

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., Ekoneg, 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. 5

SADRŽAJ

- Santica I.*: Deset podmorskih trasa – sto kilometara
podmorskog kabela 35 kV – deset godina pogonske
eksploatacije podmorskog dijela programa "Jadranski
otoci 35 kV"; iskustva i prijedlozi (Stručni članak) . . . 313 – 319
- Dizdarević N. – Majstrovic M. – Žutobradić S.*: Distribuirana
proizvodnja električne energije (Pregledni članak) . . . 321 – 339
- Kolega V.*: Važnost donošenja standarda energetske
efikasnosti radi povećanja nacionalnih energetskih
ušteta (Pregledni članak) 341 – 351
- Vilenica E.*: Proračun pokazatelja pouzdanosti tehničkih
sustava upotrebom Markovljeva procesa
(Stručni članak) 353 – 362
- Mateković I.*: Primjena uređaja za zaštitu od prenapona u
električnim instalacijama (Pregledni rad) 363 – 373
- Javornik Vončina S.*: Prikaz stanja normizacije i regulative
vezane uz komuniciranje elektroenergetskim vodovima,
PLC – II. dio: Regulator PLC-a (Pregledni članak) . 375 – 392
- Vijesti iz elektroprivrede i okruženja** 393 – 401
- Iz strane stručne literature** 402 – 405

Fotografije na omotu:

PANORAMA I DETALJI TE-TO ZAGREB

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. Fizičke 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 papiru. Sažeci se u "Energiji" prevode na engleski i njemački. To čine naši prevodioci.

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 svhvicanju, 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, Vorlaufige 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, profesionalnaja 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

DESET PODMORSKIH TRASA – STO KILOMETARA PODMORSKOG KABELA 35 kV – DESET GODINA POGONSKE EKSPLOATACIJE PODMORSKOG DIJELA PROGRAMA "JADRANSKI OTOCI 35 kV"; ISKUSTVA I PRIJEDLOZI

Ivo S a n t i c a, Split

UDK 621.315.2 : 621.395.386
STRUČNI ČLANAK

Skoro deset godina eksploatacije objekata HEP-ovog programa "Jadranski otoci 35 kV" obvezuje na kratak stručni osvrt. Ovim člankom pokušat će se sistematizirati iskustva najspecifičnijeg dijela programa, a to su podmorski kabeli. U ovaj dio uloženo je približno sto milijuna kuna. Sto kilometara podmorskog kabela položeno je na deset različitih dionica od otoka Lošinja do otoka Mljeta. U samo godinu dana napravljeni su pripremno istraživački radovi, ishodene lokacijske i građevinske dozvole, projektirane trase, odabran proizvođač i položeni kabeli. Tinski vođena, grupa HEP-ovih specijaliziranih stručnjaka, obavila je ovaj zadatak u zadanom roku.

Koliko vješto i uspješno pokušat će se odgovoriti s ove vremenske distance.

Ključne riječi: podmorski kabel, priobalna zaštita, znak zabrane sidrenja.

1. UVOD

Programom "Jadranski otoci 35 kV" obuhvaćena je izgradnja niza elektroenergetskih objekata srednjeg napona na prostoru između otoka Lošinja na sjeveru i otoka Mljeta na jugu Hrvatskog priobalja.

Osnova izgradnje je povezivanje novopredviđenih TS 35/10(20) kV na postojeći elektroenergetski sustav, zamjena dotrajalih i oštećenih postojećih podmorskih veza, te djelomična uspostava novih veza unutar postojećeg sustava.

Programom je položeno 100 km podmorskog kabela i 75 km podzemnog kabela (3x1x75 km), izgrađeno je pet TS 35/10(20) kV, tri TS 10(20)/0,4 kV te rekonstruirani pripadajući objekt postojeće mreže za prihvatanje novih veza.

Jadranski otoci, u teritorijalnom i gospodarskom smislu, značajni su dio Republike Hrvatske. Obala i 1185 otoka daju obalnu crtu od 5000 km (znači svaki stanovnik Hrvatske baštini više od 1 m obale). Međutim teritorijalni doprinos otoka veći je nego demografski, a čemu je djelomično uzrok i nerazvijenost infrastrukture.

Ovako značajnu lokalnu investiciju jednoglasno je podržala cijela Hrvatska elektroprivreda. Iz tog razloga posebno priznanje pripada kontinentalnom dijelu Hrvatske na svesrdnoj podršci i razumijevanju. Program se počeo ostvarivati 1994. godine, znači još u ratnim godinama. U tom specifičnom vremenu, osim

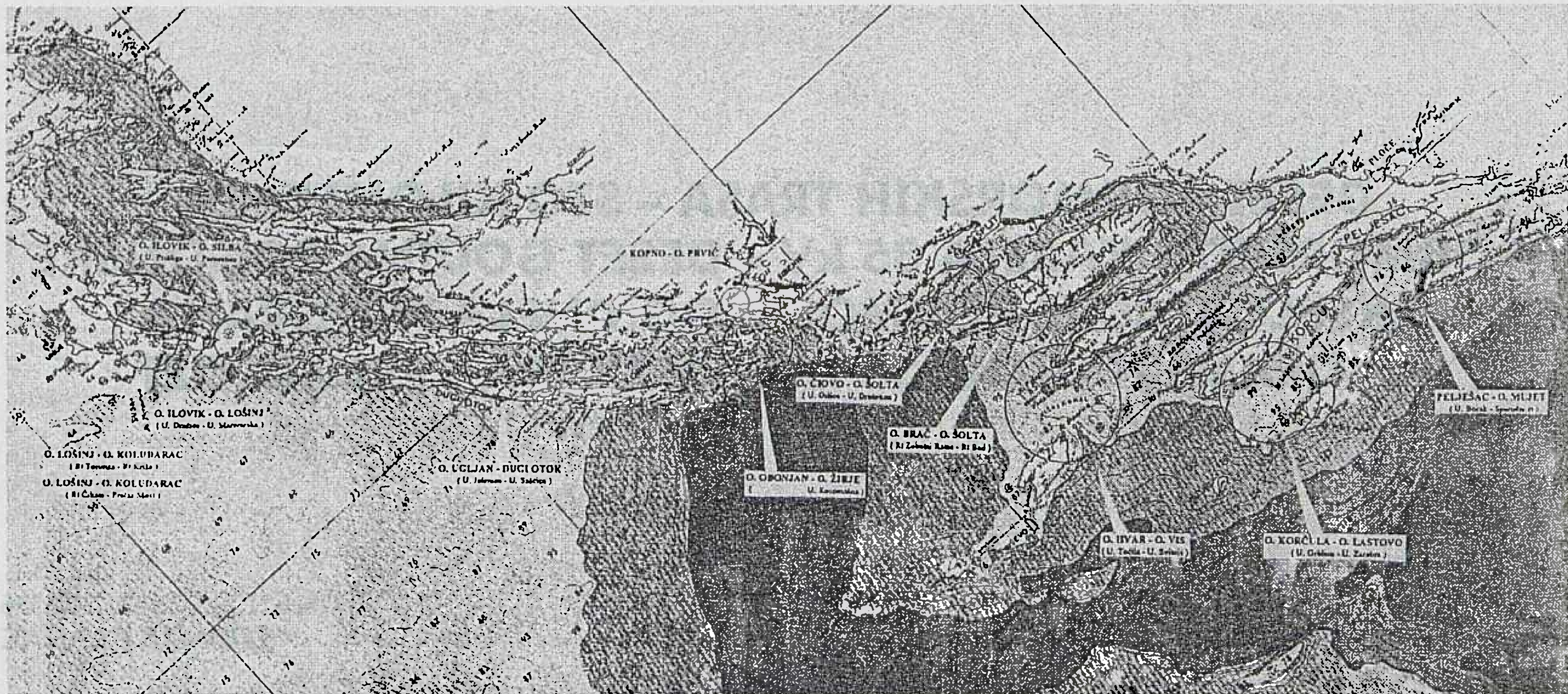
gospodarskih i elektroenergetskih pokazatelja, bilo potrebno jedinstveno mišljenje i moralna podrška.

Stručno vođenje, pripremu, projektiranje, ispomoć na polaganju te ispitivanje kabela, obavili su stručnjaci HEP-a. Kod podmorskih kabela kao najdelikatnijeg dijela programa, sve faze uključujući i polaganje kabela, napravljene su u godinu dana. Dugogodišnje stjecano iskustvo i stručnost bili su nužan preduvjet za ostvarenje ovako zahtjevnog programa u veoma kratkom vremenu. Prkos ratnoj agresiji bio je poseban motiv, a vizija obnove života i turizma koji slijedi u poraću, neiscrpno nadahnuće.

2. DESET PODMORSKIH TRASA

Nazivi podmorskih trasa obilježeni su imenima otoka, koje povezuju elektroenergetski kabeli:

- pol. Pelješac – o. Mljet
- o. Korčula – o. Lastovo
- o. Hvar – o. Vis
- o. Čiovo – o. Šolta
- o. Šolta – o. Brač
- o. Obonjan – o. Žirje
- o. Ugljan – o. Dugi otok
- o. Ilovik – o. Silba
- o. Ilovik – o. Lošinj
- o. Lošinj – o. Koludarc, o. Koludarc – o. Lošinj.



Slika 1. "Jadranski otoci 35 kV" – lokacije podmorskih trasa

3. STO KM PODMORSKOG KABELA

3.1. Izbor vrste i tipa podmorskog kabela

Presjek kabela bio je neupitan. U energetske pogledu njegove prijenosne mogućnosti trebale su predstavljati kontinuitet u odnosu na već tipizirane presjeka zračnih i podzemnih vodova 35 kV.

Za neosporno znatno teže uvjete podmorskog polaganja, pogotovo s obzirom na vlačne sile, bakar ima povoljnija mehanička i električna svojstva od aluminija.

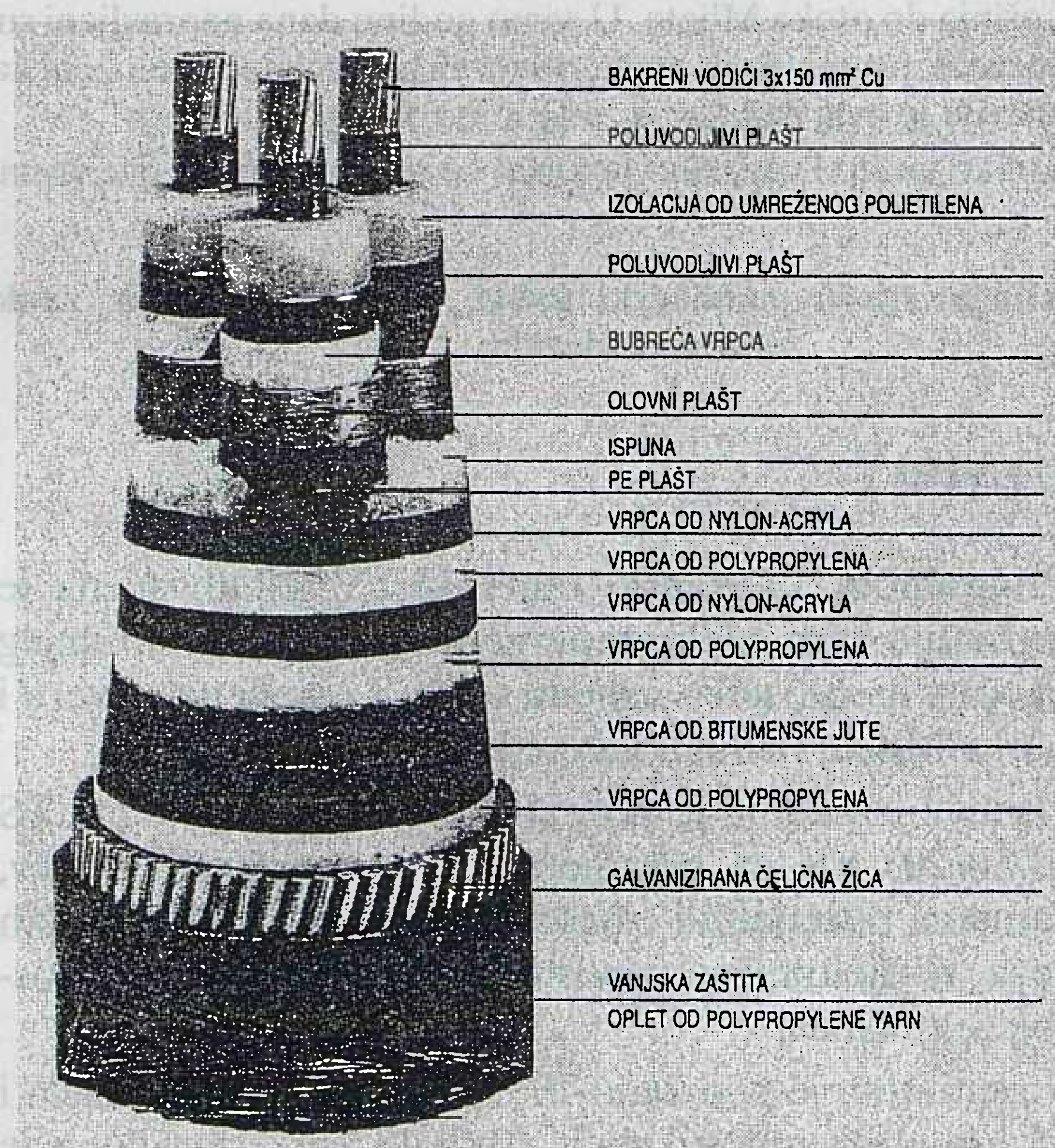
Uz dielektrične i mehaničke uvjete kod svih energetskih kabela, najvažniji zahtjev je dugotrajnost. Izvanredna električna i mehanička svojstva XLPE (umreženi polietilen) čine iznimno pogodnim izolacijskim materijalom.

Trožilna ili jednožilna izvedba? Iskustva na jednoj od posljednjih položenih podmorskih veza 35 kV Podgora – o. Hvar, ostvarenoj s tri jednožilna kabela, prilično su negativna. Česti kvarovi i popravci doveli su u konačnici do napuštanja ove veze. Potrebno je istaknuti da ova veza nikad nije bila podvrgnuta analizi o stvarnim uzrocima kvarova i kvaliteti radova na popravcima.

Potrebna mehanička "robusnost" veze, uža kabelski koridori, a time i manja ugroza podmorskog okoliša te niz drugih razloga, uvjetovali su trožilnu izvedbu.

Zapravo, najveća dilema bila je izbor izvedbe poprečne vodonepropusnosti kabela.

Da li zahtijevati olovni plašt oko svake kabelske žile kao obvezu ili ne? Prevladalo je mišljenje da olovni plašt bude obveza, čime je dana podrška stavu stručnog rukovodstva tima. Olovni plašt ima dvostruku ulogu; elektroekrana i metalnog štita za poprečnu zaštitu od prodora vode. U konkretnom slučaju olovo značajno pridonosi i ukupnoj težini kabela. Ostali slojevi kabelske konstrukcije, uključujući i zaštitu od uzdužnog pro-



Slika 2. Podmorski kabel tip FXBTV proizvodnje ABB

dora vode, dio su zahtjeva, a dio propisane i proizvodne klasike.

Odabrani tip kabela je: FXBTV 3 x 150 mm² Cu, proizvodnje ABB.

3.2. Izbor tipa priobalne zaštite

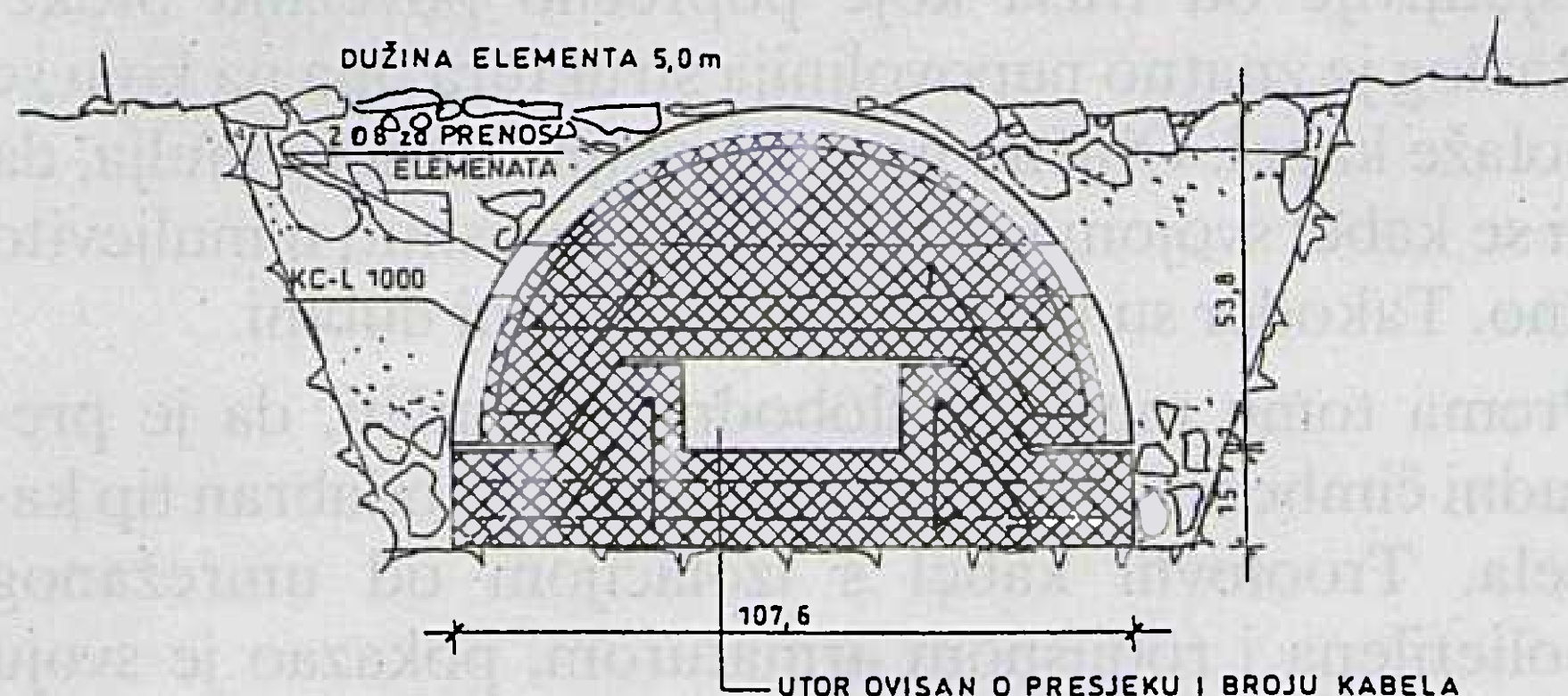
Priobalna zaštita je najznačajniji građevinski zahvat na podmorskoj kabelskoj trasi. Poznato je da se kabel slobodno polaže po dnu, a u priobalju se štiti od mehaničkih oštećenja priobalnom zaštitom. Ovo je opravdano uvriježena praksa HEP-a, iako, postoji mogućnost djelomičnog ukopa kabela ili ukopa cijele trase, naravno uz znatno veće troškove.

Uzrok mehaničkih oštećenja kabela u priobalju može biti raznolik. Ipak, oštećenja su najčešće posljedica erozivnog i razornog djelovanja morskih valova. Imajući u vidu sve moguće uzroke oštećenja, a i spoznaju da se podmorske instalacije polažu za dugi rok trajanja, običava se izvedbu priobalne zaštite uvjetovati trajnošću od najmanje 50 godina.

Veoma kratki zadani rok za realizaciju podmorskog dijela programa "Jadranski otoci 35 kV", donekle je onemogućio detaljniju analizu, temeljem čega bi se izvršio izbor najprihvatljivijeg tipa priobalne zaštite. Zbog toga je ona odabrana prema spoznajama i iskustvima na već dotad primijenjenim zaštitama. Najprihvatljiviji tip pokazala se izvedba primijenjena kod podmorskog kabela 35 kV "Podgora – o. Hvar". Zaštita je ovdje predviđena s dvodijelnim betonskim elementima, postavljenim u nizu, međusobno povezanim preklopnim zubom. Donji temeljni element ima utor u koji se polaže kabel, a gornjim pokrovnim elementom prekrivamo kabel. Ovakovim tipom odabrane "dvodijelne zaštite" najmanje se moglo pogriješiti, bez obzira koja će se tehnika kod polaganja primijeniti. U tijeku projektiranja priobalnih zaštita bio je još uvijek nepoznat polagač kabela i tehnologija polaganja. Donji elementi se slažu u nizu. Postavljaju se na građevinski pripremljeno dno, zasipaju betonom i učvršćuju. Tako učvršćeni predstavljaju posteljicu priobalnom dijelu kabela.

Ova faza građevinskih radova pokazala se najupitnijom. Betonski elementi su tvorničke izvedbe. Uz pedantan transport i postavljanje, s njima nije bilo problema. Međutim, baš podmorski radovi na pripremi (iskopu i poravnanju) podloge, postavljanju donjih elemenata i njihovom učvršćenju zahtijevaju strogu profesionalnost. Izvođač treba posebno uvažiti čudi mora, njegovati smisao prema struci, ljubav prema okolišu i strogo se pridržavati projektnih rješenja.

Na potezu od o. Mijeta do o. Lošinja bilo je nekoliko izvođača ove faze građevinskih radova. Biralni su ih distribucijska područja na čijem terenu su se radovi izvodili.

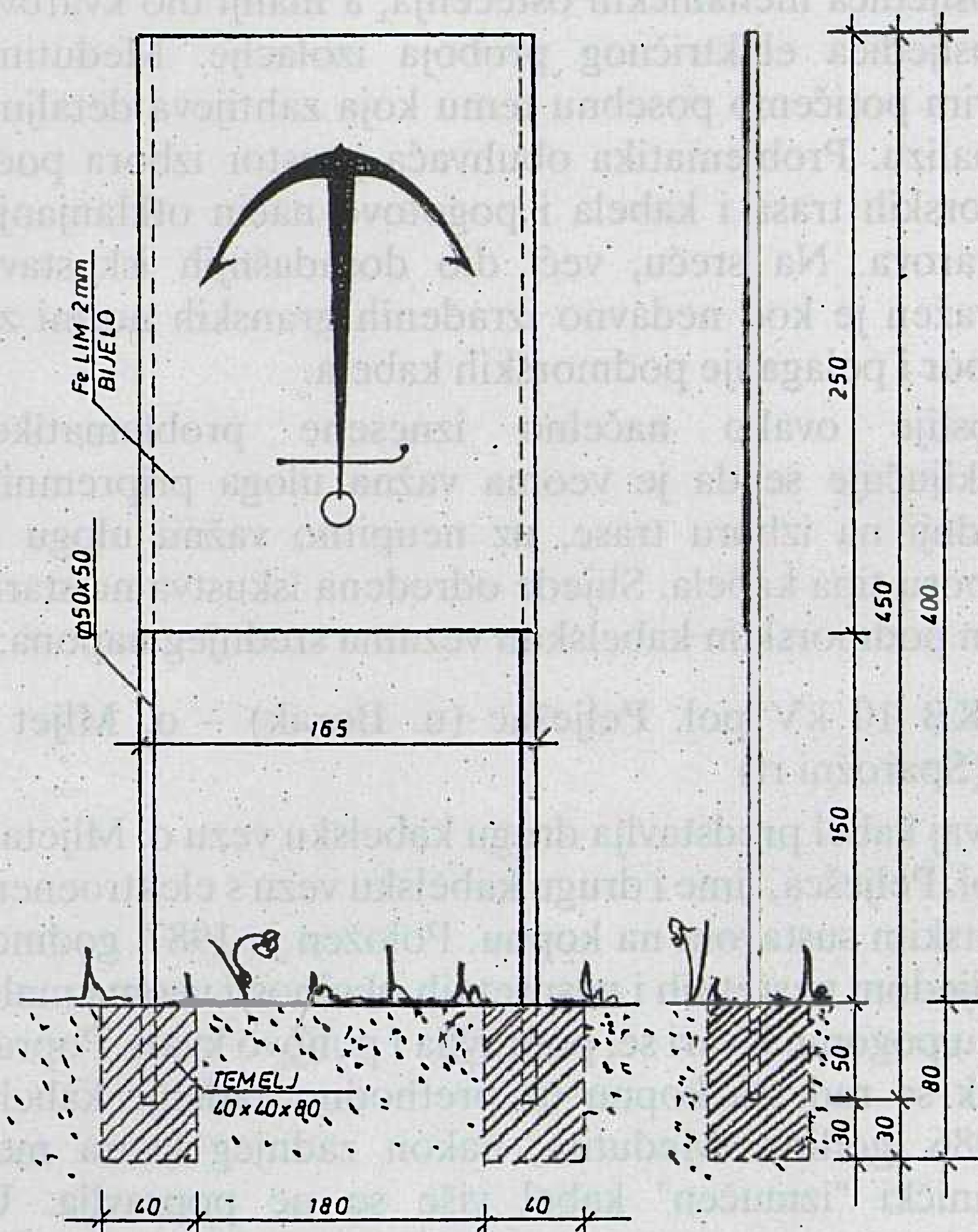


Slika 3. Presjek betonskog elementa priobalne zaštite

3.3. Izbor znakova zabrane sidrenja

Lučke valsti strogo definiraju izgled i veličinu znaka. Materijal od kojeg znak treba izraditi nije preciziran. Znak se postavlja na samoj obali u agresivno zasoljenom ambijentu. Projektirana je izvedba od lima. Cijela

konstrukcija se zaštićuje temeljnom bojom i premazom s dva sloja bijele boje. Limena izvedba imala je stanovite prednosti u odnosu na betonsku, jer je radionički, a ne terenski izradak.



Slika 4. Znak zabrane sidrenja

4. DESET GODINA POGONSKE EKSPLOATACIJE; ISKUSTVA I PRIJEDLOZI

4.1. Podmorski kabel

4.1.1. Dosadašnja iskustva i neki značajni primjeri kvarova i popravaka

Prije nego što iznesemo iskustva eksploatacije naznačenih kabelskih veza, kratko ćemo se osvrnuti na neke primjere dosadašnjih iskustava sa starijim kabelskim vezama. Razlog je što je dio novih kabela zamjenski, tj. jedan dio je po starim trasama. Trase su prethodno oslobođene instalacija. Postojeći kabeli izvan funkcije izvađeni su iz podmoja. Dakako, govori se o srednjonaponskim podmorskim vezama.

Dosadašnja iskustva na eksploataciji imaju dvije krajnosti. Jedna je krajnost sasvim pozitivna, kada imamo višedesetljetni pogon bez ikakvih kvarova na podmorskoj dionici. Za to je primjer podmorski kabel o. Hvar – o. Vis. Druga je pak krajnost kad položeni kabel nikad nije ni stavljen pod napon, jer je kvar ustanovljen nakon polaganja na morsko dno. Takav je primjer na kabelskoj vezi o. Korčula – o. Lastovo.

Između ove dvije krajnosti ostala iskustva su raznolika. Imamo niz pozitivnih primjera popravaka kabela, ali i negativnih gdje se kvarovi ponavljaju, a u konačnici napuštaju kabelske veze. Pokazatelji su važni jer se zaključci donose na temelju usporedbi.

Jedino još nema dovoljno iskustva na popravcima kvarova na velikim dubinama, tj. na dubinama iznad 50 metara.

Općenito se može reći da je pretežni dio kvarova posljedica mehaničkih oštećenja, a manji dio kvarova posljedica električnog proboja izolacije. Međutim, ovim potičemo posebnu temu koja zahtijeva detaljnu analizu. Problematika obuhvaća prostor izbora podmorskih trasa i kabela i pogotovo način otklanjanja kvarova. Na sreću, veći dio dosadašnjih iskustava uvažen je kod nedavno izrađenih granskih normi za izbor i polaganje podmorskih kabela.

Poslije ovako načelno iznesene problematike, zaključuje se da je veoma važna uloga pripremnih radnji na izboru trase, uz neupitno važnu ulogu o izboru tipa kabela. Slijede određena iskustva na starijim podmorskim kabelskim vezama srednjeg napona:

– KB 10 kV pol. Pelješac (u. Borak) – o. Mljet (Sparožni rt)

Ovaj kabel predstavlja drugu kabelsku vezu o. Mljeta i pol. Pelješca, time i drugu kabelsku vezu s elektroenergetskim sustavom na kopnu. Položen je 1987. godine. Slijedom nesretnih i nespretnih okolnosti veoma malo je u pogonu. Kvari se, popravljaju i ponovo kvari. Popravak se radi na kopnu uz prethodno vađenje kabela 1986. godine. Međutim, nakon zadnjeg kvara mehanički "izmučen" kabel više se ne popravljaju. U konačnici se vadi, jer se na njegovo mjesto polaže 35 kV kabel iz programa "Jadranski otoci 35 kV".

