plaće

U tablici 3. te dijagramom na slici 3. prikazane su prosječne mjesečne neto i bruto plaće po godinama za promatrano razdoblje.

Tablica 3 – Prosječne neto i bruto plaće po godinama od 2000. do 2003.

	2000.	2001.	2002.	2003.
Neto	3903	4090	4222	4523
Bruto	5704	5814	5767	6343



Slika 3 – Prosječne neto i bruto plaće po godinama od 2000. do 2003.

U promatranom razdoblju prosječne neto i bruto plaće pokazuju tendenciju porasta. Prosječna mjesečna neto plaća kreće se od 3903 kune u 2000. godini do 4523 kune u prvoj polovici 2003. godine.

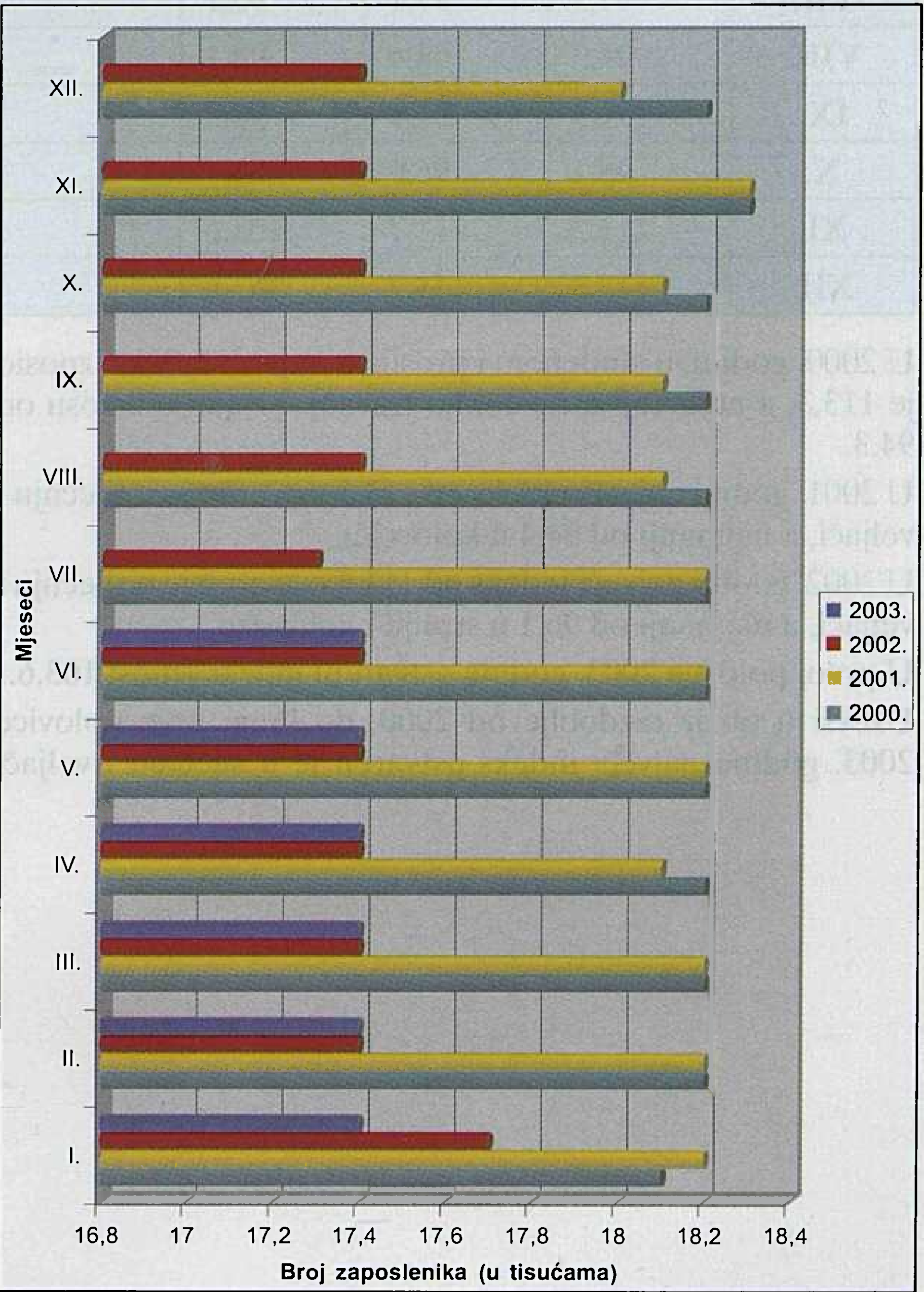
Zaposlenici

Prema definicijama, korištenim u Anketi o radnoj snazi koje se temelje na metodologiji Međunarodne organizacije rada, zaposlenici su osobe koje rade za poslodavca u državnom ili privatnom sektoru i za svoj rad primaju naknadu u novcu ili naturi. Razlikuju se od zaposlenih koji mogu biti umirovljenici, studenti, kućanice i sl.

U tablici 4. te dijagramom na slici 4. prikazan je prosječan broj zaposlenika u Području E – opskrba električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom u razdoblju od 2000. do kraja prve polovice 2003. godine. Podaci su iskazani kao godišnji prosjek podataka prikupljenih godišnjim izvješćem sa stanjem 31. ožujka. Podaci o zaposlenima za mjesečno stanje rezultat su obrade podataka redovitog mjesečnog izvješća.

Tablica 4 – Broj zaposlenika po mjesecima od 2000. do 2003.

	2000.	2001.	2002.	2003.
I.	18,1	18,2	17,7	17,4
II.	18,2	18,2	17,4	17,4
III.	18,2	18,2	17,4	17,4
IV.	18,2	18,1	17,4	17,4
V.	18,2	18,2	17,4	17,4
VI.	18,2	18,2	17,4	17,4
VII.	18,2	18,2	17,3	
VIII.	18,2	18,1	17,4	
IX.	18,2	18,1	17,4	
X.	18,2	18,1	17,4	
XI.	18,3	18,3	17,4	
XII.	18,2	18,0	17,4	



Slika 4 – Broj zaposlenika po mjesecima od 2000. do 2003.

Prosječan broj zaposlenika u području E 40 – Opskrba električnom energijom, plinom, parom i toplom vodom kreće se od 17400 do 18300 s tendencijom pada u 2002. i 2003. godini.

Cijene kod proizvođača

Državni zavod za statistiku od siječnja 1998. godine prikuplja cijene industrijskih proizvoda pri proizvođačima prema Nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti i prema novoj Nomenklaturi industrijskih proizvoda i usluga, a indeks se izračunava prema područjima i odjeljima Nacionalne klasifikacije djelatnosti.

Opći indeks cijena po područjima (E) i odjeljcima (40) utvrđuje se ponderiranim postupkom, pri čemu se za ponderu uzima vrijednost proizvoda prodanih na domaćem tržištu. Pregled mjesečnih indeksa cijena električne energije od 2000. do kraja prve polovice 2003. godine prikazan je u tablici 5. te dijagramom na slici 5.

Tablica 5 – Mjesečni indeksi cijena električne energije od 2000. 2003.

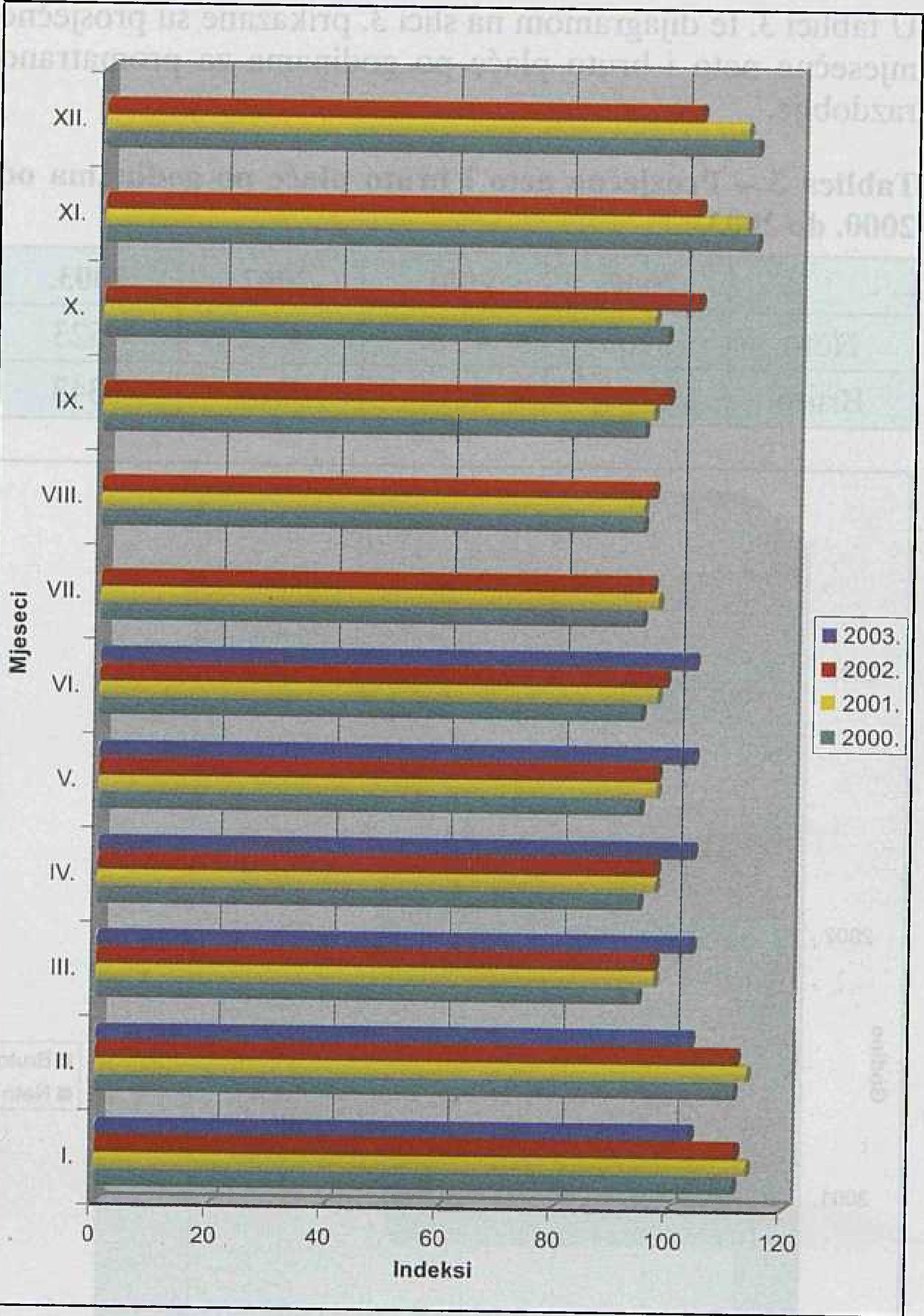
	2000.	2001.	2002.	2003.
I.	111,2	113,5	111,6	103,6
II.	111,2	113,5	111,6	103,6
III.	94,3	97,2	97,2	103,6
IV.	94,3	97,2	97,2	103,6
V.	94,3	97,2	97,2	103,6
VI.	94,3	97,1	98,5	103,6
VII.	94,3	97,1	96,1	
VIII.	94,3	94,4	96,1	
IX.	94,3	95,9	98,5	
X.	98,1	95,9	103,7	
XI.	113,3	111,7	103,6	
XII.	113,3	111,7	103,6	

U 2000. godini, u studenom i prosincu najveći indeks iznosio je 113,3, a najmanji u razdoblju travanj – rujan u iznosu od 94,3.

U 2001. godini najveći indeks od 113,5 ostvaren je u siječnju i veljači, a najmanji od 94,4 u kolovožu.

U 2002. godini najveći indeks od 111,6 ostvaren je u siječnju i veljači, a najmanji od 96,1 u srpnju i kolovožu.

U prvoj polovici 2003. godine ostvareni indeks iznosi 103,6. Uzevši u obzir razdoblje od 2000. do kraja prve polovice 2003. godine najveći indeks ostvaren je u siječnju i veljači



Slika 5 – Mjesečni indeksi cijena električne energije od 2000. do 2003.

2001. godine u iznosu od 113,5 , dok je najmanji ostvaren u razdoblju ožujak – rujan u 2000. godini u iznosu od 94,3.

SBK

USVOJENA NOVA DIREKTIVA EUROPSKE UNIJE O TRŽIŠTU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Europski parlament i Vijeće Europske unije prihvatili su 26. lipnja 2003. godine novu Direktivu 2003/54/EC o tržištu električne energije, kojom se stavlja izvan snage dotadašnja Direktiva 96/92/EC, donesena 19. prosinca 1996. godine. Struktura novog dokumenta slijedi strukturu dotadašnjeg dokumenta, ali unosi izmjene i dopune, uvjetovane dosadašnjim i željenim razvojem prilika na tržištu električne energije Europske unije. Zanimljivije odredbe nove Direktive opisuju se u nastavku.

Direktiva utemeljuje zajednička pravila za proizvodnju, prijenos, distribuciju i opskrbu električnom energijom.

Direktiva poznaje samo operatora prijenosne mreže (a ne i operatora elektroenergetskog sustava, kakav se javlja u našem Zakonu o tržištu električne energije) i ne poznaje operatora tržišta (a našim je Zakonom uveden). Operator prijenosne mreže odgovoran je za pogon, održavanje i razvoj prijenosne mreže na određenom području. Analogno, operator distribucijske mreže odgovoran je za distribucijsku mrežu na određenom području. Zanimljivija je i definicija vertikalno integriranog poduzeća, koja kaže da je to poduzeće/grupa koja obavlja najmanje jednu od djelatnosti prijenosa ili distribucije i barem jednu od djelatnosti proizvodnje ili opskrbe električnom energijom.

Nova Direktiva favorizira postupak izdavanja odobrenja (autorizacije) za izgradnju novog proizvodnog objekta (elektrane). Samo iznimno, ako postupkom odobravanja nije postignuta zadovoljavajuća sigurnost opskrbe u nekom predstojećem razdoblju, može se pristupiti javnom natječaju za izgradnju nove elektrane.

Uvodi se pojam povećanja energetske učinkovitosti, odnosno upravljanja potražnjom, kao mjerom za smanjenje primarne potrošnje energije i vršnog opterećenja, te mjerom za smanjenje opterećenja okoliša.

Operator prijenosne mreže je vlasnik prijenosne mreže, jedan ili više njih na državnom području, odgovoran za: dugoročnu sposobnost mreže prema udovoljavanju prijenosnim zahtjevima, sigurnost opskrbe putem odgovarajuće pouzdanosti mreže, upravljanje tokovima snage i osiguranje usluga sustava, koordinaciju s drugim povezanim prijenosnim mrežama, osiguranje nediskriminacije između korisnika mreže i osiguranje informacija svim korisnicima mreže. Operator prijenosne mreže odgovoran je za dispečiranje elektrana na svome području, te za korištenje spojnih vodova prema drugim prijenosnim mrežama. Mora nabaviti energiju za pokriće gubitaka u mreži, te za uravnoteženje ponude i potražnje u mreži, na tržišnim osnovama. Mora dati prednost obnovljivim izvorima i stanovitu prednost proizvođačima koji koriste domaće izvore primarne energije. Ako je operator prijenosne mreže dio vertikalno integriranog poduzeća, mora biti neovisan od drugih barem u pogledu zakonske forme, organizacije i odlučivanja. To ne znači odvajanje vlasništva nad objektima mreže od vertikalno integriranog poduzeća. Osobe koje upravljaju operatorom prijenosne mreže ne mogu sudjelovati u svakodnevnom vođenju proizvodnje, distribucije i opskrbe,

a operator prijenosne mreže mora biti neovisan od integriranog poduzeća s obzirom na sredstva potrebna za pogon, održavanje i razvoj mreže.

Operator distribucijske mreže je vlasnik distribucijske mreže, jedan ili više njih na državnom području, odgovoran za: siguran, pouzdan i učinkovit pogon mreže uz vođenje brige o zaštiti okoliša, osiguranje nediskriminacije između korisnika mreže i osiguranje informacija svim korisnicima mreže. Operator distribucijske mreže mora nabaviti energiju za pokriće gubitaka u mreži, te za uravnoteženje ponude i potražnje u mreži, na tržišnim osnovama. Pri planiranju razvoja mreže, mora uzeti u obzir mjere povećanja energetske učinkovitosti i mjere za upravljanje potražnjom. Ostale odredbe o operatoru distribucijske mreže, analogne su odredbama koje se odnose na operatora prijenosne mreže.

Dopušta se i kombinirani mrežni operator, zajednički za prijenosnu i za distribucijsku mrežu.

Opskrbljivač može biti izdvojeni prodajni odjel vertikalno integriranog poduzeća ili izdvojeni odjel prodaje iz distribucije, ali i posve neovisna tvrtka za opskrbu. Obvezuje se da uz račun za utrošenu električnu energiju iskaže mješavinu energenata koja je prethodne godine iskorištena za proizvodnju električne energije, te o utjecaju na okoliš što su ga izazvala postrojenja za proizvodnju električne energije.

Posebnim prilogom uz Direktivu, određene su mjere zaštite kupaca (potrošača), primjerice: o naknadi u slučaju neispunjenja ugovorene kvalitete usluge ili o nezaračunavanju promjene opskrbljivača, te o jeftinom postupanju prema žalbama.

Elektroprivredna vertikalno integrirana poduzeća moraju u svojem internom vođenju poslovnih knjiga, držati odvojene račune za prijenosne i distribucijske poslove, kao što bi se to od njih tražilo ako bi te poslove obavljala odvojena poduzeća.

Sve zemlje članice moraju ustrojiti regulatorna tijela, neovisna od elektroprivrede, za nadzor provedbe odredbi Direktive, uključujući i odobravanje naknada za korištenje prijenosne i distribucijske mreže.

Odredbe o otvaranju tržišta – opsegu povlaštenih kupaca, dakle onih koji mogu slobodno birati svojeg opskrbljivača:

- do 1. srpnja 2004. godine – kupci koji troše više od 9 GWh godišnje (sadašnja odredba našeg Zakona određuje kao povlaštene kupce one koji troše više od 40 GWh godišnje),
- najkasnije od 1. srpnja 2004. godine – svi kupci-nekućanstva, osim iznimaka odobrenih po Komisiji Europske unije u najduljem trajanju od 18 mjeseci,
- od 1. srpnja 2007. godine – svi kupci, bez ikakvih daljih iznimaka.

Postojeća Direktiva 96/92/EC ukida se definitivno 1. srpnja 2004. godine, do kada su zemlje-članice Europske unije obvezne svoja zakonodavstva uskladiti s novom Direktivom. Direktiva 2003/54/EC stupila je na snagu 4. kolovoza 2003. godine.

www.veoe.at/14.8.2003.

MK

RAZLIČIT STUPANJ OTVARANJA TRŽIŠTA U ZEMLJAMA EU

Prema još uvijek važećoj Direktivi 96/92/EC, koja će vrijediti u razdoblju prijelaza na novu Direktivu 2003/54/EC, do 1. srpnja 2004. godine, obuhvat povlaštenih kupaca određen je sljedećim rokovima:

- od 19. veljače 1997. – kupci koji troše više od 40 GWh godišnje (stupanj otvaranja tržišta 23%)
- od 19. veljače 2000. – kupci koji troše više od 20 GWh godišnje (stupanj otvaranja tržišta 28%)
- od 19. veljače 2003. – kupci koji troše više od 9 GWh godišnje (stupanj otvaranja tržišta 33%).

Dakle, početkom 2003. godine postignuti stupanj otvaranja tržišta morao je biti 33%, toliki bi najmanje trebao biti udjel električne energije koja se može (ali ne mora) kupovati na slobodnom tržištu, a 67% na reguliranom tržištu. Ostvareno stanje je u nekim zemljama znatno povoljnije (7 zemalja čak 100%), a u svim zemljama je iznad 1/3 – prema tablici u nastavku.

Stupanj otvaranja tržišta (%), stanje u ožujku 2003.

Austrija	100
Danska	100
Finska	100
Njemačka	100
Španjolska	100
Švedska	100
Velika Britanija	100
Nizozemska	63
Luksemburg	57
Belgija	52
Portugal	48
Irska	40
Francuska	37
Italija	35
Grčka	34

Praktično, odredbe nove Direktive 2003/54/EC u pogledu rokova otvaranja tržišta odnose se samo na približno polovinu (8 od ukupno 15) sadašnjih zemalja-članica Europske unije, jer je 7 zemalja postigla 100%-tnu otvorenost već danas.

www.strom.de/20.8.2003.

MK

MALI PORAST POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Potrošnja električne energije u Njemačkoj porasla je u godini 2002. samo za 0,2 % u usporedbi s prethodnom godinom. Na to su utjecali i faktori za sniženje i povećanje potrošnje. Kupovani su štedni kućanski aparati, konjunktura je bila slaba, a zima blaga. Naprotiv, informatička i komunikacijska tehnika djelovale su na povećanje potrošnje električne energije.

EW, god. 102(2003), broj 6

Mrk

POUZDANOST DOBAVE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Budući da je električna energija životni sok gospodarstva, važno je da njena dobava bude sigurna i kvalitetna uz podnošljivu cijenu.

Njemačka je od godine 1991. do godine 2001. zbog toga u kvalitetu dobave električne energije investirala 34 milijarde eura.

Potrošači prosječno u Njemačkoj ostaju bez električne energije godišnje 15 minuta, dok npr. u Skandinaviji i Italiji prekid prosječno godišnje traju 2 do 3 sata.

EW, god. 102(2003), br. 10

Mrk

ELEKTROPRIVREDNE POTEŠKOĆE U BRAZILU

Nakon sušnog razdoblja, početkom 2003. godine, brazilske su vodne akumulacije opet pune. Brazilska je vlada, tijekom sušnog razdoblja tražila od industrije, trgovine i kućanstava maksimalnu štednju električne energije. No, takva je štednja nastavljena i kad su se energetske prilike poboljšale. Potrošnja je pala i do 20 %, prema onoj pred dvije godine. Manja potrošnja, manji prihodi elektroprivrednih poduzeća.

Smanjenje prihoda i veliki dugovi znatno smanjuju interes za ulaganje u elektroprivredu.

M. Santos, predsjednik nacionalne savezne mreže (ONS) predviđa još jednu krizu u elektroprivredi Brazila, kad budu, oko godine 2006., ušle u pogon nove elektrane i dalekovodi. S time se doduše svi stručnjaci ne slažu, no one koji se slažu, zabrinjava činjenica, da bi u tom slučaju u elektroprivredu, do godine 2009., trebalo uložiti 45 do 50 milijardi eura, kako bi dobava električne energije bila pouzdana i sigurna. Santos predviđa opet gospodarski godišnji porast od 3 % u Brazilu i porast potrošnje električne enegije od 5,7 %, što je upitno. Dode li do toga, država će morati opet intervenirati.

Prijašnja vlada nadala se da će elektroprivrednu ekspanziju preuzeti privatna inicijativa. Postojeća vlast misli drugačije i priprema znatne promjene u gospodarstvu. Stat će se s privatizacijom u području elektroprivrede, jer je program privatizacije promašen i nije ono što se očekivalo.