Sve se ovo događa u vremenu od samo 18 godina. Kabel je praktički samo desetak godina u ispravnom stanju.

– KB 10 kV o. Korčula (u. Gršćica) – o. Lastovo (u. Zarebra)

Ovaj kabel također predstavlja drugu kabelsku vezu o. Lastova s elektroenergetskim sustavom na o. Korčuli. Položen je 1987. godine. I opet slijedom nesretnih i nespretnih okolnosti nikad se ne pušta pod napon. U kvaru je od samog polaganja. U konačnici se i on vadi jer se na njegovo mjesto polaže 35 kV kabel iz programa "Jadranski otoci 35 kV".

– KB 10 kV o. Brač (rt Brač) – o. Šolta (rt Livka)

Godine 1957. položen je ovaj podmorski kabel. U pogonu je do 1983. godine kada ga oštećuje brodsko sidro. U blizini se naknadno polaže novi kabel. Stari se također popravljaju i ponovno polaže. U tijeku prekida, radi radijalnog napajanja električnom energijom, o. Šolta ostaje nekoliko mjeseci bez normalnog napona. Programom "Jadranski otoci 35 kV" u blizini se polaže novi 35 kV kabel.

– KB 35 kV Kopno (Podgora) – o. Hvar (u. Mala Pogorila)

Ovaj 35 kV kabel (3x1x50 mm² Cu) veoma značajan za urednu opskrbu električnom energijom istočnog dijela o. Hvara, položen je 1987. godine.

Kvari se i popravljaju prvi put 1992. godine. Kvari se zatim još nekoliko puta i popravljaju. Nakon zadnjeg kvara više se ne popravljaju. Čak se kraći dio kvarne žile vadi i polaže na drugo mjesto. Nikad nije detaljno analiziran uzrok kvarova, a ni razlog napuštanja veze. Ostaje samo činjenica da je veoma kratko razdoblje bio u pogonu.

Urednu opskrbu istočnog dijela otoka Hvara osiguralo se preko novopoloženog 10(20) kV kabela kopno (Drvenik) – o. Hvar (Sućuraj).

– Podmorski srednjonaponski kabeli Šibenskog arhipelaga

Kvarovi su evidentirani na kabelskim vezama Srma – o. Prvić, o. Zlarin – o. Obonjan kao posljedica kočarenja. Na vezi Tribunj – o. Logorun – Kaprije, uzrok kvara je mehaničko oštećenje nastalo prilikom građevinskih radova u priobalju, itd.

Kao kuriozitet spomenut ćemo kvar uzrokovan ribarskim ostima na kabelskoj vezi preko rijeke Krke. Pretpostavlja se da je vješto oko ribara pogriješilo, pa je umjesto na ugora, osti usmjerilo na energetski kabel.

– Podmorski srednjonaponski kabeli Zadarskog arhipelaga

U ovom akvatoriju također je evidentirano niz kvarova, opet kao posljedica mehaničkih oštećenja zbog kočarenja. Naravno, mehanička oštećenja prethode električnom proboju izolacije.

4.1.2. Usporedbe i prijedlozi

Iz gornjeg je vidljivo da kvarovi na podmorskim srednjonaponskim kabelima nisu neuobičajena pojava i da se često javljaju već u prvom desetljeću eksploatacije. Podmorske dionice iz programa "Jadranski otoci 35 kV" (100 km položenog kabela) u svojih prvih 10 godina eksploatacije, nisu imale ni jedan kvar, iako se dio kabela položio po prijašnjim trasama. Programom su realizirane i "osjetljivije" trase u sjevernom dijelu Jadrana.

Ovdje mislimo na trase o. Lošinj – o. Ilovik i o. Ilovik – o. Silba. Trase koje uzdužno povezuju otoke, uvijek su osjetljivije od trasa koje poprečno povezuju otoke. Razlog je znatno nepovoljnija struktura dna na koju se polaže kabel. Obično nema dovoljno nanosa mulja, da bi se kabel svojom težinom mogao utisnuti u muljevito dno. Također su takve trase na manjoj dubini.

Prema tome može se slobodno zaključiti, da je presudni čimbenik kvalitete, veoma dobro odabran tip kabela. Troolovni kabel s izolacijom od umrežanog polietilena i robusnom armaturom, pokazao je svoju otpornost prema mehaničkim i električnim kvarovima.

4.2. Priobalna zaštita

4.2.1. Dosadašnja iskustva

Svi podmorski energetski srednjonaponski kabeli, već od prvih početaka polaganja, na prijelazu kopno – more, štite se priobalnom zaštitom. Namjena prio-

balne zaštite uvijek je ista: zaštita kabela od mehaničkih oštećenja. Međutim, pristupi ovoj problematici bili su različiti, što je u konačnici rezultiralo potpuno različitim izvedbama. Kao najjednostavnija izvedba primjenjuje se zaštita s vrećama pijeska ili cementa. Koristi se i zaštitni betonski utor, ili pak razne kombinacije betonskih bolokova, ukopanih zaštitnih cijevi i slična rješenja.

Zapravo uvijek su se pokušavala naći najprihvatljivija rješenja imajući u vidu izloženost ulaznog mjesta valovima i tehniku kojom će se kabel polagati. Dovoljno iskustva nije bilo. To su bili počeci povezivanja otoka na elektroenergetski sustav kopna.

Danas, nakon 40 – 50 godina eksploatacije, može se reći da iskustva ima dovoljno za donošenje objektivne ocjene. Nažalost, veoma je malo rješenja za pohvalu. Najbolje su se očuvale priobalne zaštite na mjestima gdje su prirodno zaštićene od razornih valova, a to su uvale i zavjetrišta (ova mjesta baš danas ne preporučivamo iz drugih razloga). Veći dio zaštita često se sanira, popravlja i obnavlja.

4.2.2. Usporedbe i prijedlozi

Iz prethodnog je vidljivo da se sanacije i popravci ponavljaju kod većine tipova priobalnih zaštita. Sličnost se javlja i na priobalnim zaštitama realiziranim kroz program "Jadranski otoci 35 kV". Dugogodišnje prethodno iskustvo očito je trebalo značajnije uvažiti.

Deset podmorskih kabljskih dionica ima dvadeset priobalnih zaštita. Svugdje su postavljeni isti betonskih elementi. Međutim, rezultati su različiti. Podmorske radove na pripremi podloge i postavljanje elemenata, izvodili su različiti izvođači. Već prvo nevrjeme na poluotoku Pelješcu, izbacuje jedan pokrovni element iz ležišta i postavlja ga poprijeko na donji element. Slična stvar događa se i na o. Obonjanu gdje se cijela podloga za temeljni dio nanovo radi. Temeljni dio se nanovo učvršćuje i zaštita kompletira uz veliki materijalni trošak.

Zatim, prvi pregledi u garaniranom roku utvrđuju stanje i daju naputke za prve sanacije. Daljni pregledi utvrđuju i nova oštećenja. Poslije svega postavlja se pitanje jesu li izvođači pročitali poseban naputak u projektu o potrebnoj trajnosti objekta i kakav je bio nadzor u tijeku izgradnje? U izvedbi nedorađene pukotine, more svojim radom pretvara u rupe, a nevrjeme u oštećenja, opasna za sigurnost podmorskog kabela.

Projekt je korektno napravljen. Korketna je i tvornička izvedba elemenata. Elektromontažni dio programa uključujući i izbor tipa kabela napravljen je profesionalno po svim uzusima struke. Međutim, izvedba podmorskih radova, postavljanje i učvršćenje elemenata, nisu zadovoljili postavljen zahtjev.

Porti (luke i lučice) i svjetionici koje je gradila stara Austrija sa znatno skromnijom tehnikom i materijalima, odolijevaju zubu vremena. I danas predstavljaju uzor struke po kvaliteti izvedbe i trajnosti.

Nakon pedesetogodišnjeg sveukupnog iskustva možemo sa sigurnošću tvrditi da je najkvalitetnija izvedba priobalne zaštite, izvedba strojnim bušenjem priobalja. Ne samo što je to tehnički najkvalitetnije rješenje, nego ovakva izvedba ostavlja djevičanski nedirnutu priobalnu crtu. Također za cijelo vrijeme eksploatacije nije potrebno nikakvo održavanje. Međutim, ova tehnologija primjenjuje se nakon završetka programa "Jadranski otoci 35 kV", što znači, tek odnedavno.

U našoj praksi primijenjena je na kabljskim vezama 10(20) kV o. Hvar – Palmižana i kopno (Drvenik) – o. Hvar (Sućuraj). Vlasnik stroja za bušenje je Hrvatski telekom. Šteta što Hrvatska elektroprivreda nije pokazala više interesa za partnerstvo u vlasništvu. Ovim bi se jednostavnije osigurao rezervni materijal, a time i kontinuirana raspoloživost stroja.



Slika 5. Oštećenje na novoj priobalnoj zaštiti (o. Obonjan)

4.3. Znakovi zabrane sidrenja

4.3.1. Dosadašnja iskustva

Prve kabljske podmorske veze uglavnom su povezivale zračne dalekovode na kopnu i otocima. Prijelaz zračnog voda u kabel i obratno, izvodio se u građevinskim objektima koje nazivamo kabljskim kućicama. Fasada kućice okrenuta prema moru služila je i služi kao podloga na kojoj se iscrtavao znak zabrane sidrenja. Ovaj način se pokazao kao veoma prihvatljiv. Znak se povremeno obnavlja bojenjem. Kada je kabljska kućica bila zaklonjena ili se prijelaz podmorske na kopnenu dionicu ostvarivao spojnicom, zbog prijelaza kabela na kabel, znak zabrane sidrenja izvodio se kao samostojeći element, bilo kao zidana ploča ili limena konstrukcija propisanih dimenzija.

Najlošijom izvedbom se pokazala samostojeća limena izvedba. Izložena je izrazitoj koroziji zbog posolice, a relativno nježna konstrukcija pokazala se nedovoljno stabilnom na velike udare vjetrova.

4.3.2. Usporedbe i prijedlozi

Povezivanje elektroenergetskih postrojenja u programu "Jadranski otoci 35 kV" izvedeno je isključivo kabljskim vezama. To znači da se svaki podmorski kabel veže na podzemni kabel preko ukopane kabljske

spojnice. Iz tog razloga svi znakovi zabrane sidrenja trebali su biti samostojeći elementi. Nažalost, projektirani su kao limena konstrukcija. S vremenom će ih očito trebati zamijeniti izvedbom od nehrđajućeg materijala ili betona.

Kod zamjena treba obratiti pozornost na novonastale okolnosti. Nastojanja osiguranja čistoće mora na kupalištima, uvjetuju izgradnju kanalizacijskih kolektora i ispusta daleko od naselja. Na mjestima ulaska sabirnih ispusta u more također se postavljaju znakovi zabrane sidrenja. Priobalna zaštita elektroenergetskih kabela vizualno podsjeća na kanalizacijski ispust i može stvarati nelagodu gostima-kupačima na osamljenim mjestima. Već na znaku zabrane sidrenja treba razmišljati o odgovarajućoj jasnoj naznaci o vrsti instalacije. Ovim bi se otklonile moguće nelagode. Poglavitito o ovom treba voditi računa kod izmjene znaka, odnosno zamjene dotrajalog novim znakom.

5. ODREĐIVANJE TRASE U VIZIJI GOSPODARSKOG RAZVOJA I ZAŠTITA OKOLIŠA

Podmorski kabeli svojim trasama dijelom ugrožavaju priobalni i podmorski okoliš. Kod izbora trase ni u kojem slučaju ne smijemo elektroenergetskim podmorskim vezama limitirati mogućnost slobodnog razvoja turističke djelatnosti, kojoj je elektroenergetika samo imput. Nažalost to se ipak ponekad dogodi. Nekoliko djevičanskih uvala razvojno je ograničeno, primajući u svoj sadržaj ovu vrstu instalacije. Brzina donošenja rješenja radi hitnosti realizaciji objekata, presudi ponekad na upitan način. Svjesni i tada i danas ovih propusta želi ih se ponovno istaknuti da se u budućnosti ne ponovi slično. Formalno pravno za realizaciju objekata svi uvjeti su bili poštivani. Dobivene su lokacijske i građevne dozvole. Objekti su izgrađeni i pušteni pod napon. Ostaje jedina dilema jesu li se izlazne točke na pojedinim trasama mogle izmjestiti nekoliko stotina metara lijevo ili desno u pravcu rtova?

U principu, sve podmorske instalacije treba po mogućnosti grupirati. Ovim se automatski štiti podmorski okoliš. Također je važno da izlazne dionice ne ugrožavaju prirodne uvale i zajvetrišta. Izlazne točke treba locirati na skrovitim ne sadržajnim mjestima. Velika stečena iskustva, suvremena tehnika polaganja, kao i novija tehnologija izrade priobalnih zaštita, to omogućavaju.

6. ZAKLJUČAK

Desetogodišnja eksploatacija podmorskih kabelskih veza relativno je kratak rok za donošenje sveobuhvatnog suda o objektu. Međutim, to je sasvim dovoljno razdoblje da se uoče specifični nedostaci, kako se ne bi ponavljala slična loša rješenja na novim objektima. Pripremne radove na određivanju podmorske trase tre-

baju biti sukus velikog iskustva, kvalitetne vizije i poznavanja najsitnijih tehničkih detalja. Ispravnim pristupom izboru, znatno će se smanjiti rizik od ugrožavanja okoliša.

"Teži" podmorski kabel, robusnije izvedbe, dobar je izbor, poglavito glede sve većeg pomorskog, nautičkog i ribarskih sadržaja i prometa u priobalju.

Izvedbi priobalne zaštite, bez obzira na projektna rješenja, treba posvetiti osobitu pozornost. Stalno treba imati na umu da vijek njena trajanja treba biti najmanje 50 godina.

Najkvalitetniji način izvedbe je strojno bušenje priobalja. Ovu tehnologiju treba preferirati i razvojno podržavati.

Znakove zabrane sidrenja treba raditi od nehrđajućih materijala.

LITERATURA

- [1] I. SANTICA, dipl. ing., M. MIHANOVIĆ, dipl. ing., L. ZLATAR, dipl. ing.: "Glavni projekti elektromontažnog i glavni projekti građevinsko-arhitektonskog dijela kabelskih veza (10 veza, 30 uveza)", 1995. god.
- [2] P. ČERINA, dipl. ing.: "Jadranski otoci 35 kV", Energija 3, 1996. god.

TEN UNDERSEA LINES – HUNDRED KILOMETERS OF 35KV UNDERSEA CABLE - TEN YEARS OF EXPLOITATION OF THE PROGRAMME'S "ADRIATIC ISLANDS 35kV" UNDERSEA PART EXPERIENCES AND SUGGESTIONS

After almost ten years of exploitation of HEP's programme "Adriatic Islands 35kV" there rose a need for a short professional review. This paper is an attempt to present the most specific part of the programme, i.e. undersea cables. About a hundred million Kuna were invested into this part. A hundred kilometers of undersea cable are situated on ten different points from the island of Lošinj to the island of Mljet. In only a year preparatory research work was done, location and construction permits obtained, routes projected, producer selected and cables laid. A team of HEP's experts completed this project within a given time frame. Following this time period, we will be able to answer how well and successfully.

ZEHN UNTERSEEKABELBAHNEN - HUNDERT KILO- METER DES 35 KV KABELS - ZEHN JAHRE DES BETRIEBES DES UNTERSEE-TEILES DES PRO- GRAMMS "ADRIA INSELN 35 KV" ERFABRUGEN UND VORSCHLÄGE

Fast 10 Jahre des Betriebes der Anlagen aus dem HEP(HEP=Kroatische Elektrizitätswirtschaft) -Program "Adria Inseln 35 kV" verpflichten zu einem kurzen fachlichen Rückblick. Durch diesen Artikel wird versucht die Erfahrungen mit den Unterseekabeln, dem äusserst spezifischen Teil des Programs, zu systematisieren. In diesen Teil des Programms sind etwa hundert Millionen Kuna (dreizehn Millionen Euro) angelegt. In zehn Teilstrecken sind zwischen den Inseln auf den Meeresboden Hundert Kilometer von

Unterseekabeln gelegt, angefangen mit der Insel Lošinj und beendet mit der Insel Mljet. In nur einem Jahr wurden Vorbereitungs- und Forschungsarbeiten durchgeführt, die Standort- und die Baugenehmigungen erhalten, die Kabelbahnen projektiert der Hersteller bestimmt und die Kabel verlegt. Als Team geführte Gruppe der HEP Spezialisten führte alle diese Aufgaben in so kurz befristeter Zeit durch. Man wird aus jetziger Distanz zu beantworten versuchen, wie gewandt und wie erfolgreich dies vollbracht wurde.

Naslov pisca:

Ivo Santica, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda d.d.
DP Elektrodalmacija, Split
Gundulićeva 42, 21000 Split
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2003-05-17.



DISTRIBUIRANA PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

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

UDK 621.316.1.003
PREGLEDNI ČLANAK

U ovom su radu na općeniti način razmotrena glavna obilježja distribuirane proizvodnje električne energije. Najprije su opisani tehnički utjecaji distribuiranih izvora na sustave proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije. Zatim su predočena neka rješenja tehničkih utjecaja te otvorena pitanja. Proizvodnja električne energije iz malih vjetroelektrana smještena je u kontekst distribuirane proizvodnje. Opisane su vrste proračuna u distribucijskoj mreži koje se koriste u studijskoj analizi priključenja malih disperziranih izvora na distribucijsku mrežu.

Ključne riječi: distribuirana proizvodnja, disperzirani izvori, vjetroelektrane, distribucijska mreža.

1. DISTRIBUIRANA PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Suvremeni elektroenergetski sustavi uglavnom su razvijeni tijekom posljednjih 50 godina. Razvoj je slijedio ideju vodilju prema kojoj su veliki središnji generatori preko transformatora injektirali električnu snagu u visokonaponsku prijenosnu mrežu. Zatim je prijenosni sustav korišten za transport snage, često i na velikim udaljenostima. Na kraju, snaga je iz prijenosnog sustava preko serije distribucijskih transformatora usmjeravana kroz srednjonaponsku i niskonaponsku distribucijsku mrežu prema potrošačima na nižem naponu. Međutim, odnedavno se ponovno pojavilo značajno zanimanje za priključenjem proizvodnih objekata na distribucijsku mrežu. Ova je namjera poznata kao distribuirana proizvodnja električne energije (*engl. distributed or dispersed generation*) [1, 2, 4, 5, 6, 7, 8].

Konvencionalni ustroj suvremenih elektroenergetskih sustava nudi veliki broj prednosti. Veće proizvodne jedinice mogu biti učinkovitije te su u pogonu s relativno manjim brojem pogonskog osoblja. Povezane visokonaponske prijenosne mreže omogućuju minimaliziranje zahtjeva za snagom pričuve generatora. Omogućen je ulazak u pogon najučinkovitijeg proizvodnog objekta u bilo kojem trenutku. Veliki iznosi snage mogu biti prenijeti na velikim udaljenostima uz ograničene gubitke. Distribucijske mreže mogu se u tom slučaju projektirati za jednosmjerne tokove snaga i dimenzionirati samo za potrebe potrošačkih opterećenja. Međutim, u posljednjih nekoliko godina pojavilo se više utjecaja čije je kombiniranje dovelo do povećanog zanimanja za distribuiranu proizvodnju (smanjenje emisije CO₂, programi energetske učinkovitosti ili racionalnog korištenja energije, deregulacija i natjecanje, diverzifikacija energetske izvora, zahtjevi za samoodrživosti nacionalnih energetske sustava...).

Utjecaj na okoliš jedan je od značajnih faktora u razmatranju priključenja novih proizvodnih objekata na mrežu. Uz zabrinutost o emisiji štetnih plinova iz elektrana na fosilna goriva, obnovljivi izvori dobivaju svoju priliku. Na temelju Kyoto Protokola mnoge zemlje trebaju smanjiti emisiju CO₂ kako bi se smanjio utjecaj na klimatske promjene. Stvaraju se programi iskorištavanja obnovljivih izvora koji uključuju vjetroelektrane, male hidroelektrane, fotonaponske izvore, zemni plin, energiju iz otpada te iz biomase. Kogeneracijske CHP sheme koriste otpadnu toplinu termalnih proizvodnih objekata bilo za industrijske procese ili grijanje te su vrlo dobar način povećanja ukupne energetske učinkovitosti. Obnovljivi izvori imaju znatno manju energetske vrijednost u usporedbi s fosilnim gorivima zbog čega su njihove elektrane manje veličine te geografski široko raspodijeljene. Na primjer, vjetroelektrane treba smjestiti u vjetrovitim područjima, dok su elektrane na biomasu obično skromnog kapaciteta zbog troškova transporta goriva relativno male energetske vrijednosti. Te male elektrane priključuju se uglavnom na distribucijsku mrežu.

Međutim, od tada je distribuirana proizvodnja električne energije postala čestim predmetom polariziranih tehničkih diskusija. S jedne se strane nalaze inženjeri motivirani iskustvenim spoznajama o složenosti pogona ees-a koji iskazuju zabrinutost u pogledu elementarne ostvarivosti masovnog uvođenja nereguliranih i neupravljivih generatora u distribucijsku mrežu. S druge se pak strane nalaze entuzijastični zagovarači izvora obnovljive energije poput vjetroelektrana i kombi-elektrana (*eng. combined heat and power, CHP*) koji vjeruju da takve proizvodne jedinice nužno treba uvoditi u pogon kako bi se ispunili domaći i međunarodni zahtjevi za smanjenjem emisije CO₂. Štoviše, obnovljivi izvori povećavaju sa-

moodrživost ees-a u slučajevima eventualne energetske krize u proizvodnji električne energije koja je danas ovisna o isporuci ugljena, plina i nafte.

U svjetlu novih organizacijskih smjernica unutar elektroenergetskog sektora, nije zanemariv ni utjecaj privatnih investitora. Utjecaj je posebice izražen u dijelu ukupne proizvodnje električne energije koji je nazvan distribuiranom proizvodnjom [2]. Inicijative potencijalnih investitora koji dolaze s liberalizacijom tržišta električnom energijom dodatno utječu na potrebu razmatranja tehničkih aspekata priključenja obnovljivih izvora distribuirane naravi osobito na distribucijsku mrežu.

Obzirom na današnje stanje razvoja, distribuirana proizvodnja električne energije obilježena je sljedećim odrednicama:

- postupak planiranja distribuiranih izvora nije centraliziran;
- raspored proizvodnje distribuiranih izvora nije centraliziran;
- distribuirani izvori uobičajeno su priključeni na distribucijsku mrežu;
- veličina izgradnje distribuiranih izvora manja je od 50-100 MW.

Izostanak centraliziranosti pri planiranju i stvaranju rasporeda proizvodnje odnosi se na nemogućnost dispečerskog upravljanja iz hijerarhijski najvišeg središta nad temeljnim vladanjem distribuiranih izvora unutar ees-a. Značajke pogona ees-a određuje postupak uvrštenja proizvodnih jedinica u raspored proizvodnje ili potreba za usklađenom proizvodnjom jalove snage u sustavu. Na taj se način utječe na dvije temeljne varijable ees-a: frekvenciju (globalni pokazatelj) i napon (lokalni pokazatelj). Na osnovi dugotrajnih i kratkotrajnih odziva temeljnih varijabli izvode se procjene kvalitete isporučene električne energije. Trenutno se na distribuirane izvore gleda gotovo isključivo kao na proizvođače energije (kWh) koji ne doprinose ostalim funkcijama elektroenergetskog sustava (regulacija napona, pouzdanost mreže, snaga pričuve...). Iako je to djelomično posljedica tehničkih svojstava distribuiranih izvora, ograničena uloga distribuirane proizvodnje najvećim je dijelom stvorena na temelju administrativnih i komercijalnih uvjeta pod kojima su trenutno u pogonu.

Postoji više razloga koji utječu na povećanje udjela distribuiranih izvora u proizvodnji električne energije. Neki od osnovnih razloga definirani su sljedećim aspektima:

- Distribuirani izvori u današnje su doba dostigli tehnološki zreli razinu razvoja koja je raspoloživa za veličinu izgradnje između 100 kW i 150 MW.
- Lokacije za manje izvore lakše je pronaći.
- Politički motivirana pravila koja se temelje na sredstvima poput subvencija ili naknada za tehnologije koje su prihvatljive za očuvanje okoliša, te poput

javni obveza preuzetih s ciljem smanjenja emisije CO₂, vode prema uvjetima ekonomske favorizacije.

- U nekim se tržišno organiziranim sustavima distribuirani izvori natječu sa cijenom energije u koju nije uključeno pružanje dodatnih usluga u ees-u. Time se stvara prednost na strani distribuiranih izvora u usporedbi s velikim proizvodnim objektima. Za slučaj da je u cijenu energije uključena naknada za prijenos i distribuciju, navedena prednost ovisi o naponskoj razini priključenja i može biti vrlo visoka (mikro-izvori).
- Financijske institucije ulaze u projekte izgradnje distribuiranih izvora zbog solidne isplativosti.
- Deregulirani i tržišno ustrojeni sustavi sa znatnom razinom natjecateljstva stvaraju dodatne prilike industriji i igračima na tržištu za pokretanje poslova proizvodnje električne energije.
- Zahtjevi potrošača za dobavom električne energije iz obnovljivih izvora u stalnom su porastu.
- Proizvodne izvore (poput CHP) smješta se blizu potrošača radi smanjenja troškova prijenosa.
- Za slučaj primjene lokalnih sustava napajanih malim CHP jedinicama smanjuju se zahtjevi za velikim i skupim sustavima opskrbe potrošača toplinskom energijom.
- Korištenje prirodnog plina kao najčešćeg goriva distribuiranih izvora, temelji se na očekivanoj raspoloživosti u većini potrošačkih centara te na očekivanim stabilnim cijenama dobave.
- Plinske jedinice imaju niske kapitalne troškove u usporedbi s velikim proizvodnim objektima.
- Visoka učinkovitost postiže se u konfiguracijama s kogeneracijom te kombiniranim ciklusom što utječe na smanjenje pogonskih troškova.

U zemljama s vrlo izraženim porastom izgradnje distribuiranih izvora često dolazi do grupiranja nekoliko navedenih razloga u jedan zajednički ili do vrlo izražene nadmoći jednog od razloga. Takav se slučaj primjerice javlja u Njemačkoj gdje vrlo visoke naknade uzrokuju snažan porast izgradnje vjetroelektrana. Pregled troškova (tablica 1) ukazuje na razinu natjecateljstva koja se javlja među različitim vrstama distribuiranih izvora [4]. Nužno je naglasiti da su vrijednosti grubo procijenjene. U stvarnosti troškovi mogu odstupati od navedenih vrijednosti u ovisnosti o pojedinačnim uvjetima primjene. Uvjeti primjene odnose se na naponsku razinu priključenja, troškove priključenja, broj sati pogona, učinkovitost, vlastitu potrošnju... Obzirom na prethodne razloge, pored vjetroelektrana vrlo izraženo mjesto u distribuiranoj proizvodnji električne energije zauzimaju kombi-elektrane (CHP izvori).

U današnje doba postoji više scenarija prema kojima se širom svijeta izvodi razdvajanje različitih sektora elektroenergetskog sustava. Scenariji se nalaze u širokom spektru od vertikalno integriranih struktura do verti-

kalno i horizontalno razdvojenih struktura. Može se reći da u većini zemalja ipak prevladava trend razdvajanja. Istodobno se u većini zemalja uočava snažan porast izgradnje distribuiranih izvora. U nekim se slučajevima razdvajanje unutar strukture ees-a doživljava kao uzrok porasta izgradnje distribuiranih izvora. Porast se prvenstveno javlja obzirom da na taj način nezavisni proizvođači imaju otvoren i slobodan pristup tržištu. S druge pak strane, postoje zemlje poput Norveške gdje nakon otvaranja tržišta udjel distribuiranih izvora nije značajno povećan. Naime, u Norveškoj su ti izvori rijetko kada ekonomičniji od postojećih izvora utemeljenih na jeftinoj energiji iz vodnih resursa.