Nove su tarife težište plaćanja električne energije prebacile na kućanstva, pa su im računi narasli i do 60 %. Unatoč porastu cijena, proizvođači i ponuđači električne energije se tuže na nerentabilnost posla, što koči investiranje u elektroprivredu.

EW, god. 102(2003), br. 11

Mrk

UVOZ I IZVOZ ELEKTRIČNE ENERGIJE U NJEMAČKOJ

Njemačka bilanca uvoza-izvoza električne energije za 2002. godinu završila je s viškom uvoza od 0.7 %. To je saldo koji odgovara okruglo 0,01 % njemačke proizvodnje električne energije ili 489 milijardi kWh. Najvažniji europski partner u dobavi bila je Francuska.

U priloženoj tablici navedeni su sudionici uvoza i izvoza električne energije u Njemačku.

Zemlja	U milijardama kWh		
	Uvoz	Izvoz	Saldo
Austrija	4,3	8,4	-4,1
Švicarska	3,8	11,9	-8,1
Francuska	18,8	11,9	18,8
Luxemburg	0,9	4,8	-3,9
Nizozemska	1,4	14,0	-12,6
Danska	5,0	2,9	2,1
Češka Republika	10,6	0,2	10,4
Poljska	0,6	1,9	-1,3
Švedska	0,8	1,4	-0,6
Suma	46,2	45,5	0,7

Električna energija iz Francuske, velikim je dijelom, preko Njemačke, izvezena u Nizozemsku i Italiju.

EW, god. 102(2003), br. 9

Mrk

ELEKTRIČNA BROJILA – ELEKTRONIČKA ILI ELEKTROMEHANIČKA

Velika je razlika u tipu električnih brojila za kućanstva u europskim zemljama. Dok se u Skandinaviji, Francuskoj i Švicarskoj u novim instalacijama ugrađuju elektronička brojila, u Njemačkoj, Velikoj Britaniji, Italiji i Španjolskoj prevladava još ugradnja elektromehaničkih uređaja. Prilikom deregulacije energetskeg sektora i u Njemačkoj je došlo do potiskivanja elektriomehaničkih kućanskih brojila, ali do sada nije bilo većeg zamaha.

U članku izašlom u EW br. 10 od ove godine, učinjena je usporedbena analiza troškova za elektromehanička i elektronička brojila. Uspoređeni su svi utjecaji tijekom radnog života brojila. Uzeta je u obzir cijena svih prednosti i mana elektroničkog brojila, pa je dobivena prednost elektromehaničkih brojila od 7,41 eura.

U Njemačkoj su, barem za sada, u većini elektromehanička brojila.

EW, god. 102(2003), br. 10

Mrk

ULOGA OPERATORA PRIJENOSNOG SUSTAVA (TSO) U EUROPSKOM ENERGETSKOM TRŽIŠTU

Operatori prijenosnog sustava TSO (The Transmission System Operators) u Europskom tržištu djelovat će u nekoliko smjerova. Kao prvo morat će osigurati visoku kvalitetu operacija u sustavu, zatim osigurati nediskriminatorski pristup svim partnerima i pobrinuti se za fer upravljanje nedovoljnim resursima i na nacionalnoj i na međudržavnoj razini.

Osim toga, moraju jamčiti nedeskrimatorske uvjete u izboru stvarnih prioriteta od općeg interesa. Na kraju operator prijenosnog sustava ima bitnu ulogu u međugraničnim tarifama.

Ovi operatori su osnovali europsko udruženje ETSO, koje igra vodeću ulogu u definiranju budućeg sustava međugraničnih tarifa, koje su ovog časa privremene.

Suprotno općem uvjerenju, stvaranje internih energetskih tržišta u Europi nije samo stvar deregulacije. Naravno, to znači kraj nacionalnim monopolima te odbacivanje regula-

tornih, tehničkih i protekcionističkih zakona, ali to je i pitanje bolje regulacije ovih tržišta. Zbog toga je bilo potrebno stvaranje nezavisnog regulatornog tijela u svakoj zemlji članici. Osim toga, također je potrebno uspostavljanje operatora sustava.

Da bi sustav funkcionirao, potrebno je izgraditi adekvatne mreže, jer one nisu jednako razvijene u svim zemljama članicama. Zato je danas prioritet Europske komisije razvoj i stvaranje međuveza slično onima iz područja transporta. Za to su potrebna sredstva koja bi se trebala osigurati povećanim udjelom iz europskog budžeta. Da bi se postigla odgovarajuća razina povezanosti procjenjuje se da je količina sredstava ekvivalentna iznosu od 10 % proizvodnog kapaciteta pojedine zemlje. Jedan iz te grupe projekata je nova veza između Grčke i Italije, koja će povezati Grčku s europskim kontinentom.

Ekonomska vrijednost interkonekcije je značajna kada se uzme u obzir da je u Europi čak 8 % potrošnje energije iz prekograničnih razmjena. Čak i uz značajne mjere koje se poduzimaju da bi se stvorilo integrirano europsko energetske tržište, električna energija još je uvijek proizvod koji se kreće uz puno više teškoća nego na primjer televizor, mikrofoni ili stolica. Zbog toga potrebno je hitno razviti ove međuveze, pogotovo u pojedinim dijelovima Europske unije, gdje zbog povijesnih i zemljopisnih razloga nedostaje infrastruktura. Primjer za to je veza između Francuske i Španjolske te Francuske i Italije.

Kada se sve ovo uzme u obzir može se zaključiti da su operatori prijenosnog sustava ključni partneri ne samo za otvaranje tržišta električnom energijom već i za upravljanje mrežama, a isto tako i savjetodavci za razvoj konekcije. Stoga je nužna njihova nezavisnost i kooperacija. Zajedno s Europskom komisijom oni čine tim koji će načiniti uspješno i integrirano tržište električne energije.

Electra, No. 206, February 2003.

SBK

SNIŽENJE MREŽARINA U NJEMAČKOJ

Za proteklih pet mjeseci, od listopada 2002. godine do ožujka 2003. godine, došlo je do blagog sniženja naknada za korištenje mreža u Njemačkoj. U istom razdoblju, stagnirala je naknada za korištenje mreže 110 kV, a za korištenje mreža najviših napona (220 i 400 kV), naknada je u 15 posljednjih mjeseci povećana za 15 do 20%. Iznosi se pregled prosječnih mrežarina za pojedine naponske razine, ostvarenih u Njemačkoj.

Prosječne mrežarine u Njemačkoj (eurocenta/kWh)

Naponska razina priključka	listopad 2002.	ožujak 2003.
Niski napon	5,55	5,49
Srednji napon	2,80	2,76
Visoki napon (110 kV)	1,23	1,23

Tu su prosječni iskazi u eurocentima/kWh, inače se mrežarina načelno sastoji iz tri komponente: fiksni dio namijenjen mjerenju i obračunu, te dio ovisan od angažirane snage (tamo gdje se ta snaga mjeri) i dio ovisan o prenesenoj/distribuiranoj energiji.

www.vdn-berlin.de

MK

VDN – UDRUGA NJEMAČKIH OPERATORA MREŽA

Verband der Netzbetreiber (VDN) – Udruga (njemačkih) operatora mreža osnovana je 13. lipnja 2001. godine i najmlađe je “dijete” u obitelji restrukturirane njemačke elektroprivrede. Njezino osnivanje logična je konzekvenca nove uloge koju imaju operatori prijenosne i distribucijske mreže u Europi. Stanje u lipnju 2003. godine je sljedeće: ukupno 333 članice, u tome 4 operatora prijenosne mreže, 49 regionalnih operatora i 273 komunalna operatora distribucijske mreže, te 5 inozemnih operatora mreže. Zahvaćaju oko 95% njemačke mreže.

VDN – obuhvaćena mreža u tisućama kilometara

Opis	Naponska razina	Duljina mreže
Vrlo visoki napon	220 i 400 kV	40
Visoki napon	110 kV	75
Srednji napon	više od 6 kV	480
Niski napon	0,4 kV	970
Ukupno		1565

Dakle, obuhvaćena mreža u Njemačkoj čini ukupno 40-struki opseg Zemlje, mreža samo najviših napona (220 i 400 kV) mogla bi točno jednom obujmiti Zemljinu kuglu! Četiri operatora prijenosne mreže su: EnBW Transportnetze (za područje Baden-Würtenberga, jugoistočni dio Njemačke), RWE Net (za zapadno područje Njemačke), E.ON Netz (za središnje područje, od krajnjeg sjevera do Bavarske), te VEAG (za istočno područje, teritorij bivše DDR).

www.vdn-berlin.de

MK

PRIPREMAJU SE NOVE GRAĐEVINSKE NORME

Energetska efikasnost ima najistaknutije mjesto u borbi protiv globalnog zagrijavanja. Smanjenje potrošnje energije, odnosno povećanje energetske efikasnosti postaje općenito prioriteni zadatak. Ovaj put riječ je o zgradama, gdje postoji mnogo mogućnosti za uštedu energije i povećanje energetske efikasnosti. Naime, zgrade troše oko 40 % energije za grijanje, hlađenje i rasvjetu i veliki su zagađivači kada je u pitanju emisija ugljičnog dioksida. Donošenjem zakonske regulative Europska unija planira smanjiti ovu potrošnju na 22 % od ukupne energije.

U smislu da se postigne održivi razvoj, ovdje se može govoriti o održivom građenju. Ulažu se veliki naponi da se stvori novi tip zgrade koji će trošiti manje energije i tako utjecati na smanjenje globalnog zagrijavanja i njegovih štetnih nuspojava. Da bi regulirala ovu problematiku Europska unija je donijela direktivu za sektor građevinarstva «Energy Performance of Buildings Directive». Direktiva će biti prva koja će osigurati da se energetska potrošnja u postojećim zgradama učini efikasnijom.

Prema ovoj Direktivi države članice trebaju utvrditi minimalne standarde energetske efikasnosti kao i sheme certifikacije tih performansi kod novih i postojećih zgrada većih od 100 m². Rok za izvršenje je kraj 2005. godine. Ukoliko nemaju adekvatnu infrastrukturu, produžava se rok za tri godine. Osim toga, sve zemlje članice moraju implementirati inspekcijski sustav za redovnu kontrolu bojlera i uređaja za

klimatizaciju. Ova Direktiva ne odnosi se na vjerske zgrade i zgrade s povijesnom vrijednošću. Kada se ova Direktiva implementira donijet će u Europskoj uniji uštedu od 45 milijuna tona ugljičnog dioksida godišnje.

Europsko udruženje za energetske efikasnost u građevinarstvu «The European Alliance of Companies for Energy Efficiency in Buildings (EuroACE) pozdravilo je ovu Direktivu. Provedeno istraživanje za potrebe EuroACE-a pokazalo je da je ovo samo desetina od ukupnog potencijala za štednju energije u građevinarstvu. Zapravo ovo je samo prvi korak u realizaciji golemog potencijala štednje energije. Europska komisija bi trebala u dogledno vrijeme objaviti direktivu o energetskim uslugama.

Međunarodna organizacija za održivu energiju «The International Network for Sustainable Energy» (Inforse) također je podržala inicijativu da se regulira područje energetske efikasnosti u građevinarstvu te da se implementira u nacionalnim zakonodavstvima. Inforse smatra da je potrebno raspraviti o implementaciji standarda energetske efikasnosti u građevinarstvu u pojedinim zemljama Europske unije umjesto nasilnog nametanja pravila. Činjenica je da u svim zemljama Europske unije važeća regulativa o građenju ima relativno male zahtjeve za energetske efikasnost i za primjenu obnovljive energije. Posljedica toga je visoka potrošnja energije i veliki troškovi korisnika. Kod starih zgrada ne može se puno učiniti s obzirom na visoke troškove implementacije, dok je kod novih to moguće uz znatno niže troškove. Zato Inforse apelira na sve relevantne vladine i nevladine organizacije da promoviraju implementaciju ove Direktive i podrže pasivnu solarnu energiju kao prioritet.

Inicijative vezane za energetske efikasnost pojavljuju se širom svijeta. Istraživački centri nastoje kreirati kuću koja održava i proizvodi energiju. Tako je američki NAHB istraživački centar zajedno s jednom građevinskom kompanijom izgradio na području Tuscona postrojenje za tzv. kuću nulte energije (The Zero Energy Home). Kuća ima malo energetske postrojenje, ugodna je za stanovanje, ali ujedno energetski efikasna (s energetskim sustavima za korištenje solarne energije) te komercijalno isplativa.

Refocus, March/April 2003; www.re-focus.net ;
www.europa.eu.int/comm/energy/en/fa_2_en.html

SBK

SVJETSKO ENERGETSKO VIJEĆE I OBNOVLJIVA ENERGIJA

Prema izjavama Svjetskog energetskeg vijeća (The World Energy Council – WEC) obnovljiva energija ostat će razmjerno mala komponenta energetske opskrbe industrijaliziranih zemalja, odnosno obnovljiva energija bit će “dodatak” a ne zamjena fosilnim gorivima i nuklearnoj energiji. Obrazlažući svoje ciljeve objašnjava da obnovljiva energija ima znatan potencijal te teoretski može dati gotovo neograničenu količinu relativno čiste energije ovisno o lokaciji.

Govoreći u apsolutnom iznosu korištenje obnovljive energije jako je raslo, no relativno gledajući, taj rast (uljučujući velika hidro postrojenja, ali ne i biomasu) u svjetskoj ukupnoj energiji ostao je na 4 %. Također, većina stručnjaka očekuje da će ova brojka ostati ista unutar razdoblja kratkoročnih i srednjoročnih planova.

Prošle je godine Međunarodna energetska agencija (The International Energy Agency – IEA) objavila scenarij po kojem

bi obnovljiva energija rasla 40 % svjetske ukupne energije kao rezultat nove enegetske i ekološke politike. Centar ovog razvoja bio bi u zemljama OECD-a. No, uzimajući u obzir dugoročnu prirodu energetske projekata, vrijednost postojeće infrastrukture, troškove i trenutačnu nezrelost tehnologija obnovljive energije, jasno je da obnovljiva energija ne može zamijeniti fosilna goriva i nuklearnu energiju u sljedećih nekoliko desetljeća, iako ona može produžiti trajanje konačnih rezervi fosilnih goriva.

U industrijaliziranim zemljama vlade vide obnovljivu energiju kao sredstvo za smanjenje i izbjegavanje emisije stakleničkih plinova. Ubrzan razvoj obnovljive energije mogao bi pomoći u transferu tehnologije u zemlje u razvoju, gdje bi energija mogla postati dostupna jednoj i pol milijardi ljudi koji danas nemaju pristup modernoj energiji.

WEC ne protežira nijednu energetske tehnologiju, jer to dovodi do rasula na tržištu. No, prihvaća nacionalne ciljeve vezane za obnovljivu energiju, budući da oni pomažu pri ostvarenju određenih strateških ciljeva. Glavni cilj je smanjiti emisije stakleničkih plinova, što se može postići većim udjelom obnovljive energije, ali i efikasnijim korištenjem energije.

Investiranje u čistu energiju temeljenu na fosilnim gorivima može dati veću dobrobit za okoliš nego podržavanje neke trenutačno nezrele tehnologije obnovljive energije.

Ukoliko je cilj da se osigura energetska sigurnost i pristup, nužno je razmisliti o tome da se obnovljiva energija tretira od slučaja do slučaja zbog svoje nestalnosti i zbog stvarnih troškova koji ovise o lokalnim uvjetima.

Prošlih deset godina troškovi korištenja obnovljive energije su se znatno smanjili.

U prvi plan su došla vjetropostrojenja, hidro i geotermalna postrojenja koji su postali konkurentni energetske tržištu, dok su fotovoltaičke ćelije, solarno grijanje vode i biomasa došli u drugi plan.

Neke vlade podržavaju istraživanja i razvoj tehnologija obnovljive energije, što može biti opravdano, kako bi se ubrzao njihov razvoj. WEC upozorava da štice obnovljive energije od konkurencije u nekim slučajevima može imati potpuno suprotni učinak. Maknuvši pritisak konkurencije može se usporiti razvoj tehnologije. Također postoji opasnost da arbitražna potpora određenoj obnovljivoj energiji može onemogućiti razvoj druge.

Refocus, May/April 2003; <http://www.worldenergy.org>

SBK

EMISIJA STAKLENIČKIH PLINOVA – JOŠ UVIJEK IMA PUNO ZA UČINITI

Više od pola zemalja Europske unije još nije na putu da održi dogovore vezane za ograničenje emisija stakleničkih plinova. Razloga ima više koji stoje iza ove tvrdnje.

Prema zadnjim godišnjim izvješćima Europske komisije i Europske agencije za okoliš (EEA) može se zaključiti u petnaest zemalja EU neće biti do 2010. godine ostvareno planirano smanjenje emisija stakleničkih plinova od 8 % u odnosu na 1990. godinu, već samo 4,7 %. Razlog tome je što se neke zemlje ne pridržavaju dogovorene raspodjele onečišćenja.

Da bi se postigli planirani ciljevi emisija bit će potrebne dodatne, ali nužne mjere.

Osim uvođenja politike i uvođenja dodatnih mjera, zemlje također mogu iskoristiti neke mehanizme samog Protokola kao što su razmjena emisija, zajednički rad, razvoj čistih tehnologija itd. Sve to može pomoći da se dođe do zacrtanog cilja.

Druga je opcija uzimanje u obzir oslobađanje ugljika iz šuma, zemljišta i agrikulture.

Nedavno je postignut dogovor na razini ministara za okoliš Europske unije. Radi se o stvaranju tržišta za razmjenu dozvoljenih količina zagađenja ugljičnim dioksidom. Nakon što Europski parlament potvrdi ovaj dogovor, bit će određena granična vrijednost ugljičnog dioksida koju ključne industrije smiju proizvesti. To će omogućiti kompanijama da kupuju i prodaju emisijska prava unutar 15 nacionalnih blokova. Gotovo polovica emisije ugljičnog dioksida u Europskoj uniji otpada na visoko zagađujuće sektore industrije i proizvodnje energije.

Probna shema dogovora počela je funkcionirati u Velikoj Britaniji. Radi se o prvom internom ugovoru unutar jedne države u Europskoj uniji između kompanija koje trguju ugljičnim dioksidom. Velika Britanija uspjela je osigurati optimalnu emisiju time, što je omogućila industriji izuzeća sve do 2008. godine, ukoliko pokažu da domaća regulacija može rezultirati adekvatnim smanjenjem emisija. Kako bi smanjili troškove industrije ministri su ponudili brojne koncesije. No, još je važnije da su značajno smanjene kazne, ako ne dođe do postizanja ciljeva.

Izvešća Europske agencije za okoliš (EEA) također pokazuju, da pet zemalja centralne i istočne Europe, za koje se očekuje da će ući u Europsku uniju do 2004. godine, također su na putu da prihvate vlastite odgovornosti vezane za Protokol iz Kyota.

Neki klimatolozi vjeruju da je odluka Europske unije vezana uz sustav trgovanja emisijama uistinu način da se krene u konkretne akcije, kako bi se ispunile obveze iz Kyota. No, države članice trebaju poduprijeti ambiciozni plan za smanjenje količine emisije za sve sektore industrije koji koriste mnogo energije kao i one koji proizvode energiju.

Neke akcije uistinu jesu poduzete sa strane EU, ali pitanje klimatskih promjena ne može biti riješeno jednim dogovorom. Bit će potrebne još mnoge odluke donesene od drugih sudionika.

Energy International, January 2003;
www.energyinternational.info

SBK

SOLARNI KOLEKTORI U EUROPSKOJ UNIJI

Ukupna površina termalnih solarnih kolektora instaliranih u Europskoj uniji do kraja 2002. godine procjenjuje se na 12,844.900 kvadratnih metara. U ovaj iznos uključeni su samo kolektori koji su trenutačno u pogonu, odnosno izvršena je korekcija izbacivanjem onih instalacija koje više nisu u funkciji. Izvor ovih podataka je studija «Sun in action» koju je distribuirala Europska komisija.

Objašnjena je stagnacija u instaliranju termalnih solarnih kapaciteta kod određenih zemalja, iako su njihova tržišta kontinuirano rasla zadnjih godina.

Njemačka ima najveći instalirani termalni solarni kapacitet u Europskoj uniji s 4,7 milijuna kvadratnih metara površine, što čini 36,7 % ukunog instaliranog europskog kapaciteta.

Grčka s 2,85 milijuna kvadratnih metara i Austrija s 2,5 milijuna kvadratnih metara druge su dvije zemlje s instaliranim termalno solarnim kapacitetom većim od jedan milijun kvadratnih metara.

Francuska sa 670.000 kvadratnih metara drži srednju poziciju. Ova brojka, koja je relativno velika s obzirom na veličinu francuskog tržišta posljednjih godina, može se objasniti naporima uloženim krajem sedamdesetih i početkom osamdesetih godina kada su se dogodile dvije naftne krize.

Jedan od načina za bolje razumijevanje razvoja termalne solarne energije u Europi jest, da se kao referenca uzmu u obzir površina postrojenja instalirana za 1.000 stanovnika.

Gledajući tako mijenja se redoslijed te se Njemačka nalazi tek na trećem mjestu s 57,5 kvadratnih metara na 1.000 stanovnika daleko iza Austrije i Grčke.

Austrija ima 313,2 kvadratna metra na 1.000 stanovnika, a Grčka 271,4 kvadratna metra na 1.000 stanovnika.

Po ovoj klasifikaciji Francuska je na osmom mjestu s 11,3 kvadratna metra na 1.000 stanovnika.

Mogući tehnički potencijal koji je ekonomski isplativ još nije postignut. Ovaj potencijal je 2,7 m² po stanovniku za zemlje na jugu Europe, 3,9 m² po stanovniku za zemlje u središnjoj Europi te 6,2 m² po stanovniku za zemlje sjeverne Europe. Činjenica je da zemlje na jugu koriste više termalno solarne energije nego zemlje na sjeveru iako imaju manje instaliranih kapaciteta. Za usporedbu, Grčka koristi više termalno solarne energije od Njemačke, iako joj je instalirani kapacitet za 40 % manji.

Procjenjuje se da termalno solarni kapacitet u Europskoj uniji iznosi 1,4 milijarde kvadratnih metara površine, što je ekvivalent 58,7 milijuna tona nafte (30 % uvoza Europske unije s Bliskog istoka).

Solar Thermal Barometer, June 2003.

SBK

NJEMAČKI PARLAMENT PODRŽAVA STVARANJE MEĐUNARODNE AGENCIJE ZA OBNOVLJIVE IZVORE ENERGIJE

Njemačka podržava stvaranje Međunarodne agencije za obnovljive izvore energije IRENA (The International Renewable Energy Agency) kao međudržavne vladine organizacije s ciljem promicanja obnovljivih izvora energije na globalnoj razini.

Njemački Bundestag donio je rezoluciju kojom se obraća federalnoj vladi kako bi se finalizirao koncept IRENA-e te načinio plan aktivnosti. Vladi je upućen zahtjev da se imenuje komisija od međunarodnih članova kako bi se alocirali fondovi za nacionalni budžet za 2004. godinu.

U svojoj rezoluciji Bundestag konstatira da tendencije i rezultati Svjetskog samita Ujedinjenih naroda o održivom razvoju u Johannesburgu pokazuju povećani interes za obnovljive izvore energije. Ove energije igraju ključnu ulogu u zaštiti globalne klime i okoliša, u očuvanju resursa, u borbi protiv siromaštva zemalja u razvoju te u osiguranju dugoročnosti zaliha.

Također smatra, da IRENA treba biti odlučan korak za promociju transfera tehnologije obnovljivih izvora energija širom svijeta. Međunarodna promocija traži punu angažiranost posebne vladine organizacije. Promocija obnovljivih izvora energije nije više samo pitanje opskrbe komercijalnom energijom,

već se u mnogim slučajevima radi o autonomnom korištenju energije te o uvodu u adekvatne tehnologije.

Europska asocijacija za obnovljivu energiju – EUROSOLAR (the European Association for Renewable Energy) podržala je ovu rezoluciju i smatra je «prvim službenim političkim korakom» u stvaranju nove međunarodne vladine organizacije. Prema izvješću EUROSOLAR-a, industrijske zemlje s uvriježenim sustavom konvencionalne opskrbe energijom trebaju provesti strukturalne promjene kako bi se konvencionalni izvori zamijenili obnovljivim. U međuvremenu treba uložiti značajne napore kako bi se smanjila pretjerana potrošnja energije. Zemlje u razvoju također trebaju krenuti putem novih tehnologija za obnovljive energije umjesto da prolaze dugi put nuklearne energije i fosilnih energetske sustava. Upravo zato što većina pučanstva živi u zemljama u razvoju, masovno korištenje obnovljive energije ne samo da je u interesu ovih zemalja, već je u interesu čovječanstva u cjelini.

Također se u izvješću navodi da bi jedan od zadataka IRENA-e bio da vlade zemalja savjetuju i stvore nacionalne programe za obnovljive izvore energije te da podrže edukaciju i trening u adekvatnim tehnologijama. IRENA bi mogla podržati nekomercijalne transfere tehnologije i promovirati konzistentno profiliranje obnovljivih izvora širom svijeta. Takav model bi se temeljio na modelu Međunarodne agencije za atomsku energiju. Naime, ono što se mislilo da je nužno za atomsku energiju prije nekoliko desetljeća, sada je imperativ za obnovljivu energiju u novoj specijaliziranoj agenciji. Kako se smanjuje interes svijeta za atomsku energiju, tako se povećava interes za korištenje obnovljive energije.

Bundestag je također usvojio rezoluciju kojom se daje podrška međunarodnoj konferenciji za obnovljivu energiju, koja bi se trebala održati polovicom 2004. godine. Konferencija će uspostaviti političku komunikaciju na razini koja je potrebna za povećanu promociju obnovljive energije.

<http://www.sparksdata.co.uk/refocus>, 2003-04-24

SBK

POTICAJ ZA UGRADNJU SOLARNIH KOLEKTORA

Njemačko savezno ministarstvo za okoliš povećalo je doprinos za ugradnju solarnih kolektora. Sada se po m² kolektora dobiva 125 eura, a to npr. znači da za kolektorski uređaj od 9 m² država daje potporu od 1250 eura. Do sada je ta državna pomoć iznosila 92 eura po m² kolektora. Ovo su povećanje naročito pozdravile tvrtke koje se bave izradom i instalacijom kolektora, jer će se povećati interes javnosti za takve solarne naprave.

EW, god. 102(2003), broj 5

Mrk

OBNOVLJIVA ENERGIJA U NJEMAČKOJ

U Njemačkoj se forsira korištenje obnovljive energije, naročito nakon saveznog zakona iz godine 2000., kojim se daje mnogo olakšica za uporabu obnovljive energije. Danas najveći udio u toj vrsti energije imaju vodne snage, čiji udio iznosi 60 %, ali to će se bitno promijeniti do godine 2010. Tada će dominantnu ulogu imati energija vjetra.

Koliki je udio pojedinog energenta u obnovljivoj energiji danas, a koliki se smatra da će biti godine 2010., vidi se iz priložene tablice.

Godina	2001.	2010.
Vodna energija	60%	26%
Energija vjetra	35%	50%
Energija biomase	5%	22%
Ostalo	0,20%	2%

Dok je godine 1990. u Njemačkoj na obnovljivu energiju otpao udio od 3,5 % ukupne njemačke bruto proizvodnje električne energije, on se povećao u godini. 2001. na 5,3 %.

EW, god. 102(2003), broj 6

Mrk

GORIVA ČELIJA ZA INDUSTRIJU

U tvornici Michel, u njemačkom gradu Karlsruhe, u pogon je stavljeno, prvo takvo u svijetu, industrijsko postrojenje visokotemperaturne gorive čelije. Postrojenje radi prvenstveno na zemni plin, ali može upotrebljavati i druge gorive plinove. Radna temperatura iznosi 650 °C, a ispušni plinovi imaju temperaturu od 400 °C, pogodnu za stvaranje procesne pare.

Ovaj tip postrojenja od MTU – Hot Module dat će električnu energiju snage 250 kW i procesnu paru od 180 kW.

Korisnost postrojenja vrlo je visoka. Za električni dio ona je 47 %, a računajući i toplinu, korisnost čitavog postrojenja prelazi 90 %.

Rad postrojenja pratit će konzorcij poduzeća i ustavova, kako bi nakon stečenih iskustava serijska fabrikacija počela 2006. godine.

Ukupne su investicije iznosile 3,6 milijuna eura, od čega je državna pripomoć 50 %.

EW, god. 102(2003), broj 6

Mrk

MODERNIZACIJA HIDROELEKTRANE U ALBANIJI

Sklopljen je ugovor albanske elektroprivrede Korporata Elektroenergetike in Shqiptare i tvrtke Siemens za modernizaciju hidroelektrane Bistrica 1. Ugovor obuhvaća modernizaciju hidromehaničke opreme i tri turbine s generatorima po 8 MW. Radove treba završiti u 26 mjeseci, u vrijednosti od 18 milijuna eura.

Ugovor, osim toga, obuhvaća 110 kV vod od gradova Sarande i Gjorokastro, razvodnu mrežu u Sarande.

Modernizacijom osigurana je opskrba električnom energijom 300.000 stanovnika u okolini Sarande.

EW, god. 102(2003), broj 6

Mrk

SNIŽENJE EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA

Njemačka je postigla da emisija stakleničkih plinova postigne smanjenje u 2002. godini, prema 1990. za 19,4 % i prema

tome se približila obvezi iz Kyota, da će do godine 2010. sniziti emisiju za 21 % prema godini 1990.

EW, god. 102(2003), broj 7

Mrk

VJETRO I HIDROELEKTRANE I UTJECAJ METEOROLOŠKIH PRILIKA

Prema podacima danim od VDEW, u godini 2001. iznosila je proizvodnja obnovljive energije u Njemačkoj 37,3 TWh, a instalirana snaga postrojenja na preko 13.600 MW. Koliko je energije ušlo u električnu mrežu, godine 2001. iz pojedinih obnovljivih izvora dano je u priloženoj tablici.

Energent	Broj postrojenja	Snaga MW	El. en. proizvedena god. 2001. GWh
Voda	5.020	4.547	23.500
Biomasa	1.388	543	1.950
Vjetar	10.605	7.891	9.878
Fotonapon.	29.755	125	68
Ukupno	47.368	13.106	35.393
Smeće	37	522	1.859

Treba primijetiti da unatoč povećanju instalirane snage vjetroelektrana za 34 %, zbog nepovoljne vjetrovitosti godine, proizvodnja takvih elektrana porasla je tek oko 4 %, uspoređujući s prethodnom godinom. Električna energija iz biomase i fotonaponskih elektrana povećana je za 39 %, odnosno 114 %, ali u ukupnoj proizvodnji električne energije, njihov je udjel vrlo mali.

Broj postrojenja i instalirana snaga električne obnovljive energije porasli su u godini 2001. za 19 %.

Prati li se razvoj iskorištenja obnovljivih energetskih izvora, od 1988. do 2001. godine vidi se naročito brzi porast posljednjih godina. Naročito je porastao broj vjetroelektrana i fotonaponskih elektrana, gdje se prosječni godišnji porast instalirane snage, kretao oko 20 % odnosno 55 %.

Kod proizvodnje električne energije u hidro i vjetroelektranama, prema njihovoj prosječnoj godišnjoj proizvodnji (100 %), po godinama, jako je varirala, što se vidi iz priloženih podataka u tablici.

Godina	HE %	VE %	Godina	HE %	VE %
1990.	92	108	1996.	97	84
1991.	83	93	1997.	94	91
1992.	99	103	1998.	96	108
1993.	100	100	1999.	111	91
1994.	105	111	2000.	123	97
1995.	110	100	2001.	121	80

Udio obnovljive energije u potrošnji električne energije cijele Njemačke, iznosio je godine 2001. 6,4 %, ali se predviđa da će do godine 2010. taj udio iznositi 12,5 %.

EW, god. 102(2003), broj 7

Mrk

SOLARNE ČELIJE VELIKE KORISNOSTI

Njemačka tvrtka BP-Solar razvila je solarnu ćeliju, koja je u laboratoriju postigla korisnost od 18,3 %, što je svjetski rekord. Dosadašnje solarne ćelije ove tvrtke postigle su korisnost od 16,5 %.

Kod BP-Solar razvijena je tehnika, nazvana «Saturn-Technik». Električni vodič neće biti nanesen na površinu stakla, već laserskom tehnikom unesen u staklo.

Time je pokrivena manja površina i korisnost je bitno veća nego kod konvencionalne produkcijske tehnike.

Tvrtka će ovakve ćelije proizvoditi što je prije moguće i dati na tržište.

EW, god. 102(2003), br. 10

Mrk

NAJVEĆA GLAVINA ZA VJETROELEKTRANU

U Ausburgu, u tvornici MAN-BandW-Diesel izlivena je, najveća u svijetu, glavina za vjetroeletktranu. Glavina je naručena od tvrtke «Wind-Energy», teška je 56 tona, promjera 4 metra. Ona će na visini od 100 metara nositi tri krila. Vjetroeletktrana, kao prototip, snage 5MW, gradit će se prema tehnologiji «Multibrid» i postaviti u Bremerhavenu.

Tvornica MAN redovito lijeva glavine rotora vjetroeletktrana, ali manih dimenzija, oko 13 tona i promjera 3 metra.

EW, god. 102(2003), br. 9

Mrk

VOZILA S GORIVIM ČELIJAMA

Američka tvrtka Genral Motors (GM) i njemačka Opel razvili su vozilo s gorivim ćelijama na pogon vodikom, zrela za serijsku proizvodnju. Takvo je vozilo, zbog stjecanja iskustva, GM stavio u promet u Japanu. Uz japanske cestovne propise, vozilo je bez punjenja prevalilo 400 km.

U SAD su GM i Shell, uz benzinsku crpku, u blizini Washingtona, izgradili stanicu s vodikom, gdje bi se vozila s gorivim ćelijama punila.

GM planira, da do kraja desetljeća, izradi serijska vozila s gorivim ćelijama i da kao prvi postigne prodaju 1 milijuna vozila na pogon vodikom.

EW, god. 102(2003), br. 9

Mrk

GOSPODARSTVO ISLANDA NA BAZI VODIKA

Ovog proljeća (2003. godina) tvrtka Shell je na Islandu, u Reykjaviku, stavila u redovitu funkciju cestovnu stanicu za napajanje vodikom kao gorivom. To je prvi korak gospodarstva na bazi vodika. Uredaj stanice isporučila je tvrtka Norsk-Hydro. Za sada će ova vodikova stanica služiti za punjenje tri autobusa Daimler-Chrysler, koji imaju pogon gorivim ćelijama na bazi vodika. U budućnosti će se i privatna vozila služiti vodikom iz ove stanice.

Tvrtka Shell-Hydrogen ima udjela u tvrtki Icelandic New Energy Ltd., osnovane 1999. godine, da provodi gospodarstvo vodikom. Komercijalni pogon pojne cestovne vodikove stanice bit će također doprinos ispitnom projektu EU.

Tijekom godine 2003. Shell-Hydrogen namjerava instalirati takve vodikove stanice u SAD (Washington) i Tokiju gdje ima vozila, različitih proizvođača, koji kao pogonsko sredstvo trebaju vodik. Tvrtka ima udjela u demonstracijama na bazi vodika u Kaliforniji, Nizozemskoj i Luxemburgu.

Tvrtka Shell-Hydrogen također je partner u razvoju tehnologije gorivih ćelija za stacionarne pogobe.

EW, god. 102(2003), br. 11

Mrk

PARK VJETROELEKTRANA HOINS REV

Kao uspješna referencija za opremanje i proizvodnju pojedinih postrojenja u park vjetroeletktrana Horns Rev. Park je smješten u moru, 14 km od obale Esbjerg u Danskoj. On se proteže na površini od 2 km². U 10 redova izgrađeno je po osam vjetroeletktrana s razmakom od 562 m. Za njihovo povezivanje utrošeno je okruglo 63 km podvodnog kabela 33 kV. Kabel ima dijelom presjek bakrenog vodiča 3x55 mm², a dijelom 3x400 mm². Do elektrana se može doći samo morskim putem, što je uz nepovoljne vremenske prilike otežalo montažu. Na sjeveroistočnom kraju parka izgrađena je, na pomorskoj platformi, transformatorska stanica. Energiju vjetroeletktrana se transformira na napon od 150 kV i 21 km dugim podmorskim kabelom vodi u javnu električnu mrežu. Predviđena je godišnja proizvodnja energije oko 60 milijuna kWh.

Način povezivanja pojedinih vjetroeletktrana u ovom parku predstavlja pionirsko rješenje, koje će tvrtki Nexani ubuduće služiti kao značajna referencija.

EW, god. 102(2003), br. 11

Mrk

VAŽNOST OBNOVLJIVIH ENERGETSKIH IZVORA U NJEMAČKOJ

Njemačka elektroprivreda poklanja veliku važnost obnovljivim izvorima energije, pa je u Berlinu, u veljači, organizirala Konferenciju o obnovljivim izvorima u uporabi za proizvodnju električne energije.

Na konferenciji je vođena diskusija o njemačkom zakonu o obnovljivoj energiji (EEG), njegovoj novelaciji i dopuni. Posebno su diskutirane mogućnosti uporabe različitih obnovljivih energenata. Tom je prigodom državni tajnik u Saveznom ministarstvu za gospodarstvo i rad naglasio, da u slobodnoj trgovini električnom energijom, obnovljiva energija treba imati veću ulogu. Ministarstvo će novelacijom postojećeg zakona EEG i nadalje poticati uporabu obnovljivih energetskih izvora. Povećan je u godini 2003. doprinos Ministarstva na 2,7 milijardi eura, a to je za 500 milijuna više nego prethodne godine.

Predstavnik njemačke elektroprivrede u svom je govoru istaknuo da proizvodnja električne energije na temelju fotona-pona, gledajući gospodarski, nema neku važnost, niti sada, niti u budućnosti. Značajan je napredak učinjen u uporabi biomse, ali se to mora uzeti kritički, jer postoji poteškoća u dobavi drva.

Energija vjetra jest (u Njemačkoj) glavna vrsta regenerativne energije, a to će ostati i u budućnosti. Diskutirano je o električnoj mreži, potrebnoj za priključenje parka vjetroeletktrana i veze s javnom električnom mrežom.

Premda je predstavnik elektroprivrede istaknuo da fotonaponske elektrane nemaju, s gospodarskog gledišta, neku budućnost, predstavnik «Deutsche Solar AG» istaknuo je da se očekuje znatno pojeftinjenje solarnih modula, do 2010. godine. Od današnjih 2,86 eura po vatu na 2,16 eura po vatu, a dignut će se i stupanj djelovanja od današnjih 14,2 % na 16,6 %. Cijelo ovo pojeftinjenje može bitno utjecati na ulogu fotonaponske tehnike.

U svezi s vodenim snagama istaknuta je visoka cijena njihovog iskorištenja, premda je vrijeme amortizacije vrlo dugo. Općenito, na iskorištenje vodnih snaga gleda se pesimistički.

Na koncu može se reći, da tehnički razvojni potencijal, na području obnovljive energije, nije još potpuno iskorišten. Obnovljiva energija, u prvom redu vjetar, stavljaju elektroprivredi nove izazove, koje treba tako riješiti kako bi u budućnosti dobava električne energije bila sigurna i pouzdana.

EW, god. 102(2003), br. 11

Mrk

NAJVEĆI NA SVIJETU FOTONAPONSKI PARK

Najveći na svijetu, solarni park, stavljen je u pogon u Hamau, kraj Regensburga. Postrojenje ima 32.000 solarnih modula, s ukupnom vršnom snagom od oko 4 MW. Instaliran je na prostoru bivšeg skladišta streljiva.

Prigodom stavljanja u pogon, naglašeno je da će 20-godišnjim radom ovog parka, atmosfera biti pošteđena emisije od 71.000 tona CO₂, što bi trebala primiti atmosfera ukoliko bi se ova energija proizvodila u nekoj termoelektrani.

Cijeli je projekt stajao 18,4 milijuna eura, i to je dala elektroprivreda i privatni investitori.

EW, god. 102(2003), br. 11

Mrk

HIBRIDNI SUSTAV S GORIVIM ČELIJAMA

Tvrtka Idatech, iz SAD, isporučila je elektroprivredi Francuske (EdF) svoj sustav na bazi gorive ćelije FCS-1200. Ovaj će sustav EdF integrirati sa sustavom fotonaponskih ćelija i takav hibridni sustav testirati tijekom godine 2003. On je namijenjen za opskrbu električnom energijom izoliranih područja i udaljenih kuća.

Sustav FCS-1200 ima gorivu ćeliju 1,2 kW – PEM, s modulom za pripremu goriva FPM-20, modul snage, tank za gorivo, uređaj za upravljanje i inverter. Ovakav sustav integriran s fotonaponskim sustavom i baterijom (hibridni sustav) može sigurno napajati električnom energijom izolirana područja.

EW, god. 102(2003), br. 11

Mrk

ISKORIŠTENJE TOPLINE IZ UNUTRAŠNOSTI ZEMLJE

Njemačko savezno ministarstvo za okoliš pomaže iskorištavanje toplinske energije iz unutrašnjosti zemlje. Sa svotom od 4,8 milijuna eura financira izgradnju i pogon planirane

termoelektrane - toplane, u mjestu Unterhaching, koja bi koristila toplinu iz unutrašnjosti Zemlje. Cilj je da se iskuša nova tehnologija kojom se može iskoristiti toplina i nižih temperatura.

Planirano postrojenje imalo bi električnu snagu oko 3,1 MW i toplinsku oko 16 MW. Takvom vrstom obnovljive energije znatno će se smanjiti emisija štetnih plinova u atmosferu.

I električna i toplinska energija, dobivena iz ovog postrojenja, uključit će se u električnu i toplinsku mrežu općine Unterhaching.

EW, god. 102(2003), br. 12

Mrk

KUĆANSKE GORIVE ČELIJE

Prema istraživanjima stručnjaka u njemačkim, austrijskim i švicarskim elektroprivredama i elektroindustrijskim poduzećima veliko se značenje daje gorivim ćelijama u opskrbi kućanstava električnom energijom i toplinom.

Istraživanja su pokazala da postoji veliki interes za takvu tehnologiju, pa su učinjena mnoga partnerstva za njeno usavršavanje i primjenu. Predviđa se da bi u slijedećih 15 godina u Njemačkoj bilo instalirano 800.000 kućanskih postrojenja na bazi gorivih ćelija. Osobito se brz razvoj očekuje između 2007. godine i godine 2010.

Razvoj takvih kućanskih postrojenja ne zanima samo elektroprivredu i dobavljače energije, već i dobavljače i proizvođače opreme.

Njemački VDEW zato organizira, u lipnju ove 2003. godine, posebni kongres o gorivim ćelijama i njihovoj uporabi.

EW, god. 102/(2003), br. 12

Mrk

EURELECTRIC – STATISTIKA 2002

Udruga elektroprivreda EURELECTRIC je udruga prvenstveno europskih ali i neeuropskih nacionalnih elektroprivreda i organizacija koje su u svezi s elektroprivredom. Nastala je spajanjem tadašnjeg EURELECTRIC-a i UNIPEDE-a (Udruge proizvođača i distributera električne energije, osnovane prije sedamdesetak godina), u prosincu 1999.godine. Okuplja ponajprije 30 punih članica, to su samo europske zemlje – 15 članica Europske unije, 10 kandidata za članstvo (Cipar, Češka, Estonija, Latvija, Litvanija, Mađarska, Malta, Poljska, Slovačka, Slovenija) i 5 ostalih zemalja (Island, Norveška, Rumunjska, Švicarska, Turska), te – bez prava glasa – pridružene članice: 10 europskih zemalja (tu pripada i Hrvatska), 7 mediteransko-afroazijskih zemalja, 4 prekomorske zemlje (Kanada, Japan, Meksiko, Južna Afrika), te 19 velikih kompanija koje proizvode za elektroprivredu i burza električne energije (kao ABB, Siemens, Leipzig Power Exchange).

EURELECTRIC objavljuje usklađene podatke o svim punim članicama, izuzev Islanda, a s dodatkom Bugarske, te se u tablici iznose podaci za 2002. godinu. Radi potpunosti, dodani su podaci za Hrvatsku, uzeti iz Izvještaja o poslovanju HEP-Prijenos za 2002. godinu.