Tablica 1. Kapitalni troškovi i troškovi energije za različite distribuirane izvore

Tehnologija	Veličina izgradnje	Kapitalni troškovi €/kW	Ukupni troškovi €/kWh
Vjetroelektrane (na kopnu)	15 MW	900–1300	0.04–0.09
Vjetroelektrane (na površini mora)	100 MW	1500–2000	0.05–0.12
Kombi-elektrane CHP	40 MW	550–850	0.04–0.057
Hidroelektrane (mali pad)	5 MW	900–1000	0.02–0.03
Kogeneracija (turbinski pogon)	5 MW	800–850	0.053–0.057
Kogeneracija (recipročni pogon)	5 MW	500–750	0.03–0.045
Fotonaponski sustavi	5 MW	6000–10000	0.75–1
Gorive stanice	5 MW	1100–1600	0.08–0.1
Mikro-izvori (recipročni pogon)	50 kW	600–1500	0.07–0.15
Mikro-izvori (turbinski pogon)	50 kW	≈300	0.03–0.05
Mikro-izvori (gorive stanice)	50 kW	≈900	0.09–0.15

Uloga distribuiranih izvora u sustavu uvelike ovisi o strukturi tržišta i elektroprivrede, pravilima priključenja na mrežu te subvencijama. Na temelju navedenih odrednica ocjenjuje se mogućnost priključenja distribuiranih izvora na sustav u iole značajnijoj mjeri te mogućnost njihovog uključanja u proces planiranja pogona ees-a.

U većini se zemalja tradicionalna struktura sustava zasniva na velikim vertikalno integriranim elektroprivredama. Takvi sustavi uglavnom već imaju izvjesna iskustva s nezavisnim proizvođačima električne energije (IPP) i industrijskim elektranama. Ovi proizvođači često nisu pod utjecajem dispečera iz hijerarhijski najvišeg upravljačkog centra. Posebice je to slučaj ukoliko su priključeni na distribucijsku mrežu. U mnogim su slučajevima takvi proizvođači uključeni u postupak planiranja sustava na temelju zajedničkih ulaganja ili

nekih drugih oblika suradnje s vertikalno integriranom elektroprivredom. Nadalje, ne postoji potreba za definiranjem tarifa za priključenje na sustav, za prijenos i za dodatne usluge. Vertikalno integrirana elektroprivreda odgovorna je za sigurnost opskrbe.

Distributivni izvori, koji za početak nisu dovoljno kompetitivni obzirom na njihove visoke proizvodne troškove, imaju prigodu za probitak samo ukoliko su subvencionirani (primjer obnovljivih izvora). Prema primjeru iz Velike Britanije, subvencije se dodjeljuju samo određenom dijelu proizvodnih kapaciteta. U drugom primjeru (Njemačka), subvencije su definirane u obliku naknadnih tarifa nad izbjegnute troškovima elektroprivrede na čiju su mrežu izvori priključeni. Posebice za slučaj priključenja vjetroelektrane u području sa slabom mrežom, pravila priključenja na mrežu koja rezultiraju s većim ili manjim investicijskim troškovima imaju značajnu ulogu u odlučivanju o profitabilnosti cijelog projekta.

U slučaju potpuno razdvojene strukture elektroprivrede, vertikalna integracija više ne postoji na način na koji se javljala u prethodnom primjeru. Uočen je trend prema formiranju nezavisnog operatora sustava koji upravlja prijenosom. Prijašnji se sektor proizvodnje sada natječe s nezavisnim proizvođačima iz industrije ili s drugim igračima (operatorima) na tržištu te s distribuiranim izvorima. Eventualnim smanjenjem troškova na strani proizvodnje nakon otvaranja tržišta dodatno se umanjuju izgledi distribuiranih izvora.

S druge strane, postoji mogućnost stvaranja novih tržišta poput 'zelenog' za obnovljive izvore čime se ipak mogu povećati izgledi za njihovu primjenu. Subvencije za posebne vrste distribuiranih izvora ostvarive su također i u okvirima tržišta s otvorenim pristupom. U slučaju da distribuirani izvori nisu upravljani iz hijerarhijski najvišeg centra te da ne sudjeluju u pružanju dodatnih usluga, ali da zbog toga ostvaruju profit, dolazi do neravnoteže na tržištu koja ovisi o njegovoj strukturi.

Nadalje, distribuirani izvori (osim vjetroelektrana) najčešće su priključeni u blizini potrošača u distribucijskoj mreži što u principu pomaže u smanjivanju gubitaka u prijenosnom sustavu. Međutim, gubici u distribucijskoj mreži mogu biti ograničavajući faktor izgradnje vjetroelektrana ukoliko su uz veliku penetraciju locirane u ruralnim područjima niske gustoće opterećenja. Naime, priključenje vjetroelektrana na distribucijsku mrežu može zahtijevati izvođenje dodatnih pojačanja u dijelovima iste mreže čime se povećavaju investicijski troškovi. Tada se javljaju zahtjevi za definiranjem tarifa u prijenosu (i distribuciji).

Zbog promjenjivih uvjeta primjene, različiti su udjeli proizvodnje iz obnovljivih izvora u ukupnoj bilanci (tablica 2) [4]. Prosječni udjel distribuiranih izvora je u analiziranim EU zemljama između 5% i 9%. U Nizozemskoj i Danskoj udjel je dosegao iznos od 40% i zahtjeva protumjere u obliku odgovarajućih tarifa, za-

jedničkih ulaganja i rekonstrukcije 150 kV/132 kV mreže. Dugoročno se očekuje znatniji porast udjela, posebice u Španjolskoj čiji je potencijal 9000 MW u vjetroelektranama i 16000 MW u CHP jedinicama. Njemačka, Kanada i Danska očekuju povećanje udjela. EU zemlje imaju vrlo prodoran i ambiciozan plan ohrabivanja uvođenja novih obnovljivih izvora. Cilj koji je unutar EU postavljen temeljem smanjenja CO₂ iznosi 18% proizvodnje iz obnovljivih izvora do 2010. godine uz prepoznati teorijski potencijal u iznosu od 40%.

Tablica 2. Stupanj penetracije distribuiranih izvora

Zemlja	2000.	Potencijal
Australija	3% (2000 MW)	9% (9000 MW)
Belgija	10%	Do 20%
Kanada	10% (2900 MW)	75% (22000 MW)
Danska	37% (900 MW vjetar i 1600 MW CHP)	5000 MW vjetar i 2000 MW CHP
Francuska	manje od 5%	EU pravilo: više od 8 MW
Njemačka	2400 MW vjetar, 1260 MW male CHP, 6000 MW CHP	više od 3600 MW vjetar i CHP do 35%
Nizozemska	40%	?
Norveška	1% (hidro, niska cijena)	?
Španjolska	300 MW	9000 MW vjetar i 16000 MW CHP
EU cilj	9%	18% do 2010, teorijski 40%

Različite su brzine razvoja različitih oblika distribuirane proizvodnje. Trenutno najveći porast među obnovljivim izvorima imaju vjetroelektrane. Značajan dio očekivanog porasta među vjetroelektranama pripada izgradnji na površini mora [3]. Razlozi koji dovede do povećanja udjela distribuiranih izvora nisu izravno ovisni o strukturi tržišta. U svim zemljama koje nemaju izrazito niske troškove proizvodnje poput Norveške, distribuirani izvori imaju značajnu ulogu u budućim planovima. Uvjeti otvorenog tržišta podržavaju ovakav trend, ali ne čine nužan preduvjet. Ekonomska favoriziranost i politički motivirane subvencije za primjenu tehnologija koje su prijateljske prema okolišu uzrokuju pojavu takvog trenda i unutar tradicionalno ustrojenih, odnosno vertikalno integriranih elektroprivreda. Općenito, povećani udjel distribuiranih izvora uzrokuje pojavu brojnih tehničkih posljedica koje su uočene u različitim zemljama. Posljedice ovise o veličini izgradnje distribuiranih izvora te vrsti korištenih generatora, ali i o strukturi sustava. Na primjer, subvencije za proizvodnju električne energije iz vjetroelektrana u nekim su zemljama uzrokovale povećanje broja instaliranih vjetroturbina te time i pojavu specijalnih problema u standardnim elektroenergetskim sustavima.

Dakle, vrlo značajno mjesto u distribuiranoj proizvodnji električne energije pripada vjetroelektranama. Ekonomska opravdanost projekta izgradnje vjetroelektrane zahtijeva njezin smještaj u području s visokom iskoristivosti vjetra. Područja visoke iskoristivosti vjetra često se nalaze unutar naponski relativno slabih dijelova mreže koji su locirani u ruralnim predjelima. Time se znatnije otežava njihovo učinkovito priključenje na distribucijsku mrežu. U slučaju većeg iznosa veličine izgradnje, priključenje vjetroelektrane izvodi se i na prijenosnu mrežu.

Prema dosadašnjem standardnom promišljanju, uloga distribucijske mreže pasivne je naravi i svodi se na distribuiranje električne energije industrijskim potrošačima i domaćinstvima. U svjetlu novih tendencija koje idu za primjenom distribuirane proizvodnje, javlja se potreba za distribucijskom mrežom aktivne naravi. Aktivna distribucijska mreža treba udovoljiti zahtjevima onih potrošača koji svoju potrošnju mogu namiriti vlastitom lokalnom proizvodnjom te višak plasirati u mrežu. Obzirom da se priključenje vjetroelektrane znatno češće izvodi na distribucijsku mrežu, elektroenergetski sustav se dovodi u izmijenjenu situaciju u odnosu na prvobitno zamišljenu. Pasivnu ulogu distribucijske mreže potrebno je zamijeniti aktivnom. Zamjena uloga često uzrokuje potrebu za primjenom većih investicijskih zahvata u mreži koji bi omogućili veću učinkovitost proizvodnje električne energije iz vjetroelektrana.

2. TEHNIČKI UTJECAJI DISTRIBUIRANIH IZVORA NA SUSTAVE PROIZVODNJE I PRIJENOSA

Operator sustava odgovoran je za planiranje proširenja mreže, pogon mreže uključujući upravljanje naponom i jalovom snagom, mjerenje i naplatu, planiranje proširenja proizvodnih kapaciteta i energetske planiranje (ukoliko je operator sustava ujedno i vlasnik proizvodnih objekata), održavanje sustava pričuve, trgovanje električnom energijom, raspored proizvodnje jedinica i regulaciju frekvencije [4]. Povećana izgradnja distribuiranih izvora utječe na svaku od navedenih zadaća operatora sustava.

Utjecaj na *planiranje proširenja mreže* javlja se ukoliko veliki broj distribuiranih izvora može biti priključen samo izravno na prijenosni sustav. U osnovi se radi o suprotnosti s pretpostavkom o maksimalnoj veličini izgradnje od 50 MW do 100 MW. U slučaju da se iskorištava energija vjetra, instalirani kapacitet u vjetroelektranama može relativno brzo dosegnuti vrlo visoke iznose proizvodnje električne energije. U nekim slučajevima (vjetroelektrane na površini mora, Danska), neophodno je vjetroelektrane priključiti izravno na prijenosnu mrežu čime se mijenja topologija sustava. U sustavima s izrazito povećanim brojem neupravljivih i do izvjesne razine nepredvidivih izvora,

slabost prijenosne mreže predstavlja prepreku integraciji većeg broja distribuiranih izvora. Snažna i prilagodljiva prijenosna mreža omogućuje međunarodno trgovanje snagom za regulacije (pomoćne usluge u ees-u). Štoviše, operator sustava treba vrednovati rizik i posljedice ispada velikog broja distribuiranih izvora koji su priključeni na visokonaponsku i srednjenaponsku mrežu. Ispadi vodova i transformatora zbog preopterećenja mogu se javiti kao posljedica velikog povećanja opterećenja. Stoga je neophodno pažljivo razmotriti dinamička svojstva sustava u slučaju da se lokalna podrška distribuiranih izvora koristi kao sredstvo povećanja prijenosne moći. Dinamičko vladanje sustava je također ugroženo i ukoliko kvarovi u mreži mogu uzrokovati ispade velikog broja generatora time bi se pojavio izraziti nedostatak snage proizvodnje. To se osobito javlja u primjeni frekvencijskih releja. Previsoko udešenje u podfrekvencijskoj zaštiti čini ionako ozbiljno stanje nakon ispada snage proizvodnje još težim. Frekvencijski releji isključuju distribuirane izvore i na taj način povećavaju nedostatak snage proizvodnje.

U *pogonu mreže* upravljanje naponom jedna je od osnovnih zadaća. Problemi se javljaju ako je veliki dio opterećenja napajan iz distribuiranih izvora na nižim naponskim razinama. U tim stanjima preostali generatori koji su priključeni na prijenosnu mrežu često nisu u mogućnosti upravljati naponom uz dostatnu razinu točnosti. Stoga se može javiti potreba za preispitivanjem prijenosnih omjera transformatora, uključivanjem poprečnih prigušnica ili promjenom topologije mreže putem isključenja vodova. Zbog istih razloga operator sustava treba posvetiti pozornost razini struja kratkog spoja koja može biti značajno izmijenjena u situacijama s malom proizvodnjom na prijenosnom naponu. Ispravnost prorade releja u sustavu tada može postati vrlo upitnom. Eventualni nedostatak poznavanja instaliranog kapaciteta i lokacije distribuiranih izvora izravno utječe na planove ponovnog uspostavljanja stanja nakon ozbiljnih incidenata u sustavu. Stoga se javlja potreba za primjenom komunikacijskih kanala u cilju omogućavanja nadzora operatoru sustava nad najznačajnijim distribuiranim izvorima.

Planiranje proširenja proizvodnje i energetska planiranje pod utjecajem su distribuiranih izvora zbog neupravljivosti njihove izlazne snage koja je pored toga u brojnim slučajevima još i teško predvidiva. U pogledu dugoročne pričuve u svrhu regulacije glavnih varijabli ees-a, distribuirani izvori neće zamijeniti konvencionalne izvore iste veličine izgradnje zbog njihovih stohastičkih značajki. Zahtjevi obzirom na sastav sustava proizvodnje promjenjivi su u ovisnosti o razlikama u godišnjim i dnevnim krivuljama opterećenja nakon angažiranja distribuiranih izvora i/ili povećanja zahtjeva za sekundarnom pričuvom. U Nizozemskoj je, na primjer, do sada približno 40% ukupno proizvedene električne energije dolazilo iz kogeneracijskih izvora

od kojih je 3000 MW bilo centralizirano, a 4000 MW decentralizirano. U kombinaciji sa snažnim jutarnjim povećanjem potražnje za električnom energijom dolazi do problema budući da je brzina promjene opterećenja termoenergetskih izvora ograničena. Pri energetska planiranju (do 5 godina unaprijed) ponekad je potrebno razmotriti i smanjenje očekivane proizvodnje. Distribuirani izvori zasigurno utječu na godišnju krivulju opterećenja te time i na proizvodnju i trgovanje električnom energijom iz ostalih izvora. Ovaj je utjecaj stohastičke naravi te u slučaju vjetroelektrana i s vrlo velikim neizvjesnostima u predviđanju. Stoga je pored predviđanja potrošnje potrebno provoditi i predviđanje proizvodnje iz distribuiranih izvora.

Održavanje snage pričuve, trgovanje električnom energijom, raspored proizvodnje i regulacija frekvencije također su pod utjecajem distribuiranih izvora uslijed njihove stohastičke naravi. U velikim povezanim sustavima poput UCTE-ovog, primarna pričuva vjerojatno nije upitna obzirom da su čak i velike fluktuacije izlazne snage koje su očekivane kod vjetroelektrana ipak manjeg iznosa od fluktuacija opterećenja. U manjim (otočnim) sustavima taj je aspekt od posebnog značenja. Zahtjevi za sekundarnom pričuvom mogu biti povećani obzirom da se izlazna snaga distribuiranih izvora predviđa samo uz ograničenu točnost. Stoga je fluktuaciju izlazne snage distribuiranih izvora potrebno izbalansirati putem snage razmjene s povezanim partnerima ili unutar nekog od vlastitih podsustava. Zahtjevi za sekundarnom pričuvom mogu doći pod utjecaj rizika od ispada velikog broja distribuiranih izvora priključenih na visokonaponsku i srednjenaponsku mrežu u uvjetima kvarova u mreži. Vjerojatnost u odnosu na druge incidente vrlo je specifična obzirom na zahtjeve sekundarne pričuve i ovisna o sustavu tako da se njezina analiza rijetko provodi. Raspored proizvodnje velikih proizvodnih objekata zasigurno će biti suočen s novim ograničenjima. Deterministički pristup pri optimiranju rasporeda angažiranja proizvodnih jedinica potrebno je preispitati ukoliko bi nakon angažmana distribuiranih izvora preostao vrlo mali iznos tereta i to uz fluktuacije kako tereta tako i distribuiranih izvora. Trgovanje električnom energijom pod sličnim je utjecajem, ali ponekad može predstavljati jedino rješenje. Posebice je to slučaj kada proizvodnja iz distribuiranih izvora nadvisuje iznos koji može biti korišten u ees-u nakon provedenog razmatranja svih ograničenja poput zahtjeva za snagom pričuve i zahtjeva za stabilnim pogonom.

3. TEHNIČKI UTJECAJI DISTRIBUIRANIH IZVORA NA DISTRIBUCIJSKI SUSTAV

Distribuirani izvori utječu na kvalitetu napajanja i tehničke aspekte poput snage kratkog spoja ili sustava zaštita [4]. U pogledu kvalitete napajanja najčešće se razmatra jedino kvaliteta napona. Pouzdanost opskrbe uglavnom se ne mijenja zbog integriranja distribuiranih

nih izvora koji se nalaze izvan sustava upravljanja iz hijerarhijski najvišeg središta obzirom da izostaje izraženija korelacija s opterećenjem. Neki su utjecaji lokalne naravi i mogu se razriješiti korištenjem lokalnih mjerenja. Ostali aspekti većinom ovise o strukturi mreže, pa se stoga razmatraju u okviru dugoročnog planiranja.

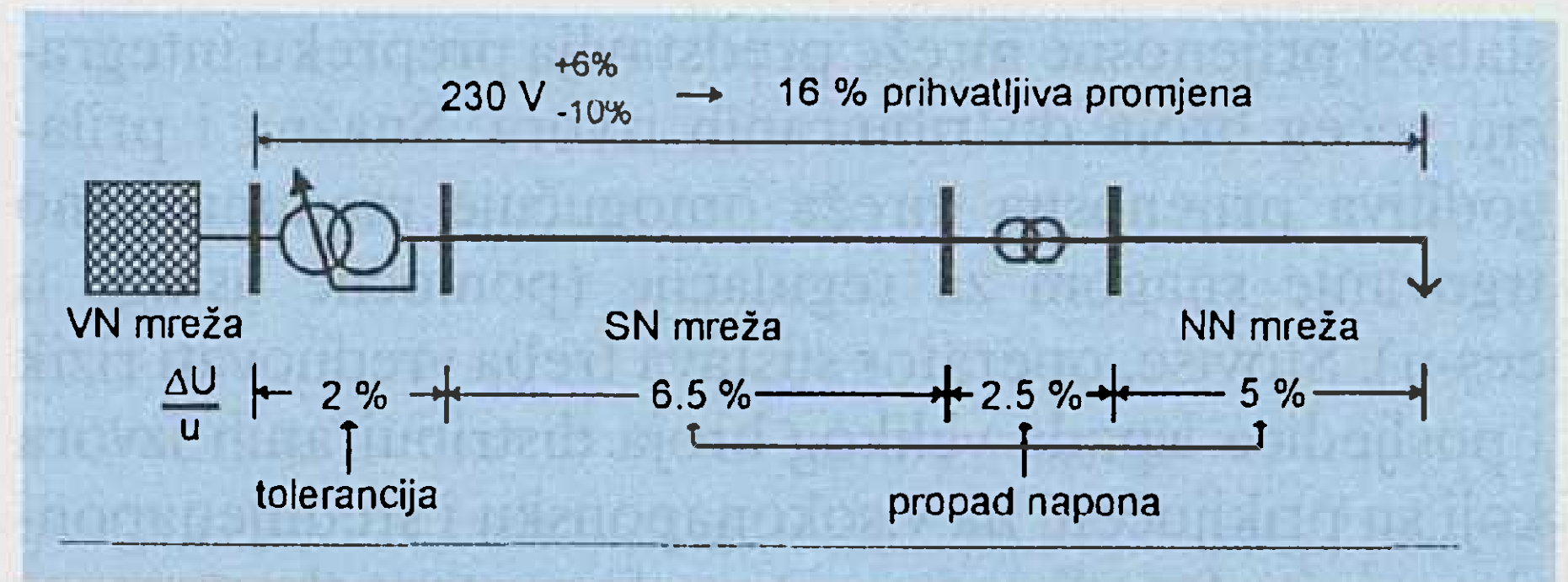
Ovisnost između distribuiranih izvora i pogona mreže razmatra se unutar okvira dvaju aspekata:

- **Mrežna moć.** Ograničena je problemom stabilnosti napona i problemom strujne opteretivosti opreme. Povećanje mrežne moći izvedivo je u određenom rasponu vrijednosti optimiranjem postojećih stupnjeva slobode u pogonu mreže ili investiranjem u novu primarnu opremu.
- **Priključni kriteriji.** Mogu doći pod utjecaj tehnologije distribuiranih izvora i ostalih lokalnih mjera. To se osobito primjenjuje na flikere, najveća odstupanja napona, struje kratkog spoja i selektivnost sustava zaštite.

U visokonaponskim mrežama priključni kriteriji uglavnom predstavljaju manji problem od strujne opteretivosti u normalnom pogonu te pri (n-1) kriteriju. Priključenje distribuiranih izvora na visokonaponsku mrežu u današnje doba ulazi u okvire standardiziranih postupaka planiranja. U srednjenaponskim i niskonaponskim mrežama potrebno je pažljivije razmatrati napon u stacionarnim i prijelaznim stanjima. Osnovno obilježje neupravljivih distribuiranih izvora odnosi se na fluktuaciju izlazne snage koja nije u izravnoj vezi s električnim teretom. Rezultirajuća fluktuacija napona u mreži superponira se na već postojeću fluktuaciju uzrokovanu promjenama električnih tereta. Superponiranje fluktuacija može dovesti do potrebe za proširenjem raspona napona u normalnom pogonu. Eventualnim proširenjem raspona napona troši se pričuva u mreži i povećava nerasploživost mreže za dodatne potrošače.

Za sve potrošače koji su priključeni na niskonaponsku mrežu ograničenje napona uzima se u rasponu 230 V +6%/-10%. Za potrošače priključene na srednjenaponsku mrežu ograničenje se uzima prema $U_n \pm 10\%$. Iz primjera predočenog na slici 1 uočava se da nakon oduzimanja najvećeg očekivanog propada napona u niskonaponskoj mreži ($\approx 5\%$) i na transformatorima lokalne mreže ($\approx 2.5\%$) te uključivanjem tolerancije regulatora napona transformatora između visokonaponske (VN) i srednjenaponske (SN) mreže ($\approx 2\%$), ograničenost raspona napona u srednjenaponskoj mreži može poprimiti iznos $\approx 6.5\%$. Manji propad napona u niskonaponskoj mreži povećava moć srednjenaponske mreže i obrnuto. Dodatne komponente namijenjene regulaciji napona koje su instalirane na disperziranim lokacijama u takvim mrežama mogu povećati prijenosnu moć.

Potrebu za proširenjem raspona napona zbog injektiranja snage iz distribuiranih izvora moguće je ublažiti



Slika 1. Primjer proračuna prihvatljivog propada napona u srednjenaponskoj mreži

kompensacijom jalove snage distribuiranih izvora. Na taj bi se način podržala optimizacija tokova jalove snage na višim naponskim razinama. Stoga faktor snage distribuiranih izvora nije nužno postaviti na konstantnu vrijednost (često 1) već dozvoliti određeni stupanj slobode u svrhu zadovoljavanja lokalnih zahtjeva. Ukoliko već nije ograničeno prihvatljivim rasponom napona, priključenje distribuiranih izvora bilo bi ograničeno sa strujnom opteretivosti opreme koja je određena termičkim naprezanjem. U današnje se doba uobičajeno pretpostavlja da termičko ograničenje struje može biti kratkotrajno narušeno, na primjer u uvjetima brzog ponovnog uspostavljanja napajanja nakon kvara.

Vjetroelektrane su posebice podložne stvaranju fluktuacija snage uzrokujući time nagle promjene napona i flikere. Poremećaji koji se na taj način uzrokuju izražavaju se pomoću faktora flikerske poremećenosti. U Njemačkoj, na primjer, u srednjenaponskim mrežama faktor dugotrajne flikerske poremećenosti ne smije prijeći granicu $P_{fl} = 0.67$. Zbog stohastičke neovisnosti signala poremećaja iz različitih potrošača te prigušenja uvedenog mrežnom impedancijom među potrošačima koji su razmješteni na većim udaljenostima, pretpostavlja se da je navedeno gornje ograničenje flikera osigurano ukoliko faktor ne prelazi $P_{fl} = 0.37$ za pojedinačne potrošače i $P_{fl} = 0.46$ za pojedinačne distribuirane izvore. U svrhu ograničavanja utjecaja flikera, brze promjene djelatne i jalove snage potrebno je odgovarajuće umanjiti. Prikladnim izborom tehnologije i veličine izgradnje elektrane moguće je osigurati stanje ees-a u kojem flikeri ne bi postali ograničavajućim faktorom. Najveća dozvoljena amplituda brzih jednokratnih promjena napona u njemačkim je srednjenaponskim mrežama ograničena na 4%. Takve promjene se javljaju samo u primjeni vjetroelektrana te su kao i flikeri ovisne o vrsti generatora.

Priključenje distribuiranih izvora koji imaju izravno spojene sinkrone ili asinkrone generatore može pridonijeti povišenju snage kratkog spoja iznad sposobnosti mrežne opreme. Snaga kratkog spoja je uobičajeno najvećeg iznosa u čvorištu VN/SN transformatora. U ovisnosti o konfiguraciji mreže, snaga kratkog spoja u tom čvorištu može doći na gornju granicu čak i kada u srednjenaponskoj mreži nema dodatnog izvora snage. Sukladno tome, u slučaju integriranja distribuiranih izvora potrebno je provjeriti snagu kratkog

spoja za svaki pojedinačni slučaj priključenja te ukoliko se pokaže neophodnim i zadržati njezin iznos unutar dozvoljenog raspona korištenjem odgovarajućih mjera unutar elektrane (na primjer, konverterskim odvajanjem) ili primjenom ograničivača struje kratkog spoja.

Zaštita proizvodnih jedinica kod distribuiranih izvora ne stvara posebne poteškoće i izvodi se pomoću standardne relejne opreme. Glavni se izazov pronalazi u projektiranju sučelja prema shemi zaštite te njegovoj koordinaciji prema mrežnim relejima i pogonskim uvjetima. Sustavi zaštite u srednjenaponskim mrežama u današnje su doba pretežito zasnovani na radijalnosti pogona. Selektivnost prorade postiže se korištenjem nezavisnih nadstrujnih releja s vremenskim zatezanjem koji su razmješteni bez razmatranja usmjeravanja. U slučaju pojave kvara isključuje se samo relevantna grana tako da preostali dio mreže nastavlja s normalnim pogonom. Ukoliko postoji više disperziranih točaka napajanja, sve grane s priključenim proizvodnim objektima napajaju mjesto kvara. To zapravo znači da ako sustav zaštite ne uspije izolirati distribuirani izvor od mreže dovoljno brzo po otkrivanju podnaponskog stanja, nezavisni nadstrujni releji s vremenskim zatezanjem mogu neselektivno isključivati grane u mreži koje nisu pogođene kvarom. Selektivnost se u okvirima određenih ograničenja u takvim slučajevima postiže povećanjem vremenskog zatezanja nadstrujnih releja, različitim udešavanjem vremenskih zatezanja ili povećanjem zone nedjelovanja sustava podnaponske zaštite. Za povećanje zone nedjelovanja ili odgađanje vremena prorade nezavisnih nadstrujnih releja nije u potpunosti moguće reći da ne stvaraju probleme, posebice obzirom na poželjnost brzog isključenja, izbjegavanje oštećenja opreme i sigurnost pogonskog osoblja. Osim toga, neophodno je omogućiti provođenje pouzdanog otkrivanja kvarova s malim strujama kvara. Posebice ukoliko sustavi imaju veći broj grana, postoji mogućnost nastanka problema vezanih uz koncept sustava zaštite tako da je ponekad potrebno poduzeti i radikalnije mjere (npr. instaliranje jednosmjernih nezavisnih nadstrujnih releja s vremenskim zatezanjem).

U osnovi, pouzdanost napajanja obično ne biva povećana integracijom distribuiranih izvora koji su izvan sustava upravljanja vođenog iz hijerarhijski najvišeg središta. Dapače, pri projektiranju je nužno preventivno djelovati kako distribuirani izvori ne bi utjecali na pouzdanost napajanja. Do toga može doći ukoliko selektivnost sustava zaštite postane ugrožena, učinkovitost automatskog ponovnog uključenja nije više zajamčena ili se javi opasnost preopterećenja kabela nakon privremene promjene konfiguracije mreže. Nadalje, naponi u stacionarnim stanjima ne smiju prijeći prihvatljiva ograničenja pri iznimnim uvjetima napajanja. U takvim slučajevima može biti neophodno izolirati distribuirani izvor od mreže ili opremiti distribuirani izvor automatskim ograničivačima napona.