Država	Maksimalna neto snaga elektrana (MW)					Neto proizvodnja elektrana (TWh)					Uvoz (TWh)	Izvoz (TWh)	Potroš. (TWh)	HE/ Uk.pro.
	HE	NE	TE	Ost.obn.	Ukupno	HE	NE	TE	Ost.obn.	Ukupno				
Austrija	11698	0	5959	141	17798	39,4	0,0	19,2	2,0	60,6	15,4	14,7	58,9	0,65
Belgija	1403	5738	8226	260	15627	1,4	45,0	30,4	1,2	78,0	16,6	9,1	84,0	0,02
Bugarska	1800	3500	4934	0	10234	2,7	18,8	16,9	0,0	38,4	2,0	8,3	31,3	0,07
Cipar	0	0	988	0	988	0,0	0,0	3,6	0,0	3,6	0,0	0,0	3,6	0,00
Češka	2139	2561	10421	12	15133	2,8	17,6	50,0	0,0	70,4	9,5	20,9	58,5	0,04
Danska	11	0	9733	2888	12632	0,0	0,0	32,3	4,9	37,2	9,0	11,1	35,2	0,00
Estonija	3	0	2412	12	2427	0,0	0,0	7,6	0,0	7,6	0,2	1,6	6,2	0,00
Finska	2927	2644	9274	1827	16672	10,6	21,4	30,1	9,8	71,9	13,5	1,5	83,9	0,15
Francuska	24960	63273	26747	878	115858	64,5	416,5	51,3	3,7	536,0	3,8	80,6	451,7	0,12
Grčka (2001)	3077	0	7679	234	10990	2,7	0,0	45,4	0,8	48,9	4,6	1,7	50,9	0,06
(Hrvatska)	2063	0	1632	0	3695	5,4	0,0	5,9	0,0	11,3	4,0	0,4	14,8	0,48
Irska	530	0	4710	160	5400	1,1	0,0	22,4	0,5	24,0	0,6	0,1	24,0	0,05
Italija	20439	0	54025	2486	76950	47,5	0,0	214,4	8,4	270,3	51,5	0,9	310,4	0,18
Latvija	1557	0	589	27	2173	2,4	0,0	1,3	0,0	3,7	5,5	3,1	6,1	0,65
Litvanija	915	2367	2480	0	5762	0,8	12,9	2,4	0,0	16,1	0,3	6,8	9,0	0,05
Luksemburg	1129	0	0	...	1129	0,9	0,0	2,7	0,1	3,7	6,5	2,9	6,1	0,24
Mađarska	48	1768	5656	20	7492	0,2	13,1	19,5	0,2	33,0	7,6	3,4	37,2	0,01
Malta	0	0	577	0	577	0,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0	0,00
Nizozemska	37	449	19225	1100	20811	0,1	3,7	86,6	3,2	93,6	20,9	4,5	110,0	0,00
Norveška	27294	0	281	118	27693	128,0	0,0	0,7	0,2	128,9	5,3	15,0	118,5	0,99
Njemačka	9510	21088	79702	13900	124200	25,7	156,2	343,6	19,3	544,8	46,2	45,5	539,6	0,05
Poljska	2165	0	28539	54	30758	3,7	0,0	127,1	0,1	130,9	4,5	11,5	121,5	0,03
Portugal	4521	0	6360	302	11183	8,1	0,0	35,1	1,0	44,2	2,8	0,9	45,4	0,18
Rumunjska	5937	655	10688	0	17280	15,7	5,1	29,6	0,0	50,4	0,4	3,3	47,5	0,31
Slovačka	2446	2460	2840	11	7757	5,3	16,6	8,7	0,0	30,6	0,4	4,5	25,7	0,17
Slovenija	839	670	1220	0	2729	3,0	5,3	4,7	0,0	13,0	1,4	2,7	11,7	0,23
Španjolska	17941	7556	28988	5565	60050	26,6	60,5	134,7	11,9	233,7	12,3	7,0	232,1	0,11
Švedska	16097	9424	4852	1850	32223	66,0	65,6	11,2	0,6	143,4	20,1	14,8	148,7	0,46
Švicarska	13295	3230	75	775	17375	36,5	25,7	0,2	2,6	65,0	47,1	51,6	58,1	0,56
Turska	12241	0	19541	64	31846	33,4	0,0	90,0	0,3	123,7	3,6	0,4	126,9	0,27
Ujed. Kraljevstvo	4300	12250	61750	1425	79725	7,5	81,0	275,0	6,0	369,5	9,0	0,6	374,5	0,02
Ukupno	191322	139633	420103	34109	785167	542,0	965,0	1704,6	76,8	3288,4	324,6	329,4	3234,0	0,16

Najprije, neke uvodne opaske, za pravilno korištenje tablice. Energija za pumpanje (ukoliko pojedina država raspolaže pumpno-akumulacijskim elektranama) dobiva se prema relaciji: Pumpanje = Ukupna neto proizvodnja + Uvoz – Potrošnja – Izvoz. U ukupnoj neto proizvodnji nije obuhvaćena vlastita potrošnja elektrana. U potrošnji obuhvaćeni su gubici u mreži (prijenosnoj i distribucijskoj).

Njemačka je država s najvećom snagom elektrana i najvećom godišnjom proizvodnjom električne energije. Neposredno slijedi Francuska. Najveći izvoznik je Francuska, a najveći neto-uvoznik je Italija. Njemačka i Švicarska (donekle i Austrija) imaju veliki promet električne energije preko svojega područja, uz neznatan saldo uvoz-izvoz. Najveći udjel hidroelektrične proizvodnje ima Norveška (99%), slijede Austrija i Latvija (65%) te Švicarska (56%). Najveću snagu nuklearnih elektrana ima Francuska, a ukupna francuska snaga HE blizu je ukupne snage norveških HE, jedino je proizvodnja u francuskim HE polovina proizvodnje u norveškim HE, stoga što

je vrijeme godišnjeg korištenja francuskih HE znatno manje od norveških. Ukupna snaga elektrana u tih 30 država je oko 785 gigavata, a u njima je 2002. godine proizvedeno oko 3300 teravatsati električne energije.

www.eurelectric.org/Statistics

MK

BUGARSKA POPUŠTA PRITISKU EU DA ZATVORI NUKLEARKE

Kozloduy nije novi Černobil, ali ima velike probleme s odlaganjem nuklearnog otpada. Ti problemi su požurili bugarskog nuklearnog regulatora da povuče dozvolu za daljnje skladištenje.

To je velika nuklearna elektrana, koja zauzima prostor veći od milje na ravnim livadama i graniči s rijekom Dunav i Rumunjskom. Kozloduy je jedino bugarsko nuklearno postro-

jenje. Sa šest reaktora, instalirane snage 3.760 MW, opskrbljuje električnom energijom više od polovice zemlje. Također omogućuje izvoz električne energije u balkanske zemlje i Tursku.

Ova nuklearna elektrana izgrađena je za vrijeme sovjetske ere. Bruxelles tvrdi da Kozloduy ima jedan od dva najstarija reaktora koji je u pogonu još od sredine sedamdesetih godina te da ne može sigurno funkcionirati uz prihvatljive troškove. Radi se upravo o reaktorima koje je američka agencija DOE proglasila jednim od najopasnijih na svijetu. Jedan od glavnih problema nuklearne elektrane Kozloduy je da prije 25 godina izgrađene prve 4 jedinice nemaju sekundarni zaštitni kontejment.

Da bi se održali planovi Europske unije za priključivanjem Bugarske, Bugarska se složila da zatvori svoja prva dva reaktora u nuklearnoj elektrani Kozloduy. Političari tvrde da je to nužna žrtva, dok dio bugarskog stanovništva smatra da je to nacionalna izdaja. Jedinice 1 i 2 zatvorene su. Ulazak u Europsku uniju uvjetovan je zatvaranjem jedinica 3 i 4. Kako su svi aduti u rukama Bruxellesa, Bugarska je došla za pregovarački stol spremna zatvoriti jedinice 3 i 4 do kraja 2006. godine. Zbog toga će izgubljena električna energija biti kompenzirana. Pomoć prije pripajanja od 1.5 milijarde američkih dolara koju ćemo dobiti u sljedeće 4 godine puno je veća od profita kojeg bi stvorili reaktori u Kozloduyu, ustvrdio je ministar vanjskih poslova Bugarske. Modernije jedinice 5 i 6 u nuklearci Kozloduy ostat će i dalje u pogonu. Slijedom ovih događaja Europska unija odredila je datum prijama za 2007. godinu.

Power, March 2003, Vol. 147, No 2

SBK

NAPOKON ZATVARANJE ZADNJEG NUKLEARNOG REAKTORA KOMPANIJE TOKYO ELECTRIC POWER (TEPCO)

Ne samo politički, već prvenstveno tehničko-tehnološki razlozi uvjetuju zatvaranje nuklearnih elektrana širom svijeta.

Japanski energetske giganti Tokyo Electric Power (TEPCO), objavio je zatvaranje svog zadnjeg nuklearnog reaktora. Time se dovode u pitanje dugoročni planovi japanske vlade o opskrbi električnom energijom te nije isključeno da bi uskoro moglo doći do nestašice električne energije. Pogotovo, što su neke nuklearne elektrane izvan pogona zbog sigurnosnih razloga. Naime, na zadnjem od 17 reaktora koji su se preispitali zbog krivotvorenih sigurnosnih izvješća, šestom reaktoru u nuklearnoj elektrani Fukushima Daiichi, obavlja se kontrola. Nije sigurno hoće li biti ponovo stavljen u pogon.

TEPCO je najveće privatno postrojenje na svijetu. Opskrbljuje energijom oko 40 milijuna ljudi, odnosno predstavlja oko 40 % japanske proizvodnje električne energije. Upravo zato bilo kakav prekid opskrbe električnom energijom može dovesti do nestašice električne energije.

Sigurnosni skandal nije samo ozbiljno naštetio reputaciji tvrtke, već je i prisilio TEPCO da reže planirani profit. Dionice su također izgubile na cijeni. Osim što je TEPCO prisiljen kupovati energiju od alternativnih proizvođača, manjak električne energije dovesti će do nužnog uključenja termoelektrana. Ove će mjere utjecati na smanjenje udjela nuklearne energije u dugoročnom planu japanske vlade, koja je predviđala njezin udjel od oko 42 % u ukupnoj električnoj energiji do 2010. godine.

Dugoročno gledano, ova kratkoročna kriza pogodit će najviše dioničare TEPCO-a i potrošače. Japanska vlada

morat će uložiti mnogo truda da se izbjegne ekonomska kriza slična onoj u Kaliforniji 2000.-2001. godine.

<http://www.commentwire.com>,
GMT Datamonitor, 2003-07-15

SBK

VIRTUALNI INŽENJERING

Vizualizacija inženjerskih podataka u virtualnom okolišu, iako snažno sredstvo, tek je prvi korak prema puno ambicioznoj cilju. Kako računalni resursi postaju sve snažniji te kako se poboljšavaju računalni algoritmi, tvornički inženjering će krenuti s dosadašnje prakse post-procesuiranja računalnih podataka u virtualni okoliš kao potpuno funkcionalni inženjerski alat. Razvoj interaktivnog i potpuno uključenog inženjerskog alata značajno će promijeniti projektiranje, inženjering, održavanje i izgradnju postrojenja.

Trenutačno, u ovom području potrebno je najviše istraživanja provesti na razvoju i poboljšanje računalnih algoritama, kako bi se omogućila brza evaluacija inženjerskih promjena, ali isto tako i na razvoju algoritama koji omogućavaju integraciju računalnih modela i komponenata u zajedničke sustave.

Analitičari koristeći visoko razvijene tehnike modeliranja i kreirajući virtualnu stvarnost počeli su mijenjati inženjering procese elektrana. Kako se te promjene događaju može se razumjeti na primjeni jedne takve tehnike modeliranja pod imenom

«računalna dinamika fluida» CFD (Computational Fluid dynamics) koja je namijenjena inženjerima, projektantima i operatorima elektrana. Današnji CFD može osigurati unutarnji pogled temperature raspodjele, NO_x formacije i emisija, izostanka paljenja i druge kritične probleme elektrane.

Međutim, osoblje koje primjenjuje CFD analize često nije ekspert na pojedinačne operacije elektrane. Virtualna stvarnost svladava ovaj problem kreirajući računalno generirano radno mjesto na kojem CFD analitičar i eksperti za elektrane mogu koristiti rezultate analiza u kontekstu elektrane. To dozvoljava inženjerima, operatorima i drugom osoblju elektrane da unesu svoje pogonsko iskustvo u elektranama u proces analiziranja.

Virtualna stvarnost računalno je generirano trodimenzionalno sučelje koje osigurava korisniku interaktivne podatke. Cilj je omogućiti korisniku korištenje i razumijevanje podataka neovisno od distrakcije kompjuterskog procesa. Kao takvo, inženjerski alati, priručnik za upite i navigacija trebaju biti sadržani u virtualnom sučelju. To omogućuje korisniku da se potpuno fokusira na inženjerske probleme, da može razumjeti kompleksnost i koristiti cijeli raspon inženjerskih varijanti.

Premda je vizualizacija sama po sebi snažni alat, slijedeći korak je razvoj velikog broja virtualnih inženjerskih alata i uvjetno virtualne elektrane. Ovi alati osigurat će korisniku računalni model s direktnim upitom, promjenu parametara i uvid u rezultate kao i usporedbu postojećih karakteristika elektrane s predloženim promjena u pogonu te izvršiti druge inženjerske funkcije visoke razine.

Koristi od virtualnog inženjeringa elektrane su mnogostruke:

- dostupnost podataka
- u tijeku ekspoatacije potencijalne varijante
- interakcija s kompjuterskim modelima i empiričkim podacima
- integracija komponenti i modela sustava.

Takvi programski paketi (VE-Suite, Iowa State University) danas su komercijalno dostupni. Pomak virtualne stvarnosti od sredstva vizualizacije do inženjerskog alata može dodatno smanjiti vrijeme i troškove inženjerskog posla u postrojenju,

može poboljšati tvorničke operacije te reducirati rizike vezane za nove tehnologije. Osnova za postizanje ovih koristi je uključivanje detaljnih numeričkih simulacija procesa i komponenata.

Ključne komponente ovog virtualnog sučelja jesu:

- *Tehnike vizualizacije virtualne stvarnosti*
- *Analiza stvarnog vremena.*
- *Sabiranje i integracija numeričkih modela*
- *Zajednički inženjerski proces*
- *Efikasni razvoj inženjerskog dizajna*
- *Upravljanje informacijama umjetne inteligencije* – metodologija koja služi pohrani i brzom pristupu inženjerskim analizama, podacima o postrojenju, geometriji i svim kvalitativnim i kvantitativnim podacima vezanim za operacije postrojenja koje trebaju biti poboljšane.

Ako se krene od trenutačnih mogućnosti vizualizacije postrojenja na modelima visokog stupnja sigurnosti (CDF) i završi sa prihvaćenom tehnologijom, može se zaključiti da postoji pet nivoa virtualnog inženjeringa:

- Osnova virtualnog inženjeringa - mogućnost da se na prirodan nesmetani način provede interakcija s analizom i podacima postrojenja.
- Nesmetana interakcija između vizualnih okoliša i računalnih resursa – omogućit će da projektni tim uđe u radni prostor virtualnog inženjeringa na bilo kojoj lokaciji, da unese ili vide bilo koji podatak te zahtijevaju novu analizu ili optimizaciju direktno iz virtualnog okoliša.
- Brza rekalkulacija modela postrojenja visokog stupnja sigurnosti
- Integracija modela visokog stupnja sigurnosti u sam sustav.
- Ustanovljena i široko prihvaćena tehnologija – uključuje mogućnost praćenja i interakcije s podacima postrojenja od rođenja do smrti, integraciju računalnih analiza i tvorničkih podataka te jednostavan intuitivnan pristup kompleksu podataka.

Power, Vol. 147(2003), No. 2

SBK

STVARANJE LOJALNOSTI – NAJVEĆI IZAZOV ZA KOMPANIJE

U dereguliranom energetsom tržištu stvaranje lojalnosti jedan je od najvećih izazova današnjice za energetske kompanije. Niske cijene nisu dovoljne, već kompanije moraju pokazati svoju emocionalnu stranu, ukoliko žele zadržati lojalnost kupaca - potrošača.

Da je to tako pokazuju i nova istraživanja nezavisnih marketinških studija Datamonitora. Niske cijene usluga više nisu dovoljne da prosječni potrošač - domaćinstvo izabere novog dobavljača struje ili plina. Kompanije moraju napraviti korak prema emocionalnom odnosu s potrošačem ukoliko žele zadržati stare i privući nove potrošače, odnosno povećati njihovu lojalnost prema svom proizvodu i usluzi.

Budući da su potrošači postali skeptični prema kompanijama koje svoje poslovanje navelike predstavljaju «ekološkim», kompanije moraju imati partnere od povjerenja, ukoliko žele zadržati lojalnost potrošača i produžiti obavljanje svog posla. Prema istraživanjima Datamonitora sve je više potrošača koji su spremni platiti premiju za energiju od kompanije koja otvoreno podržava dobrotvorne akcije ili grupe koje se zalažu za zaštitu okoliša. Ukoliko se marketinška inicijativa pokaže uspješnom,

ime kompanije, odnosno zaštitni znak usluge i proizvoda postali bi važniji čimbenik od cijene već do 2007. godine.

Kako razlike u cijeni između dobavljača postaju sve manje, nastojanja da se privuče kupac samo na temelju manjih račun više nisu dovoljna. Slično tomu promjena u promociji osnovnih korisničkih potreba izgubila je svoju privlačnost – danas potrošači vide dobru korisničku službu kao nužnost, a ne kao luksuz.

Kompanije postaju svjesne da obavljanje energetske usluge više nije profitabilno, ukoliko ne mogu zadržati lojalnost kupaca prema svojoj usluzi ili proizvodu. Zbog toga moraju voditi računa o emocijama, odnosno suosjećati s interesima potrošača i s njihovim vjerovanjima. Datamonitor vjeruje da će se vidjeti u ne tako dalekoj budućnosti, kako se energetske kompanije međusobno nadmeću u svojoj osjetljivosti.

Datamonitorovo istraživanje pokazuje da je 18 europskih energetske kompanije revaluiralo vrijednosti svojih zaštitnih znakova, da ih je 17 imalo procjenu korisničkih usluga te da ih je samo nekoliko imalo procjenu «izvrsnosti». Dvije trećine kompanija također je imalo procjenu zaštitnog znaka s obzirom na utjecaj na okoliš. Također jednak broj komunalnih poduzeća tvrdi da je «inovativno». Kada velika većina kompanija okupira isti marketinški prostor, postavlja se pitanje je li moguća diferencijacija. Slično tomu, postavlja se pitanje kako će kompanije dokazati svoju inovativnost.

Dugotrajna povijest komunalne usluge kao krucijalnog dijela svakodnevnog života potrošača, onemogućila je razvoj socijalnog identiteta. Upravo zato socijalni identitet postoji samo kod onih tvrtki koje su zadržale lokalnu ili regionalnu poziciju. Kao primjer mogu se navesti kompanije Stadtwerke u Njemačkoj kao i neke nezavisne regionalne kompanije u Švedskoj, koje su uspjele zadržati svoje potrošače usprkos teškoj marketinškoj borbi, koja se vodi ponajviše zbog njihove socijalne uloge. Ova su mala poduzeća kroz godine lokalne aktivnosti s uspjehom povezale potrošače sa svojim zaštitnim znakom te stvorile emotivnu i spoznajnu vezu koja je utjecala na odluku potrošača da ostanu.

Kada se gleda ostalu industriju, vide se trendovi sve veće međuvezanosti između potrošača i industrije.

Trenutačno se potrošači odlučuju na određenog dobavljača uglavnom zbog cijene te zbog nade u bolje korisničke usluge u budućnosti. No, predviđanja su da će se ovo promijeniti do 2007. godine i da će kupci postati sve zainteresiraniji za zaštitne znakove s kojima su emocionalno u rezonanci.

Ipak, kompanije ne mogu očekivati da će zadržati potrošače, ukoliko ne uspiju održati svoja obećanja ili ako je zainteresiranost njihovih potrošača za pitanja vrijednosti površna. Trenutačnim vrijednostima zaštitnog znaka vezanog za inovaciju i odgovornost za okoliš nedostaje kredibilitet zbog nemogućnosti demonstracije u svakodnevnom kontaktu s potrošačima. Osiguranje vizualne dopadljivosti je samo malen korak. Kompanije obično posustaju onda kad se treba pokazati na djelu.

Power Ingeneering International, January/February 2003.

SBK

DECENTRALIZIRANI ENERGETSKI SUSTAVI

Svjetsko prvo istraživanje decentralizirane energije (DE) otkriva da energija proizvedena u decentraliziranim sustavima sudjeluje tek sa 7 % u ukupnoj svjetskoj energiji.

U pregledu koji daje Svjetski savez decentralizirane energije WADE (The World Alliance for Decentralized Energy) po-

kazano je da su tržišta decentralizirane energije jako ugrožena zbog stalnih barijera koje postavljaju energetska tržišta većine zemalja. Zato se traži od zakonodavaca da osiguraju:

- Pristup mreži uz pravične i transparentne uvjete za sve DE sustave
- Pravila temeljena na tržištu kako bi se osigurala efikasnost proizvodnje električne i toplinske energije
- Puno priznavanje lokalne cijene uz uvažavanje koristi s obzirom na okoliš
- Poduzimanje akcija protiv monopola energetskih kompanija kako bi se smanjila potrošnja goriva i povećala efikasnost
- Osnivanje organizacije radi promocije DE u svakoj zemlji.

Organizacija WADE smatra da decentralizirana energija nudi brojne prednosti pred centraliziranom proizvodnjom energije. Centralizirane termoelektrane koje lože fosilna goriva stvaraju vrlo mnogo otpada. Čak i najbolje termoelektrane-toplane s kombiniranim ciklusom gube do 50 % energije goriva, jer nemaju mogućnosti recikliranje dodatne toplinske energije. Uz to, gubici prijenosa i distribucije kreću se oko 10 % ukupne opskrbe energijom. To je više nego što godišnje zajedno potroše Njemačka, Velika Britanija, Španjolska i Francuska.

Kada se gledaju ukupni gubici nastali u centraliziranim energetskim sustavima, oni su otprilike jednaki ukupnoj količini energije potrošenoj u globalnom transportnom sustavu.

Tu je i gospodarski argument. Gospodarstvo sve više favorizira manja postrojenja.

Decentralizirana energija, koja se nalazi na lokaciji ili pored lokacije potrošača treba samo upola toliko kapitala koliko je potrebno za novu centraliziranu proizvodnju energije, a koja još uz to treba novu prijenosnu i distribucijsku mrežu.

DE postrojenja mogu poslovati puno efikasnije. Također omogućuju puno veći stupanj sigurnosti. Naime, ispad energetske mreže zbog preopterećenja u prijenosu i distribuciji neizbježan je, jer su postojeći prijenosni vodovi već opterećeni do svog punog kapaciteta, a novi vodovi su istovremeno skupi i nepopularni. Centralizirani sustavii također su puno ranjiviji te podložniji kolapsu ili destruktiji sustava.

No ipak, postoji 6 ključnih barijera za povećanje decentralizirane proizvodnje energije:

- Energetska efikasnost nije nagrađena
- Prodaja energije trećima često je ilegalna
- Cijena energije posvuda ne reflektira potražnju u određeno vrijeme
- Obvezne rezerve su previsoke
- Zakonodavci ignoriraju troškove prijenosa i distribucije
- Reforma energetskog sektora ignorira dobrobiti decentralizirane proizvodnje energije.

Komentirajući istraživanje direktor WADE-a izjavio je da ovo istraživanje pokazuje da ključ za smanjivanje gubitaka energije leži u rukama zakonodavaca, pogotovo onih odgovornih za reformu energetskog sektora.

Energy Markets, February 2003.

SBK

AUSTRALSKI ISTRAŽIVAČI UČINILI SUNČEVU SVJETLOST "PROHLADNOM"

U budućnosti kuća ili ured bit će osvijetljeni prirodnom sunčevom svjetlošću. To će omogućiti pronalazak australskih znanstvenika koji su pronašli način kako reducirati sunčevu

toplinu bez smanjenja intenziteta sunčeve svjetlosti. Do tok saznanja došao je tim fizičara s Tehnološkog sveučilišta u Sydneyu. Cilj istraživanja je bio da se načine uređaji koji omogućavaju dobro danje svjetlo, uz minimalno zagrijavanje i pristupačnu cijenu. Zahvaljujući nanotehnologiji shvatili su kako ultra-fini materijali utječu na ponašanje svjetlosti. Ultra fine čestice doslovno usisavaju infracrvene čestice – fotone, a propuštaju vidljivu svjetlost. Dakle, radi se o elektromagnet-skom efektu pod imenom površinska plazmonska rezonanca (Surface Plasmon Resonance).

Trebalo je identificirati materijale koji upijaju nevidljivi dio solarnog spektra kako bi se dobilo danje svjetlo s minimal-nom količinom topline.

Neki materijali, samljeveni u prah, veličine čestica između pet i dvadeset nanometara (milijarditi dio metra), spojenih u tanki plastični sloj, omogućavaju prolaz svjetla, ali sprječavaju prolaz zrakama blizu infracrvenog svjetla ili topline unutar solarne radijacije.

Takvo staklo naći će primjenu za prozorska stakla, stakla automobila, reflektore te u specijalnim uređajima za zasjenjivanje. Omogućit će povećanje prirodnog svjetla bez zagrijavanja, što će smaniti troškove klimatizacije te smanjenje stakleničkih plinova.

Ovaj tim nastavlja s istraživanjima da bi dobio efikasne energetske difuzore svjetlosti, što bi našlo primjenu u proizvodnji žarulja koje će biti energetski efikasnije. Isto tako bi našlo primjenu u proizvodnji prozirnih materijala za krovove. Osim toga zasluga tima su i «svjetleće cijevi» koje su sada u mogućnosti dovesti sunčevo svjetlo s krova zgrade sve do četrdeset metara u njezinu unutrašnjost. Tzv. «solarna svijetla».

Refocus, March/April 2003.

SBK

REZERVE NAFTE U SVIJETU

Zemlja s najvećim rezervama nafte je Saudijska Arabija. Prema dosadašnjim istraživanjima, današnjoj tehnici i cijena-ma, moguće je koristiti samo one rezerve koje su danas ekonomične.

Dobivanje nafte iz uljnih škriljevaca i uljnog pijeska, danas još nije ekonomično, pa pri procjeni nije uzeto u obzir, ali rezerve čini mnogo većim. Koliko u kojoj zemlji ima rezerve nafte, koju se može ekonomično danas koristiti, dano je u priloženoj tablici.

Zemlja	Milijardi tona
Saudijska Arabija	35,4
Kanada	24,2
Irak	15,9
Kuvajt	13
Arapski emirati	12,9
Iran	12,3
Venezuela	10,9
Rusija	8,2
Libija	3,9
Nigerija	3,3
SAD	3
Kina	2,5
Katar	2
Meksiko	1,9
Norveška	1,3

EW, god. 102(2003), broj 7

Mrk

ZAKON O TELEKOMUNIKACIJAMA

Hrvatski sabor donio je na sjednici 17. srpnja 2003. godine Zakon o telekomunikacijama, te je isti objavljen 30. srpnja 2003. u "Narodnim novinama" broj 122/03. Ovo je treći zakon o telekomunikacijama donesen u Republici Hrvatskoj (u daljnjem tekstu: RH).

Zakon je izradila Radna skupina za telekomunikacije i informacijsku tehnologiju, koju je Vlada RH osnovala 19. rujna 2002. godine za obavljanje sljedećih poslova:

- usklađivanje zakonodavstva iz područja telekomunikacija sa zakonodavstvom EU,
- izrada Nacionalnog programa RH za pridruživanje Europskoj uniji, te
- izrada samih zakonodavnih mjera.

POVIJEST HRVATSKOG ZAKONA O TELEKOMUNIKACIJAMA

Prvi zakon o telekomunikacijama RH objavljen je 1994. godine u "Narodnim novinama" broj 53/94. Omogućio je liberalizaciju javnih telekomunikacija u pokretnoj mreži, kao i liberalizaciju radija, televizije i kabelske televizije. Definirao je koncesiju i za uslugu prijenosa govora, zvuka, podataka, dokumenata, slika i dr. terminalnom opremom koja je priključena na javne telekomunikacije. Iznajmljivanje i prodaju telekomunikacijske opreme definirao je kao uslugu koju se obavlja u uvjetima slobodnog tržišta. Međutim, javne telekomunikacije u nepokretnoj mreži smjelo je izgrađivati i upotrebljavati jedino javno poduzeće Hrvatske telekomunikacije.

Drugim zakonom o telekomunikacijama, objavljenim 2000. godine u "Narodnim novinama" broj 76/00, tržište je otvoreno za nove operatore u nepokretnoj telekomunikacijskoj mreži, uz postavljenja sljedećih načela njegove liberalizacije:

- osigurati djelotvorno natjecanje na telekomunikacijskom tržištu s jednakim mogućnostima za uspjeh,
- promicati pristup tržištu novim davateljima usluga,
- onemogućiti zloporabu nadmoćnog položaja na tržištu i spriječiti zloporabe, te
- osigurati poštovanje načela otvorenog pristupa mreži.

Njegovim donošenjem nastojalo se uskladiti propise u djelatnosti telekomunikacija sa zahtjevima Svjetske trgovinske organizacije i stvoriti zakonski okvir za pošteno tržišno natjecanje sukladno direktivama Europske unije o otvorenom pristupu mreži, iznajmljenim vodovima i govornoj telefoniji. Tim je zakonom osnovan nezavisni regulator u telekomunikacijama, Javna ustanova Hrvatski zavod za telekomunikacije (u daljnjem tekstu: Zavod).

Prijelaznim odredbama tvrtki HT - Hrvatske telekomunikacije d.d. (u daljnjem tekstu: HT) dodijeljena su sljedeća isključiva prava do 31. prosinca 2002. godine:

1. biti operator nepokretne javne telekomunikacijske mreže,
2. pružati javne govorne usluge putem nepokretne mreže,
3. pružati međunarodne telekomunikacijske usluge.

Ova prava su u rujnu 1999. godine regulirana s 3 odluke o dodjeli koncesije HT-u:

- odluka o dodjeli koncesije na rok od 30 godina za obavljanje javnih govornih usluga u nepokretnoj mreži i tržišnih telekomunikacijskih usluga u nepokretnoj mreži, te o stjecanju isključivih prava biti operator nepokretne javne telekomunikacijske mreže, te pružati javne govorne usluge putem nepokretne mreže i međunarodne telekomunikacijske usluge, i to do 31. prosinca 2002. godine,
- odluka o dodjeli koncesije na rok od 10 godina za izgradnju i uporabu javnih telekomunikacija u globalnom sustavu pokretne mreže GSM, te
- odluka o dodjeli koncesije na rok od 30 godina za izgradnju i uporabu javnih telekomunikacija u NMT sustavu.

Zakonom o izmjenama i dopunama Zakona o telekomunikacijama iz srpnja 2001. godine objavljenim u "Narodnim novinama" broj 68/01 osnovano je Vijeće za telekomunikacije, neovisna pravna osoba za obavljanje poslova odlučivanja o davanju koncesija i drugih regulatornih poslova u području telekomunikacija, dok poslove pripremanja prijedloga akata i druge poslove utvrđene zakonom obavlja Zavod.

U srpnju 2001. godine donesene su izmjene i dopune Zakona o telekomunikacijama kojima su obveze HT-a da osigura pristup svojoj izdvojenoj lokalnoj petlji, prenosivost broja i predodabir operatora odgođene do 31. prosinca 2004. godine. Ministar mjerodavan za telekomunikacije (u daljnjem tekstu: Ministar) zadužen je da do 31. prosinca 2004. godine donese pravilnike kojima će se regulirati razmotani pristup lokalnoj petlji, prenosivost broja i predodabir operatora.

Na temelju drugog zakona o telekomunikacijama doneseno je 11 pravilnika. Do srpnja 2003. godine nije doneseno još desetak njime predviđenih pravilnika.

Treći zakon o telekomunikacijama predstavlja korak dalje u liberalizaciji hrvatskog telekomunikacijskog tržišta i njegovom usklađivanju s međunarodnim standardima i praksom. Uz načela i ciljeve regulacije hrvatskog telekomunikacijskog tržišta postavljena u drugom zakonu o telekomunikacijama, novi zakon ističe i sljedeće ciljeve:

- skrbiti o interesima korisnika telekomunikacijskih usluga, uključujući korisnike s invaliditetom i socijalno ugrožene korisnike, te osigurati visoku razinu njihove zaštite, osobito u postupcima rješavanja sporova između korisnika i davatelja usluga
- štititi tajnost telekomunikacijskih priopćenja te osobnih podataka i privatnosti korisnika telekomunikacijskih usluga
- promicati dostupnost transparentnih obavijesti o cijenama i uvjetima uporabe javnih telekomunikacijskih usluga
- osigurati osnovne (univerzalne) telekomunikacijske usluge određene kakvoće na cijelom području RH, uz pristupačnu cijenu, kao i djelotvorno upravljanje i nesmetanu uporabu radiofrekvencijskog spektra te adresnog i brojevnog prostora,
- promicati korištenje telekomunikacijskih usluga u državnim i javnim službama, te
- zaštititi potrebe javnog reda, obrane i nacionalne sigurnosti.

Vezano uz načelo osiguravanja tržišnog natjecanja na telekomunikacijskom tržištu, Zakon traži i **promicanje** tržišnog natjecanja, osiguravanje **održivog** natjecanja, poticanje djelatnosti ulaganja u telekomunikacijsku infrastrukturu, te poticanje uvođenja novih, inovativnih telekomunikacijskih usluga i tehnologija.

OPSEG ZAKONA O TELEKOMUNIKACIJAMA ("Narodne novine", br. 122/03)

Trećim Zakonom o telekomunikacijama (u daljnjem tekstu: Zakon) u RH se uređuju:

- telekomunikacije i radijske komunikacije,
- način i uvjeti obavljanja telekomunikacijskih usluga i djelatnosti,
- prava i obveze davatelja i korisnika telekomunikacijskih usluga,
- izgradnja, održavanje i uporaba telekomunikacijske infrastrukture i opreme, radijske opreme i telekomunikacijske terminalne opreme,
- upravljanje radiofrekvencijskim spektrom, te adresnim i brojevnim prostorom u RH,
- elektromagnetska kompatibilnost,
- zaštita podataka u telekomunikacijama te
- obavljanje nadzora i kontrole u telekomunikacijama.

Iz opsega Zakona izdvojene su djelatnosti radija, televizije i kabelske televizije, čije se obavljanje propisuje Zakonom o elektroničkim medijima.

IZNIMKE U PRIMJENI ZAKONA

Odredbe Zakona ne primjenjuju se na telekomunikacijsku i radijsku opremu te radijske postaje koje su postavljene i upotrebljavaju se isključivo za potrebe Oružanih snaga RH, policije i sigurnosnih službi RH, a radijske frekvencije za njihov rad usklađene su s Tablicom namjene radiofrekvencijskog spektra i Planovima dodjele radijskih frekvencija, uz izuzetak odredbi koje se odnose na namjenu radiofrekvencijskog spektra, vrste emisija i snage zračenja elektromagnetskih polja, te na poduzimanje djelatnosti mjera za sprječavanje i uklanjanje štetnih smetnji, i na pružanje pomoći u slučaju opasnosti.

Za razliku od drugog zakona o telekomunikacijama, od odredbi novog Zakona nije izuzeta oprema diplomacije, financijske policije i carine, te regulatornog tijela.

DRŽAVNI INTERES

Kao područja državnog interesa za RH Zakonom su određeni:

- izgradnja, održavanje, razvoj i uporaba telekomunikacijske infrastrukture i opreme,
- upravljanje i uporaba radiofrekvencijskog spektra, te adresnog i brojevnog prostora kao prirodno ograničenog općeg dobra, te
- obavljanje javnih telekomunikacijskih usluga i djelatnosti.

Za razliku od odredbi starog zakona o telekomunikacijama, u područje državnog interesa je istaknut i **razvoj** telekomunikacijske infrastrukture i opreme (uz izgradnju i održavanje), te upravljanje i uporaba adresnog i brojevnog prostora.

U skladu sa značenjem pridanim razvoju telekomunikacijske infrastrukture i opreme, Zakon definira da Hrvatski sabor na prijedlog Vlade RH treba donijeti Strategiju razvoja telekomunikacija i informacijske tehnologije RH i to za razdoblje od četiri godine. Ova Strategija predstavlja temeljni dokument kojim se dugoročno uređuju osnovna načela i smjernice razvoja telekomunikacija, informacijske tehnologije, te određuje nacionalni prioritet u planiranju telekomunikacijskih i informatičkih djelatnosti. Izrađuje je ministarstvo nadležno za telekomunikacije u suradnji s ministarstvom nadležnim za informatičku djelatnost, Uredom za strategiju razvitka i Uredom za internetizaciju Vlade RH, te Hrvatskom agencijom za telekomunikacije.

NADLEŽNA DRŽAVNA TIJELA

Za područja pokrivena Zakonom nadležna državna tijela su Hrvatska agencija za telekomunikacije, Vlada RH i ministarstvo nadležno za telekomunikacije (u daljnjem tekstu: Ministarstvo).

Zakon uređuje osnivanje Hrvatske agencije za telekomunikacije (u daljnjem tekstu: Agencija), jedinstvenog nacionalnog regulatornog tijela koje zamijenjuje dosadašnje Vijeće za telekomunikacije i Zavod. Osnivač Agencije je Republika Hrvatska, a osnivačka prava ostvaruju Hrvatski sabor i Vlada RH.

Agencija je samostalna, neprofitna i neovisna pravna osoba s javnim ovlastima koja za svoj rad odgovara Hrvatskom saboru. Sjedište Agencije je u Zagrebu.

Na slici 1 navedeni su poslovi u nadležnosti Agencije koje Agencija obavlja u skladu s odredbama Zakona i propisa donesenih na temelju Zakona.

Agencijom upravlja Vijeće Agencije koje se sastoji od pet članova. Vijeće Agencije donosi, uz prethodnu suglasnost Vlade RH, Statut Agencije, Pravilnik o radu Agencije, godišnji financijski plan i završni račun Agencije te godišnji program rada i razvoja Agencije. Također, Vijeće Agencije donosi odluke u svezi s obavljanjem regulatornih poslova Agencije. Odluke Vijeća Agencije su konačne, a donose se većinom glasova svih članova Vijeća Agencije. Protiv odluka, rješenja i zaključaka Vijeća Agencije nije dopuštena žalba, ali se može pokrenuti upravni spor pred Upravnim sudom RH.

Članove Vijeća Agencije imenuje i razrješava Hrvatski sabor na prijedlog Vlade RH. Imenuju se na vrijeme od pet godina, s tim da mogu biti ponovno imenovani, a dužnost obnašaju profesionalno (što nije bio uvjet u starom zakonu). Predsjednika i zamjenika predsjednika Vijeća Agencije imenuje i razrješava Hrvatski sabor na prijedlog Vlade RH iz reda članova Vijeća (prema odredbama starog zakona članovi Upravnog vijeća Zavoda su između sebe birali predsjednika i zamjenika predsjednika).

Vijeće Agencije podnosi Hrvatskom saboru i Vladi RH godišnje izvješće o svojem radu te o stanju i ostvarivanju načela i ciljeva regulacije telekomunikacijskog tržišta u RH.

Stručne, administrativne i tehničke poslove za potrebe Agencije obavlja stručna služba Agencije kojom rukovodi upravitelj Agencije. Upravitelja Agencije imenuje na četiri godine Vijeće Agencije na prijedlog ministra, i može biti ponovno imenovan.

Sredstva za obavljanje poslova Agencije, u skladu s njezinim godišnjim financijskim planom, osiguravaju se:

Poslovi koje Agencija obavlja na temelju javne ovlast, a koji su od posebnog interesa za Republiku Hrvatsku su:

Odluke u svezi s obavljanjem ovih regulatornih poslova donosi Vijeće Agencije

donošenje odluka o davanju i oduzimanju koncesija i dozvola

nadzor i regulacija cijena i kakvoće telekomunikacijskih usluga

rješavanje sporova između operatora te između operatora i davatelja usluga

rješavanje sporova između davatelja usluga i korisnika usluga, uz posredovanje Vijeća korisnika telekomunikacijskih usluga

donošenje odluka i rješenja u svezi s obavljanjem drugih regulatornih poslova koji su u nadležnosti Agencije

upravljanje adresnim i brojevnim prostorom u telekomunikacijama i izrada pripadajućih planova

upravljanje radiofrekvencijskim spektrom, izrada Tablice namjene radiofrekvencijskog spektra i planova dodjele radijskih frekvencija

provedba postupka usklađivanja radijskih frekvencija na domaćoj i međunarodnoj razini te dodjela radijskih frekvencija

kontrola radiofrekvencijskog spektra i poduzimanje mjera zaštite od štetnih smetnji

Ostali poslovi koje obavlja Agencija su:

sklapanje ugovora o koncesiji za frekvenciju za obavljanje telekomunikacijskih usluga reguliranih Zakonom, te ugovora o koncesiji za frekvenciju za obavljanje radiodifuzijskih usluga u skladu s odredbama posebnog zakona kojim je uređeno područje elektroničkih medija

predlaganje nacrtu podzakonskih propisa koje donosi ministar na temelju odredaba Zakona

davanje stručnih mišljenja o pojedinim pitanjima iz područja telekomunikacija i provedbe Zakona i propisa donesenih na temelju Zakona, na zahtjev zainteresiranih osoba

priređivanje stručnih skupova, javnih savjetovanja te ispitivanja tržišta i javnog mnijenja u svezi s pojedinim pitanjima iz područja telekomunikacija

obavljanje poslova međunarodne suradnje s međunarodnim telekomunikacijskim organizacijama i institucijama te sudjelovanje u radu njihovih stručnih tijela i radnih skupina, uz suglasnost Vlade Republike Hrvatske i Ministarstva

suradnja s inozemnim regulatornim tijelima u telekomunikacijama

obavljanje drugih poslova utvrđenih ovim Zakonom i Statutom Agencije

Slika 1. Nadležnosti Hrvatske agencije za telekomunikacije

- od dijela naknade za uporabu radijskih frekvencija koji ne može biti manji od 5%,
- od naknade za uporabu adresa i brojeva,
- iz iznosa od 0,2% od ukupnog godišnjeg bruto prihoda koji su u prethodnoj godini u obavljanju telekomunikacijskih usluga i djelatnosti ostvarili koncesionari i davatelji telekomunikacijskih usluga, osim koncesionara radiodifuzijskih usluga.

Agencija odgovara za vlastite obveze cjelokupnom svojom imovinom, a Republika Hrvatska solidarno i neograničeno odgovara za obveze Agencije.

Prema odredbama Zakona, Vlada RH obavlja sljedeće:

- surađuje na izradi Strategije razvoja telekomunikacija i informacijske tehnologije RH,
- ovlašćuje Ministarstvo za poduzimanje mjera u slučaju velikih prirodnih nepogoda te prekida u obavljanju osnovnih telekomunikacijskih usluga,
- ostvaruje osnivačka prava nad Agencijom,
- predlaže Hrvatskom saboru imenovanje članova, predsjednika i zamjenika predsjednika Vijeća Agencije,
- određuje iznos dijela naknade za uporabu radijskih frekvencija iz kojeg se osiguravaju sredstva za obavljanje poslova Agencije, te
- utvrđuje iznos i način raspodjele viška sredstava za obavljanje poslova Agencije (razlike ostvarenih prihoda i rashoda Agencije na kraju tekuće proračunske godine).

Prema odredbama Zakona, Ministarstvo obavlja sljedeće:

- izrađuje Strategiju razvoja telekomunikacija i informacijske tehnologije RH,
- predstavlja RH u međunarodnim telekomunikacijskim organizacijama i institucijama te je odgovorno za provedbu međunarodnih ugovora, sporazuma i konvencija iz područja telekomunikacija,
- poduzima mjere radi obavljanja osnovnih usluga u slučaju velikih prirodnih nepogoda te prekida u obavljanju osnovnih telekomunikacijskih usluga,
- obavlja inspekcijski nadzor nad provedbom odredaba Zakona i propisa donesenih na temelju Zakona, te međunarodnih ugovora i sporazuma iz područja telekomunikacija, koji obvezuju RH,
- obavlja upravni nadzor nad Agencijom,
- uz suglasnost ministarstva nadležnog za upravne poslove graditeljstva i Vlade RH daje dozvolu za međusobno povezivanje telekomunikacijskih mreža stranih operatora preko državnog područja RH bez posredovanja operatora u RH,
- daje Agenciji suglasnost za donošenje i objavljivanje Plana adresiranja i Plana numeriranja, kao i izmjena tih planova, te je
- nadležno za vođenje prekršajnih postupaka u prvom stupnju za prekršaje propisane Zakonom.

TELEKOMUNIKACIJSKA INFRASTRUKTURA

Telekomunikacijska infrastruktura i oprema, namijenjena za uporabu u RH, mora se projektirati, proizvoditi, graditi, održavati i upotrebljavati u skladu s:

- hrvatskim normama,
- normama Europskog instituta za komunikacijske norme (ETSI) i Europskog odbora za normizaciju / Europskog odbora za elektrotehničku normizaciju (CEN/CENELEC) te
- odlukama, preporukama i propisima Međunarodne telekomunikacijske unije (ITU) i Europske konferencije poštanskih i telekomunikacijskih uprava (CEPT).

Ministar može pravilnicima pobliže propisati tehničke uvjete i uvjete uporabe za određene vrste telekomunikacijske infrastrukture i opreme.

Telekomunikacijska infrastruktura i oprema javnih telekomunikacija mora se projektirati, proizvoditi i graditi na način da telekomunikacijske usluge budu dostupne i osobama s invaliditetom.

Postavljanje, uporaba i održavanje telekomunikacijske infrastrukture i opreme

Postavljanje i uporaba telekomunikacijske infrastrukture i opreme, namijenjene za spajanje na javnu telekomunikacijsku mrežu ili za obavljanje javnih telekomunikacijskih usluga, mora udovoljavati uvjetima:

- sigurnosti uporabe mreže i cjelovitosti mreže,
- povezanosti telekomunikacijskih usluga u smislu sposobnosti međusobnog funkcioniranja,
- priključenja telekomunikacijske terminalne opreme, te
- ugradnje funkcija tajnog nadzora telekomunikacijskih usluga i/ili djelatnosti, kao i telekomunikacijskog prometa na međumjesnim i međunarodnim telekomunikacijskim vezama, u skladu s posebnim zakonima iz područja nacionalne sigurnosti (ova odredba nije postojala u starom zakonu).

Međunarodno povezivanje telekomunikacijskih mreža

Telekomunikacijske mreže mogu se povezati s telekomunikacijskim mrežama drugih država na temelju prijave Agenciji.

Uporaba javnog dobra i nekretnina drugih

Koncesionari radiodifuzijskih usluga i operatori imaju pravo, uz pribavljenu suglasnost nadležnog tijela državne uprave koje upravlja javnim dobrima, koristiti se, u svrhu obavljanja svoje djelatnosti, javnim dobrima u općoj uporabi i šumskim i drugim zemljištem u vlasništvu RH, kao i zračnim prostorom iznad njih, za postavljanje i održavanje svoje telekomunikacijske infrastrukture i opreme. Ako nije dobivena suglasnost, koncesionari radiodifuzijskih usluga i operatori mogu, kad je to potrebno radi izgradnje objekata ili izvođenja radova koji su prema Zakonu od interesa za RH, steći vlasništvo ili steći služnost na navedenim nekretninama u vlasništvu RH, kao i na nekretninama drugih pravnih i fizičkih osoba, u skladu s odredbama Zakona o izvlaštenju. Ova prava može ostvariti i Agencija u svrhu izgradnje sustava kontrolno-mjernih središta i kontrolno-mjernih postaja.