Promjene tokova snaga praćene su promjenama gubitaka u mreži. Uz mala napajanje, gubici u mreži se smanjuju kako se period korištenja opreme (a time i faktor gubitaka) smanjuje. Gubici u mreži se povećavaju kada distribuirana proizvodnja uvelike premašuje iznos opterećenja. Također, gubici se povećavaju kada je faktor snage u distribuiranoj pojnoj točki potrebno udesiti s izrazitim induktivnim karakterom kako bi se osiguralo postojanje prihvatljivih pogonskih uvjeta u mreži (posebice dozvoljeni raspon napona). U principu, gubici u mreži nisu predmetom pogonskih ograničenja. Ipak, zbog ekonomičnosti potrebno ih je minimizirati.

Neupravljivi distribuirani izvori koji su priključeni na srednjenaponsku ili niskonaponsku mrežu povećavaju neophodne investicije u mreži. Njihova primjena uzrokuje potrebu za proširenjem očekivanih raspona napona čime se smanjuje mrežna moć koja je potrebna za napajanje dodatnih potrošača.

4. RJEŠENJA TEHNIČKIH UTJECAJA I OTVORENA PITANJA

U današnje doba postoje dva osnovna pristupa planiranju priključenja distribuiranih izvora na mrežu [4]. Oba pristupa imaju istu pozadinu koja se odnosi na ograničenost kvalitete napajanja potrošača prema europskoj normi EN 50160. Sljedeća dva primjera objašnjavaju različitost u pristupima:

- Samo su zahtjevi potrošača značajni u odlučivanju o mogućnosti priključenja distribuiranih izvora te o tome kako treba izgledati projekt. Operator mreže provjerava mogućnost nastanka interferencije u svakom pojedinačnom slučaju. Ovaj se postupak primjenjuje u Velikoj Britaniji, gdje su pripadni standardi kvalitete definirani na temelju inženjerskih preporuka.
- Kako bi se olakšalo razmatranje priključenja velikog broja distribuiranih izvora, donose se posebna pravila o priključenju čime se cijeli postupak čini praktičnijim. U Njemačkoj su pravila o priključenju izvedena iz odgovarajućih standarda o pogonu mreže i zahtjevima potrošača. Pri tome je pretpostavljeno postojanje tipične srednjenaponske mreže s prosječnim opterećenjima te tipičnim vrstama i duljinama vodova.

Općenito se u drugom pristupu ne jamči kvaliteta napajanja u situacijama s velikom gustoćom distribuiranih izvora. Ipak, česte su situacije u kojima se distribuirani izvori priključuju obzirom na zahtjeve potrošača kada to pojednostavljena pravila o priključenju na mrežu ne dozvoljavaju. U Njemačkoj, Danskoj, Španjolskoj i Nizozemskoj su prihvatljive vrijednosti promjene napona u stacionarnom stanju znatno restriktivnije u usporedbi s vrijednostima definiranim u EN50160 ($\pm 10\%$). Restriktivnost je motivirana pretpostavkom prema kojoj ukupni prihvatljivi raspon sa

stajališta potrošača ne smije biti predviđen samo za jedan distribuirani izvor već treba biti raspodijeljen između potrošača i distribuiranog izvora. U Njemačkoj se isti princip primjenjuje u definiranju kvalitete napona.

Potrošnja jalove snage kao sredstvo smanjenja povišenih iznosa napona u stacionarnom stanju u nekim je zemljama prihvatljiva u određenoj mjeri. U Nizozemskoj se injektiranje jalove snage ne smatra korisnim, dok se u drugim zemljama primjenjuje samo u posebnim slučajevima. Niti u jednoj zemlji nema naplate za potrošnju jalove snage ukoliko je $\cos \varphi = 0.9$. Ukoliko je $\cos \varphi < 0.9$, uvode se tarife za naplatu koje se kreću između 0 i 0.015 €/kVAh u Njemačkoj te između 0 i 4% od cijene kWh u Španjolskoj. U Nizozemskoj se primjenjuju različiti dogovori. Samo se u Španjolskoj primjenjuju tarife također i za isporuku jalove snage iz distribuiranih izvora. Tehnički aspekti sinkronizacije i zaštite trebaju ispuniti zahtjeve postavljene tehničkim standardima, a ovisni su o specifičnostima sustava zaštite.

U razmatranju distribuiranih izvora pri planiranju i pogonu elektroenergetskog sustava neophodno je uspostaviti i koristiti nove matematičke modele analize [5]. Zbog stohastičke ovisnosti izlazne snage distribuiranih izvora neophodno je uvesti dodatne elemente vezane uz različite neizvjesnosti. Slijedeći su aspekti neizvjesnosti od posebnog značenja obzirom na primjenu distribuiranih izvora:

- **Predviđanje opterećenja/proizvodnje.** Uvrštenje proizvodnih jedinica u raspored proizvodnje provodi se na temelju prethodno izvedenog predviđanja opterećenja koje u tradicionalnim sustavima sadrži neizvjesnost u rasponu od 3 %. Ova se neizvjesnost neutralizira provođenjem ekonomskog dispečinga u realnom vremenu. Povećanje udjela neupravljivih jedinica koje su obilježene stohastičkim ponašanjem povećava neizvjesnost u skupnim predviđanjima opterećenja i proizvodnje. Stoga je neophodno razviti nove modele za predviđanje proizvodnje i to u ovisnosti o tehnologiji distribuiranih izvora i pridruženoj razini slučajnosti. Prikupljanje i pohranjivanje podataka predstavljaju temeljni aspekt. U Danskoj su sve konvencionalne jedinice iznad 2 MW te gotovo sve veće vjetroelektrane opremljene uređajima za mjerenje u realnom vremenu. Za manje jedinice rješenje je predviđeno u obliku snimača (*eng. recorder*). Za slučaj primjene većeg broja mikro-proizvodnih jedinica, ovom je aspektu nužno posvetiti veliku pozornost. Potrebno je poduzeti istraživačke aktivnosti koje se odnose na utjecaj koji povećana neizvjesnost ima na uvrštenje proizvodnih jedinica u raspored proizvodnje te na ekonomski dispečing.
- **Prilagodba zahtjeva obzirom na snagu pričuve i instalirani kapacitet.** U današnje su doba zahtjevi obzirom na snagu pričuve (primarnu i sekundarnu) zasnovani na pretpostavkama koje su postavljene za

vertikalno integriranu strukturu tradicionalnih elektroenergetskih sustava. Struktura se odnosi na veliki broj klasičnih proizvodnih objekata i manji broj neupravljivih jedinica. Proizvodne jedinice s velikim stohastičkim vladanjem doprinose fluktuacijama proizvodnje. Kvarovi u mreži ponekad uzrokuju ispad većeg broja distribuiranih izvora (Danska). Zbog toga je neophodno provoditi analizu vjerojatnosti ispada određenog iznosa snage proizvodnje. Fluktuacije i ispadi proizvodnih jedinica utječu na neophodni iznos snage pričuve (primarne i sekundarne). Nadalje, ukupni iznos instaliranog kapaciteta potrebno je preispitati obzirom na pouzdanost budući da distribuirani izvori zamjenjuju samo jedan njegov dio. Navedene zahtjeve pričuve potrebno je prilagoditi ovisno o broju i vrsti distribuiranih izvora koji su instalirani u sustavu.

- **Planiranje prijenosne mreže (VN).** Distribuirani izvori mogu imati veliki utjecaj na planiranje visokonaponske prijenosne mreže. U nekim se situacijama mogu javiti kao potencijalno alternativna rješenja standardnom razvoju mreže. U angažmanu IPP jedinica moguće je izbjeći mrežna ograničenja ukoliko jedinice imaju garantirani postotak raspoloživosti (na primjer, 95 % tijekom zimske sezone u standardnim ugovorima za kogeneraciju u Francuskoj). Raspoloživost može biti vremenski ovisna i vezana uz trenutno stanje opterećenja, što je čini predmetom planiranja. Za preostala ograničenja, operator mreže poduzima rješenja u domeni generatora i okolne lokalne mreže (na primjer, za slučaj neraspoloživosti voda) koja predstavljaju alternativu izvedbi pojačanja u mreži. Za EDF je odnedavna uvedena obveza razmatranja takvih rješenja uslijed zahtjeva vezanih uz zaštitu okoliša. Za bilo koji problem razvoja potrebno je razmotriti različita rješenja koja su zasnovana ili na distribuiranim izvorima ili na pojačanjima u mreži. Uz distribuiranu proizvodnju, postotak neraspoloživosti kod distribuiranih jedinica znatno je veći nego kod vodova ($5 \cdot 10^{-2}$ prema $5 \cdot 10^{-4}$). Stoga (n-1) pravilo nije dovoljno, pa treba razmotriti i ostale situacije poput (n-2) ili čak i (n-3).
- **Planiranje distribucijske mreže (SN i NN).** Neizvjesnosti u razvoju instaliranog kapaciteta distribuiranih izvora te njihovim lokacijama utječu također i na planiranje distribucijske SN/NN mreže. U novim okolnostima, postojeće mreže je potrebno koristiti znatno učinkovitije i to uz uporabu novih modela u koje su uključeni distribuirani izvori. Potrebno je točnije proračunati njihov utjecaj na tokove snaga u distribucijskim mrežama. Obzirom na iskustva iz Nizozemske i Njemačke, uporabom novih modela moguće je odgoditi ili izbjeći investicije u mreži i na taj način povećati ukupnu ekonomičnost.

Posebna pravila koja su postavljena unutar sustava usluga različita su među različitim zemljama i ovisna o strukturi elektroenergetskog sustava i vrsti deregula-

cije. Usluge je potrebno pružiti korisnicima kako bi se zajamčio dostatan pogon ukupnog ees-a. Usluge pruža operator sustava koji ih dobiva iz proizvodnih objekata i mreže. Konceptijski se ideja zasniva na sudjelovanju svih generatora (uključujući i distribuirane izvore) u svim vrstama usluga. U protivnom bi generatori koji u tome ne sudjeluju usluge trebali kupiti. Prema drugom konceptu, kupci su obvezni kupiti usluge od bilo kojeg dobavljača (NERC pravila). U nastavku su predočena rješenja u sustavu usluga prema različitim zemljama. U onim zemljama gdje su proizvodnja i distribucija potpuno razdvojene (Velika Britanija i skandinavske zemlje) usluge osigurava prijenosna kompanija. Neke usluge mogu biti natjecateljski ustrojene (rotirajuća pričuvu) za što je neophodno uspostaviti tržišni mehanizam. Ostale usluge nisu u sustavu natjecanja (dispečiranje i raspoređivanje jedinica). Usluge se dijele prema slijedećim općim skupinama:

- **Dispečiranje.** Distribuirani izvori obično nisu uključeni u sustav upravljanja iz hijerarhijski najvišeg središta koji izvodi operator sustava. Iskustva iz Nizozemske i Danske pokazuju da pogon s velikim brojem distribuiranih izvora može dovesti do situacija u kojima velike središnje proizvodne jedinice ne mogu slijediti promjene opterećenja. Stoga je uspostavljena vremenski promjenjiva cijena električne energije isporučene iz distribuiranih izvora kako bi se promovirala veća proizvodnja tijekom perioda većeg opterećenja i motivirali distribuirani izvori da slijede krivulju opterećenja. Veće cijene električne energije javljaju se tijekom dnevnih perioda s visokom potrošnjom, a niže cijene tijekom noći.
- **Pričuva.** U svrhu zadovoljavajućeg ispunjavanja zahtjeva obzirom na primarnu pričuvu, statičnost regulatora brzine vrtnje/snage postavlja se između 2 % i 6 % na svim jedinicama koje su u pogonu. U dereguliranim sustavima definiraju se obveze generatora i/ili uspostavlja tržište pomoću kojeg se motivira generatore da doprinose primarnoj pričuvi. U Velikoj Britaniji su generatori plaćeni prema MW/Hz vrijednosti koja je proporcionalna njihovom instaliranom kapacitetu i godišnjem prosjeku (iznad 5 godina) vremena provedenog u pogonu. Plaća se iznos definiran temeljem umnoška ((MW/h) x ugovorena cijena) za sve generatore. Višak primarne pričuve prodaje se na odvojenom tržištu. Proizvođači iskazuju cijenu i veličinu raspoložive primarne pričuve koja nadvisuje obveznu vrijednost, a generatori koji nemaju odgovarajuću vrijednost obvezni su kupiti potrebnu pričuvu od drugih generatora. U takav je sustav moguće uključiti i distribuirane izvore na način sličan onome koji vrijedi za sve ostale generatore. Naravno, samo ukoliko su registrirani kod operatora sustava. U sustavima s prevladavajućom proizvodnjom iz hidroelektrana, sekundarna pričuvu je raspoloživa u dostatnom iznosu. Problemi se eventualno mogu javiti u sustavima s pretežnom proizvodnjom iz termoelektrana (slučaj Nizozemske). U

slučaju već uspostavljenog tržišta regulacijske snage, moguće su kratkoročne i dugoročne kupoprodaje kapaciteta za sekundarnu pričuvu. Distribuirani izvori mogu sudjelovati u aktivnostima na tom tržištu. U slučaju da u sustavu nema dovoljno raspoložive pričuve (u uvjetima privremenog ili trajnog nedostatka velikih generatora ili ograničene prijenosne moći), izdavanje obveznih naloga može postati neophodnom mjerom osiguravanja normalnog pogona.

- **Regulacija napona.** Kvaliteta napona usko je vezana uz snagu kratkog spoja. Zajamčena je pravilnim projektiranjem sustava te sigurnim dispečiranjem. U svrhu regulacije napona u visokonaponskom prijenosnom sustavu, operator sustava instruiira proizvođače kako bi proizveli jalovu snagu u iznosu dovoljnom za stabilan pogon mreže i minimalne gubitke. Distribuirani izvori općenito ne sudjeluju u regulaciji napona. Međutim, u slučaju da su generatori koji su pod nadzorom operatora sustava obvezni sudjelovati u regulaciji napona bez nadoknade, potrebno je uvesti ekvivalentnu naknadu za distribuirane izvore.
- **Pogon sustava.** Pogon sustava, uklapanje vodova, raspored proizvodnje, planirano održavanje vodova i postrojenja, očitavanje brojila i naplatu izvodi operator sustava. Također, sve tehničke ili organizacijske mjere koje se poduzimaju u svrhu lociranja ispada te prevencije ispada i raspada u nadležnosti su operatora sustava. Generatori trebaju sudjelovati u mjerama ponovnog uspostavljanja stanja nakon eventualnog raspada (sposobnost 'crnog' pokretanja). U tim aktivnostima trebaju sudjelovati i distribuirani izvori.

Razvoj odgovarajućih cijena za sustav usluga u mnogim je zemljama još uvijek u nastajanju. Neke od usluga mogu se naći u uvjetima tržišnog natjecateljstva (rotirajuća pričuvu) uz potrebu uspostavljanja tržišnog mehanizma. U tom slučaju distribuirani izvori kao i svi ostali mogu sudjelovati u tržišnom nadmetanju. U slučaju postojanja obveznih odnosa bez odgovarajućeg načina plaćanja, potrebno je uspostaviti ekvivalentnu naknadu za distribuirane izvore kako bi se izbjegla diskriminacija.

Distribuirani izvori se u elektroprivredama doživljavaju kao novo područje aktivnosti. Na primjeru CHP-a već je nekoliko zemalja dokazalo uspješnost u zadovoljavanju potreba onih potrošača kojima se istodobno isporučuje električna energija i toplina. Središnja poslovna orijentacija takvih potrošača uglavnom je različita od dobave energije. Stoga oni u distribuirane izvore investiraju samo ukoliko procijene da postoje uvjeti za ostvarenje značajne ekonomske koristi od takve aktivnosti. Na taj se način otvara niz mogućnosti za zajedničkom suradnjom. Iskustva iz svijeta ukazuju na brzi porast distribuirane proizvodnje koja je promovirana bilo političkim utjecajima (poput subvencije) ili temeljem povećanog natjecateljstva unutar otvorenog tržišta.

Među raspoloživim tehnologijama istaknuto mjesto pripada vjetroelektranama. Uz njih se još razmatraju i kogeneracijske jedinice, male hidro jedinice, fotona-ponski sustavi, gorive stanice te mikro-izvori (diesel ili plinski motori, mikro turbine). Plinske turbine zauzimaju sve veći udjel na industrijskom tržištu (iznad 50 MW) te kod IPP proizvođača. Razlog je svakako u njihovim modularnim svojstvima koja značajno skraćuju vrijeme instalacije te time i vrijeme povrata investicije. Zbog velike potražnje, njihova cijena po kW značajno je smanjena. Štoviše, niske cijene plina, subvencije te otvaranje tržišta u gotovo svim zemljama promoviraju instaliranje turbina na lokacijama potrošača. Nedavni razvoj u području mikro-proizvodnje ukazuje na mogućnost da vrlo male turbine s električnom snagom manjom od 50 kW mogu biti korištene za proizvodnju električne energije na lokacijama privatnih potrošača.

Vrsta tržišta, monopolistička ili otvorena struktura, te štoviše razine cijena snage i energije utječu na udjel distribuiranih izvora i brzinu promjene tog udjela. U Njemačkoj je zakonskim rješenjem zajamčena visoka cijena obnovljivim izvorima što je uzrokovalo brzi porast izgradnje vjetroelektrana od približno 0 MW u 1990. godini do više od 2000 MW krajem 1997. godine. Sličan razvoj javlja se u mnogim zemljama. Otvaranje i mijenjanje strukture tržišta vodi prema brzim promjenama strukture proizvodnje. U nekoliko je zemalja uočena tendencija prema zamjeni konvencionalne proizvodnje ukoliko postoji značajan poticaj natjecateljstva ili razlike u cijeni. S druge strane, u zemljama s niskim cijenama energije poput Norveške s velikim hidro kapacitetom, očekivani porast distribuirane proizvodnje vrlo je nizak.

Izgradnja distribuiranih izvora u većem broju zasigurno utječe na gotovo sve dijelove sustava opskrbe električnom energijom. Osnovne karakteristike obilježava neizvjesnost pridružena njihovoj izlaznoj snazi te ponekad čak i nedostatno poznavanje njihovog instaliranog kapaciteta. Stoga se gotovo uvijek javlja zahtjev za izgradnjom snažnih i prilagodljivih mreža u blizini distribuiranih izvora. Ponekad se zahtjevi postavljaju sve do visokonaponske razine ukoliko je povećana potreba za trgovanjem snagom i pričuvom u sustavu. Zamjena električne energije isporučene iz velikih konvencionalnih proizvodnih objekata s energijom iz distribuiranih izvora utječe na pogon mreže, zahtjeve za pričuvom, regulaciju frekvencije, vozni red... U distribucijskim mrežama, izgradnja distribuiranih izvora može povećati potrebu za mrežnom moći i stvoriti dodatne troškove pri planiranju. Ukoliko su uključeni u sustav središnjeg upravljanja, distribuirani izvori mogu imati pozitivan utjecaj na sustav u obliku povećanja pouzdanosti.

Razvoj skupa pravila za priključenje distribuiranih izvora na mrežu pomaže u razmatranju tehničkih aspekata u okolnoj mreži. Dva su osnovna pristupa. Prema prvom se pristupu za svaki pojedinačni slučaj traži suglasnost sa zahtjevima potrošača bilo na temelju

analize tehničkih ograničenja ili postavljenog skupa više ili manje pojednostavljenih pravila priključenja na temelju kojih se ocjenjuje mogućnost priključka. Nedostatak ovog pristupa nalazi se u podcijenjenoj mrežnoj moći u nekim slučajevima, a prednost u obliku značajnog smanjenja troškova planiranja. Prema drugom se pristupu razvijaju modeli u svrhu razmatranja distribuiranih izvora u fazama planiranja i pogona. Potreba za novim razvojem prepoznata je u zajedničkom predviđanju opterećenja potrošača i proizvodnje iz distribuiranih izvora, planiranju snage pričuve, planiranju VN mreže te planiranju i pogonu SN/NN mreže. Osim uključivanja u različite faze planiranja, poželjno je uspostaviti natjecateljske uvjete između klasičnih proizvodnih jedinica i distribuiranih izvora na nediskriminirajućoj osnovi. Na taj se način upućuju distribuirani izvori na pružanje usluga u sustavu poput svih ostalih generatora. Nasuprot tome nalazi se samo uspostavljanje ekvivalentnih naknada. Posljednju strategiju predstavlja suradnja s operatorima distribuiranih izvora nuđenjem usluga u okviru planiranja i raspodjele. Time se operatorima sustava olakšava preglednost nad instaliranim kapacitetom distribuiranih izvora. Iako se opisane zadaće možda doimaju kao prepreke kojima se nastoji smanjiti penetraciju, osnovni im je cilj integracija distribuiranih izvora u elektroenergetski sustav na najbolji mogući način i to bez diskriminiranja bilo kojeg od igrača na tržištu.

Mnoga su pitanja još uvijek otvorena. Pravila priključenja na mrežu u mnogim su sustavima još uvijek u fazi razvoja. Modeli za planiranje i pogon koji uključuju distribuirane izvore djelomično postoje, ali ih je daljnjim razvojem potrebno poboljšati i proširiti. Na poslijetku, u mnogim je sustavima strukturu tržišta potrebno prilagoditi rastućem broju distribuiranih izvora. Posebice je to potrebno obzirom na odgovarajuće sudjelovanje u pružanju usluga koje se zahtijevaju od svih generatora u cjelini.

5. OPĆI PROBLEMI U PROIZVODNJI ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ VJETROELEKTRANA

U svrhu balansiranja polariziranih stavova o izgradnji vjetroelektrana potrebno je razmotriti ekonomske i tehničke aspekte koji su povezani s uvjetima njihovog priključenja na mrežu. Ekonomski se aspekti razmatraju tek odnedavna i čini se da će postati očitima samo u dereguliranim sustavima gdje postoji jasna razlika između proizvodnje kWh i pružanja mrežnih usluga. S promjenom tokova djelatne i jalove snage nakon priključenja vjetroelektrane dolazi do izmjene naravi distribucijske mreže. Mreža poprima aktivnu narav uslijed čega se javljaju značajni tehnički aspekti koje je potrebno razmotriti na odgovarajući način. U većini se zemalja pozornost usmjerava prema stvaranju propisa i pravila pomoću kojih se osigurava kvaliteta napajanja potrošača. Povećano uvođenje obnovljivih izvora elek-

trične energije poput vjetroelektrana stvara komponentu neupravljivosti u ees-u. Na temelju vremenske prognoze moguće je predvidjeti srednju brzinu vjetra u kratkoročnom periodu, ali ne i dinamičke promjene, manje ili veće, koje se događaju oko srednje brzine. Dinamičke promjene brzine vjetra uzrokuju promjenjivost iznosa injektirane snage u mrežu. Time se nadalje uzrokuju poteškoće u regulaciji napona i frekvencije, odnosno u kvaliteti isporučene električne energije.

Tehnički aspekti priključenja vjetroelektrana vezani su uz slijedeće probleme [4, 6, 7, 8]:

- **Regulacija napona i kompenzacija jalove snage.** U svakom distribucijskom sustavu jasno je iskazana obveza napajanja potrošača uz održavanje napona u određenim granicama. Ovaj zahtjev često određuje troškove koji su pridruženi projektiranju i izvedbi distribucijske mreže. Priključenje vjetroelektrane uzrokuje promjenu tokova snaga i naponskog profila u ovisnosti o stanju opterećenja u mreži. Osim distribucijskog transformatora s regulacijom pod opterećenjem, često je potrebno primijeniti i sredstva za kompenzaciju jalove snage kako bi se regulirao napon u čvorištima distribucijske mreže.
- **Regulacija frekvencije i upravljanje snagom.** Problem s frekvencijom javlja se u otočnom režimu rada distribucijske mreže na koji je priključena vjetroelektrana. Ukoliko u mreži nema drugih lokalnih proizvodnih jedinica reguliranog tipa, frekvenciju nije moguće održati obzirom da vjetroelektrana u najčešćoj izvedbi sa stalnom brzinom vrtnje i konstantnom frekvencijom nije u reguliranom pogonu. Do otočnog pogona distribucijske mreže može doći ispadom transformatora koji je lociran u pojnoj točki prema visokonaponskoj mreži.
- **Stabilnost napona i kuta.** Ukoliko se na generatore distribuirane proizvodnje gleda samo kao na proizvođače kWh, razmatranje stabilnosti ne poprima veće značenje. Naime, u slučaju kvara u mreži i ispada distribuiranih generatora, izgubljen je jedino kratki period lokalne proizvodnje koja će nakon toga biti ubrzo ponovno uspostavljena. Nasuprot tome, ukoliko su distribuirani generatori značajni u podršci pogona cijelog elektroenergetskog sustava, prijelazne pojave u problemu stabilnosti poprimaju veliko značenje. U nestabilnom stanju, asinkroni generatori u vjetroelektranama ubrzavaju se i povlače vrlo veliku jalovu snagu iz mreže čime se naponi u mreži nadalje snižavaju.
- **Kvaliteta isporučene električne energije.** Kvaliteta napajanja procjenjuje se obzirom na prijelazne promjene napona te harmoničku izobličenosť mrežnog napona. Ovisno o karakteristikama mreže i vjetroelektrane nakon priključenja može doći do narušavanja kvalitete napona kod ostalih korisnika (potrošački tereti) u distribucijskoj mreži. Promjenjivost brzine vjetra uvelike se preslikava na snagu

koju vjetroelektrana injektira u mrežu. Brzina i intenzitet tih promjena uvelike utječu na kvalitetu.

- **Zaštita.** Zaštita pasivne distribucijske mreže udešena je obzirom na smjer struje koja dolazi samo iz jednog izvora. Kvar se neutralizira proradom samo jednog zaštitnog uređaja (serijski nadstrujni uređaji). Ukoliko su na distribucijsku mrežu priključene vjetroelektrane, moguće je stvaranje uvjeta pri kojima ne dolazi do prorade zaštitnih uređaja udešenih obzirom na samo jedan smjer napajanja mjesta kvara. Shema automatskog ponovnog uključenja voda pogođenog kvarom od velikog je značenja za neprekidnost opskrbe potrošača električnom energijom. Međutim, ukoliko se takva shema primjenjuje na vodu koji je u bliskom spoju s vjetroelektranom, moguća je pojava znatnih oštećenja zbog loše sinkronizacije.
- **Pouzdanost i raspoloživost.** Pouzdanost povrata investicije predstavlja osnovni motiv investiranja u distribuiranu proizvodnju električne energije. Distribuirani generatori imaju znatno veći utjecaj na pouzdanost opskrbe krajnjeg potrošača nego na pouzdanost elektroprivrede. Međutim, ponekad i elektroprivreda ima koristi od distribuirane proizvodnje. Osobito ukoliko zbog njezine primjene dolazi do odgode investicija u mreži te do ublažavanja vrlo visokih cijena električne energije.

Navedeni općeniti problemi odnose se na tehničke prepreke koje je potrebno premostiti kako bi se povećali izgledi za izgradnju vjetroelektrana. Neke od tehničkih prepreka koje se mogu lokalno javiti unutar navedenih općih problema su: neodgovarajuće termičko dimenzioniranje opreme, previsoka razina struja kratkog spoja, nestabilnost generatora, neodgovarajuće postavke transformatora s promjenjivim prijenosnim omjerom, interakcija s regulacijom napona zasnovanom na kompenzaciji pada napona uzduž voda, izloženost potrošača povećanom iznosu napona u stacionarnom stanju, povećanje gubitaka, narušavanje kvalitete isporučene električne energije, narušavanje reda u sustavu zaštita...

S obzirom na razdjelnu ulogu distribucijskih mreža, značajno je provjeriti tehničke uvjete napajanja ostalih potrošača nakon priključenja predmetnih vjetroelektrana. U većini slučajeva distribucijska mreža nije projektirana za smještaj generatora. Štoviše, distribucijska mreža je mogla biti u pogonu i napajati potrošače tijekom većeg broja godina prije samog priključenja. Ukoliko veličina izgradnje vjetroelektrane predstavlja značajan dio mrežne moći, njezino priključenje ima značajan utjecaj na karakteristike mreže. Mreža može ozbiljno ograničiti evakuaciju snage iz vjetroelektrane. Vjetroelektranu je stoga potrebno analizirati kao komponentu sustava. Neophodno je provesti studijsku analizu kako bi se procijenila potreba za eventualnim izvođenjem pojačanja u mreži nakon priključenja vjetroelektrane. U nekim slučajevima studijske analize mogu ukazati i na to da, obzirom na ukupne troškove,

ograničenje pogona vjetroelektrane predstavlja bolje rješenje u usporedbi s izvođenjem pojačanja u mreži.

Projektiranje distribucijskih mreža slijedi dvije temeljne ideje: isporuka električne energije potrošačima uz prihvatljivu kvalitetu napajanja u normalnim uvjetima pogona te zaštita integriteta sustava u slučaju da je dio mreže u stanju kvara. Studijska analiza oslanja se na proračun tokova snaga, proračun kratkog spoja i proračun stabilnosti. Navedeni proračuni izvode se korištenjem stvarnih parametara ugrađene opreme u vjetroelektranama, te relevantnih elemenata distribucijskih mreža.

Dijelovi električnih naprava koje potrošači priključuju na mrežu (posebice elektronički uređaji) namijenjeni su pogonu unutar relativno uskih granica napona oko nazivne vrijednosti. Stoga napon u svim čvorištima distribucijske mreže treba održavati unutar dozvoljenog raspona u svim očekivanim stanjima opterećenja. Proračun tokova snaga koristi se u svrhu provjere normalnih pogonskih stanja elektroenergetske mreže. Uz zadane snage proizvodnje i opterećenja u sustavu, proračun tokova snaga rezultira s naponima u svim čvorištima sustava. Uz poznate napone po iznosu i kutu, računaju se tokovi snaga kroz sve elemente mreže. Proračun tokova snaga zapravo se koristi u svrhu određivanja stanja u mreži pri različitim iznosima snage opterećenja te različitim angažmanima proizvodnih jedinica. Prikupljanje parametara mreže često je vremenski vrlo zahtjevna zadaća. Impedancije vodova i kabela potrebno je preračunati u matematički iskoristiv oblik na osnovi podataka proizvođača.

Brojni faktori mogu utjecati na pojavu oštećenja u distribucijskoj mreži. Vodiči u distribucijskoj mreži odvojeni su od zemlje te međusobno razmaknuti korištenjem različitih izolacijskih materijala (zrak, papir ili polimer). Ponekad može doći do nepredvidivih puknuća unutar izolacije i stvaranja kratkog spoja između vodiča ili između vodiča i zemlje. Ova se nenormalna putanja vođenja struje naziva kvarom. Kvarovi u obliku kratkih spojeva ne ugrožavaju samo sigurnost pogonskog osoblja već mogu značajno oštetiti opremu ukoliko se pojave visoki iznosi struje na mjestu kratkog spoja. Također, moguće je da struja poprimi iznos veći od iznosa nazivnog dimenzioniranja prekidača koji je upravo namijenjen njezinom prekidanju. Proračun kratkog spoja koristi se u svrhu prepoznavanja iznosa struje kvara pri različitim konfiguracijama mreže i mjestima kvara. Rezultati se ne koriste samo u svrhu provjere razine struje kvara te dostatne dimenzioniranosti komponenti mreže kroz koje struja prolazi. Potrebno je štoviše potvrditi da je struja kvara dovoljno velikog iznosa kako bi sustav zaštite uopće mogao prepoznati da se radi o stanju kvara. Projektirati sustav zaštite na način da je moguće prepoznati i izdvojiti stanja sustava s velikim strujama opterećenja u normalnom pogonu te stanja sustava s malim strujama u uvjetima kvara u mreži vrlo je teška zadaća. Obzirom da pogreške pri otkrivanju kvara čine neprihvatljiv si-

gurnosni rizik, distribucijski sustav potrebno je projektirati tako da je struja kvara dovoljno velikog iznosa te da može biti prepoznata u svim uvjetima pogona. Potrebno je učiniti razliku između simetričnih i nesimetričnih kratkih spojeva. Simetrični kratki spojevi obuhvaćaju sve tri faze na sličan način tako da u njima ne dolazi do izmjene simetrije između napona i struja. U proračunu tih kvarova dovoljno je koristiti jednofazni model mreže. Nesimetrični kratki spojevi uzrokuju nesimetričnost u mreži i zahtijevaju znatno složeniju analizu.

Tokovi snaga i struje kvarova proračunavaju se uz pretpostavku da se sustav prethodno nalazio u točki ravnoteže stacionarnog stanja. U točki ravnoteže, napon po iznosu i kutu u svim je čvorištima takav da snaga teče od čvorišta s viškom proizvodnje nad potrošnjom do čvorišta s potrošnjom većom od proizvodnje. U svakom čvorištu postoji ravnoteža između snage proizvodnje, snage potrošnje i snage prijenosa prema drugim čvorištima. Ravnoteža se primjenjuje i na proizvodne jedinice. Mehanička snaga pogonskog stroja jednaka je električnoj snazi koju proizvodi generator uz zanezarene gubitke. U mehaničkom pogledu, moment ubrzanja na osnovi pogonskog stroja jednak je momentu usporenja uzrokovanog proizvodnjom električne snage iz generatora. Obzirom da je ukupni moment jednak nuli, osočina se vrti konstantnom brzinom. Kutna pozicija rotora mjeri se u odnosu na referentni sustav koji rotira sinkronom brzinom i naziva kutem rotora. U točki ravnoteže, kut rotora čini mjeru iznosa snaga koju generator injektira u mrežu. Kvarovi uzrokuju promjenu ravnotežnog stanja zbog čega pretpostavka o stacionarnom stanju sustava više nije upotrebljiva. Elektroenergetski sustav je tada potrebno tretirati kao dinamički sustav. Proračun stabilnosti dinamičkog sustava oslanja se na diferencijalne jednadžbe, a ne samo na algebarske kao u stacionarnom stanju. Diferencijalne se jednadžbe koriste u svrhu provjere sinkronosti pogona rotirajućih strojeva nakon poremećaja. Ukoliko je sinkronizam održan, sustav se smatra stabilnim. U protivnom, sustav je nestabilan. Svrha proračuna stabilnosti nalazi se u procjeni sposobnosti sustava da izdrži najteže poremećaje. Koristi se i pri određivanju ograničenja pogona ees-a.

Ako je potrebno analizirati brze prijelazne pojave te vladanje naprava zasnovanih na energetskej elektronici, prethodne tri vrste proračuna mogu se pokazati neodgovarajućima. Naime, ti su proračuni zasnovani na pretpostavci da su valni oblici napona i struje sinusoidalni zbog čega se ukupni sustav modelira korištenjem fazora u domeni elektromehaničkih prijelaznih pojava. U slučaju da ta pretpostavka više nije prihvatljiva, sustav je potrebno analizirati unutar znatno kraće vremenske skale korištenjem elektromagnetskih prijelaznih modela. U tim modelima nema pretpostavke o sinusoidalnosti valnih oblika. Valni oblici proračunavaju se korak-po-korak korištenjem detaljnog sustava diferencijalnih jednadžbi koji obuhvaća sve kompo-

nente sustava. Ovakvim se pristupom vladanje sustava obuhvaća na vrlo precizan i detaljan način.

Navedene vrste proračuna koriste se za procjenu ozbiljnosti tehničkih problema koji se mogu javiti nakon priključenja vjetroelektrane na mrežu. U nastavu su opisani problemi promjenjivosti napona u mreži, povećanja razine struja kratkog spoja, kvalitete isporučene električne energije, zaštite, stabilnosti, pogona mreže i ekonomičnosti.

Promjenjivost napona u mreži. U svakom distribucijskom sustavu jasno je iskazana obveza napajanja potrošača uz održavanje napona unutar dozvoljenih granica. Ovaj zahtjev često određuje troškove i način projektiranja distribucijske mreže. Tijekom dugog niza godina razvijana je metodologija maksimalnog iskorištenja elemenata distribucijske mreže kako bi potrošači bili napajani uz zadovoljavajući napon. Razine distribucijskog napona različito su definirane u različitim zemljama, ali se u osnovi vode principom pogona radijalnog napajanja. Prijenosni omjer distribucijskog transformatora promjenjiv je u skladu s postavljenim kriterijem regulacije napona. Na taj se način u stanju maksimalnog opterećenja osigurava napajanje i najudaljenijih potrošača uz prihvatljiv napon. U stanju minimalnog opterećenja, napon kod svih potrošača nalazi se naposredno ispod najviše dozvoljene vrijednosti. Ukoliko se na kraj radijalnog kraka priključi generator dolazi do promjene tokova snaga i naponskog profila. Najteža situacija uglavnom se javlja kada je snaga opterećenja najmanja, a izlazna snaga lokalnog generatora teče unatrag prema pojnoj točki distribucijskog sustava. Aproksimativni izraz za povišenje iznosa napona u slabo opterećenoj mreži zbog priključenja generatora glasi (u per unit vrijednostima)

$$\Delta V = (PR + XQ) / V, \quad (1)$$

pri čemu P i Q označavaju izlaznu djelatnu i jalovu snagu generatora, R i X djelatni otpor i induktivnu reaktanciju spojnog elementa te V nazivni napon voda. U nekim slučajevima povišenje napona moguće je ograničiti reverziranjem toka jalove snage (Q) bilo korištenjem asinkronog generatora ili poduzbuđenog sinkronog generatora u kapacitivnom pogonu. Asinkroni generator najčešći je izbor u vjetroelektranama. Njegovo korištenje može biti učinkovit način ograničavanja povišenja napona u sredjenaponskim mrežama koje uglavnom imaju viši X/R omjer. Kod kabela u niskonaponskoj distribucijskoj mreži dominira utjecaj djelatne snage (P) i djelatnog otpora (R) tako da se općenito uzevši samo vrlo mali generatori priključuju na niskonaponsku mrežu. Točka priključenja većih generatora treba biti bilo na NN sabirnicama SN/NN transformatora ili za veće elektrane izravno u SN ili VN mreži. U nekim se zemljama koriste vrlo jednostavna pravila predviđanja maksimalne veličine izgradnje generatora koji mogu biti priključeni na različitim mjestima u distribucijskom sustavu. Alternativni pristup određivanju mogućnosti

priključenja generatora koristi snagu kratkog spoja. Zahtijeva se da razina trofaznog kratkog spoja (razina kvara) u točki priključenja generatora poprimi minimalni iznos množitelja nazivne dimenzioniranosti generatora. Za vjetroelektrane množitelji mogu iznositi i do 20–25, ali i nadalje predstavljaju vrlo pojednostavljeno pravilo. Velike vjetroelektrane uspješno su u pogonu distribucijske mreže i uz niže omjere (6) razine kvara i nazivne dimenzioniranosti i to bez bilo kakvih poteškoća. Ukoliko se studijske analize poduzimaju u cilju istraživanja utjecaja lokalnog generatora na napon u distribucijskoj mreži, tada se u osnovi razmatra bilo napon u čvorištu krajnjeg potrošača ili napon na nekoj srednjoj sekciji distribucijske mreže. Razmatranje utjecaja generatora na napon srednje sekcije distribucijske mreže relativno je jednostavnije provesti, ali pruža nešto restriktivnije rezultate. U nekim se distribucijskim sustavima koriste transformatori s regulacijom prijenosnog omjera pod opterećenjem.

Prijenosni omjer se mijenja u svrhu održavanja napona unutar predviđenih granica. Često se povratna veza formira u kompaundiranom obliku napona i struje opterećenja izlaznog voda. Kompenzacija pada napona na izlaznom vodu jedna je od tehnika kompaundacije koja je zasnovana na pretpostavljenom faktoru snage tereta. Stoga priključenje lokalnog generatora i posljedična promjena faktora snage može dovesti do nekorektnog pogona ukoliko je generator znatno veći u usporedbi s teretom potrošača.

Povećanje razine kvara u mreži. U vjetroelektranama se za proizvodnju električne energije koriste rotirajući strojevi koji doprinose razini kvara u mreži. Asinkroni i sinkroni generatori povećavaju razinu kvara u distribucijskom sustavu iako je tijekom kvara njihovo vladanje međusobno različito. U urbanim područjima gdje se postojeća razina kvara približava nazivnoj dimenzioniranosti rasklopne opreme, povećanje razine kvara može ugroziti priključenje novih generatora. Povećanje nazivne dimenzioniranosti rasklopne opreme može se pokazati vrlo skupim rješenjem, a ponegdje kao u Velikoj Britaniji očekuje se da novi proizvodni objekti snose nove troškove. Doprinos novog generatora razini kvara smanjuje se uvođenjem impedancije između generatora i mreže. Impedanciju čini transformator ili prigušnica, ali se njihovim instaliranjem stvara trošak zbog povećanih gubitaka. Također, povećavaju se i promjene napona generatora. Koriste se osigurači za ograničavanje doprinosa generatora razini kvara.

Kvaliteta napajanja. Dva aspekta kvalitete napajanja smatraju se značajnima pri isporuci električne energije: prijelazne promjene napona i harmonička izobličienost mrežnog napona. U ovisnosti o određenim okolnostima, vjetroelektrana može smanjiti kvalitetu napona kod ostalih korisnika distribucijske mreže. Vjetroelektrana uzrokuje prijelazne promjene napona u mreži tijekom normalnog pogona te ukoliko dođe do pojave relativno velikih promjena iznosa struje

prilikom uklapanja i isklapanja. Iznos struje u prijelaznim stanjima ograničava se pažljivim projektiranjem vjetroelektrane. Ukoliko se na slabu mrežu priključuje samo jedan generator, umjesto povišenja napona u stacionarnom stanju ograničavajućim faktorom postaju prijelazne promjene napona. Sinkroni generatori mogu se uključiti u pogon uz zanemarivo remećenje okolne mreže ako se sinkronizacija izvodi korektno. Tiristorski upuštavači u antiparalelnom spoju za meki start proizvodnih jedinica koriste se za ograničavanje početne struje magnetiziranja asinkronih generatora na vrijednosti koje su manje čak i od nazivne struje. Međutim, isključenje nazivno opterećenog generatora iz pogona može dovesti do značajnih propada napona. Kod vjetroelektrana u izvedbi sa stalnom brzinom vrtnje javljaju se cikličke promjene izlazne struje generatora koje stvaraju flikere ako generatori nisu odgovarajuće regulirani. Nasuprot tome, uvođenjem lokalne proizvodnje nekog drugog oblika podiže se razina kvara u mreži. Nakon što su generatori priključeni na mrežu poremećaji koje stvaraju potrošači ili udaljeni kvarovi stvaraju manje promjene napona i na taj način poboljšavaju kvalitetu napajanja. Jedan od konvencionalnih pristupa poboljšanju kvalitete napajanja osjetljivih industrijskih potrošača visoke vrijednosti upravo se sastoji u instaliranju lokalne proizvodnje. Nekvalitetnim projektiranjem elektroničkog sučelja vjetroelektrane prema mreži dolazi do injektiranja harmoničkih struja koje mogu uzrokovati neprihvatljivu izobličenost napona u mreži. Izravno priključeni generatori mogu sniziti harmoničku impedanciju distribucijske mreže te time smanjiti harmonički napon na račun povećanja harmoničke struje u elektrani. Na taj se način smanjuje mogućnost nastanka problema vezanih uz harmoničku rezonanciju. To je posebice značajno ako se poprečne kondenzatorske baterije koriste za popravljavanje faktora snage i kompenzaciju jalove snage asinkronog generatora u vjetroelektrani. Sličan utjecaj javlja se pri simetriranju napona u ruralnim srednjenaponskim sustavima koje se izvodi korištenjem asinkronog generatora. Ti su naponi često nesimetrični uslijed priključenja jednofaznih tereta. Asinkroni generator ima vrlo nisku impedanciju obzirom na nesimetrične napone i nastoji povući iz mreže velike nesimetrične struje. Time se simetiraju naponi u mreži na račun povećanih struja u generatoru uz posljedicu povećanog zagrijavanja.

Zaštita. Postoji više aspekata zaštite generatora priključenog na distribucijsku mrežu:

- Zaštita opreme od unutarnjih kvarova.
- Zaštita distribucijske mreže koja je u kvaru od struje kvara koja dolazi iz generatora.
- Zaštita od gubitka pojne točke, odnosno od otočnog pogona.
- Utjecaj generatora na postojeću zaštitu u distribucijskom sustavu.

Zaštita generatora od unutarnjih kvarova dobro je poznata. Struja kvara koja teče iz distribucijske mreže koristi se za otkrivanje kvara. Metodologija koja se koristi u zaštiti bilo kojeg velikog motora prihvatljiva je i u ovom slučaju. U ruralnim područjima, opći problem predstavlja osiguranje dovoljnog iznosa struje kvara iz mreže koji je potreban za brzu proradu releja ili osigurača. Zaštita distribucijske mreže koja je u stanju kvara od struje kvara koja dolazi iz generatora često predstavlja znatno težu zadaću. Asinkroni generatori ne mogu napajati mjesto trofaznog kratkog spoja održivom strujom kvara. Njihov održivi doprinos nesimetričnim kvarovima je ograničen. Mali sinkroni generatori zahtijevaju sofisticirane uzbudne sustave s mogućnošću forsiranja stropnim naponom tijekom kvara ukoliko se od njih očekuje napajanje mjesta kvara održivom strujom kvara koja je znatno veća od struje pri punom opterećenju. Stoga je ponekad neophodno osloniti se na distribucijsku zaštitu pri otklanjanju kvara na elementima distribucijske mreže i izolirati elektranu. U elektrani tada dolazi do prorade nadnaponske ili podnaponske zaštite, nadfrekvencijske ili podfrekvencijske zaštite ili zaštite od gubitka pojne točke/otočnog pogona. Ova tehnika sekvencijalne prorade nije uobičajena, ali je neophodna ako generatori nisu u mogućnosti osigurati odgovarajuću struju kvara za primjenu neke od konvencionalnih zaštita. Zaštita od gubitka pojne točke ili otočnog pogona često se primjenjuje u sustavima gdje se koristi automatsko ponovno uključivanje elemenata distribucijske mreže. Zbog niza tehničkih i administrativnih razloga, otočni pogon vjetroelektrane u dijelu distribucijskog sustava odvojenog od glavnog sustava općenito se smatra neprihvatljivim. Zato se po otkrivanju uvjeta otočnog pogona generatora i okolne mreže inicira isključenje generatora. Prorada tog releja treba se dogoditi unutar mrtvog vremena APU-a distribucijskog elementa ukoliko se želi izbjeći protufazno ponovno uključivanje. Iako se koristi veći broj suvremenih tehnika poput ROCOF frekvencijskih releja (*eng. rate of change of frequency*) i pomaka vektora napona, ova je zaštita podložna krivoj proradi. Do krive prorade posebice dolazi ukoliko su postavne vrijednosti udešene vrlo osjetljivo kako bi se što ranije otkrili uvjeti otočnog pogona. Uzemljenje zvjezdišta generatora predstavlja aspekt koji je povezan s pogonom distribucijskog sustava. U nekim se zemljama smatra neprihvatljivim voditi pogon neuzemljenog sustava. Stoga je potrebna posebna pozornost u slučajevima kada je zvjezdište postignuto i uzemljeno. Konačno, generator može utjecati na pogon postojeće distribucijske mreže uzrokujući tokove struje kvara koji nisu očekivani u vrijeme izvornog projektiranja zaštite. Doprinos generatora u periodu kvara može podržati napon u mreži i dovesti do izostanka prorade releja.

Stabilnost. Ukoliko se od obnovljivih izvora očekuje samo proizvodnja kWh tada razmatranja stabilnosti generatora nisu od velikog značenja. Ukoliko se kvar

pojavi negdje u distribucijskoj mreži i uzrokuje propad napona zbog kojeg dođe do isključenja generatora, tada sve što je izgubljeno jest samo kratki period proizvodnje. Generator se ubrzava i biva isključen prarodom unutarnje zaštite. Sustav nadzora pogona generatora nakon toga čeka ponovno uspostavljanje normalnih uvjeta u mreži i automatski ponovno pokreće generator. Ako je tromost generatora niska, a vrijeme prorade zaštite u distribucijskoj mreži veliko, osiguranje stabilnog pogona postaje otežano za sve kvarove u mreži. Nasuprot tome, ako je generator značajan u pružanju podrške sustavu tada stabilnost poprima povećano značenje. Stabilnost napona i kuta može biti značajan problem u okviru određenih okolnosti. Osobiti problem u nekim zemljama predstavlja prorada ROCOF releja koji su vrlo osjetljivo udešeni za otkrivanje uvjeta otočnog pogona. U slučaju velikih poremećaja u sustavu (gubitak velikog središnjeg generatora) moguća je njihova kriva prorada i isključenje većeg broja lokalnih generatora. Time se naravno frekvencija u sustavu dodatno snižava. Ponovno uspostavljanje stanja nakon ispada u sekciji distribucijske mreže s većim brojem generatora također zahtijeva dodatnu pozornost. Naime, nakon ponovnog uključenja elementa mreže, moguć je nastanak situacije u kojoj tereti zahtijevaju napajanje prije nego što su generatori ponovno uključeni. S tim se problemom najviše suočavaju operatori sustava proizvodnje i prijenosa, a u sustavu distribucije do sada nije bio uobičajen. Tijekom prijelazne nestabilnosti dolazi do klizanja polova kod sinkronih generatora. Kod asinkronih generatora dolazi do ubrzavanja uz povlačenje velikog iznosa jalove struje čime se nadalje snižava napon u mreži i kreće prema nestabilnosti napona. Granica stabilnosti asinkronog generatora u stacionarnom stanju također može postati ograničavajući faktor njegove primjene u vrlo slabim distribucijskim mrežama. Naime, vrlo velika impedancija izvora ili niska razina kvara u mreži može smanjiti vršni moment asinkronog generatora na tako nisku vrijednost da nije moguće ostvariti nazivni pogon.

Pogon mreže. Značajna posljedica pogona generatora unutar distribucijske mreže jest da su elementi mreže sada napajani iz većeg broja točaka. Javlja se potreba za sigurnosnim izoliranjem i uzemljivanjem prije poduzimanja bilo kakvih djelatnosti na opremi. Također, moguća je pojava poteškoća prilikom pribavljanja odobrenja za isključenje elemenata mreže u svrhu redovitog održavanja. Time se smanjuje prilagodljivost pri izvođenju radova u distribucijskoj mreži na koju je priključen generator.

Ekonomičnost. Aspekti tehničkog utjecaja lokalnih generatora na distribucijski sustav dobro su poznati, a proračuni i tehnike projektiranja kvalitetno postavljeni. Jedini novi aspekt koji se pri tome javlja vezan je uz ukupni stupanj penetracije te priključenje velikih vjetroelektrana na vrlo slabu mrežu. Nasuprot,

ekonomski utjecaj generatora na distribucijsku mrežu tek se otnedavna ozbiljnije razmatra. Generator stvara promjenu tokova snaga u distribucijskoj mreži te time uzrokuje promjenu gubitaka u mreži. Ukoliko je mali generator smješten u blizini velikog tereta tada će gubici u mreži biti smanjeni obzirom da teret može biti napajan djelatnom i jalovom snagom iz obližnjeg generatora. Ukoliko je veliki generator smješten daleko od tereta tada je vjerojatnija pojava povećanja gubitaka u distribucijskoj mreži. Daljnje komplikacije javljaju se zbog promjene iznosa električne energije s povećanjem opterećenja u mreži. Općenito, postoji povezanost između velikog opterećenja u distribucijskoj mreži i korištenja skupih proizvodnih izvora. Stoga bilo koji lokalni generator koji može biti u pogonu tijekom tog perioda i smanjiti gubitke u distribucijskoj mreži značajno utječe na troškove pogona. U današnje doba, distribuirana proizvodnja ne sudjeluje u regulaciji napona u distribucijskoj mreži. Na primjer, u Velikoj Britaniji lokalni generatori uglavnom su u pogonu uz jedinični faktor snage. Time minimiziraju vlastite električne gubitke i izbjegavaju naplatu zbog utroška jalove snage neovisno o potrebama distribucijske mreže. U Danskoj je postignut napredak u korištenju lokalnih generatora (većinom vrijedi za CHP izvore) pri tri različite vrijednosti faktora snage u ovisnosti o dobi dana. Tijekom vršnih opterećenja jalova se snaga injektira u mrežu dok su u periodu slabog opterećenja generatori u pogonu s jediničnim faktorom snage. Distribuirana proizvodnja može također biti korištena kao nadomjestak za izgrađenost distribucijske mreže. Pri tome treba imati na umu da generatori ne mogu nadomjestiti radijalne pojne vodove, da otočni pogon općenito nije prihvatljiv, te da proširenje mreže može biti zahtijevano ukoliko je potrebno prikupiti snagu iz izoliranih obnovljivih izvora. Ipak, većina je distribucijskih elemenata već udvostručena ili uzamčena pa distribuirana proizvodnja ponekad može umančiti zahtjeve za planiranom izgradnjom. Trenutačno, koncept prema kojem distribuirana proizvodnja može nadomjestiti izgrađenost distribucijske mreže ipak nije široko prihvaćen u distribucijskim sustavima.

6. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada ukazano je na metode i tehnike povećanja sigurnosti i stabilnosti pogona distribucijskog sustava s uključenim obnovljivim izvorima. Rezultati su korisni sa stajališta prepoznavanja, smanjivanja ili uklanjanja prepreka koje mogu ograničiti veće uključivanje obnovljivih izvora u distribucijski sustav. Nastavak rada u ovom području bio bi zanimljiv i obzirom na smjernice energetskog planiranja u zemljama Europske unije koje se zasnivaju na Kyoto protokolu. Smjernice se odnose na smanjenje emisije štetnih stakleničkih plinova te na sigurnost i diverzifikaciju izvora energije. Posebice se istraživanje

u području izvora energije usmjerava prema obnovljivim izvorima za koje se u dugoročnom periodu očekuje značajno povećanje udjela. U zemljama Europske unije, do 2010. godine potrebno je povećati udjel obnovljivih izvora u dobavi ukupne energije sa sadašnjih 6% na 12%. Stoga je u buduću potrebno uskladiti osnovne smjerice stručnog i istraživačkog rada s tim planom kako bi se uklonile prepreke poput visokih troškova koje stoje na putu uvođenju obnovljivih izvora te proširile mogućnosti primjene rješavanjem posljedica intermitentne naravi mnogih obnovljivih izvora.

Od nedavno je jasno uočljiv trend prema decentraliziranoj proizvodnji i dobavi energije. Povećanje decentralizirane proizvodnje energije dovest će do stanja u kojem će veći broj malih i srednjih proizvođača biti priključen na elektroenergetske mreže koje su izvorno projektirane za monopolistička tržišta. Stoga će se zasigurno pojaviti i mnogi novi problemi vezani uz upravljanje i pogon u sektorima prijenosa i distribucije električne energije u mrežama u kojima je potrebno učinkovito razmjestiti obnovljive izvore. Ovaj članak predstavlja jedan od ranijih radova u Republici Hrvatskoj na temu priključenja obnovljivih izvora na elektroenergetsku mrežu. U skladu je s općim EU smjernicama koje idu za uspostavljanjem unutarnjeg tržišta električnom energijom, proizvodnjom električne energije iz obnovljivih izvora te s ostalim akcijama i mjerama koje se poduzimaju u liberalizaciji tržišta energijom.

U nekim zemljama i regijama (Danska, sjeverni dio Njemačke, neke regije Španjolske), energija vjetra već doseže razinu penetracije na kojoj se javljaju ozbiljni pogonski problemi. Penetracija energije vjetra u iznosu od 30–40% već postoji u Danskoj i sjevernom dijelu Njemačke. U Velikoj Britaniji, operatori distribucijske mreže očekuju znatno umanjene mogućnosti prihvata distribuirane proizvodnje u odnosu na nedavna predviđanja. Razlozi leže u nepostojanju sustava komercijalnih tržišnih usluga te u neraspoloživosti ekonomski poticajnih mjera koje bi se primijenile u rješavanju mnogih izazova. Regulacija napona, stabilnost napona, regulacija frekvencije i stabilnost kuta smo su neki od izazova koje postavlja distribuirana proizvodnja. U EU zemljama tek sada je jasno da navedeni problemi koji se javljaju pri povišenoj penetraciji obnovljivih izvora mogu postati preprekom za buduću korištenje energije vjetra od koje se očekuje značajan doprinos u proizvodnji električne energije. To će zasigurno uzrokovati veliki pritisak pri ispunjavanju zacrtanog EU cilja o 12% energije iz obnovljivih izvora do 2010. godine.