Zajednička uporaba izgrađene telekomunikacijske infrastrukture

Koncesionari radiodifuzijskih usluga i operatori imaju pravo, ako postoje tehnički uvjeti, koristiti se izgrađenom telekomunikacijskom infrastrukturom u vlasništvu drugih pravnih i fizičkih osoba uz naknadu stvarnih troškova, na temelju sklopljenog ugovora. Ako vlasnik telekomunikacijske infrastrukture odbije sklopiti ugovor, Vijeće Agencije će, na zahtjev koncesionara radiodifuzijskih usluga ili operatora, utvrditi postoje li odgovarajući tehnički uvjeti, te u slučaju postojanja odgovarajućih tehničkih uvjeta donijeti rješenje koje u cijelosti zamjenjuje taj ugovor.

PRIVATNA TELEKOMUNIKACIJSKA MREŽA

Privatna telekomunikacijska mreža je telekomunikacijska mreža koju za svoje potrebe uspostavlja, održava i koristi fizička ili pravna osoba, a putem koje se ne obavljaju javne telekomunikacijske usluge. Za izgradnju, postavljanje i uporabu takve mreže i pripadajuće telekomunikacijske infrastrukture i opreme, nije potrebna koncesija.

Ovakva mreža može biti povezana s javnom telekomunikacijskom mrežom.

TELEKOMUNIKACIJSKE USLUGE I DJELATNOSTI

Telekomunikacijske usluge definirane su prema sadržaju neovisno o mediju i tehnologiji kojom se usluge pružaju, što nije bio slučaj u starom zakonu. Grupirane su na one koje se obavljaju na temelju koncesije ili dozvole, te one koje se obavljaju na temelju prijave. U Tablicama 1 i 2 dana je podjela usluga i načini stjecanja prava njihovog obavljanja, a u nastavku opis vezan uz pojedine telekomunikacijske usluge:

- javna govorna usluga

Ovo je javno dostupna usluga prijenosa govora putem javne telekomunikacijske mreže (bilo nepokretne, bilo pokretne), koja omogućuje međusobno glasovno komuniciranje korisnika usluga, dok se u starom zakonu odnosila samo na prijenos govora u **realnom** vremenu putem sredstava javne **nepokretne** telekomunikacijske mreže.

- davanje u najam telekomunikacijskih vodova

Telekomunikacijski vod je konciznije definiran kao žični, svjetlovodni ili srodni vod (za razliku od "razvidan telekomunikacijski prijenosni kapacitet" u starom zakonu) između priključnih točaka telekomunikacijske mreže bez funkcije posredovanja (komutacije).

- davanje u najam telekomunikacijske mreže ili njezinih dijelova

Telekomunikacijska mreža je jasnije definirana kao prijenosni vodovi, prijenosna, komutacijska i druga tehnička oprema (za razliku od definicije u starom zakonu: oprema za prijenos, te gdje je primjenjivo, oprema za prespajanje i druga sredstva) koja omogućuje prijenos signala između određenih priključnih točaka putem žičnih, svjetlosnih, radijskih ili drugih elektromagnetskih sredstava.

- radiodifuzijska usluga (novodefiniran pojam)

Ovo je radiokomunikacijska usluga koja obuhvaća prijenos, odašiljanje i/ili prijam zvuka, slike i drugih signala namijenjenih za izravan prijam u javnosti, putem odašiljača na Zem-

Tablica 1 – Telekomunikacijske usluge koje se obavljaju na temelju koncesije ili dozvole

Telekomunikacijske usluge, koje se obavljaju na temelju koncesije ili dozvole:		Pravo obavljanja usluge stječe se
1	javne govorne usluge	– pravo na uporabu radiofrekvencijskog spektra za obavljanje usluga 1 do 5: <u>na temelju odluke Vijeća Agencije o davanju koncesije te potpisanog ugovora o koncesiji</u> . Odluka o davanju koncesije donosi se na temelju provedenog postupka javnog natječaja kojeg raspisuje Vijeće Agencije; ^{1, 2} – u nepokretnoj telekomunikacijskoj mreži uz uporabu radiofrekvencijskog spektra: <u>na temelju odluke Vijeća Agencije o davanju koncesije za uporabu frekvencije koja se daje na zahtjev³, te potpisanog ugovora o koncesiji;</u> ^{4, 5, 6} – za usluge za koje nije potrebna uporaba radiofrekvencijskog spektra: <u>na temelju dozvole, koja se izdaje na zahtjev pravne osobe;</u> ^{7, 8} – uz uporabu slobodnoga radio-frekvencijskog spektra: <u>na temelju dozvole koja se izdaje na zahtjev pravne osobe</u>
2	davanje u najam telekomunikacijskih vodova	
3	davanje u najam telekomunikacijske mreže ili njezinih dijelova	
4	radiodifuzijske usluge	
5	usluge kabelske distribucije	

1 Virtualni pokretni mrežni operatori mogu obavljati javne telekomunikacijske usluge na temelju prethodno sklopljenog ugovora s koncesionarom javnih telekomunikacijskih usluga u pokretnoj telekomunikacijskoj mreži i pribavljene dozvole (tj. bez koncesije).
 2 Za izgradnju, postavljanje i uporabu privatnih telekomunikacijskih mreža i pripadajuće telekomunikacijske infrastrukture i opreme, mreža za potrebe profesionalnog pokretnog radija, mikrovalnih veza tipa točka–točka te mreža koje upotrebljavaju slobodni radiofrekvencijski spektar, nije potrebna koncesija. Dozvola se izdaje za određenu zemljopisnu lokaciju.
 3 Obavijest o zaprimanju zahtjeva Vijeće Agencije objavljuje u »Narodnim novinama«, zajedno s osnovnim tehničkim značajkama, kako bi druga zainteresirana trgovačka društva mogla podnijeti zahtjev za davanje koncesije u istom frekvencijskom području. Ako u roku od 45 dana od dana objave obavijesti Vijeće Agencije zaprimi više zahtjeva koji se ne mogu zadovoljiti iz raspoloživog dijela radiofrekvencijskog spektra, poništiti će postupak prikupljanja zahtjeva te raspisati javni natječaj za davanje koncesije i to najkasnije u roku od 90 dana od dana objave te obavijesti.
 4 Jedno trgovačko društvo može podnijeti samo jedan zahtjev za davanje koncesije u određenom dijelu radiofrekvencijskog spektra.
 5 Uvjeti i postupak davanja koncesije za obavljanje djelatnosti radija i televizije propisuju se posebnim zakonom kojim je uređeno područje elektroničkih medija.
 6 Operator javne telekomunikacijske mreže sa znatnijom tržišnom snagom na tržištu javnih govornih usluga ne može obavljati radiodifuzijske usluge koje se obavljaju prema posebnom zakonu kojim je uređeno područje elektroničkih medija, već radi obavljanja ovih usluga mora osnovati posebnu pravnu osobu.
 7 Usluge kabelske distribucije radijskih i/ili televizijskih programa ne mogu u istoj pravnoj osobi obavljati:
 – operatori javne telekomunikacijske mreže sa znatnijom tržišnom snagom na tržištu javnih govornih usluga,
 – operatori javne telekomunikacijske mreže u kojima RH ima izravni ili neizravni većinski udio u kapitalu, odnosno poslovnom udjelu, ili većinsko pravo u odlučivanju,
 – koncesionari radija i televizije, Hrvatska radiotelevizija i pravne osobe koje proizvode i/ili objavljuju elektroničke publikacije.
 8 Za obavljanje javnih govornih usluga, koje se pružaju u cijelosti putem javne telefonske mreže, potrebno je, uz pribavljenu dozvolu, osigurati međusobno povezivanje i dodjelu potrebnih brojeva u skladu s odredbama Zakona.

Tablica 2 – Telekomunikacijske usluge koje se obavljaju na temelju prijave

Telekomunikacijske usluge, koje se obavljaju na temelju prijave		Pravo obavljanja usluge stječe se
1	prijenos govora, zvuka, podataka, dokumenata, slika i drugog, osim javnih govornih usluga	– pravna ili fizička osoba podnošenjem pisane prijave Agenciji
2	prijenos govora, zvuka, podataka, dokumenata, slika i drugog telekomunikacijskim kapacitetima u nepokretnoj i pokretnoj satelitskoj službi	– uz uporabu slobodnoga radio-frekvencijskog spektra: na temelju dozvole koja se izdaje na zahtjev pravne osobe

lji ili na satelitu (prijenos zvuka, televizijski prijenos i/ili druge vrste prijenosa).

- usluga kabelske distribucije (novodefiniran pojam)

Ovo je telekomunikacijska usluga prijenosa radijskih i televizijskih programa i s njima povezanih podataka, odašiljanih iz jednog središta korisnicima kabelske distribucijske mreže, putem koje se mogu pružati i druge telekomunikacijske usluge.

Definirana su tri načina stjecanja prava obavljanja telekomunikacijskih usluga:

- koncesija – za uporabu radiofrekvencijskog spektra kao prirodno ograničenog dobra,

- dozvola – za javne govorne usluge, davanje u najam telekomunikacijskih vodova, davanje u najam telekomunikacijske mreže i usluge kabelske distribucije, te
 - prijava – ostale telekomunikacijske usluge.
- Osim telekomunikacijskih usluga, Zakon regulira i sljedeće telekomunikacijske djelatnosti za čije obavljanje Vijeće Agencije izdaje ovlast pravnim osobama:
- radijska mjerenja u pokretnoj telekomunikacijskoj mreži o kojima je koncesionar frekvencije za obavljanje javnih telekomunikacijskih usluga u pokretnoj telekomunikacijskoj mreži obavezan dostaviti odgovarajuće podatke na zahtjev inspektora telekomunikacija ili ovlaštenog radnika Agencije,

- radijska mjerenja i ispitivanja koja Agencija, ili pravna osoba koju je ovlastilo Vijeće Agencije mora obaviti nakon podnesenog zahtjeva za izdavanja dozvole za pojedinačnu radijsku postaju ukoliko treba utvrditi tehničke, zemljopisne i druge uvjete za djelotvornu i neometanu uporabu radijske frekvencije
- tehnički pregled radijskih postaja za koje je podnesen zahtjev za izdavanje dozvole za radijsku postaju, a treba ga obaviti prije puštanja postaje u rad
- ocjenjivanja sukladnosti radijske opreme i telekomunikacijske terminalne opreme s bitnim zahtjevima definiranim Zakonom
- izračun i mjerenje veličina elektromagnetskih polja koja stvaraju radijska oprema, telekomunikacijska terminalna oprema i radijske postaje
- ocjenjivanje sukladnosti električne i druge tehničke opreme koja se proizvodi, uvozi, stavlja na tržište i upotrebljava u RH i ne smije stvarati elektromagnetske smetnje, te
- mjerenje i ispitivanje radi utvrđivanja uzroka smetnji u telekomunikacijskim sustavima operatora i davatelja usluga, u radijskoj mreži za odašiljanje radijskih i/ili televizijskih programa ili u ostalim radijskim komunikacijama.

Za koncesiju za frekvenciju i dozvolu za obavljanje usluga iz Tablice 1., za prijavu za obavljanje usluga iz Tablice 2 te za ovlasti za obavljanje telekomunikacijskih djelatnosti plaća se naknada na način i u visini propisanoj Pravilnikom o plaćanju naknade za obavljanje telekomunikacijskih usluga i djelatnosti, koji donosi Ministar. Visina naknade ne smije narušavati slobodno tržišno natjecanje.

OSNOVNE TELEKOMUNIKACIJSKE USLUGE

Osnovne (univerzalne) telekomunikacijske usluge su najmanji skup telekomunikacijskih usluga određene kakvoće, koje su dostupne po pristupačnoj cijeni svim krajnjim korisnicima u RH, neovisno o njihovoj zemljopisnoj lokaciji, uz mogućnost uvođenja posebnih cijena prilagođenih potrebama socijalno ugroženih slojeva korisnika usluga. Obuhvaćaju sljedeće:

- pristup javnoj govornoj usluzi putem priključka na fiksnu lokaciju, što omogućuje krajnjem korisniku slanje i primanje mjesnih, međumjesnih (nacionalnih) i međunarodnih telefonskih poziva, komunikaciju putem telefaksa i telekomunikacijski prijenos podataka, uz brzine prijenosa podataka koje omogućuju djelotvoran pristup Internetu, uzimajući u obzir raširene tehnologije kojima se koristi većina pretplatnika, kao i tehnološku ostvarivost,
- pristup krajnjih korisnika najmanje jednom sveobuhvatnom popisu pretplatnika javne govorne usluge, u obliku koji je odobrilo Vijeće Agencije, a koji može biti tiskani i/ili elektronički, te se mora redovito, a najmanje jedanput godišnje obnavljati, pri čemu se pretplatnicima mora osigurati pravo na privatnost u svezi s uporabom njihovih osobnih podataka,
- pristup krajnjih korisnika službi davanja obavijesti, uključujući i korisnike javnih telefonskih govornica,
- postavljanje javnih telefonskih govornica na javnim i u svako doba dostupnim mjestima, u skladu s razumnim potrebama krajnjih korisnika, u pogledu pokrivenosti područja, broja telefonskih govornica, njihove dostupnosti korisnicima s invaliditetom i kakvoće usluge, te

- besplatno pozivanje telefonskih brojeva za hitne službe s bilo kojeg telefonskog uređaja, uključujući i sve javne telefonske govornice.

Stari zakon nije predviđao mogućnost uvođenja posebnih cijena prilagođenih potrebama socijalno ugroženih slojeva korisnika usluga.

Cijenu osnovnih telekomunikacijskih usluga, koja mora biti troškovno usmjerena i jednaka na cijelom području obavljanja tih usluga, odobrava Vijeće Agencije. Ako na mjerodavnom tržištu postoji više davatelja javnih govornih usluga, Vijeće Agencije može svojom odlukom obvezati na obavljanje osnovne telekomunikacijske usluge jednog ili više davatelja javnih govornih usluga, ili može, na temelju raspisanoga javnog natječaja za obavljanje osnovne telekomunikacijske usluge, odabrati najpovoljnijeg ponuditelja za obavljanje te usluge, na način i prema postupku utvrđenom u Pravilniku o osnovnim telekomunikacijskim uslugama. Ovaj pravilnik propisuje način i uvjete obavljanja tih usluga, te daje njihov detaljniji opis i mjerila njihove kakvoće.

Davatelj osnovnih telekomunikacijskih usluga koji nema više od 80% udjela u ukupnom prihodu ostvarenom na tržištu tih usluga, ima pravo zatražiti od Agencije nadoknadu troškova obavljanja tih usluga, ako mu ti troškovi predstavljaju nepravedno financijsko opterećenje i ako može nedvojbeno dokazati da dugoročni dodatni troškovi njihovog obavljanja premašuju prihode za isto razdoblje. Ako Vijeće Agencije utvrdi utemeljenost ovog zahtjeva, donijet će rješenje o nadoknadi troškova, i to za troškove utvrđene u protekloj kalendarskoj godini. Sredstva za nadoknadu troškova podmiruju se iz Fonda za osnovne telekomunikacijske usluge, koji osniva Agencija na prijedlog Ministra, ukoliko postoji više davatelja osnovnih telekomunikacijskih usluga od kojih ni jedan ne ostvaruje više od 80% udjela u ukupnom prihodu ostvarenom na tržištu tih usluga. Fond za osnovne telekomunikacijske usluge ostvaruje sredstva od doprinosa svih davatelja javnih govornih usluga i operatora, čiji je udjel u ukupnom godišnjem prihodu ostvarenom na tržištu tih usluga veći od 5%.

Davatelji osnovnih telekomunikacijskih usluga na mjerodavnom tržištu moraju jedanput godišnje, na zahtjev Vijeća Agencije, dostaviti podatke o ostvarenom ukupnom prihodu.

ZAŠTITA PRAVA KORISNIKA USLUGA

Zaštita prava korisnika ostvaruje se odredbama o pretplatničkom odnosu, pravu korisnika na podrobni ispis računa, pravu pretplatnika na prigovor i traženje naknade, na zabranu odlaznih poziva, na automatsko usmjeravanje poziva i imenik pretplatnika, kao i funkcioniranjem Vijeća korisnika telekomunikacijskih usluga:

- Pretplatnički odnos reguliraju opći uvjeti poslovanja davatelja usluga i pisani ugovor pretplatnika i davatelja usluga. Opći uvjeti poslovanja uređuju prava i obveze iz pretplatničkog odnosa između davatelja javnih telekomunikacijskih usluga i pretplatnika tih usluga. Sadrže opis i uvjete obavljanja telekomunikacijskih usluga, te utvrđuju izgled i sadržaj obrasca zahtjeva za priključenje pretplatničke terminalne opreme, način i uvjete zasnivanja, prijenosa i raskidanja pretplatničkog odnosa, odredbe o održavanju, pregledu, premještanju i privremenom isključenju pretplatničke terminalne opreme i slično.

- Davatelji javnih telekomunikacijskih usluga moraju sklopiti pisani ugovor s pretplatnikom o priključenju na svoju telekomunikacijsku mrežu i pružanju javnih telekomunikacijskih usluga. Kod uvođenja novih usluga obavezni su korisnicima dati njihov podroban opis, te im omogućiti odabir korištenja i u slučaju ako su navedene usluge besplatne.
- Korisnicima telekomunikacijskih usluga omogućuje se jednostavna provjera i kontrola učinjenih troškova uvidom u podroban ispis računa. Davatelji javnih telekomunikacijskih usluga moraju automatski bilježiti podatke o obavljenim telekomunikacijskim uslugama i omogućiti korisnicima usluga, bez naknade, uvid i kontrolu podataka o učinjenim troškovima. Podroban ispis računa dostavlja se bez naknade svim korisnicima usluga, osim ukoliko korisnici podnesu zahtjev da žele primati račun bez podrobnog ispisa podataka.
 - Davatelji javnih govornih usluga u nepokretnoj telekomunikacijskoj mreži imaju pravo privremeno isključiti pretplatničku terminalnu opremu iz telekomunikacijske mreže ako pretplatnik nije podmirio dugovanje za obavljene telekomunikacijske usluge, uz uvjet da pretplatniku prethodno dostave opomenu s naznakom privremenog isključenja u slučaju nepodmirivanja dugovanja u primjereno određenom roku, te u slučaju da pretplatnik nije podnio prigovor. Prije trajnog isključenja pretplatničke terminalne opreme mora se osigurati određeno razdoblje u kojem pretplatnik ima pravo primati dolazne pozive.
 - Operator i davatelj osnovnih telekomunikacijskih usluga moraju:
 - omogućiti jednostavnu i besplatnu zabranu određenih vrsta odlaznih poziva, odnosno poziva na određene brojeve ili skupine brojeva, na zahtjev pretplatnika,
 - omogućiti svakom pretplatniku jednostavno i besplatno preusmjeravanje poziva na bilo koji pretplatnički broj, uključujući i broj pretplatnika drugog operatora ili davatelja usluga, te
 - jednostavno i besplatno onemogućiti automatsko preusmjeravanje poziva prema pretplatničkom terminalnom uređaju, koje je izvršila treća strana.
 - Davatelji javnih telekomunikacijskih usluga moraju redovito obnavljati javni imenik svih pretplatnika, osim pretplatnika koji su u pisanom obliku izričito zabranili unošenje svojih podataka u imenik. Pretplatnici imaju besplatnu mogućnost da njihovi osobni podaci ne budu uneseni u javni imenik pretplatnika, s tim da pravne osobe ne mogu tražiti ograničenje upisa u javni imenik podataka nužnih za osnovnu identifikaciju i komunikaciju. Javni imenik pretplatnika mora biti dostupan svim korisnicima usluga u prikladnom elektroničkom i tiskanom obliku, pri čemu se tiskano izdanje imenika pretplatnika mora obnavljati najmanje svake dvije godine.
 - Korisnik javnih telekomunikacijskih usluga može davatelju usluga podnijeti prigovor na iznos kojim je zadužen za obavljanu telekomunikacijsku uslugu (do rješenja prigovora, plaća prosječni iznos kojim je bio zadužen u razdoblju od tri mjeseca prije razdoblja na koje se odnosi prigovor), te prigovor na kakvoću obavljene telekomunikacijske usluge.
 - Pri Agenciji se osniva Vijeće korisnika telekomunikacijskih usluga, savjetodavno tijelo koje sudjeluje u rješavanju sporova između davatelja i korisnika javnih telekomunikacijskih usluga. Ovo Vijeće prati i analizira stanje u području javnih telekomunikacijskih usluga, a osobito razinu kakvoće usluga i cijene usluga, te u vezi s tim

ima pravo tražiti putem Agencije od davatelja javnih telekomunikacijskih usluga potrebne podatke i dokumentaciju. Obvezno je o svojim mišljenjima, ocjenama i zaključcima redovito, a najmanje jedanput godišnje, izvješćivati Ministarstvo, Agenciju i druga nadležna tijela, te davati prijedloge za poduzimanje mjera u skladu sa Zakonom. Njegove članove imenuje Vijeće Agencije.

- Posebna obveza davatelja javnih govornih usluga je osigurati ravnopravnu dostupnost i pristupačnost svojih usluga u nepokretnoj telekomunikacijskoj mreži, uključujući i usluge pristupa imeniku pretplatnika, korisnicima usluga s invaliditetom i korisnicima usluga s posebnim socijalnim potrebama.

TRŽIŠNO NATJECANJE

Pretpostavke za ostvarenje slobodnog i konkurentnog telekomunikacijskog tržišta, što je cilj liberalizacije tržišta, Zakon osigurava odredbama vezanim uz sljedeće:

Operator ili davatelj usluga sa znatnijom tržišnom snagom

Operator ili davatelj usluga ima znatniju tržišnu snagu na mjerodavnom tržištu:

- ako je neznatno izložen ili uopće nije izložen tržišnom natjecanju, ili
- ako ima nadmoćan položaj na tržištu prema ostalim sudionicima zbog svoje sposobnosti da utječe na tržišne uvjete, zbog veličine prihoda u odnosu na veličinu tržišta, te zbog nadzora nad pristupom krajnjim korisnicima, zbog pristupa financijskim izvorima ili zbog iskustva u ponudi proizvoda i usluga.

Vijeće Agencije može, po službenoj dužnosti ili na zahtjev operatora ili davatelja usluga, rješenjem utvrditi da operator ili davatelj usluga ima na određenom tržištu znatniju tržišnu snagu ako je njegov udjel na mjerodavnom tržištu veći od 25% ukupnoga tržišnog udjela na tom tržištu, uzimajući u obzir navedena mjerila, kao i da ima ili nema znatniju tržišnu snagu ako mu je udjel manji od 25%.