Regulacija, planiranje, pogon i upravljanje budućim distribucijskim sustavima s uključenim distribuiranim izvorima električne energije, a napose obnovljivima, predstavljat će jedan od najvećih izazova stručnoj i istraživačkoj javnosti. Odgovor na pitanje kako uključiti značajan broj obnovljivih izvora u postojeći sustav do-

bave energije imat će jedno od središnjih mjesta. Uspješna integracija obnovljivih i distribuiranih izvora električne energije u postojeće mreže na različitim naponskim razinama ključni je aspekt pri ispunjavanju EU cilja o povećanju udjela obnovljivih izvora.

U današnje je doba u većini EU zemalja očito da postoji jasan nedostatak u slijedećim aspektima:

- Pravila tržišta i pravila mrežnog poslovanja.
- Standardi priključenja.
- Kriteriji planiranja i pogona te poslovni postupci operatora distribucijskih sustava.
- Sredstva vođenja, mjerni uređaji te sustavi upravljanja i zaštite.

Navedeni aspekti uvelike određuju stajališta koja se formiraju unutar nacionalnih tržišta električnom energijom i distribucijskih sustava od kojih se očekuje omogućavanje integracije obnovljivih izvora kao distribuirane proizvodnje obzirom na uvjete njihovog priključenja, vođenje njihovog pogona te njihovo tržišno poslovanje. Razvidno je da na razini zemalja Europske unije postoji nedostatak harmonizacije pravila i smjernica koje imaju za cilj dozvoljavanje i promicanje većeg pristupa distribuirane proizvodnje prijenosnim i distribucijskim mrežama. U zemljama Europske unije već se radi na udruživanju i koordiniranju napora koji se ulažu u prikupljanje relevantnih iskustava kako bi se na europskoj razini stvorile preporuke za slijedeće elemente organizacijske naravi:

- Harmonizacija tržišnih pravila i pravila vođenja pogona sustava.
- Širenje pozitivnih iskustava integracije distribuirane proizvodnje.
- Standardizacija sučelja prema mreži i ostale opreme u obnovljivim izvorima sa svrhom podrške industrijskim proizvođačima.

Unutar navedenih organizacijskih elemenata potrebno je usmjeriti stručnu i istraživačku javnost prema slijedećim aspektima koji su od značenja za rad na široj integraciji distribuirane proizvodnje:

- Regulacija distribucijskih sustava i tržišta električnom energijom obzirom na integraciju distribuirane proizvodnje (uključujući i obnovljive izvore).
 - Zakonodavni okvir distribucijskih sustava: prihodi i tarife.
 - Zakonodavni okvir obnovljivih i/ili distribuiranih izvora: pristup mreži, uvjeti priključenja, naplata pristupanja i korištenja sustava, utjecaj na prihod distribucije.
 - Regulatorni tretman proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora u okviru tržišta električnom energijom: dnevna tržišta, ugovori, tržište snagom regulacije, pomoćne usluge, doprinos sigurnosti sustava ili naplata kapaciteta.
 - Dodatna tržišna vrijednost stvorena uskladištenjem energije u svrhu pružanja usluga na tržištu. Određivanje cijena i povrat investicije.

- Kriteriji planiranja i određivanja pouzdanosti pogona te upravljanje kvalitetom isporučene električne energije. Mrežna pravila za distribuciju.
- Definiranje funkcija i odgovornosti operatora distribucijskih sustava obzirom na distribuiranu proizvodnju i tržišne usluge.
- Integrirano planiranje distribucijskih mreža s vrlo visokom razinom penetracije distribuirane proizvodnje te cjenovni odziv na upravljanje potražnjom.
 - Tehnike predviđanja opterećenja i proizvodnje uz razmatranje lokalnih razlika u penetraciji obnovljivih izvora i cjenovnom odzivu na upravljanje potražnjom.
 - Kriteriji planiranja: novi kriteriji uz razmatranje neizvjesnosti obzirom na lokaciju i veličinu izgradnje distribuiranih izvora te odziva potražnje. Korištenje GIS-a i višekriterijskih tehnika odlučivanja (investicije, troškovi pogona, pouzdanost i utjecaj na okoliš).
- Upravljanje distribucijskim sustavom s visokom razinom sigurnosti dobave energije i lokalne autonomije omogućene priključenjem distribuirane proizvodnje.
 - Sigurnost dobave energije unutar elektroenergetskih sustava s visokom razinom integriranosti distribuirane proizvodnje.
 - Kriteriji pogona koji omogućavaju upravljanje sustavom s visokom razinom distribuirane proizvodnje i upravljanja potražnjom.
 - Novi postupci upravljanja mrežom i potražnjom energije obzirom na ulogu operatora.
 - Upravljanje tokovima snage i iznosima napona u čvorištima.
 - Procjena utjecaja distribuirane proizvodnje na gubitke u mreži, odgoda investicija u infrastrukturu mreže, pokazatelji pouzdanosti i kvaliteta napona.
- Kvaliteta isporučene električne energije, brojila, sustavi upravljanja i zaštite u distribucijskim sustavima s visokom razinom integriranosti distribuirane proizvodnje.
 - Zahtjevi na sustave upravljanja/zaštite u točkama priključenja distribuiranih izvora.
 - Harmonizacija standarda priključenja na razini zemalja Europske unije.
 - Brojila i standardiziranost.
 - Inteligentni sustavi zaštite zasnovani na pristupima samostalnih agenata.
 - Uključenje zaštite unutar distribuirane proizvodnje u svrhu postizanja visokog stupnja lokalne autonomije i sigurnosti napajanja.

Intenzivan rad unutar prethodnih aspekata doprinijet će boljem razumijevanju potencijalnih problema i razvoju rješenja sa strane distribuirane proizvodnje u postojećim elektroenergetskim sustavima. Također, daljnja istraživanja doprinijet će izvođenju budućih projekata u skladu s inovativnim tehničkim pristupima u integraciji distribuirane proizvodnje električne ener-

gije na različitim naponskim razinama uz programe upravljanja potražnjom (unutar tržišta električnom energijom veliki i srednji potrošači imat će osjetljivi cjenovni odziv), tehnike upravljanja lokalnim energetske potrebama te koordiniranost u stvaranju održivog energetske sustava s velikim stupnjem lokalne autonomije i sigurnosti dobave. Također, pridonijet će postizanju inovativnih socio-ekonomskih pristupa integralnom energetske planiranju koji idu za lokalnim smjernicama, pravilima i regulacijama.

U skladu s općim EU smjernicama, potrebno je i nadalje istraživati temeljne tehničke aspekte:

- Razvoj naprednih metoda regulacije frekvencije i napona u budućim distribucijskim sustavima s distribuiranom proizvodnjom uključujući obnovljive izvore. Problemi regulacije bit će vrlo vjerojatno kratkoročne prepreke većoj penetraciji obnovljivih izvora u mrežama.
- Razvoj naprednih metoda upravljanja vezanih uz stabilnost napona i kuta u budućim distribucijskim sustavima s distribuiranom proizvodnjom. Problemi stabilnosti vjerojatno su dugoročne prepreke većoj penetraciji obnovljivih izvora u mrežama.
- Pronalaženje inovativnih rješenja problema kvalitete isporučene električne energije i poboljšanje pouzdanosti distribucijskih sustava korištenjem transformatora s promjenjivim prijenosnim omjerom pod opterećenjem, multifunkcijskih upravljačkih naprava zasnovanih na energetske elektronici i novih upravljačkih metoda. Rješenja su od velikog značenja u dugoročnom osiguranju kvalitete napajanja.
- Planiranje dugoročnih investicija u distribucijama uz neizvjesnosti potražnje i proizvodnje.
- Uloga operatora distribucijskog sustava i stvaranje okvira za tržišni pogon i upravljanje sustavom uz određenu prilagodljivost korištenjem resursa poput transformatora s promjenjivim prijenosnim omjerom pod opterećenjem, multifunkcijskih upravljačkih naprava zasnovanih na energetske elektronici, uređaja za uskladištenje energije...

Nastavak ovih istraživanja u skladu je sa suvremenim izazovima. Rezultati istraživanja bit će od velikog značenja u poboljšanju prihvatljivosti obnovljivih izvora, povećanju kompetitivnosti i omogućavanju prilagodljivosti u pristupanju različitim razinama distribucijskog sustava.

Ovaj članak daje samo djelomičan osvrt na ključne aspekte distribuirane proizvodnje kao 'novog rastućeg tržišta'. Među njima središnje mjesto zauzimaju regulacija napona i kompenzacija jalove snage, regulacija frekvencije i stabilnost. U tradicionalnim distribucijskim sustavima ne javljaju se problemi koji su vezani uz regulaciju frekvencije i stabilnost. S uključivanjem distribuirane proizvodnje u distribucijske sustave navedeni će se aspekti, koji tradicionalno pripadaju prijenosnim sustavima, u novim okolnostima pojaviti i u

distribucijskim sustavima. Međutim, njihovo pojavljivanje u distribucijskim sustavima bit će različito od pojavljivanja u prijenosnim sustavima u nekoliko bitnih elemenata:

- U distribucijske sustave bit će uključeni resursi distribuirane proizvodnje koji imaju značajno različite statičke i dinamičke karakteristike. Matematičko modeliranje i analiza takvih distribuiranih resursa do sada je imala vrlo ograničeni karakter, posebice u usporedbi sa centraliziranom proizvodnjom priključenom na prijenosne sustave.
- Pogon i upravljanje distribuiranim izvorima različiti su od onih kod centralizirane proizvodnje. Za centraliziranu proizvodnju u komercijalnom su obliku već razvijene sofisticirane metode upravljanja koje su i praktično primijenjene. Pričuvna djelatna snaga i regulacija frekvencije te regulacija napona i kompenzacija jalove snage samo su neki od tih primjera primjene.
- Sustav telekomunikacija između operatora prijenosnog sustava i proizvodnih objekata vrlo je dobro razvijen i služi upravljanju i vođenju pogona centraliziranih proizvodnih objekata. Međutim, u distribucijskim sustavima postoji relativno ograničeni sustav komunikacijskih veza između operatora distribucijskog sustava i distribuiranih proizvodnih objekata.
- Prethodni elementi čine pogon i upravljanje distribucijskim sustavom značajno različitim od onih kod prijenosnih sustava. Upravljanje i pogon distribucijskih sustava s većim brojem distribuiranih izvora činit će znatno složeniju zadaću u usporedbi s prijenosnim sustavima.

Modeliranje, analiza, vođenje pogona, upravljanje, planiranje i komercijalne usluge u takvim će sustavima i nadalje zahtijevati pozornost kako bi kratkoročni i dugoročni interesi društva bili zadovoljeni. U ovom su radu ukratko predočene poteškoće koje se mogu javiti kao prepreke uključivanju obnovljivih izvora u distribucijske sustave. I nadalje je potrebno pronalaziti rješenja za poboljšanje kvalitete isporučene energije, povećanje pouzdanosti i uvođenje prilagodljivosti u buduće distribucijske sustave. Štoviše, potrebno je otvoriti i nova područja istraživanja poput nadzora, vođenja pogona, upravljanja i telekomunikacijskih tehnika. Također, metode određivanja cijena u budućim distribucijskim sustavima doprinose njihovom komercijalnom razvoju u tržišnim okvirima. Takve će aktivnosti biti od značenja i pri ostvarivanju zacrtanih EU ciljeva koji su vezani uz obnovljive izvore.

Pored tehničkih aspekata, neophodno je razmotriti ekonomske i regulatorne aspekte koji su također značajni za sigurnost i stabilnost budućih distribucijskih sustava. Budući distribucijski sustavi bit će znatno složeniji nego što se danas smatra. Oni će biti znatno teži za pogon, upravljanje i planiranje u usporedbi s prijenosnim sustavima i tradicionalnim

distribucijskim sustavima. Štoviše, buduće distribucijske sustave s uključenim obnovljivim izvorima potrebno je razviti na temelju ekonomičnosti i tržišnih principa. Time će se zasigurno pojaviti i nova područja istraživanja u energetsom sektoru u svim zemljama koje žele pratiti smjernice Europske unije. Aspekti pomoćnih usluga činit će novo područje koje će biti od praktičnog interesa distribucijskim kompanijama i distribuiranim generatorima.

LITERATURA

- [1] T. ACKERMANN, et al.: "Distributed generation: a definition", *Electric Power Systems Research*, vol. 57, 2001, pp. 195-204
- [2] T. ACKERMANN, et al.: "Distributed power generation in a deregulated market environment – A Working Paper", Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2003
- [3] P. CHRISTIANSEN, et al.: "Grid connection and remote control for the Horns Rev 150 MW offshore wind farm in Denmark", *Proceedings of the 2nd International Workshop on Transmission Networks for Offshore Wind Farms*, Stockholm, Sweden, March 29-30, 2001
- [4] CIGRE: "Impact of increasing contribution of dispersed generation on the power system", WG 37.23, Feb. 1999
- [5] CIGRE: "Modelling new forms of generation and storage", WG 38.01, Nov. 2000
- [6] N. HATZIARGYRIOU, et al.: "Distributed energy sources: Technical challenges", *IEEE paper*, No. 0-7803-7322-7, 2002
- [7] N. JENKINS, et al.: *Embedded generation*, IEE Power and Energy Series 31, ISBN 0 85296 774 8, London, UK, 2000
- [8] J. LOPES, et al.: "Integration of dispersed generation on distribution networks – Impact studies", *IEEE paper*, No. 0-7803-7322-7, 2002

DISTRIBUTED GENERATION OF ELECTRIC ENERGY

The paper discusses in a general way the main characteristics of distributed electric energy generation. First, technical influence of distributed resources on production, transmission and distribution systems of electric energy are given. Some technical solutions and open questions are quoted. Electric energy generation from small wind power plants is given as a distributed generation. Calculation methods applied in distribution network are described, which are used in the study analysis of resource connection to the distribution grid.

VERSTREUTE ENERGIEERZEUGUNG

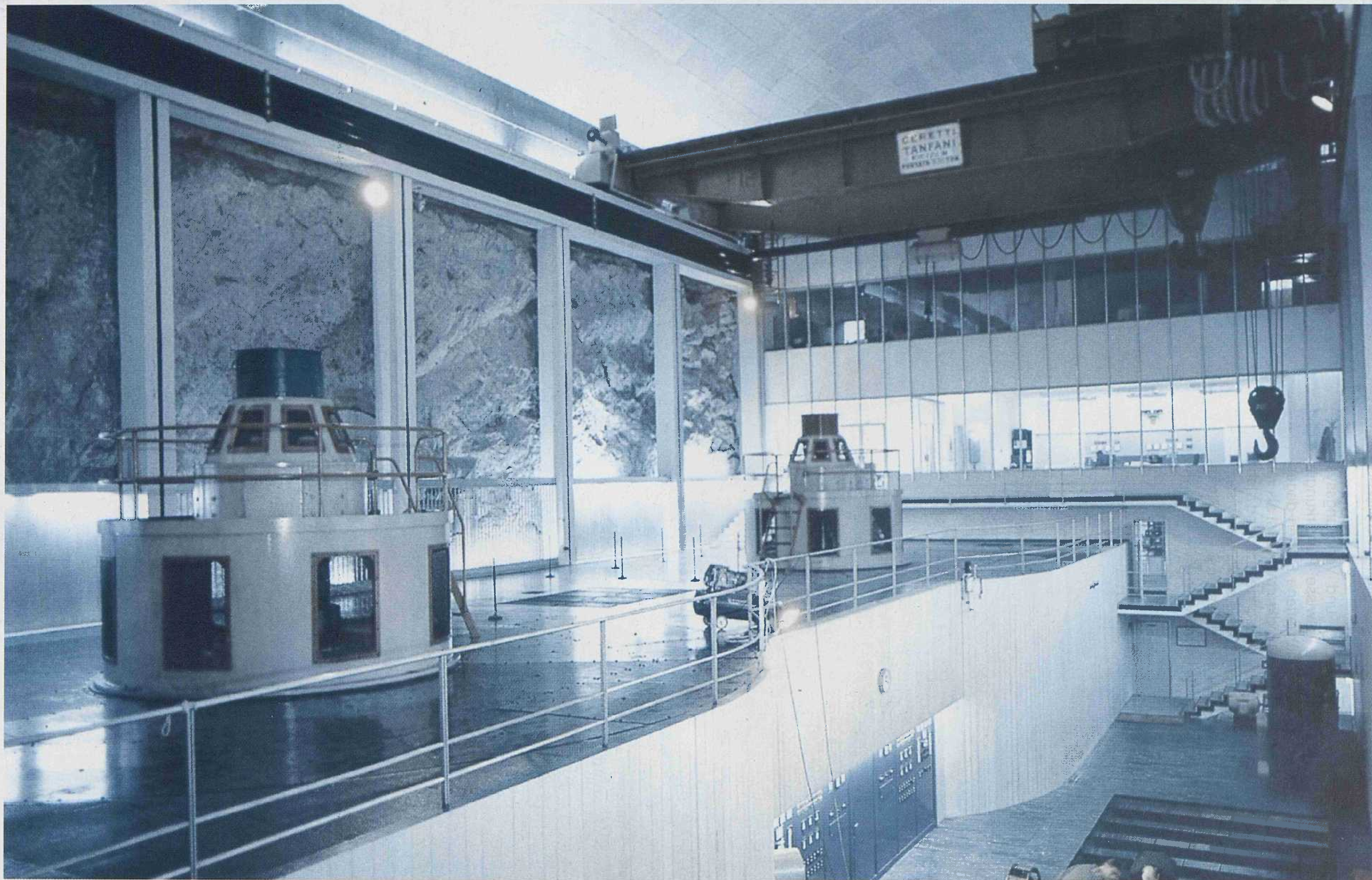
In dieser Arbeit sind Hauptmerkmale distribuirter (=verstreuter) Stromerzeugung allgemein betrachtet. Vorerst sind technische Einflüsse der verstreuten Stromerzeugung

auf die Erzeugungs-, Übertragung- und Verteilungssysteme beschrieben. Danach sind gewisse Auswirkungen technischer Lösungen, sowie noch offene Fragen dargestellt. Die Stromerzeugung kleiner Windkraftwerke ist als verstreute Erzeugung betrachtet. Beschrieben sind jene Berechnungsarten der Verteilungsnetze, welche in wissenschaftlicher Betrachtung des Anschliessens von Stromquellen an das Verteilungsnetz benutzt werden.

Naslov pisaca:

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

Uredništvo primilo rukopis:
2003-03-6.



VAŽNOST DONOŠENJA STANDARDA ENERGETSKE EFIKASNOSTI RADI POVEĆANJA NACIONALNIH ENERGETSKIH UŠTEDA

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

UDK 620.9.351.64
PREGLEDNI ČLANAK

U članku su prikazana svjetska iskustva kao potvrda važnosti uvođenja standarda energetske efikasnosti kućanskih uređaja i uredske opreme radi smanjenja energetske potrošnje u stambenom i javnom sektoru zgrada na nacionalnom nivou, s posebnim osvrtom na važnost provođenja međunarodne i regionalne harmonizacije standarda energetske efikasnosti, energetske oznaka i test procedura. Nadalje, opisana su dva osnovna pristupa etabliranju standarda energetske efikasnosti: statistički i inženjersko-ekonomski.

Ključne riječi: standardi energetske efikasnosti, test procedure, međunarodna harmonizacija, statistički pristup, inženjersko-ekonomski pristup.

1. UVODNA RAZMATRANJA

Standarde energetske efikasnosti kućanskih uređaja i uredske opreme čini niz procedura i propisa koji definiraju radne karakteristike (radni učinak) proizvedenog uređaja s obzirom na energiju koju troši. Uređaji koji su energetske neefikasniji od nekog minimuma propisanog standardom moraju biti povučeni s tržišta do određenog datuma.

U većini razvijenih zemalja svijeta standardi energetske efikasnosti su neizostavni dio nacionalne energetske politike s ciljem smanjenja energetske potrošnje i emisije štetnih tvari.

Preliminarna je faza u postupku donošenja standarda energetske efikasnosti provesti sve potrebne analize koje će dati zadovoljavajuće odgovore na četiri ključna pitanja:

1. Koje su posljedice uvođenja standarda energetske efikasnosti na raspoloživost i kvalitetu energetske opreme uređaja?
2. Kakav je ekonomski utjecaj (analize troškova i koristi, eng. cost-benefit analysis) standarda na potrošače, proizvođače, nacionalno gospodarstvo i zaštitu okoliša?
3. Pod kojim je uvjetima i u kolikoj mjeri potrebna intervencija Vlade na tržištu energetske opreme uređaja?
4. Kako upravljati procesom donošenja i provedbe standarda energetske efikasnosti?

Strana iskustva pokazuju da se 3. pitanje pokazalo vrlo spornim i da je još uvijek bez pravog odgovora. Dok za-

govornici smatraju da se intervencijom Vlade jednostavno modificiraju pravila na slobodnom tržištu u korist sviju, oponenti tvrde da uplitanje Vlade negira slobodu i konkurentnost tržišta.

2. PODJELA STANDARDA ENERGETSKE EFIKASNOSTI

Prema načinu donošenja i provedbe standardi energetske efikasnosti se dijele u dvije osnovne grupe:

1. nametnuti od strane relevantnih državnih institucija – mandatni standardi (eng. mandatory standards);
2. standardi doneseni konsenzusom između zainteresiranih strana (udruga potrošača, proizvođača i Vladinih institucija) – dobrovoljni standardi (eng. voluntary standards).

Podjela prema formi standarda je na dva glavna tipa:

1. standarde koji uvjetuju radni učinak uređaja (performanse uređaja) (engl. performance energy efficiency standards);
2. standarde koji zahtijevaju određeno svojstvo (opciju) uređaja (npr. standardom je propisano da perilice rublja moraju imati opciju hladnog ispiranja) ili uklanjanje opcije uređaja (npr. u plinskim sušilicama rublja ne smiju biti nikakva kontrolna svjetla) (engl. prescriptive energy efficiency standards).

Zahtijevani radni učinak energetske opreme uređaja može biti definiran kao:

1. minimalna dozvoljena energetska efikasnost uređaja;
2. maksimalna dozvoljena energetska potrošnja uređaja.

Zahtijevane veličine se određuju test procedurama u ispitnim laboratorijima. Test procedure su niz precizno definiranih protokola koji rangiraju energetske radne karakteristike proizvedenih uređaja zabranjujući izlaz na tržište uređajima koji su energetski neefikasniji od nekog zadanog minimuma.

3. STRANA ISKUSTVA U DONOŠENJU I PROVEDBI STANDARDA ENERGETSKE EFIKASNOSTI

3.1. Povijest donošenja standarda energetske efikasnosti

Prvi standardi energetske efikasnosti na području Europe datiraju iz šezdesetih godina. Najraniji standardi za čitav niz električnih uređaja doneseni su u Poljskoj 1962., ali nikad nisu implementirani u praksu. Francuska je još 1966. donijela prvi mandatni standard energetske efikasnosti za hladnjake, koga je slijedio standard za zamrzivače donesen 1978. godine. Niti jedan od njih nije zaživio u praksi.

Generalni zaključak o prvoj legislativi ovog područja na europskom tlu je da je bila nezadovoljavajuća, nedjelotvorna i nije se implementirala u praksu.

U Sjedinjenim Američkim Državama, prvi standardi energetske efikasnosti doneseni su u Kaliforniji, 1978. godine, a u sljedećim godinama standarde donose i ostale američke države. Godine 1987. američki je Kongres usuglašene standarde svih država objedinio u Nacionalni dokument o energetske efikasnosti uređaja (National Appliance Energy Conservation Act, NAECA) kao jedinstveni federalni standard.

Harmonizaciju standarda su potaknuli proizvođači energetske uređaja kojima je bilo puno jednostavnije i isplativije poštovati jedan jedinstveni nego četrdesetak različitih standarda.

Prvi doneseni standardi u sklopu NAECA bili su oni za hladnjake, zamrzivače, grijalice vode i klimatizacijske uređaje [1].

3.2. Globalni pregled

U 90-tim godinama 20. stoljeća, užurbano se donose prvi ili modificiraju postojeći standardi energetske efikasnosti kućanskih uređaja i uredske opreme. U svijetu su, u ovom trenutku, najrasprostranjeniji mandatni standardi energetske efikasnosti (sl. 1. i tabl. 1).

Posljednjih su nekoliko godina provedene brojne analize i procjene globalnog energetskeg potencijala koje pokazuju da su moguće uštede uvođenjem standarda energetske efikasnosti u kućanstvima i uslužnom sektoru vrlo velike (tabl. 2) [2]. U studiji nije analizirana individualna potrošnja neke zemlje, već prognoza ukupne globalne potrošnje u stambenom i uslužnom sektoru, koja uzima u obzir tehnološka dostignuća, razne programe poticanja i promocije energetske efikasnosti i upravljanja potrošnjom, uvođenje označavanja i standarda energetske efikasnosti za građevinske materijale i elemente, te cjelokupnu energetske opremu unutar zgrade.

Analiza energetskeg potencijala stambenog i uslužnog sektora pokazuje da 1990. godine 41% ukupne svjetske potrošnje električne energije otpada na spomenute sektore.



Slika 1. Globalni prikaz zastupljenosti standarda energetske efikasnosti za kućanske uređaje

Tablica 1. Status standarda energetske efikasnosti kućanskih uređaja prema regijama i državama

Država/regija	Mandatni /dobrovoljni	Uređaji*	Komentar
Australija	M	H/Z, GV	na snazi od 1999.
Brazil	D	H/Z	
Kanada	M	svi	slični SAD-ovim standardima
Kina	M	H, PR, SKU	potrebna revizija
Europska unija	M	H/Z	na snazi od 1999.
Indija	D	H, SKU, CKU	potrebna revizija
Japan	D	CKU	
Koreja	M	H, CKU	
Meksiko	M	H/Z, SKU	slični SAD-ovim standardima
Filipini	M	CKU	
SAD	M	svi	

* Uređaji su: hladnjaci (H), zamrzivači (Z), kombinirani hladnjaci (H/Z), perilice rublja (PR), perilice posuđa (PP), sušilice rublja (SR), grijalice vode (GV), štednjaci (Š), sobni klima uređaji (SKU), centralizirani klima uređaji (CKU)

Tablica 2. Globalna potrošnja u 1990. godini i prognoza energetske uštede u zgradama (stambeni + uslužni sektor) (EJ)

(EJ)	1990.	2010.	2020.	2050.
Električna energija	51	69	79	109
Ostali energenti	62	83	95	152
Ukupna potrošnja bez standarda i oznaka	112	151	174	261
Ukupna potrošnja sa standardima i oznakama	112	128	138	137

U prognozi za 2050. pretpostavljena su značajna tehnološka dostignuća u odnosu na 2020. godinu.

U razdoblju između 1995. – 2010. godine očekuje se rapidni porast potrošnje električne energije u tranzicijskim zemljama zbog korištenja sve većeg broja energetskih uređaja u zgradama, koji će zahtijevati prosječne godišnje investicije u nove proizvodne i distribucijske kapacitete u iznosu od cca 97 milijardi USD [3].

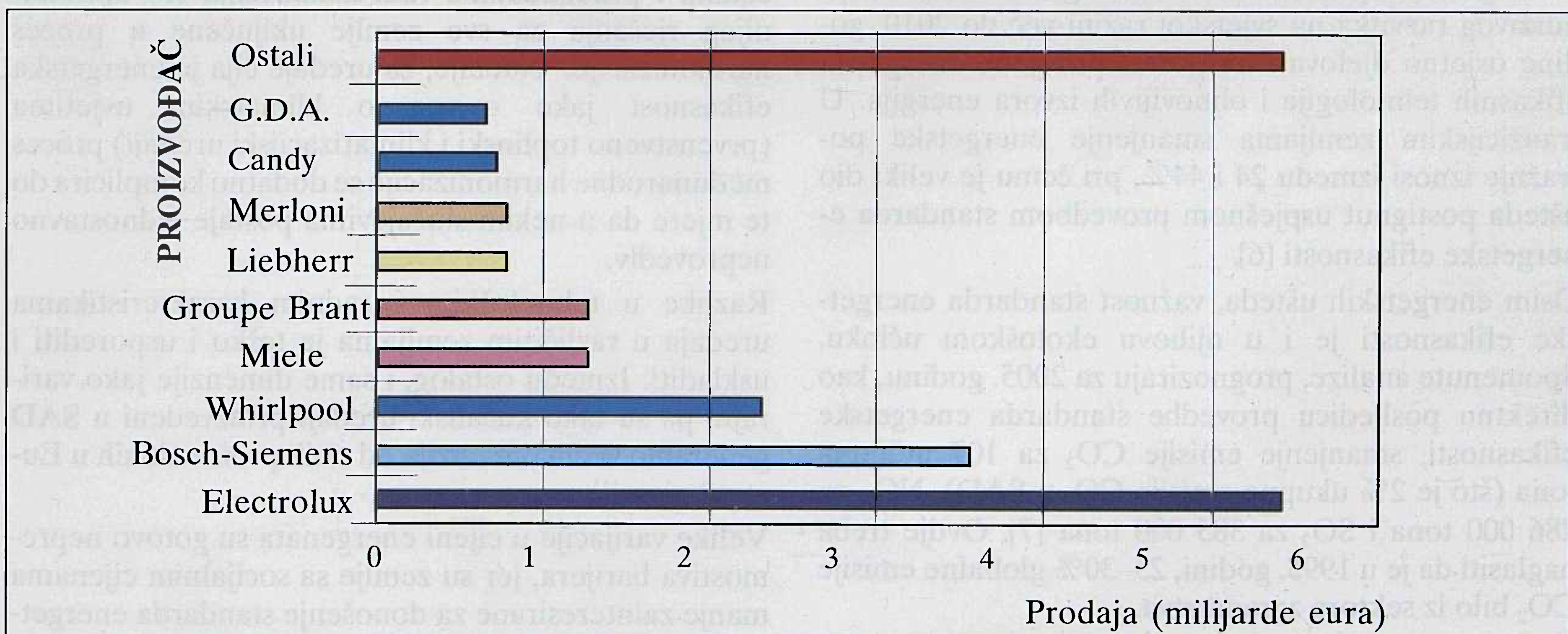
Koliko je to značajan iznos, najbolje je vidljivo iz činjenice da je 1992. godine na svjetskom tržištu, na kućanske uređaje (hladnjake, zamrzivače, perilice rublja, perilice posuđa i mikrovalne pećnice) potrošeno ukupno 67 milijardi USD. Realno je za očekivati da će do 2005. godine taj iznos porasti na više od 85 milijardi USD [4]. Procjenjuje se da će svjetsko tržište hladnjaka i klimatizacijskih uređaja, koje je 1997. godine iznosilo 40-45 milijardi USD, do 2005. porasti na preko 50 milijardi USD [5].

Na slici 2. prikazana je ukupna dobit velikih europskih proizvođača od prodaje bijele tehnike u 1994. godini.

U tablici 3. dana je prognoza udjela kućanskih uređaja (hladnjaci, zamrzivači, perilice rublja, perilice posuđa, sušilice rublja, razne vrste štednjaka uključujući i mikrovalne pećnice) po svjetskim regijama [4].

Tablica 3. Prognoza udjela pojedine regije na svjetskom tržištu bijele tehnike (%)

Regija	1992.	2005.
Zapadna Europa	39,9	38,4
Sjeverna Amerika	25,0	21,1
Jugoistočna Azija	20,2	23,6
Istočna Europa	6,8	7,2
Južna Amerika	1,8	2,6
Srednji Istok	1,9	2,5
Australija i Pacifik	1,6	1,6
Ostalo	2,8	3,0

**Slika 2. Ukupna dobit velikih europskih proizvođača od prodaje bijele tehnike**

Iz tablice 3 je vidljivo da 1992. godine 85% svjetskog tržišta bijele tehnike čine tri velike svjetske regije: Zapadna Europa, Sjeverna Amerika i Jugoistočna Azija.

U periodu do 2005. godine udjeli spomenutih regija na svjetskom tržištu bijele tehnike će stagnirati ili blago padati, dok se porast očekuje u Južnoj Americi, Srednjem Istoku, Jugoistočnoj Aziji i Istočnoj Europi (tim redoslijedom).

U tablici 4. prikazana je prognoza porasta prodaje pojedinog kućanskog uređaja izražena u USD prema maloprodajnoj cijeni uređaja iz 1992. godine [4].

Tablica 4. Prognoza porasta prodaje pojedinog kućanskog uređaja na svjetskom tržištu (u milijunima USD)

Uređaji	1992.	2005.	Porast (%)
Hladnjaci	26 738	32 208	20,5
Perilice i sušilice rublja	18 592	20 623	10,9
Štednjaci	11 154	12 116	8,6
Mikrovalne pećnice	6 817	7 353	7,9
Perilice posuda	3 826	4 671	22,1
Ukupno	67 127	76 971	14,7

Najveći porast prodaje očekuje se za perilice posuda (u 1992. godini ih je bilo brojčano znatno manje nego ostalih uređaja) i hladnjake (svi tipovi hladnjaka i zamrzivača, kombinirani hladnjaci i dr.).

Globalna analiza provedena 1996. godine za Svjetski energetske kongres (World Energy Congress, WEC) pokazala je da izrazito ekološki scenarij u odnosu na konzervativni (eng. business as usual scenario) smanjuje potražnju za energijom za 6-16% u zemljama članicama Organizacije za ekonomsku kooperaciju i razvitak (OECD), kojoj pripadaju Europska unija, Australija, Japan, Koreja, Meksiko, Novi Zeland i SAD. Izrazito ekološki scenarij polazi od pretpostavke da će globalni problem stakleničkog efekta i koncept održivog razvitka na svjetskoj razini već do 2010. godine osjetno djelovati na porast primjene energetske efikasne tehnologije i obnovljivih izvora energije. U tranzicijskim zemljama smanjenje energetske potražnje iznosi između 24 i 44%, pri čemu je veliki dio ušteda postignut uspješnom provedbom standarda energetske efikasnosti [6].

Osim energetske ušteda, važnost standarda energetske efikasnosti je i u njihovom ekološkom učinku. Spomenute analize, prognoziraju za 2005. godinu, kao direktnu posljedicu provedbe standarda energetske efikasnosti, smanjenje emisije CO₂ za 107 milijuna tona (što je 2% ukupne emisije CO₂ u SAD), NO_x za 286 000 tona i SO₂ za 385 000 tona [7]. Ovdje treba naglasiti da je u 1995. godini, 25–30% globalne emisije CO₂ bilo iz sektora zgradarstva.

Brojni međunarodni ugovori o zaštiti okoliša i reduciranju emisija CO₂ inzistiraju na uvođenju energetske

oznaka, standarda energetske efikasnosti, te njihovoj međunarodnoj i regionalnoj harmonizaciji kao dokazano djelotvornim mjerama zaštite okoliša.

4. MEĐUNARODNA I REGIONALNA HARMONIZACIJA STANDARDA ENERGETSKE EFIKASNOSTI, ENERGETSKIH OZNAKA I TEST PROCEDURA

Činjenica da energetske uređaji proizvedeni prema vrijedećim standardima jedne zemlje, nisu kompatibilni sa standardima drugih zemalja ograničava potencijalno zajedničko tržište državnim granicama.

Proizvođači energetske opreme, iz potpuno razumljivih razloga, poduzimaju brojne aktivnosti radi usklađivanja standarda energetske efikasnosti, test protokola i energetske oznake, koje bi rezultiralo liberalizacijom tržišta.

Proces harmonizacije standarda energetske efikasnosti, energetske oznake i test procedura na regionalnoj osnovi, u velikom je zamahu u Europskoj uniji, Sjevernoj Americi i Australiji/Novom Zelandu.

Međunarodna harmonizacija je teže provediva od regionalne zbog daleko većih klimatskih, kulturoloških i brojnih drugih razlika između zemalja sudionica.

Neke od glavnih barijera procesu harmonizacije su:

- teško usuglašavanje test procedura;
- klimatske razlike;
- razlike u tehnološkim i radnim karakteristikama energetske uređaja;
- velike varijacije u cijeni energenata;
- kulturološke razlike;
- razlike u snazi i profilu proizvođača u raznim zemljama.

Definiranje test procedura je vrlo složen i skup proces. Test procedure jako variraju od države do države što rezultira potrebom za opširnim i značajnim modifikacijama i prilagodbama radi iznalaženja što optimalnijeg rješenja za sve zemlje uključene u proces harmonizacije. Nadalje, za uređaje čija je energetska efikasnost jako ovisna o klimatskim uvjetima (prvenstveno toplinski i klimatizacijski uređaji) proces međunarodne harmonizacije se dodatno komplicira do te mjere da u nekim slučajevima postaje jednostavno neprovediv.

Razlike u tehnološkim i radnim karakteristikama uređaja u različitim zemljama je teško i usporediti i uskladiti. Između ostalog, i same dimenzije jako variraju, pa su tako kućanski uređaji proizvedeni u SAD generalno većih dimenzija od onih proizvedenih u Europskoj uniji.

Velike varijacije u cijeni energenata su gotovo nepremostiva barijera, jer su zemlje sa socijalnim cijenama manje zainteresirane za donošenje standarda energetske efikasnosti, što njihovu eventualnu harmonizaciju čini bespredmetnom. Može se zaključiti da ekonomska

opravdanost uvođenja standarda energetske efikasnosti u velikoj mjeri ovisi o cijeni energenata u nekoj zemlji.

Kulturološke razlike širom svijeta su tolike da je između nekih zemalja i regija, zbog brojnih razloga, jednostavno nemoguće provesti harmonizaciju.

Međunarodna i regionalna harmonizacija je, u posljednjih desetak godina, glavna tema brojnih konferencija, seminara i sastanaka širom svijeta.

Sredinom 1995. godine, u organizaciji Međunarodne energetske agencije (International Energy Agency, IEA) održan je jedan od važnijih sastanaka stručnjaka na temu harmonizacije test procedura i standarda energetske efikasnosti.

Okosnicu sastanka činila su izlaganja sljedećih referata:

- Generalni pregled standarda energetske efikasnosti u svijetu [8];
- Standardi energetske efikasnosti za hladnjake i zamrzivače [9];
- Standardi energetske efikasnosti uredske opreme [10].

Nakon izlaganja sudionici su podijeljeni u dvije radne grupe:

- za kućanske uređaje;
- za uredsku opremu.

Osnovni ciljevi sastanka bili su:

- istražiti i analizirati zatečeno stanje;
- okupiti jezgru stručnjaka za pripremu radnog plana harmonizacije u budućem razdoblju;
- identificirati kategorije uređaja za koje je internacionalna harmonizacija tehnički izvediva i ekonomski isplativa;
- odrediti ulogu Međunarodne energetske agencije u procesu internacionalne harmonizacije.

Glavni zaključci Radne grupe za kućanske uređaje bili su sljedeći:

- nakon detaljne analize kućanskih uređaja (hladnjaci, zamrzivači, perilice rublja, perilice posuđa, sušilice rublja, grijalice vode i mikrovalne pećnice) kao najbolji kandidati za prvu fazu provedbe harmonizacije odabrani su hladnjaci/zamrzivači i mikrovalne pećnice;
- iako su mikrovalne pećnice manja trošila od drugih kućanskih uređaja, bile bi idealan pilot uređaj jer već imaju internacionalno prihvaćen test protokol, a njihove tehnološke i radne karakteristike su vrlo slične širom svijeta;
- energetska potencijal harmonizacije hladnjaka i zamrzivača je vrlo velik, ali su barijere velika raznolikost test protokola, brojne razlike u tehnološkim i radnim karakteristikama i dr.;
- proces harmonizacije između zemalja Europske unije i Sjeverne Amerike procijenjen je veoma kom-

pliciranim, što će rezultirati autonomnošću tržišta (zajedničko će tržište i dalje ostati minimalno);

- veliki energetska potencijal se očekuje u Jugoslaviji, gdje treba pokrenuti brojne programe poticanja i promocije energetske efikasnosti;
- sobni klimatizacijski uređaji su sljedeći na listi potencijalnih kandidata, jer se unatoč velikoj ovisnosti o klimatskim karakteristikama internacionalno koriste ISO standardi, a tehnološke i radne karakteristike su slične širom svijeta;
- perilice rublja i posuđa, kao i sušilice rublja nisu dobri kandidati jer energetska potrošnja strogo ovisi o ponašanju i navikama korisnika, a test protokoli su bitno drugačiji u raznim dijelovima svijeta;
- prije konačne odluke o tome koji uređaji trebaju ući u prvi krug internacionalne harmonizacije, nužna je provedba opsežnih analiza energetske potencijala za sve kućanske uređaje;
- zadatak Međunarodne energetske agencije je prikupljati i distribuirati relevantne podatke svim zainteresiranim stranama.

Uz brojne pozitivne strane harmonizacije, osnovni je nedostatak da usuglašeni standardi neće biti optimalni za svaku pojedinu zemlju već će se morati prihvatiti i određeni kompromisi. Nadalje, za dogovore o zajedničkim standardima, test procedurama i energetskim oznakama trebat će jako puno vremena i dobre volje svih zainteresiranih strana.

5. METODOLOŠKE PODLOGE STANDARDA ENERGETSKE EFIKASNOSTI

5.1. Pristupi etabliranju standarda

Pod pojmom metodoloških podloga za izradu standarda energetske efikasnosti podrazumijevaju se dva osnovna pristupa etabliranju standarda:

- statistički;
- inženjersko-ekonomski.

Osim navedenih pristupa, poznat je i tzv. hibridni pristup donošenju standarda energetske efikasnosti, u kojemu se standardi postavljaju konsenzusom zainteresiranih strana.

Primjer 1

Američki standard za hladnjake iz 1998. godinu nije baziran na statističkim analizama, jer je predložena maksimalna dozvoljena energetska potrošnja 515 litarskog kombiniranog hladnjaka s automatskim odleđivanjem iznosila 500 kWh/god., a u vrijeme provođenja analiza na tržištu nije bilo modela s tako malom potrošnjom. Iz tog je razloga Američki federalni odjel za energiju (US Department of Energy, DOE) proveo inženjersko-ekonomske analize koje su predstavljale bazu za diskusiju u pregovaračkoj grupi sastavljenoj od predstavnika proizvođača, elektroprivrednih i plinskih kompanija, udruuga potrošača i resornih ministarstava. Na taj je način

standard energetske efikasnosti za hladnjake, ustvari, etabliran konsenzusom pregovaračke grupe [11].

Prije konačnog odabira pristupa (statistički ili inženjersko-ekonomski) potrebno je provesti veliki broj predradnji. Učestala je praksa podijeliti neku vrstu proizvoda (npr. hladnjake, perilice rublja i dr.) u nekoliko kategorija (poznate pod nazivom klasa proizvoda) prema raznim pogodnostima koje pružaju korisnicima. Glavni razlog podjele u klase proizvoda je omogućiti što pravednije određivanje deklarirane energetske potrošnje uređaja.

Primjer 2

Stariji modeli hladnjaka s ručnim odleđivanjem troše manje energije od modernijih modela s automatskim odleđivanjem. U slučaju da hladnjaci nisu podijeljeni prema klasama, tehnološki naprednijim modelima s različitim dodatnim opcijama koji troše više energije, bilo bi teže postići vrijednost propisanu standardom. Na taj bi način, standardi energetske efikasnosti bili svojevrsna kočnica tehnološkog napretka.

U Europskoj se uniji hladnjaci dijele na nekoliko klasa, ovisno o sposobnosti postizanja specifične temperature u zamrzivaču.

Sljedeće ključno pitanje je da li bazirati standarde na kapacitetu ili volumenu (zapremnini) uređaja. Praksa je u zemljama koje imaju razvijene standarde energetske efikasnosti za hladnjake i zamrzivače, da su postavljeni kao linearna funkcija podešenog volumena (eng. adjusted volume). Podešeni volumen je izvedena veličina u ovisnosti o volumenu rashladnog dijela, volumenu zamrzivača i postignutih temperatura. Razlog baziranja standarda na podešenom volumenu je taj što bi u slučaju da maksimalna dozvoljena energetska potrošnja nije funkcija podešenog volumena (već je jednaka za sve kapacitete), modeli većih dimenzija teže zadovoljavali standarde što bi obeshrabrivalo proizvođače u njihovoj proizvodnji.

Važan korak u donošenju standarda za određenu klasu proizvoda je odrediti kako se mijenja energetska potrošnja u ovisnosti o podešenom volumenu. Jedna od najčešće korištenih metoda je provođenjem simulacija za nekoliko modela različitih volumena i što sličnijih tehnoloških i radnih karakteristika. Spomenute simulacije za svaki model uređaja daju krivulju regresije za pojedinu razinu energetske ušteda. Nakon definiranja željene razine energetske ušteda, odabire se jednostavna linearna jednadžba za energetska potrošnju kao funkciju podešenog volumena.

Kriteriji podjele uređaja prema klasama su mnogoznačni i često sporni, ali su iznimno važan čimbenik u smanjenju energetske potrošnje, što je u konačnici i primarni cilj donošenja standarda energetske efikasnosti.

5.2. Statistički pristup

Jedna od osnovnih razlika između statističkog i inženjersko-ekonomskog pristupa je u tome što statis-

tički pristup zahtijeva manje analiza i zasniva se na, generalno gledano, lakše dostupnim podacima od inženjersko-ekonomskog pristupa. Potrebni podaci se odnose na karakterizaciju tekućeg tržišta za promatrani uređaj, a cilj je što preciznije odrediti zastupljenost pojedinog modela nekog uređaja na tržištu prema klasi energetske efikasnosti. Nakon provedene analize, određuje se potencijalna razina energetske potrošnje koju će standard postaviti, iznalaženjem kompromisa između željenih energetske ušteda i prihvatljivog broja modela koje zbog prevelike energetske potrošnje treba eliminirati s tržišta. Važna je prednost statističkog pristupa da stvarni troškovi poboljšanja energetske karakteristika uređaja ne trebaju biti eksplicitno određeni, jer je prikupljanje pouzdanih podataka o troškovima od proizvođača i dobavljača energetske uređaja izuzetno težak, a u brojnim slučajevima i neizvediv zadatak.

Statistički pristup, kao metodološka podloga donošenja standarda energetske efikasnosti provodi se u zemljama Europske unije i Australiji.

Detaljne statističke analize kao podlogu donošenja internacionalnog standarda energetske efikasnosti za hladnjake na nivou zemalja Europske unije provela je Grupa za energetska efikasnost (Group for Energy Efficiency, GEA), koju čine Danska energetska agencija (DEA), Nizozemska agencija za energiju i zaštitu okoliša (NOVEM) i Francuska agencija za zaštitu okoliša i upravljanje energijom (ADEME).

Slične statističke analize provedene su posljednjih godina i u Australiji.

Primjer 3

Kao dobar primjer statističkog pristupa, opisana je analiza provedena od strane Grupe za energetska efikasnost za kombinirani hladnjak s tri zvjezdice.

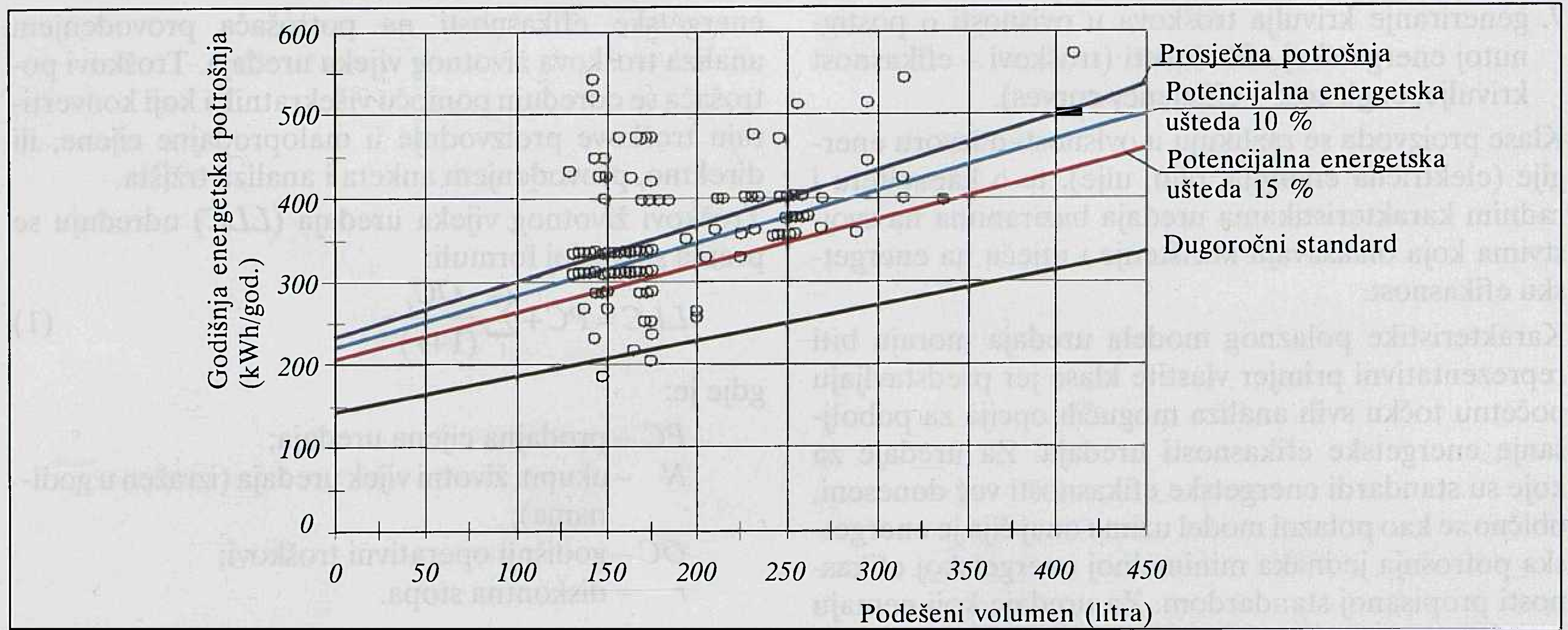
Na slici 3. prikazani su podaci o godišnjoj energetska potrošnji kombiniranih hladnjaka s tri zvjezdice za modele dostupne na europskom tržištu u 1992. godini. Energetska potrošnja svakog modela hladnjaka ucrtana je u graf kao funkcija podešenog volumena.

Za klasu proizvoda kombinirani hladnjak s tri zvjezdice prema vrijedećoj test proceduri Europske unije, EN 153 podešeni volumen (AV) se određuje prema sljedećoj formuli:

$$AV \text{ (litra)} = \text{volumen rashladnog dijela} + 2,5 \cdot \text{volumen zamrzivača}$$

Četiri pravca na slici 3. predstavljaju:

1. prosječnu energetska potrošnju za 1992. godinu dobivenu metodom regresije svih pojedinačnih potrošnji (referentni pravac);
2. 10% godišnju uštedu energije;
3. 15% godišnju uštedu energije;
4. dugoročnu uštedu energije kao rezultat implementacije standarda energetske efikasnosti.



Slika 3. Godišnja energetska potrošnja za kombinirane hladnjake s tri zvjezdice kao funkcija podešenog volumena

Metoda kojom su dobivena prva tri pravca bazirana je na statističkom pristupu, dok je za četvrti pravac potrebno provesti inženjersko-ekonomske analize objašnjene u sljedećem poglavlju.

Prvi je korak statističkog pristupa na pravcu regresije pronaći model koji troši najviše energije i zamijeniti ga s modelom veće energetske efikasnosti, pri čemu broj modela (veličina uzorka) ostaje nepromijenjen. Sljedeći je korak proračun energetske uštede novouvedenog modela, tako da se energetske uštede zbrajaju dok ne dosegnu neku ciljanu vrijednost (10%, 15% ili dr.). Pravac minimalne efikasnosti je definiran kao pravac maksimalnog indeksa efikasnosti, pri čemu se pod pojmom indeksa energetske efikasnosti nekog modela uređaja podrazumijeva postotak za koji je njegova energetska potrošnja ispod ili iznad referentnog pravca. Načini na koje se najmanje efikasni modeli zamjenjuju efikasnijima su brojni, a GEA je u svojoj studiji obuhvatila četiri najčešće korištena.

Energetski najneefikasniji model može se zamijeniti:

1. fiktivnom jedinicom sličnog podešenog volumena i najbližeg indeksa energetske efikasnosti;
2. postojećom jedinicom najbližeg podešenog volumena i indeksa energetske efikasnosti;
3. fiktivnom jedinicom s podešenim volumenom i indeksom energetske efikasnosti koji su prosječne vrijednosti ostalih jedinica unutar istog raspona volumena;
4. fiktivnom jedinicom sličnog podešenog volumena i indeksa energetske efikasnosti koji je prosječna vrijednost ostalih jedinica unutar istog raspona volumena.

Promatrani raspon volumena je proizvoljan, ali ne bi smio biti prevelik. Većina analiza provedena od strane GEA-e bazira se na četvrtom načinu zamjene, jer se smatra da je to način na koji sami proizvođači, u velikoj većini slučajeva, provode zamjene vlastitih nedovoljno energetske efikasne uređaja.

5.3. Inženjersko-ekonomski pristup

Za razliku od statističkog pristupa izradi standarda energetske efikasnosti, za inženjersko-ekonomski pristup nužni su podaci o stvarnim troškovima poboljšanja energetske efikasnosti nekog uređaja. Oni se određuju brojnim ekonomskim analizama od kojih su najvažnije analize troškova životnog vijeka uređaja (eng. life cycle cost analysis) i proračuni perioda povrata investicija (engl. payback period analysis). Ovaj pristup može obuhvatiti utjecaj na nacionalnu ili regionalnu potrošnju energije, utjecaj na proizvođače, isporučitelje električne energije i plina, te utjecaj na okoliš.

Prednost inženjersko-ekonomskog pristupa pred statističkim je u tome što on uzima u razmatranje tehnološke inovacije koje rezultiraju poboljšanjem energetske efikasnosti uređaja. Međutim, vrlo je teško procijeniti troškove tehnoloških inovacija i njihov utjecaj na krajnju cijenu uređaja.

Inženjersko-ekonomski pristup u izradi standarda energetske efikasnosti koristi Američki federalni odjel za energiju, a sve potrebne analize se provode u Nacionalnom laboratoriju Lawrence Berkeley, Sveučilišta u Kaliforniji (National Laboratory Lawrence Berkeley, LBNL). U Europskoj uniji, ovaj se pristup koristi kao podloga prijedloga dugoročnog standarda za hladnjake.

Koraci u provođenju inženjerskih analiza u okviru inženjersko-ekonomskog pristupa su sljedeći:

1. određivanje klase proizvoda;
2. definiranje polaznog (referentnog) modela uređaja;
3. odabir tehnoloških karakteristika uređaja (konstrukcijske opcije) za pojedinu klasu;
4. proračun povećanja energetske efikasnosti za svaku konstrukcijsku opciju;
5. proračun povećanja energetske efikasnosti za razne kombinacije konstrukcijskih opcija;
6. procjena troškova (uključeno instaliranje i održavanje) za svaku konstrukcijsku opciju;

7. generiranje krivulja troškova u ovisnosti o postignutoj energetskej efikasnosti (troškovi – efikasnost krivulje, engl. cost – efficiency curves).

Klase proizvoda se razlikuju u ovisnosti o izvoru energije (električna energija, plin, ulje), te o kapacitetu i radnim karakteristikama uređaja baziranim na svojstvima koja olakšavaju korištenje i utječu na energetske efikasnost.

Karakteristike polaznog modela uređaja moraju biti reprezentativni primjer vlastite klase jer predstavljaju početnu točku svih analiza mogućih opcija za poboljšanje energetske efikasnosti uređaja. Za uređaje za koje su standardi energetske efikasnosti već doneseni, obično se kao polazni model uzima onaj čija je energetska potrošnja jednaka minimalnoj energetskej efikasnosti propisanoj standardom. Za uređaje koji nemaju standard energetske efikasnosti, referentni model se može odabrati na gore opisani način ili kao model čija je energetska potrošnja jednaka prosječnoj vrijednosti energetske potrošnje postojećih modela. Odabir energetske najneefikasnijeg modela za polazni model preporučljivo je iz tog razloga što je time omogućeno provođenje analiza za pokusne standarde na svim mogućim razinama energetske efikasnosti, startajući s eliminiranjem energetske najlošijeg modela.

Konstruktivne opcije predstavljaju promjene u konstrukciji polaznog modela koje rezultiraju poboljšanjem energetske efikasnosti, a razmatraju se odvojeno ili u raznim kombinacijama.

Za svaku konstruktivnu opciju ili kombinaciju opcija, određena je energetska potrošnja mjerenjem ili proračunima u okviru test procedure. Proračuni se većinom provode raznim simulacijskim ili jednostavnim tabličnim modelima (engl. spread sheet models) koji obuhvaćaju razne parametre energetske potrošnje uređaja.

U proračune moraju biti uključeni očekivani troškovi proizvodnje, instaliranja i održavanja svake konstrukcijske preinake uređaja, pri čemu je uobičajeno da potrebne podatke daju proizvođači uređaja i dijelova koji se mijenjaju (npr. kompresora, motora i dr.).