Operatori sa znatnijom tržišnom snagom moraju:

- pružiti pristup mreži poštujući načela nediskriminacije i transparentnosti (pod usporedivim okolnostima, jednakim uvjetima i na istoj razini na kojoj pružaju te usluge za vlastite potrebe ili za potrebe povezanih društava),
- ponuditi sučelja u skladu s načelima otvorenog pristupa mreži,
- udovoljiti zahtjevu za posebno sučelje ili poseban pristup mreži ako postoje tehničke mogućnosti i ako se ne narušava načelo nediskriminacije, te
- pružiti pristup mreži davateljima usluga poštujući načela nediskriminacije, transparentnosti i troškovne usmjerenosti, te načelo strukturnog odvajanja i zasebnog obračunavanja usluga pristupa mreži od drugih usluga koje pružaju.

Operatori sa znatnijom tržišnom snagom, koji pružaju uslugu iznajmljenih telekomunikacijskih vodova, obvezni su objaviti minimalnu ponudu telekomunikacijskih vodova za iznajmljivanje s ujednačenim tehničkim značajkama, te moraju odrediti opće uvjete poslovanja i troškovno usmjerene cijene.

Međusobno povezivanje

Operatori su obvezni osigurati međusobno povezivanje na zahtjev, te imaju pravo zatražiti međusobno povezivanje.

Operatori za međusobno povezivanje sa znatnijom tržišnom snagom na mjerodavnom tržištu moraju, na zahtjev Vijeća Agencije, izraditi popis standardnih ponuda međusobnog povezivanja za svoje mreže.

Cijene za međusobno povezivanje operatora sa znatnijom tržišnom snagom na tržištu javnih govornih usluga u nepokretnoj mreži, na tržištu usluga iznajmljenih telekomunikacijskih vodova, te operatora pokretne telekomunikacijske mreže koji su proglašeni operatorima sa znatnijom tržišnom snagom na tržištu međusobnog povezivanja, moraju biti u skladu s načelima transparentnosti i moraju se temeljiti na stvarnim troškovima usluge koja se pruža, uključujući i razumnu stopu povrata na ulaganja. Vijeće Agencije može zatražiti detaljno obrazloženje za cijene međusobnog povezivanja, te može rješenjem naložiti njihovu promjenu.

Strukturno odvajanje i zasebno obračunavanje

Operator ili davatelj telekomunikacijskih usluga sa znatnijom tržišnom snagom na mjerodavnom telekomunikacijskom tržištu mora razdvojiti, u pogledu ustrojstva i obračuna, poslovne aktivnosti na različitim mjerodavnim telekomunikacijskim tržištima radi osiguranja transparentnosti protoka telekomunikacijskih usluga i plaćanja između mjerodavnih telekomunikacijskih tržišta na kojima obavljaju poslovne aktivnosti.

Operatori ili davatelji telekomunikacijskih usluga sa znatnijom tržišnom snagom na tržištima koja nisu telekomunikacijska, ili koji obavljaju posebna ili isključiva prava u drugim područjima, moraju razdvojiti, u pogledu ustrojstva i obračuna, poslovne aktivnosti na mjerodavnom telekomunikacijskom tržištu od poslovnih aktivnosti na ostalim tržištima, u svrhu osiguranja transparentnosti protoka telekomunikacijskih usluga i plaćanja između područja u kojima obavljaju poslovne aktivnosti.

Mogućnosti ograničenja pristupa mreži

Operator može ograničiti pristup mreži i međusobno povezivanje samo zbog razloga temeljenih na osnovnim (bitnim) zahtjevima osiguravanja sigurnosti rada, održavanja cjelovitosti telekomunikacijske mreže, osiguravanja sposobnosti međusobnog funkcioniranja telekomunikacijskih usluga, te osiguravanja zaštite podataka.

Pristup izdvojenoj lokalnoj petlji

Operatori nepokretnih javnih telefonskih mreža, koje je Vijeće Agencije odredilo operatorima sa znatnijom tržišnom snagom u pružanju javne govorne usluge moraju, na zahtjev drugih operatora, omogućiti pristup svojoj izdvojenoj lokalnoj petlji, i to pod istim uvjetima pod kojima tu uslugu koriste sami ili s njima povezana društva.

Troškovi i cijene za lokalne petlje i pripadajuću opremu moraju biti nediskriminirajući i objektivni te objavljeni na prikladan način. Cijene moraju osigurati davatelju lokalne petlje pokrivanje stvarnih troškova, uključujući i razumnu stopu povrata na ulaganja.

Opći uvjeti poslovanja

Davatelji usluga obvezni su izraditi i na prikladan način objaviti opće uvjete poslovanja, koji sadrže opis i uvjete obavljanja telekomunikacijskih usluga. Davatelji usluga sa znatnijom tržišnom snagom moraju za svoje opće uvjete poslovanja pribaviti prethodnu suglasnost Vijeća Agencije.

ADRESIRANJE I NUMERIRANJE

Djelotvorno upravljanje adresnim i brojevnim prostorom u RH kao prirodno ograničenim općim dobrom temelji se na međunarodnim propisima i međunarodnim sporazumima koji obvezuju RH. Za ovo upravljanje, planiranje uporabe i dodjelu adresa i brojeva nadležna je Agencija, koja donosi i objavljuje Plan adresiranja i Plan numeriranja, kao i izmjene tih planova, uz prethodnu suglasnost Ministarstva. Ovim planovima određuje se namjena adresa i brojeva, osigurava se jednaka dostupnost odgovarajućeg broja adresa i brojeva svim operatorima, davateljima usluga i korisnicima usluga, te potreban prostor za uvođenje novih telekomunikacijskih usluga, za prenosivost broja i odabir operatora.

Za svaku raspoloživu adresu, odnosno broj, dodijeljen operatoru ili davatelju usluga primarnom dodjelom, plaća se naknada, na temelju izdanog računa, u korist Agencije.

Operator ili davatelj usluga kojemu su primarnom dodjelom dodijeljene adrese, odnosno brojevi, može prenijeti pravo na uporabu tih adresa, odnosno brojeva na drugog operatora ili davatelja usluga, uz prethodno pribavljenu suglasnost Agencije.

Operatori i davatelji usluga moraju omogućiti korisnicima svojih usluga, na njihov zahtjev, da neovisno o promjeni operatora ili davatelja usluga zadrže broj koji im je bio dodijeljen u telekomunikacijskoj mreži. Ova obveza ne odnosi se na:

- zadržavanje broja u slučaju promjene zemljopisne lokacije korisnika usluga,
- prijenos brojeva između nepokretnih i pokretnih telekomunikacijskih mreža.

Operatori i davatelji usluga sa znatnijom tržišnom snagom na tržištu javnih govornih usluga u nepokretnoj mreži moraju omogućiti korisnicima svojih usluga slobodan odabir i predodabir operatora.

U javne telekomunikacijske mreže na cijelom području RH mora se, uz postojeći pozivni broj za hitne službe, uvesti i broj 112, jedinstveni europski broj za hitne službe.

UPRAVLJANJE RADIOFREKVENCIJSKIM SPEKTROM

Dodjela i uporaba radijskih frekvencija usklađuje se na domaćoj i međunarodnoj razini. Temelji se na Tablici namjene radiofrekvencijskog spektra, koja propisuje namjenu radiofrekvencijskih područja za pojedine radiokomunikacijske službe te uvjete dodjele i uporabe radijskih frekvencija.

U području upravljanja radiofrekvencijskim spektrom Ministarstvo obavlja sljedeće:

- donosi Pravilnik o namjeni radiofrekvencijskog spektra čiji je sastavni dio Tablica namjene radiofrekvencijskog spektra,
- donosi pravilnik kojim se propisuju uvjeti za dodjelu i uporabu radijskih frekvencija za potrebe amaterskih ra-

dijskih komunikacija, tehnički uvjeti za amatersku radijsku opremu, razine smetnji i mjere za zaštitu od smetnji i radioamaterski razredi, te

- provodi odredbe međunarodnih ugovora, sporazuma i operativnih sporazuma s međunarodnim organizacijama nadležnim za satelitske radijske komunikacije.

Vezano uz radiofrekvencijski spektar u nadležnosti Agencije je:

- upravljanje radiofrekvencijskim spektrom i planiranje uporabe geostacionarne i drugih satelitskih orbita u skladu sa Statutom, Konvencijom i Radijskim propisima ITU-a, te odredbama Zakona i propisa donesenih na temelju Zakona,
- donošenje planova dodjele radijskih frekvencija u skladu s Pravilnikom o namjeni radiofrekvencijskog spektra,
- dodjela radijskih frekvencija, te
- ustrojavanje sustava kontrolno-mjernih središta i kontrolno-mjernih postaja s potrebnom opremom te mjernim vozilima za potrebe usklađivanja uporabe radijskih frekvencija na domaćoj i međunarodnoj razini, obavljanje kontrole i mjerenja u radiofrekvencijskom spektru, te poduzimanje propisanih mjera za zaštitu od smetnji i štetnih smetnji.

Agencija dodjeljuje radijske frekvencije na sljedeće načine:

- izdaje dozvole za uporabu radijskih frekvencija
- izdaje dozvole za radijsku postaju
- izdaje opće dozvole (za radijsku postaju izuzetu od izdavanja pojedinačne dozvole prema odluci CEPT-a).

Na temelju podnesenog zahtjeva Agencija izdaje dozvolu za svaku pojedinačnu radijsku postaju, ako su ispunjeni sljedeći uvjeti:

- ako je radijska frekvencija navedena u planovima dodjele radijskih frekvencija,
- ako je radijska frekvencija raspoloživa,
- ako je radijska frekvencija usklađena s uporabom drugih radijskih frekvencija.

Posebnu zaštitu od mogućih izvora štetnih smetnji zahtijevaju pomorske i zrakoplovne radijske komunikacije te radijske komunikacije u unutarnjoj plovidbi, koje služe u radi sigurnosti ljudskih života na moru, u zraku i na unutarnjim plovnim putovima i amaterske radijske komunikacije.

Za dodjelu i uporabu radijskih frekvencija plaća se naknada na račun Agencije u skladu s Pravilnikom o plaćanju naknade za dodjelu i uporabu radijskih frekvencija, koji donosi ministar.

RADIJSKA OPREMA I TELEKOMUNIKACIJSKA TERMINALNA OPREMA

Radijska oprema i telekomunikacijska terminalna oprema (u daljnjem tekstu: RiTT oprema) može se slobodno uvoziti, stavljati na tržište, stavljati u pogon i upotrebljavati u RH ako udovoljava uvjetima utvrđenima Zakonom i to posebice sljedećem:

- zahtjevima sigurnosti i zaštite zdravlja ljudi od djelovanja elektromagnetskih polja,
- zahtjevima elektromagnetske kompatibilnosti (EMC),
- zahtjevima koji omogućavaju djelotvornu uporabu radiofrekvencijskog spektra, te
- drugim zahtjevima, kao što su zaštita telekomunikacijskih mreža od mogućih oštećenja, zaštita privatnosti, pristup osoba s invaliditetom ili drugim posebnim potrebama, te hitna stanja.

RiTT oprema ne smije stvarati elektromagnetska polja kojima su veličine iznad propisanih vrijednosti. Granične vrijednosti veličina elektromagnetskog polja, granične vrijednosti snaga zračenja nepokretnih radijskih postaja, referentni propisi i norme o ograničavanju jakosti elektromagnetskih polja radijskih frekvencija te drugi uvjeti, kojima mora udovoljavati RiTT oprema, propisuju se pravilnikom koji donosi ministar. Izračun i mjerenje veličina elektromagnetskih polja, koja stvaraju RiTT oprema i radijske postaje, obavlja Agencija ili pravna osoba koju je ovlastilo Vijeće Agencije.

Uvoz i stavljanje RiTT opreme na tržište mogu obavljati pravne i fizičke osobe koje su registrirane za tu djelatnost, uz prethodno pribavljeno odobrenje Agencije.

Osoba odgovorna za stavljanje ove opreme na tržište obvezna je korisniku prigodom prodaje te opreme dati upute za rad i tehničke značajke te opreme, kao i izjavu o sukladnosti s bitnim zahtjevima Zakona, koja mora sadržavati i presliku izvorne izjave.

ELEKTROMAGNETSKA KOMPATIBILNOST (EMC) I ZAŠTITA OD SMETNJI

Električna i druga tehnička oprema, koja se proizvodi, uvozi, stavlja na tržište i upotrebljava u RH, mora udovoljavati zahtjevima elektromagnetske kompatibilnosti (EMC) u skladu s pravilnikom koji donosi ministar, te ne smije stvarati elektromagnetske smetnje u funkcioniranju telekomunikacija, RiTT opreme ili radijskih postaja, niti u prijemu radijskih i televizijskih programa.

Utvrđivanje uzroka smetnji i poduzimanje mjera za njihovo uklanjanje obavljaju:

- operator i davatelj usluga – za smetnje u svojem telekomunikacijskom sustavu,
- vlasnik radijske mreže za odašiljanje radijskih i/ili televizijskih programa – za smetnje u svojoj radijskoj mreži,
- Agencija – za smetnje u radijskim komunikacijama ostalih sustava i mreža.

ZAŠTITA PODATAKA

Zaštita podataka uređuje se sljedećim odredbama:

- Davatelj javnih telekomunikacijskih usluga mora poduzeti tehničke i organizacijske mjere kako bi zaštitio sigurnost svojih telekomunikacijskih usluga, a zajedno s operatorom potrebne mjere radi zaštite sigurnosti telekomunikacijske mreže. U slučaju posebne opasnosti za sigurnost telekomunikacijske mreže, davatelj javnih telekomunikacijskih usluga o istima mora obavijestiti korisnike svojih usluga.
- Radi osiguravanja tajnosti telekomunikacijskih priopćenja u javnoj telekomunikacijskoj mreži i u obavljanju javnih telekomunikacijskih usluga te pripadajućih podataka o telekomunikacijskom prometu, zabranjeno je slušanje, prisluškivanje, pohranjivanje i svaki oblik presretanja ili nadzora nad telekomunikacijskim priopćenjima i pripadajućim podacima o telekomunikacijskom prometu, osim ako postoji privola samog korisnika usluga ili zahtjev utemeljen na posebnom zakonu, te tijekom zakonitih poslovnih operacija radi pružanja dokaza o trgovačkim transakcijama ili drugim poslovnim komunikacijama.

- Podaci o telekomunikacijskom prometu, koji se odnose na korisnike usluga, a obradili i pohranili su ih operatori i davatelji javnih telekomunikacijskih usluga, moraju se izbrisati ili učiniti neimenovanima, kad više nisu potrebni radi prijenosa telekomunikacijskih priopćenja, osim u Zakonom definiranim slučajevima.
- Davatelj javnih telekomunikacijskih usluga koji nudi mogućnost prikaza pozivajućeg broja, mora:
 - omogućiti pozivatelju jednostavno i besplatno sprječavanje prikaza njegova broja za svaki pojedinačni poziv (osim u definiranim iznimnim slučajevima),
 - omogućiti pozvanom pretplatniku jednostavno i besplatno sprječavanje prikaza identifikacije linije koja poziva, uz razumno korištenje ove funkcije, te
 - omogućiti pozvanom pretplatniku, prije nego što je uspostavljen poziv, jednostavan način odbijanja dolaznog poziva u slučaju kad je prepoznavanje pozivajućeg broja spriječeno od strane korisnika ili pretplatnika koji poziva.

Davatelj javnih telekomunikacijskih usluga koji nudi mogućnost prikaza broja koji je povezan, mora pozvanom pretplatniku omogućiti jednostavno i besplatno sprječavanje prikaza broja koji je povezan.

- Uporaba pozivnih sustava sa i bez ljudskog posredovanja, telefaks uređaja ili elektroničke pošte radi izravne promidžbe dopuštena je samo uz prethodno pribavljenu privolu korisnika usluga.

INSPEKCIJSKI NADZOR I KONTROLA

Ministarstvo nadležno za telekomunikacije obavlja upravni nadzor nad Agencijom, kao i inspekcijski nadzor nad provedbom odredaba Zakona i propisa donesenih na temelju Zakona (bilo u nadležnosti regulatora u starom zakonu), te međunarodnih ugovora i sporazuma iz područja telekomunikacija, koji obvezuju RH. Inspekcijski nadzor provode inspektori telekomunikacija.

Uz Ministarstvo, inspekcijski nadzor nad provedbom odredaba Zakona i poduzimanje mjera u svezi s tim nadzorom također obavljaju:

- ministarstvo nadležno za unutarnje poslove (vezano uz posjedovanje dozvole za radijsku postaju i opće dozvole), te
- inspektori Državnog inspektorata (vezano uz prodaju radijske opreme i telekomunikacijske terminalne opreme, te električne i druge tehničke opreme).

Kontrolu provedbe odredaba kojima je uređena kontrola radiofrekvencijskog spektra, pružanje telekomunikacijskih usluga koje se obavljaju na temelju prijave, te mjerenje i ispitivanje radi utvrđivanja uzroka smetnji u funkcioniranju telekomunikacija, RiTT opreme i radijskih postaja, ili u prijamu radijskih i televizijskih programa obavlja Agencija, a provode ovlašteni radnici Agencije.

Za vođenje prekršajnih postupaka za prekršaje propisane ovim Zakonom u prvom je stupnju nadležno Ministarstvo. O žalbi protiv prvostupajnske odluke Ministarstva odlučuje Visoki prekršajni sud.

KAZNENE ODREDBE

Zakon predviđa novčane kazne za kažnjavanje pravnih osoba za prekršaje: za teže povrede odredaba Zakona kazne su od 5.000,00 kn do 1.000.000,00 kn (u starom zakonu najviša

kazna bila je 400.000,00 kn) , a za ostale povrede od 2.000,00 kn do 100.000,00 kn. Predviđena je i novčana kazna za odgovornu osobu u pravnoj osobi, te novčana kazna za fizičku osobu. Uz to, oduzima se i imovinska korist ostvarena prekršajem. Za razliku od starog zakona, novi određuje da se u slučaju teže povrede odredaba Zakona može se izreći i zaštitna mjera zabrane obavljanja djelatnosti u trajanju od tri mjeseca do godine dana.

PRIJELAZNE I ZAVRŠNE ODREDBE

Ugovor o koncesiji za obavljanje telekomunikacijskih usluga u nepokretnoj mreži te o stjecanju isključivih prava koji je Vlada RH sklopila s HT-om, treba uskladiti s odredbama Zakona u roku od tri mjeseca od dana stupanja na snagu ovoga Zakona.

HT – Hrvatske telekomunikacije d.d. obvezne su:

- do 1. siječnja 2005. omogućiti drugim operatorima i davateljima usluga pristup svojoj izdvojenoj lokalnoj petlji, te usluge prenosivosti broja i predodabira operatora
- do 1. listopada 2003. započeti s odgovarajućim nužnim tehničkim pripremama radi osiguravanja pristupa svojoj izdvojenoj lokalnoj petlji, te do 1. siječnja 2004. dostaviti Agenciji sve podatke u vezi s izvršenjem tih tehničkih priprema kako bi Agencija utvrdila dinamiku pristupa izdvojenoj lokalnoj petlji.
- u roku od tri mjeseca od dana stupanja Zakona na snagu uskladiti svoje poslovanje s odredbama Zakona o strukturnom odvajanju i zasebnom obračunavanju.

U nastavku su dane ostale opće prijelazne odredbe s rokom izraženim od dana stupanja Zakona na snagu:

Pravna ili fizička osoba, koja već obavlja tk usluge i djelatnosti u javnim telekomunikacijama	Nastavlja obavljati te usluge i djelatnosti prema odredbama Zakona do isteka vremena na koje je dana koncesija ili ovlast, odnosno prijavljena ta usluga.
Odašiljači i veze d.o.o.	nastavljaju obavljati radiodifuzijske usluge bez posebne koncesije za potrebe HRT-a
Odobrenje ili dozvola za radijsku postaju	Vrijedi do isteka roka na koji je izdana, a radijska postaja može se upotrebljavati do isteka navedenog roka, uz uvjete utvrđene u odobrenju ili dozvoli za radijsku postaju, prema odredbama Zakona.
Operatori i davatelji usluga, koji obavljaju telekomunikacijske usluge	Moraju u roku od godine dana osigurati funkciju tajnog nadzora tk usluga i/ili djelatnosti koje obavljaju, te tk prometa na vlastitim međumjesnim i međunarodnim vezama, u skladu s posebnim zakonima iz područja nacionalne sigurnosti.
Operatori koji imaju tk mrežu povezanu s tk mrežama drugih država	obvezni su u roku od šest mjeseci podnijeti prijavu za međunarodno povezivanje prema odredbama Zakona
Započeti upravni i sudski postupci	dovršit će se prema propisima koji su važili do dana stupanja Zakona na snagu, a prema odredbama Zakona samo u slučaju ako je to povoljnije za stranku u postupku

Visina naknade za dozvole, prijave i ovlasti, koja se propisuje Pravilnikom o plaćanju naknade za obavljanje telekomunikacijskih usluga i djelatnosti, koji donosi ministar	utvrdit će se najkasnije do 1. siječnja 2005. u iznosu koji ne prelazi visinu administrativnih troškova koji nastaju u postupku izdavanja dozvole ili ovlasti, odnosno podnošenja prijave te prigodom upravljanja, kontrole i provedbe tog postupka.
---	--

U nastavku su dane prijelazne odredbe o koncesijama za radio i televiziju, s rokom izraženim od dana stupanja Zakona na snagu:

Vijeće za radio i televiziju osnovano prema starom zakonu o telekomunikacijama	nastavlja radom prema odredbama staroga zakona do imenovanja Vijeća za elektroničke medije sukladno Zakonu o elektroničkim medijima
započeti postupci za davanje koncesije, odnosno produljenje koncesija za obavljanje djelatnosti radija i televizije, te za promjenu vlasničke strukture, promjenu program-ske sheme i sl.	Vijeće za radio i televiziju dovršit će postupke prema propisima koji su vrijedili do dana početka primjene Zakona o elektroničkim medijima
Koncesionar radija i televizije, koji obavlja djelatnost radija i televizije na temelju koncesije i sklopljenog ugovora o koncesiji	nastavlja obavljati svoju djelatnost u skladu s odredbama Zakona o elektroničkim medijima do isteka vremena na koje je dana koncesija

U nastavku su dane prijelazne odredbe o Agenciji s rokom izraženim od dana stupanja Zakona na snagu:

Prijedlog za imenovanje člana, predsjednika i zamjenika predsjednika Vijeća Agencije	Vlada RH podnosi prijedlog Hrvatskom saboru u roku od 30 dana.
Predsjednik, zamjenik predsjednika i članovi Vijeća za telekomunikacije, te Vijeća Zavoda	Privremeno nastavljaju s radom do dana imenovanja novih članova Vijeća Agencije.

Statut Agencije i drugi opći akti	Donosi Vijeće Agencije u roku od 30 dana od dana imenovanja.
Natječaj za imenovanje upravitelja Agencije	Raspisuje Vijeće Agencije u roku od 10 dana od donošenja Statuta Agencije.
Prijava za brisanje Vijeća za telekomunikacije i Zavoda iz sudskog registra, te prijava za upis Agencije u isti	Podnosi Vijeće Agencije u roku od 30 dana od dana imenovanja.
Radnici stručne službe Vijeća za telekomunikacije i radnici Zavoda	Nastavljaju s radom na poslovima na kojima su zatečeni i zadržavaju stečena zvanja i položaje do sklapanja ugovora o radu na temelju općih akata koje donosi Vijeće Agencije.
Radnici Zavoda, zatečeni na poslovima nadzornika telekomunikacija	Preuzima ih Ministarstvo.
Pokretna i nepokretna imovina, pismohrana i druga dokumentacija, sredstva za rad, financijska sredstva, prava i obveze Vijeća za telekomunikacije i Zavoda	Preuzima ih Agencija kao pravni sljednik Vijeća za telekomunikacije i Zavoda.

U nastavku su dane prijelazne odredbe o podzakonskim propisima s rokom izraženim od dana stupanja Zakona na snagu:

Uredba Vlade RH o načinu i uvjetima uz koje se može vremenski ograničiti uporaba radijske frekvencije, uskratiti pravo uporabe, te izmijeniti uvjete uporabe ili već dodijeljena radijska frekvencija	Vlada RH je donosi najkasnije u roku od šest mjeseci, a do njenog stupanja na snagu primjenjuju se podzakonski propisi, koji uređuju odnosna pitanja, ako nisu u suprotnosti s odredbama Zakona.
Propisi koje je prema odredbama Zakona ovlašten donijeti ministar	Ministar ih donosi u roku od godine dana, a do njihovog stupanja na snagu primjenjuju se podzakonski propisi, koji uređuju odnosna pitanja, ako nisu u suprotnosti sa Zakonom.

Mr. sc. Suzana Javornik Vončina, dipl. ing.

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

	Energija 1453 UDK 621.311.24.05 PREGLEDNI ČLANAK Energija 52/2003/6, 445 – 457 POGON VJETROELEKTRANA Dr. sc. Nijaz Dizdarević, dipl. ing. – dr. sc. Mislav Majstović, dipl. ing. – dr. sc. Srđan Žutobradić, dipl. ing. EI Hrvoje Požar, Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska U radu je predstavljen generički model sustava za pretvorbu vjetra u električnu energiju. Razmotrena je općenita shema djelovanja vjetroelektrane koja obuhvaća elemente projektirane obzirom na tri oblika energije: energiju vjetra, mehaničku energiju te električnu energiju. U svrhu analize pogona vjetroelektrane nužno je provesti razmatranja elektroničkog sučelja prema izmjeničnoj mreži, generatora, vjetroturbine kao pogonskog stroja te vjetra kao primarnog izvora energije. Osnovna obilježja pogona vjetroelektrane opisana su sa stajališta izbora izvedbe vjetroelektrane obzirom na vrstu priključenja na mrežu te stalnost brzine vrtnje glavne osovine. (Lit. 17, sl. 15 – original na hrvatskom jeziku) Autori ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/6/445 – 457/2003.
	Energija 1454 UDK 621.312.001:64/65 PREGLEDNI ČLANAK Energija 52/2003/6, 467 – 476 TEST PROCEDURE KAO TEHNIČKA OSNOVA STANDARDA ENERGETSKE EFIKASNOSTI KUĆANSKIH UREĐAJA I UREDSKE OPREME Mr. sc. Vesna Kolega, dipl. ing. EI Hrvoje Požar, Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska Cilj ovog rada je ukazati na važnost donošenja standarda energetske efikasnosti kućanskih uređaja i uredske opreme kao provjereno djelotvorne metode smanjenja potrošnje energije na nacionalnoj razini. S tom svrhom su opisane karakteristike test procedura za različite kućanske i uredske uređaje kao tehničke podloge za donošenje standarda, svjetske institucije koje ih provode, kao i brojne barijere na putu njihove regionalne i internacionalne harmonizacije. Nadalje, u radu je dan prikaz energetske oznake, kao i zakonodavni okvir njihovog uvođenja na hrvatske energetske tržište. (Lit. 15, sl. 3 – original na hrvatskom jeziku) Autor ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/6/467 – 476/2003.
	Energija 1455 UDK 621.311.21.005 PRETHODNO PRIOPĆENJE Energija 52/2003/6, 459 – 466 DIJAGNOSTIKA NJIHANJA SNAGE CIJEVNIH AGREGATA HE DUBRAVA Dr. sc. Branko Bajić, dipl. ing. Corto Kavitation Services, Luxemburg Na osnovi multidimenzionalnih ispitivanja kavitacije formulira se i verificira dijagnoza uzroka njihanja snage u ritmu jednom na okret na cijevnim agregatima HE Dubrava snage 40 MW. Uzrok njihanja je jaka iako slabo erozivna kavitacija, koja, zbog rada izvan projektnog režima, horizontalnog položaja vratila i velikog promjera radnog kola, te neujednačene i nedovoljne kavitacijske kvalitete lopata radnog kola pulsira jednom na okret. (Lit. 19, sl. 16 – original na hrvatskom jeziku) Autor ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/6/459 – 466/2003.

Energija 1455

UDK 621.311.21.005

1. Dijagnostika njihanja snage cijevnih agregata HE Dubrava
- I. Bajić, B.
- II. Corto Kavitation Services, Luxemburg

Fluktuacija snage
Kavitacija
Multidimenzionalna dijagnostika
Cijevna turbina
HE Dubrava

Energija 1454

UDK 621.312.001:64/65

1. Test procedure kao tehnička osnova standarda energetske efikasnosti kućanskih uređaja i uredske opreme
- I. Kolega, V.
- II. EI Hrvoje Požar, Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

Standardi energetske efikasnosti
Test procedure
Energetske oznake
Ekološke oznake

Energija 1453

UDK 621.311.24.05

1. Pogon vjetroelektrana
- I. Dizdarević, N. – Majstrovic, M. – Žutobradić, S.
- II. EI Hrvoje Požar, Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

Vjetroelektrana
Elektroničko sučelje
Vjetroturbina
Vjetar

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

	Energija 1456 UDK 621.316.1:621.311.1 PREGLEDNI ČLANAK Energija 52/2003/6, 419 – 428 OPRAVDANOST PROŠIRENJA 400 kV MREŽE I PRIMJENA TEHNOLOGIJE KOMPAKTIRANJA <i>Ivan Grozdanić, dipl. ing.</i> Elektroprojekt d.d., Alexandera von Humboldta 4, 10000 Zagreb, Hrvatska Koncipiran je pristup i rekonstrukcije prijenosne mreže, povećanja sigurnosti, povećanja prijenosne moći i smanjenja gubitaka. Predloženo je idejno i tehnološko rješenje proširenja elektroenergetskog sustava 400 kV i uspostave treće energetske veze sjever – jug s rješenjima za postizanje veće sigurnosti, na prijelazu Velebita i podvelebitskom primorju. Temeljem objavljenih gubitaka u elektroenergetskoj mreži HEP-a za 2001. godinu, procijenjeni su gubici po naponskim razinama i elementima prijenosne mreže. Također su procijenjeni gubici na dalekovodima 220 kV Konjsko-Brinje i 400 kV Konjsko-Meline. Opisana je i prikazana fizikalna slika tehnologije kompaktiranja, primjena pokretnih konzola u ekstremnim klimatskim uvjetima s mogućnošću povećanja sigurnosti postojećih dalekovoda. Analizirana je opravdanost primjene tehnologije kompaktiranja. (Lit. 9, sl. 8 – original na hrvatskom jeziku) Autor ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/6/419 – 428/2003.
	Energija 1457 UDK 621.315/316:521.315.62 PREGLEDNI ČLANAK Energija 52/2003/6, 429 – 444 KOMPOZITNI POLIMERNI IZOLATORI U PRIJENOSU I DISTRIBUCIJI ELEKTRIČNE ENERGIJE <i>Prof. dr. sc. Zijad Haznadar, dipl. ing. – prof. dr. sc. Sead Berberović, dipl. ing. – prof. dr. sc. Željko Štih, dipl. ing.</i> Fakultet elektrotehnike i računarstva, Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska <i>prof. dr. sc. Kemo Sokolija, dipl. ing.</i> Elektrotehnički fakultet, Zmaja od Bosne bb, 71000 Sarajevo, BiH U radu je prikazana kratka povijest razvoja kompozitnih izolatora. Načinjen je pregled prednosti i nedostataka konvencionalnih izolatora (stakleni i porculanski) i kompozitnih polimernih izolatora. Nakon toga, prikazana je analiza i usporedba konvencionalnih i kompozitnih polimernih izolatora glede njihovih mehaničkih i električkih karakteristika, ponašanja u otežanim uvjetima rada, te ekonomska usporedba na temelju podataka objavljenih u svjetskoj literaturi. Na kraju su diskutirana i neka, još uvijek, otvorena pitanja vezana za primjenu kompozitnih polimernih izolatora u prijenosu i distribuciji električne energije. (Lit. 33, sl. 6 – original na hrvatskom jeziku) Autori ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/6/429 – 444/2003.
	Energija 1458 UDK 621.311.21.05 IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK Energija 52/2003/6, 409 – 417 ASINKRONI START AGREGATA CHE “ČAPLJINA” U STVARNIM UVJETIMA ELEKTROENERGETSKIH SUSTAVA BOSNE I HERCEGOVINE I HRVATSKE <i>Mr. sc. Nikola Rusanov, dipl. ing., Elektroprivreda BiH, Sarajevo, BiH Srećko Vučina, dipl. ing. Elektroprivreda HZHB, Mostar, BiH mr. sc. Milan Stojavljević, dipl. ing. – mr. sc. Darko Nemec, dipl. ing.</i> Institut za elektroprivredu i energetiku, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska Analizirajući režime rada elektroenergetskog sustava i iskorištenje raspoloživih energetskih resursa u uvjetima stvarne topološke strukture i elektroenergetskih prilika u prijenosnoj mreži Bosne i Hercegovine, ali i Hrvatske, posebno u području srednje i južne Dalmacije (jadranska magistrala), postavilo se pitanje mogućnosti iskorištenja svojstava reverzibilne hidroelektrane CHE Čapljina snage 2x240 MW i pogodnosti koje pruža otvoreno tržište električnom energijom. Tehničkog aspekta dva su osnovna problema, odnosno usluge sustava: 1) asinkroni start (zalet) agregata i 2) prijenos snage i energije za crpni rad u uvjetima smanjene raspoloživosti sustava. Istraživanja pokazuju da je s aspekta dinamike napona i jalovih snaga moguć asinkron zalet s faznim prigušnicama u zvjezdastu generatora uz odvođenu turbinu/crpku (način P1). Tijekom zaleta, generatori u bližoj okolini točke priključka CHE Čapljina (TS Mostar 4) nazivno su opterećeni jalovom snagom. Angažman i potpora drugog agregata u CHE Čapljina u generatorskom režimu rada znatno poboljšava prilike u pogledu napona i jalovih snaga u tom dijelu sustava tijekom zaleta. Analizirane su dvije varijante osiguranja snage i energije za crpni rad (pumpanje): 1) iz termoelektrane EES Bosne i Hercegovine i 2) iz UCTE interkonkcije. U UCTE varijanti moguće su poticajne sigurnosti sustava po (n-1) kriteriju raspoloživosti i kriteriju zagušenja na dijelu jadranske magistrale u EES Hrvatske. Na bazi rezultata proračuna, tijekom tri noći u ožujku 2002. godine načinjeni su uspješni pokusi asinkronog starta i pumpanja s oba agregata CHE Čapljina u stvarnim uvjetima. (Lit. 3, sl. 10 – original na hrvatskom jeziku) Autori ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/6/409 – 417/2003.

Energija 1458

UDK 621.311.21.05

1. Asinkroni start agregata CHE "Čapljina" u stvarnim uvjetima elektroenergetskih sustava Bosne i Hercegovine i Hrvatske
 - I. Rusanov, N. – Vučina, S. – Stojsavljević, M. – Nemec, D.
 - II. Elektroprivreda BiH, Sarajevo, BiH - Elektroprivreda HZHB, Mostar, BiH - EI Hrvoje Požar, Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

Elektroenergetski sustav
Crpna elektrana
Asinkroni start
Usluge sustava
Dinamičke simulacije

Energija 1457

UDK 621.315/316:521.315.62

1. Kompozitni polimerni izolatori u prijenosu i distribuciji električne energije
 - I. Haznadar, Z. – Berberović, S. – Štih, Ž. – Sokolija, K.
 - II. Fakultet elektrotehnike i računarstva, Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska – Elektrotehnički fakultet, Zmaja od Bosne bb, 71000 Sarajevo, BiH

Konvencionalni izolatori
Kompozitni polimerni izolatori
Izolatori od silikonske gume
Starenje

Energija 1456

UDK 621.316.1:621.311.1

1. Opravdanost proširenja 400 kV mreže i primjena tehnologije kompaktiranja
 - I. Grozdanić, I.
 - II. Elektroprojekt d.d., Alexandra von Humboldta 4, 10000 Zagreb, Hrvatska

Sigurnost pogona EES-a
Gubici u prijenosu
Proširenje i rekonstrukcija prijenosne mreže
Djelatni otpor
Smanjenje gubitaka
Pretvorba i udvostručenje kompaktiranjem
Pokretna konzola, oblik "bačva" ≡ "dvostruka jela"

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:

Zagreb, Ulica grada Vukovara 37

Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

	ENERGIJA 1453 UDK 621.311.24.05 SUBJECT REVIEW ENERGIJA 52/2003/6, 445 – 457 WIND POWER PLANTS' OPERATION <i>Nijaz Dizdarević, D. Sc. – Mislav Majstrovic, D. Sc. – Srdan Žutobradić, D. Sc.</i> EI Hrvoje Požar, Savska 163, 10000 Zagreb, Croatia The paper presents the generic model of wind to electric energy conversion. General scheme of wind power plants concerning three types of energy is discussed: wind, mechanical and electric energy. In order to analyze wind power plant operation it is necessary to consider the electronic interface to alternating current system, wind turbine generator as power generating engine and wind as primary energy source. Basic characteristics of wind power plants' operation are described from the point of choice of power plant design considering the type of connection to the grid as well as the stability of main axle's rotating speed. (No. of References: 17, Fig.: 15 – original in Croatian) Authors ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/6/445 – 457/2003.
	ENERGIJA 1454 UDK 621.312.001:64/65 SUBJECT REVIEW ENERGIJA 52/2003/6, 467 – 476 TEST PROCEDURES AS THE TECHNICAL BASIS FOR ENERGY EFFICIENCY STANDARDS OF APPLIANCES AND OFFICE EQUIPMENT <i>Vesna Kolega, M. Sc.</i> EI Hrvoje Požar, Savska 163, 10000 Zagreb, Croatia The scope of this work is to point out the importance of defining the energy efficiency standards of appliances and office equipment as a proven efficient method for energy demand decrease on the national level. Therefore, characteristics of test procedures are described for different appliances and office equipment, which create a technical background for standard evaluation; world institutions that apply them are mentioned, as well as numerous barriers on their way to regional and international harmonisation. Furthermore, in the work a review on energy labelling is given as well as the legislative framework for its introduction to the Croatian energy market. (No. of References: 15, Fig.: 3 – original in Croatian) Author ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/6/467 – 476/2003.
	ENERGIJA 1455 UDK 621.311.21.005 PRELIMINARY REPORT ENERGIJA 52/2003/6, 459 – 466 DIAGNOSTICS OF TUBE AGGREGATE'S POWER SWINGING IN HPP DUBRAVA, <i>Branko Bajić, D. Sc.</i> Corto Kavitation Services, Luxemburg Based on multi dimensional cavitation testing a diagnosis is formulated and verified considering the cause of power swinging in a rhythm one per turn of tube aggregates in 40 MW HPP Dubrava. The cause of swinging is a strong but low erosive cavitation, which because of the operation out of the designed regime, horizontal axle and huge radius of runner as well as because of unequal and insufficiently strong cavitation quality of the runner blades pulses once per turn. (No. of References: 19, Fig.: 16 – original in Croatian) Author ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/6/459 – 466/2003.

ENERGIJA 1455

UDK 621.311.21.005

1. Diagnostics of Tube Aggregate's Power Swinging in HPP Dubrava
- I. *Bajić, B.*
- II. Corto Kavitation Services, Luxemburg

Power Fluctuation
Cavitation
Multi-dimensional Diagnostics
Tube Turbine
HPP Dubrava

ENERGIJA 1454

UDK 621.312.001:64/65

1. Test Procedures as the Technical Basis for Energy Efficiency Standards of Appliances and Office Equipment
- I. *Kolega, V.*
- II. EI Hrvoje Požar, Savska 163, 10000 Zagreb, Croatia

Energy Efficiency Standards
Test Procedures
Energy Labelling
Ecological Labelling

ENERGIJA 1453

UDK 621.311.24.05

1. Wind Power Plants' Operation
- I. *Dizdarević, N. – Majstrovic, M. – Žutobradić, S.*
- II. EI Hrvoje Požar, Savska 163, 10000 Zagreb, Croatia

Wind Power Plants
Electronic Interface
Wind Turbine
Wind

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

	ENERGIJA 1456 UDK 621.316.1:621.311.1 SUBJECT REVIEW ENERGIJA 52/2003/6, 419 – 428 JUSTIFICATION OF 400 kV NETWORK SPREADING AND APPLICATION OF COMPACTING TECHNOLOGY <i>Ivan Grozdanić, B. Sc.</i> Elektroprojekt d.d., Alexandera von Humboldta 4, 10000 Zagreb, Croatia The concept of transmission network reconstruction is evaluated, as well as security increase, transmission capacity increase and loss decrease. Conceptual and technological solution for 400 kV electric power system spreading is proposed as well as the third energy connection north-south with solutions to increase security, by passing Velebit and belonging coastal area. Based on HEP's published data on losses in the electric power system for 2001 the evaluation of losses by voltage level and transmission network elements has been done. Also the losses on 220 kV Konjsko-Brinje transmission lines and 400 kV Konjsko-Meline are evaluated. The physical part of the compacting technology is described as well as the application of flexible consoles in extreme climatic circumstances with a possibility to increase the security of existing transmission lines. Justification of compacting technology is analyzed. (No. of References: 9, Fig.: 8 – original in Croatian) Author ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/6/419 – 428/2003.
	ENERGIJA 1457 UDK 621.315/316:521.315.62 SUBJECT REVIEW ENERGIJA 52/2003/6, 429 – 444 COMPOSITE POLYMER INSULATORS IN TRANSMISSION AND DISTRIBUTION OF ELECTRIC ENERGY <i>Zijad Haznadar, Prof. D. Sc. - Sead Berberović, Prof. D. Sc. – Željko Štih, Prof. D. Sc.</i> Fakultet elektrotehnike i računarstva, Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia <i>Kemo Sokolija, Prof. D. Sc.</i> Elektrotehnički fakultet, Zmaja od Bosne bb, 71000 Sarajevo, BiH In the work short history of composite insulators is given. Advantages and disadvantages of conventional insulators are given (glass and porcelain) as well as of composite polymer insulators. After that the analysis and comparison between conventional and composite polymer insulators regarding their mechanical and electrical characteristics, behavior under difficult circumstances as well as their economic evaluation based on data published in worldwide literature is given. Finally, some still open questions regarding the application of polymer insulators in transmission and distribution of electric energy are discussed. (No. of References: 33, Fig.: 6 – original in Croatian) Authors ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/6/429 – 444/2003.
	ENERGIJA 1458 UDK 621.311.21.05 ORIGINAL SCIENTIFIC PAPER ENERGIJA 52/2003/6, 409 – 417 ASYNCHRONOUS START OF HPP ČAPLJINA PUMP IN A REAL SITUATION OF ELECTRIC POWER SYSTEMS OF BOSNIA AND HERZEGOVINA AND CROATIA <i>Nikola Rusanov, M. Sc.</i> Elektroprivreda BiH, Sarajevo, BiH <i>Srećko Vučina, B. Sc.</i> Elektroprivreda HZHB, Mostar, BiH <i>Milan Stojsavljević, M. Sc. – Darko Nemec, M. Sc.</i> Institut za elektroprivredu, Av. Vukovar 37, 10000 Zagreb, Croatia Analysis of the electric power system operation and usage of available energy resources in real circumstances of topology structure and electric energy circumstances in the transmission network of Bosnia and Herzegovina and Croatia, especially in the region of mid and south Dalmatia (so called Adriatic Road), has given rise to the question of reversible hydro power plant Čapljina's utilization of 2X240 MW and to considering occasions created by open electric energy market. From the technical point of view there are two problems, i.e. system services: 1) asynchronous aggregate start and 2) transmission of power and energy for pump operation under circumstances of lower system reliability. The research has shown that from the point of voltage, dynamic and reactive power, asynchronous start is possible with phase reactances in generator neutral point with water-free turbine/pump (mode P1). During start up, generators near connecting point of pump HPP Čapljina (TS Mostar 4) are nominally loaded by reactive power. The operation and support of the other aggregate in pump HPP Čapljina in generator mode significantly improves considering voltage and reactive power in that part of the system during start up. Two possibilities of power and energy supply for pumping are analyzed: 1) from thermal power plants of Bosnia and Herzegovina and 2) from UCTE interconnection. In the UCTE variant problems could arise with (n-1) criteria of reliability and criteria of bottlenecks on the part of the Adriatic Road in the electric power system of Croatia. Based on calculation results during three nights in March 2002 successful trials of asynchronous start ups and pumping with two aggregates of pump HPP Čapljina were realized under real conditions. (No. of References: 3, Fig.: 10 – original in Croatian) Authors ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/6/409 – 417/2003.

ENERGIJA 1458

UDK 621.311.21.05

1. Asynchronous Start of HPP Čapljina Pump in a Real Situation of Electric Power Systems of Bosnia and Herzegovina and Croatia
 - I. Rusanov, N. – Vučina, S. – Stojšavljević, M. – Nemec, D.
 - II. Elektroprivreda BiH, Sarajevo, BiH
Elektroprivreda HZHB, Mostar, BiH
Institut za elektroprivredu, Av. Vukovar 37,
10000 Zagreb, Croatia

Electric Power System
Pump Power Plant
Asynchronous Start
System Services
Dynamic Simulation

ENERGIJA 1457

UDK 621.315/316:521.315.62

1. Composite Polymer Insulators in Transmission and Distribution of Electric Energy
 - I. Haznadar, Z. – Berberović, S. – Štih, Ž. – Sokolija, K.
 - II. Fakultet elektrotehnike i računarstva, Unska 3, 10000 Zagreb, Croatia
Elektrotehnički fakultet, Zmaja od Bosne bb, 71000 Sarajevo, BiH

Conventional Insulators
Composite Polymer Insulators
Silicon Rubber Insulators
Aging

ENERGIJA 1456

UDK 621.316.1:621.311.1

1. Justification of 400 kV Network Spreading and Application of Compacting Technology
 - I. Grozdanić, I.
 - II. Elektroprojekt d.d., Alexandera von Humboldta 4, 10000 Zagreb, Croatia

Electric Power System Operational Security
Transmission Losses
Transmission Network Spreading and Reconstruction
Active Resistance
Loss Decrease
Transformation and Doubling by Compacting
Flexible Console, form "barrel"
= "double fir-tree"