Podaci o troškovima i energetskej efikasnosti se kombiniraju i prikazuju u tabličnoj ili grafičkoj formi (generiranje troškovi – efikasnost krivulja). U slučajevima kad proizvođači ne žele ili ne mogu dati potrebne podatke, koriste se maloprodajne cijene (izvedivo jedino u slučaju kad su sve razmatrane konstrukcijske opcije već dostupne na tržištu što je u praksi izuzetno rijedak slučaj). Prikupljanje prosječnih maloprodajnih cijena je posao koji se može pokazati vrlo teškim jer su razlike u cijenama često značajne. Osim toga teško je naći dva modela uređaja koji se razlikuju samo u točno određenom konstrukcijskom svojstvu (sve ostale karakteristike moraju biti iste).

A) Analiza troškova životnog vijeka uređaja

Nakon provođenja inženjerskih analiza, uobičajeno je analizirati ekonomski utjecaj potencijalnih poboljšanja

energetske efikasnosti na potrošača provođenjem analiza troškova životnog vijeka uređaja. Troškovi potrošača se određuju pomoću višekratnika koji konvertiraju troškove proizvodnje u maloprodajne cijene, ili direktno, provođenjem anketa i analiza tržišta.

Troškovi životnog vijeka uređaja (*LLC*) određuju se prema sljedećoj formuli:

$$LLC = PC + \sum_{t=1}^N \frac{OC_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

gdje je:

- PC* – prodajna cijena uređaja;
- N* – ukupni životni vijek uređaja (izražen u godinama);
- OC* – godišnji operativni troškovi;
- r* – diskontna stopa.

Ako su godišnji operativni troškovi konstantni kroz čitav životni vijek uređaja formula (1) prelazi u formulu (2):

$$LLC = PC + (PWF) \cdot OC \quad (2)$$

gdje je *PWF* – faktor sadašnje vrijednosti, a računa se na sljedeći način:

$$PWF = \sum_{t=1}^N \frac{1}{(1+r)^t} = \frac{1}{r} \left[1 - \frac{1}{(1+r)^N} \right] \quad (3)$$

Troškovi životnog vijeka uređaja uvijek se određuju za godinu u kojoj standard stupa na snagu. Troškovi instalacije i održavanja su, također, uključeni u troškove životnog vijeka, na taj način da se troškovi instalacije direktno dodaju prodajnoj cijeni, a troškovi održavanja se zbrajaju na operativne troškove i diskontiraju zajedno s troškovima energije.

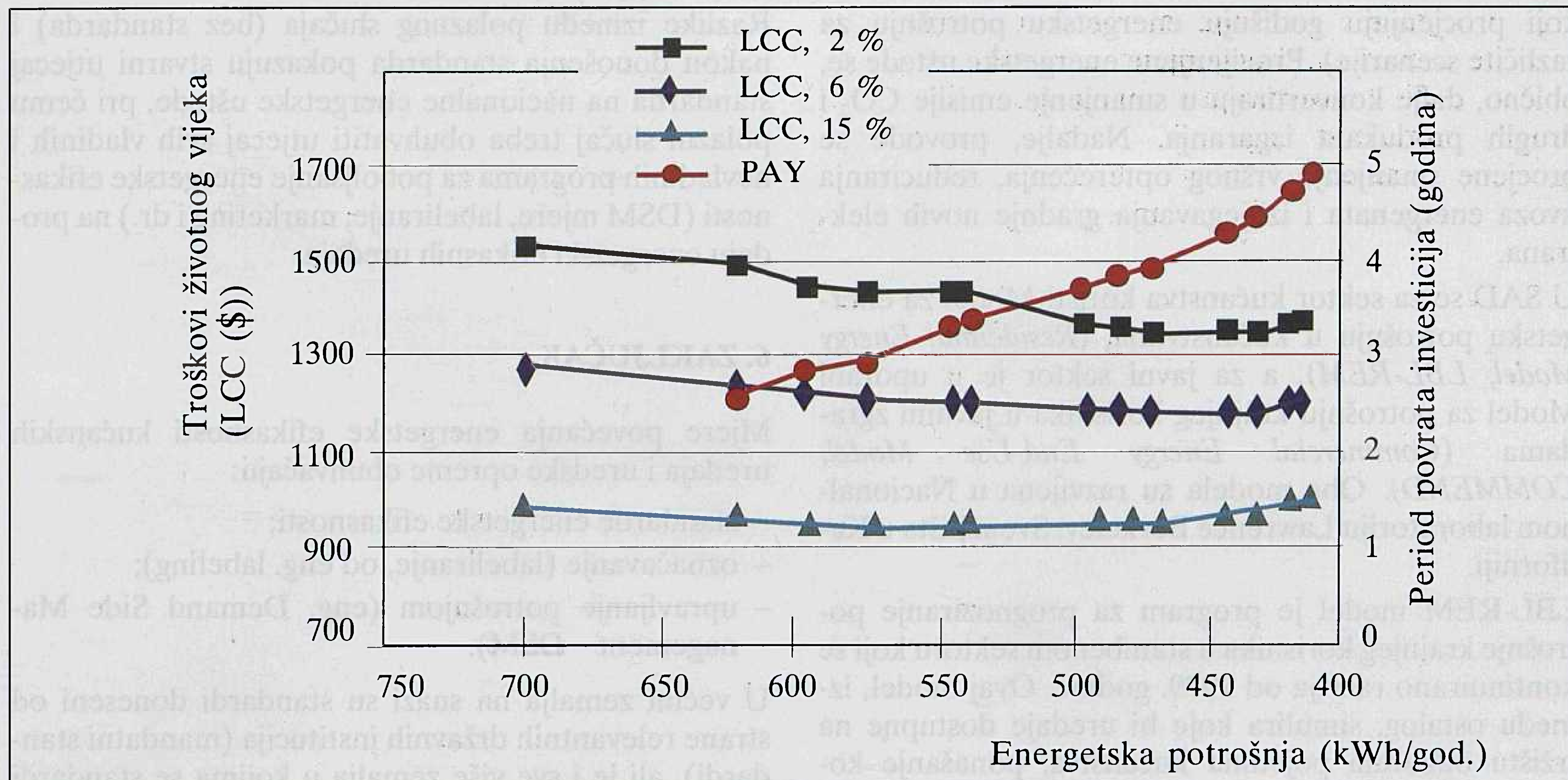
Za uređaje koji u svom radu koriste vodu (npr. perilice rublja i posuđa) treba uzeti u razmatranje i cijenu m^3 vode, kao i cijene sredstava za pranje dostupnih na tržištu.

Teškoća koja se javlja pri određivanju troškova životnog vijeka uređaja je pravilan odabir diskontne stope, *r*.

Primjer 4

Zbog brojnih polemika o odabiru diskontne stope, u analizi Američkog federalnog odjela za energiju kao podlozi standardu energetske efikasnosti za kombinirane hladnjake s automatskim odleđivanjem, iz 1998. godine, troškovi životnog vijeka su određeni za tri različite diskontne stope (2%, 6% i 15%) (slika 4.).

Za diskontnu stopu od 6%, minimalni troškovi životnog vijeka uređaja bit će postignuti za ukupnu godišnju energetske potrošnje od cca 450 kWh/god. Za nižu diskontnu stopu (2%), minimalni troškovi se pomiču prema nižim energetskej potrošnjama, dok se za diskontnu stopu od 15% minimalni troškovi pomiču prema višim energetskej potrošnjama. Za ovaj konkretni primjer je energetska potrošnja ispod 470 kWh/god. proglašena neprihvatljivom, jer se sve zainteresirane strane slažu da bi dodatnih 2,54 cm izolacijskog sloja sa svih strana hladnjaka radi smanjenja energetske po-



Slika 4. Rezultati analize perioda povrata investicija i troškova životnog vijeka kombiniranog hladnjaka s automatskim odleđivanjem za tri različite diskontne stope

trošnje onemogućilo uklapanje uređaja u prostore već postojećih kuhinja. Pretpostavka je bila da unutarnja zapremnina ostane ista uz povećanje izolacijskog sloja.

Za postizanje maksimalne energetske uštede, potrebno je izabrati standard koji propisuje maksimalnu dozvoljenu potrošnju iznad minimalnih troškova životnog vijeka sve dok postoji smanjenje troškova životnog vijeka u odnosu na polazni model uređaja.

B) Analize perioda povrata investicija

Period povrata investicija (eng. payback period, *PAY*) je razdoblje u kojem će se kroz smanjene operativne troškove kao posljedicu povećanja energetske efikasnosti vratiti dodatne investicije uložene u povećanje energetske efikasnosti (*PC*).

Period povrata investicija određuje se iz sljedeće jednakosti:

$$\Delta PC + \sum_1^{PAY} \Delta OC_i = 0 \quad (4)$$

gdje su:

- PC* – dodatne investicije uložene u povećanje energetske efikasnosti;
- OC* – operativni troškovi.

Općenito se može reći da se period povrata investicija određuje interpoliranjem između one dvije godine u kojima je gornji izraz promijenio predznak.

Ako se operativni troškovi mogu uzeti konstantnima izraz (4) prelazi u jednostavnu formulu:

$$PAY = -\frac{\Delta PC}{\Delta OC} \quad (5)$$

U tom se slučaju period povrata investicija može definirati kao omjer porasta prodajne cijene i troškova in-

stalacije (od polaznog slučaja do uvođenja standarda) i smanjenja godišnjih operativnih troškova (uključujući održavanje).

Ako je period povrata investicija (*PAY*) veći od životnog vijeka uređaja znači da povećana prodajna cijena nije pokrivena smanjenim operativnim troškovima.

Generalno se period povrata investicija može odrediti na dva osnovna načina:

1. iz inženjerskih analiza gdje se računa kumulativni period povrata investicija za svaki model uređaja u odnosu na polazni model;
2. klasifikacijom raznih modela (različitih konstrukcijskih opcija) u odnosu na polazni slučaj bez standarda.

Drugi način daje nešto duži period povrata investicija od prvog, jer su radi što boljeg odabira minimalne energetske efikasnosti koja će biti propisana standardom potencijalne razine standarda razmatrani samo oni modeli uređaja koji bi zbog prevelike energetske potrošnje bili eliminirani postavljanjem predložene razine standarda.

Pretpostavlja se da će potrošač čiji je prvi odabir modela uređaja eliminiran standardom, kupiti onaj model koji je najviše u skladu s predloženim standardom.

5.4. Nacionalne energetske uštede

Karakteristično je za Vladine institucije da prije donošenja standarda energetske efikasnosti žele biti upoznate s potencijalnim energetske uštedama predloženih standarda na nacionalnoj ili regionalnoj razini. Očekivana nacionalna energetska ušteda se određuje korištenjem raznih modela za planiranje potrošnje (mogu se koristiti i jednostavni tablični modeli

koji procjenjuju godišnju energetska potrošnju za različite scenarije). Procijenjene energetske uštede se, obično, dalje konvertiraju u smanjenje emisije CO₂ i drugih produkata izgaranja. Nadalje, provode se procjene smanjenja vršnog opterećenja, reduciranja uvoza energenata i izbjegavanja gradnje novih elektrana.

U SAD se za sektor kućanstva koristi Model za energetska potrošnja u kućanstvima, (*Residential Energy Model, LBL-REM*), a za javni sektor je u uporabi Model za potrošnju krajnjeg korisnika u javnim zgradama (*Commercial Energy End-Use Model, COMMEND*). Oba modela su razvijena u Nacionalnom laboratoriju Lawrence Berkeley, Sveučilišta u Kaliforniji.

LBL-REM model je program za prognoziranje potrošnje krajnjeg korisnika u stambenom sektoru koji se kontinuirano razvija od 1979. godine. Ovaj model, između ostalog, simulira koje bi uređaje dostupne na tržištu odabrala pojedina kućanstva, ponašanje korisnika i sukladno tome, energetska potrošnju.

Ulazni podaci obuhvaćaju:

- tehničke karakteristike uređaja i zgrada;
- ekonomske karakteristike (cijena energije, prihodi kućanstva, maloprodajna cijena uređaja, troškovi instalacije i održavanja, modeli odabira goriva i tehnologije i dr.);
- demografske karakteristike (broj postojećih i novih kućanstava prema tipu i uređajima koje posjeduju).

Model simulira pet tipova aktivnosti:

- odabir tehnologija i/ili goriva prilikom kupnje uređaja;
- odabir toplinske izolacije prilikom izgradnje ili rekonstrukcije stambenih zgrada i obiteljskih kuća;
- odabir energetske efikasnosti uređaja;
- ponašanje i navike korisnika uređaja;
- ekonomski parametri zgrade i uređaja.

Ukupna godišnja energetska potrošnja prema tipu energenta i kućanstva, na nacionalnoj, regionalnoj i drugim razinama određuje se u ovisnosti o 5 glavnih parametara:

- ukupnom broju kućanstava;
- udjelu kućanstava koji posjeduju promatrani uređaj u ukupnom broju kućanstava;
- energetska potrošnja uređaja;
- ponašanje i navikama korisnika;
- utjecaju toplinske izolacije stambene jedinice.

Posljednja dva parametra se primarno odnose na grijanje i hlađenje prostora.

Izlazni podaci obuhvaćaju nacionalnu energetska potrošnju prema krajnjem korisniku, tipu kućanstva (jedna obitelj, više obitelji i dr.), tipu energenta i prema godini (1980. – 2030.).

Ekonomski izlazni podaci obuhvaćaju godišnje izdatke za kupovinu uređaja i troškove za energiju.

Razlike između polaznog slučaja (bez standarda) i nakon donošenja standarda pokazuju stvarni utjecaj standarda na nacionalne energetske uštede, pri čemu polazni slučaj treba obuhvatiti utjecaj svih vladinih i nevladinih programa za poboljšanje energetske efikasnosti (DSM mjere, labeliranje, marketing i dr.) na prodaju energetske efikasne uređaja.

6. ZAKLJUČAK

Mjere povećanja energetske efikasnosti kućanskih uređaja i uredske opreme obuhvaćaju:

- standarde energetske efikasnosti;
- označavanje (labeliranje, od eng. labeling);
- upravljanje potrošnjom (eng. Demand Side Management – DSM).

U većini zemalja na snazi su standardi doneseni od strane relevantnih državnih institucija (mandatni standardi), ali je i sve više zemalja u kojima se standardi postavljaju konsenzusom zainteresiranih strana, a na poticaj proizvođača (Japan, Švicarska, Švedska i dr.) (sl. 1).

Generalni je zaključak da etabliranje i provedba standarda energetske efikasnosti u velikoj mjeri ovisi o snazi, razvijenosti i profilu domaćih proizvođača energetske opreme.

Iskustva u zemljama koje imaju standarde energetske efikasnosti pokazuju da njihovo donošenje i provedba imaju veliki ekonomski utjecaj, i to direktan na proizvođače uređaja i široku populaciju korisnika, a indirektan na proizvođače energije. Standardi energetske efikasnosti obvezuju proizvođače na usavršavanje energetske opreme, što rezultira smanjenjem potrošnje energije, reduciranjem emisija štetnih tvari, poboljšanjem radnih karakteristika uređaja, a u konačnici smanjuje potrebu za izgradnjom novih energetske kapaciteta.

Jedan od bitnih preduvjeta organizacije hrvatskog energetskeg sektora u skladu sa Zakonom o energiji je definiranje standarda energetske efikasnosti kućanskih i uredskih uređaja po uzoru na ISO i IEC standarde, usklađene s relevantnom regulativom Europske unije. 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 opreme energetske oznakama čiji oblik i sadržaj, ovisno o vrsti proizvoda, energetske zahtjevima i dr. propisuje Ministarstvo gospodarstva.

Definiranjem standarda energetske efikasnosti opreme postavljaju se jasni zahtjevi pred proizvođača, ali i uvoznike i prodavače opreme, koji svjesni relativno niskog životnog standarda prosječnog potrošača, pretvaraju Hrvatsku u veliko tržište neefikasne energetske opreme. Nadalje, donošenje standarda energetske efi-

kasnosti osigurava konkretnu financijsku pomoć Svjetske banke, Europske banke za obnovu i razvitak, Europske investicijske banke, Međunarodne banke za obnovu i razvitak, Međunarodnog udruženja za razvoj, Međunarodne financijske korporacije, Organizacije za razvoj i ekonomsku suradnju i Programa za okoliš Ujedinjenih naroda.

Iz brojnih se pokazatelja može zaključiti da je preuzimanje smjernica Europskog parlamenta o standardima energetske efikasnosti, energetskom označavanju i dr. jedan od važnijih koraka radi bržeg uključivanja Hrvatske u jedinstveno europsko tržište energetske opreme.

LITERATURA

- [1] National Appliance Energy Conservation Act, Public Law 100-12, March 17, 1987.
- [2] Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Technical Paper on Technologies, Policies and Measures for Mitigating Climate Change, IPCC, Geneva, 1996.
- [3] Resource Dynamics Corporation, Vienna, VA, USA, Financing worldwide electric power: can capital markets do the job? Final Report, April 1996.
- [4] The World Market for White Goods, Euromonitor, London, UK, 1998
- [5] Timothy Somheil, An atmosphere of growth, Appliance, November, 1996.
- [6] M. D. LEVINE, L. PRICE, N. MARTIN, "Energy and energy efficiency in buildings: a global analysis", Proc. 1996 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings Proceedings, Vol. 9, Energy and Environmental Policy
- [7] S. WEIL, N. MARTIN, M. D. LEVINE, "The role of building energy efficiency in managing atmospheric carbon dioxide", Proc. 1996 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings Proceedings, Vol. 9, Energy and Environmental Policy
- [8] I. TURIEL, J. KOLLAR, J. McMAHON, "Overview of International Energy Efficiency Standards for Appliances", Rep. to IEA, IEA, Paris, France, April, 1995.
- [9] B. LEBOT, P. WAIDE, "Refrigerators and freezers: market characteristics, energy use and standards harmonization", Rep. to IEA, Paris, France, April, 1995.
- [10] J. McMAHON, J. KOLLAR, M. PIETTE, "Office equipment: market characteristics, energy use and standards harmonization", Rep. to IEA, Paris, France, April, 1995.
- [11] I. TURIEL, S. HAKIM, "Consensus efficiency standards for refrigerators and freezers – providing engineering – economic analyses to aid the process", Proc. ACEEE Conference, Pacific Grove, CA, August, 1996.

IMPORTANCE OF ENERGY EFFICIENCY STANDARDS TO INCREASE NATIONAL ENERGY SAVINGS

In the paper experiences are shown as a verification of importance of appliances' and office equipment's energy efficiency standardisation in order to decrease energy consumption in apartments and public buildings on the national level. There is a special review of the importance of international and regional harmonisation of energy efficiency standards, energy labeling and test procedures. Furthermore, two basic approaches to energy efficiency standardisation are described: the statistical and the engineering-economic.

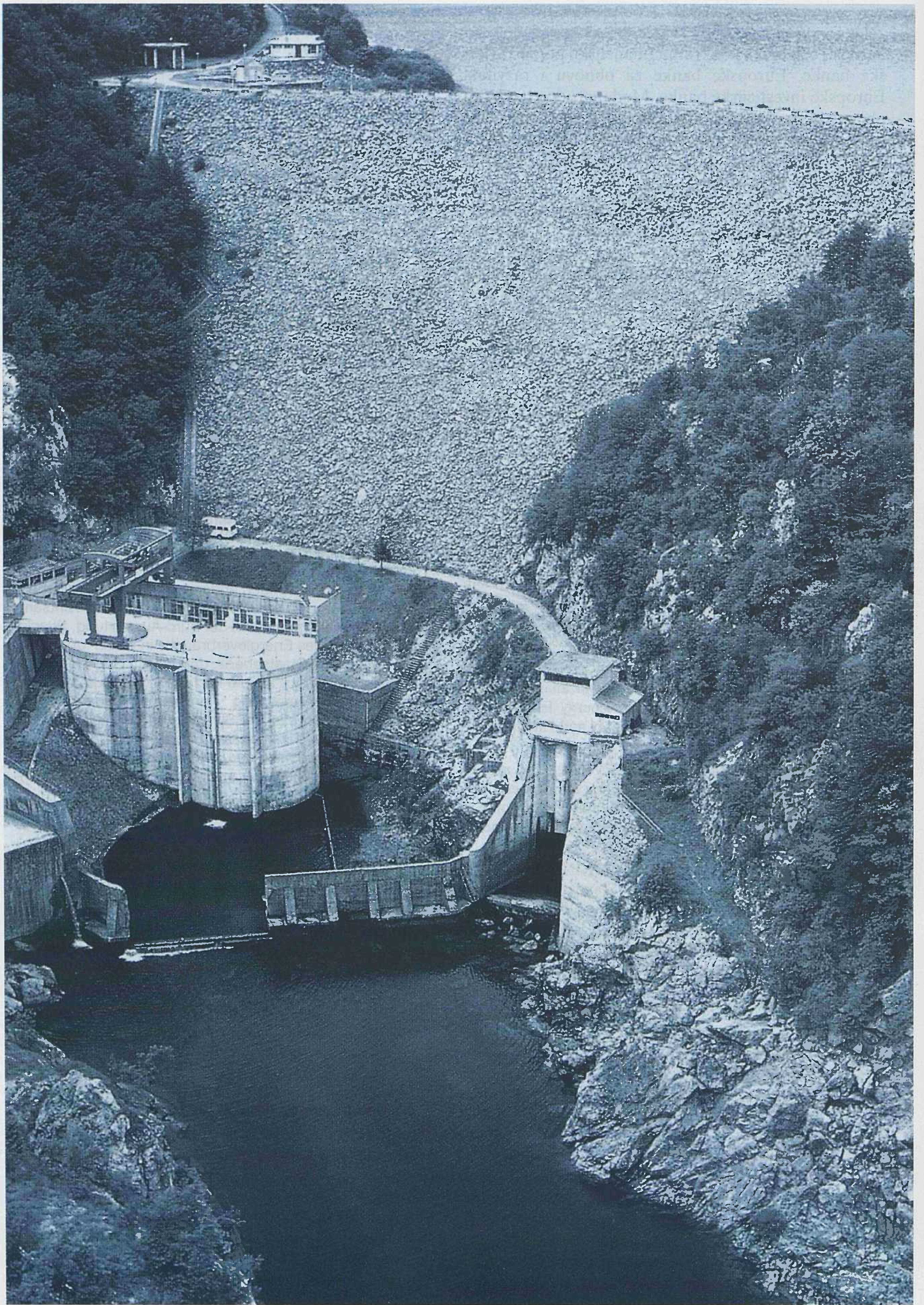
DIE BEDEUTUNG DER NORMIERUNG ENERGETISCHER WIRKSAMKEIT ZWECKS GRÖßERER ENERGETISCHER EINSPARUNGEN AUF DER STAATSEBENE

Im Artikel sind Erfahrungen anderer, als Beweis der Bedeutung der Einführung von Normen energetischer Wirksamkeit der Haushaltsgeräte und der Büro-Ausstattung, zwecks Einschränkung des Energieverbrauchs in Wohn- und Bürogebäuden auf der Staatsebene, dargestellt. Gegeben ist ein besonderer Rückblick auf die Wichtigkeit der Durchführung gegenseitlicher Anpassung der Normen energetischer Wirksamkeit, energetischer Symbole und Prüferfahren auf internationaler und regionaler Ebene. Beschrieben sind weiters zwei Grundsätze der Einführung der Normen energetischer Wirksamkeit: Der statistische und der technisch-wirtschaftliche.

Naslov pisca:

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

Uredništvo primilo rukopis:
2003 – 04 – 24.



PRORAČUN POKAZATELJA POUZDANOSTI TEHNIČKIH SUSTAVA UPOTREBOM MARKOVLJEVA PROCESA

Emil V i l e n i c a, Zagreb

UDK 621.31:519
STRUČNI ČLANAK

Uporaba metoda Markovljeva procesa koristi se za proračun pokazatelja pouzdanosti tehničkih sustava. Pokazatelji pouzdanosti tehničkih sustava su vjerojatnosti stanja u kojima se sustav može nalaziti, srednja vremena boravka sustava u tim stanjima i učestalost nastupanja tih stanja. U članku su objašnjene temeljne metode i postupci proračuna pokazatelja pouzdanosti tehničkih sustava uporabom Markovljeva procesa.

Ključne riječi: Markovljev proces, vjerojatnost stanja sustava, srednje vrijeme boravka u stanju sustava, učestalost nastupanja stanja sustava.

1. UVOD

Prilikom razmatranja tehničkih sustava često se javlja potreba za proračunom pokazatelja njihove pouzdanosti.

Iako ih postoji popriličan broj, jedna od učestalijih metoda koja se upotrebljava za proračun pokazatelja pouzdanosti je primjena Markovljeva procesa. Cilj ovoga članka je opisati Markovljev proces, te objasniti temeljne metode i postupke proračuna pokazatelja pouzdanosti tehničkih sustava njegovom uporabom. Članak se sastoji od tri poglavlja poredana tako da predstavljaju faze uporabe Markovljeva procesa, od uvodnih postavki do izračunavanja pokazatelja pouzdanosti.

2. DIJAGRAM PROSTORA STANJA SUSTAVA

Kvarovi u tehničkim sustavima su slučajni, odnosno stohastički događaji koji se mogu opisati Markovljevim procesima. Slikovni prikaz Markovljeva procesa, odnosno stohastičkih događaja koji se odvijaju u sustavu predstavljen je dijagramom prostora stanja sustava. Dijagram prostora stanja sustava sastoji se od stanja sustava i prijelaza među njima.

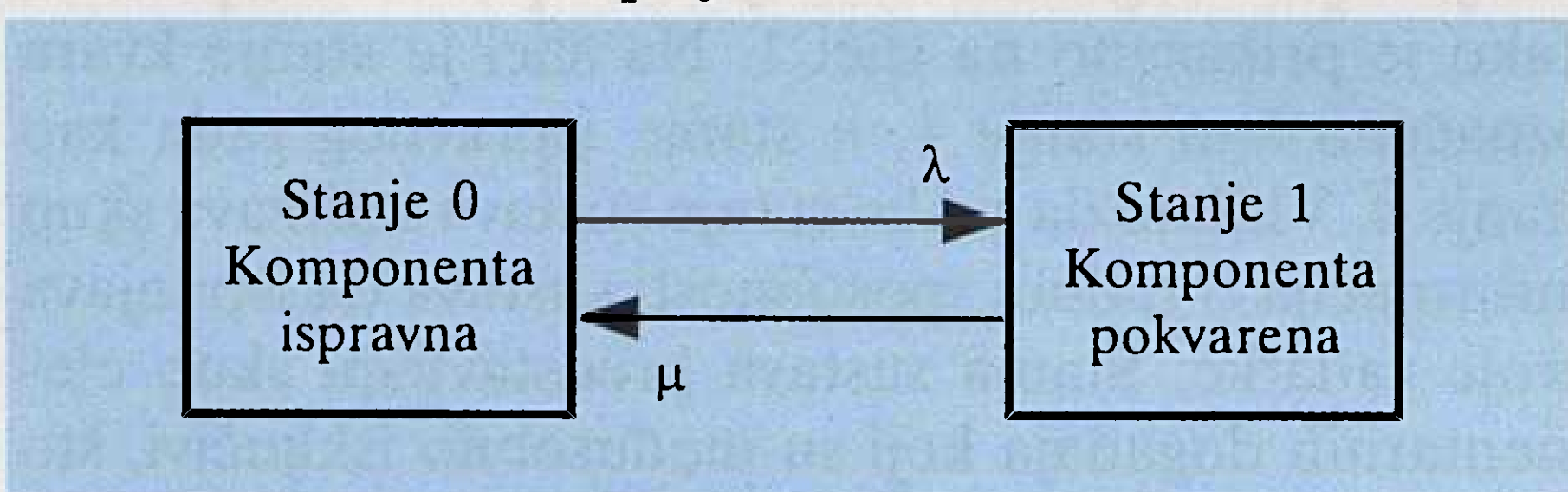
Prva faza crtanja dijagrama prostora stanja sustava je određivanje svih stanja sustava, odnosno svih stanja u kojima se sustav može nalaziti. Pritom stanje sustava predstavlja situaciju u kojoj se sustav može naći s obzirom na status raspoloživosti svojih komponenata. Jednostavnije rečeno, svako od stanja sustava predstavlja određenu situaciju u kojoj sustav možemo zateći s obzirom na pokvarenost i ispravnost njegovih komponenata. Na primjer, za sustav koji se sastoji od samo jedne

komponente, stanja u kojima se takav sustav može nalaziti su stanje kvara kada je komponenta pokvarena i stanje ispravnog rada kada je komponenta ispravna, kako je prikazano na slici 1. Na slici je stanje kvara označeno kao stanje 1, a stanje ispravnog rada kao stanje 0. Vidimo da svako stanje sustava sadržava skup informacija o radnoj sposobnosti sustava da ispunjava svoje zadatke. Stanja sustava predstavljaju skup elementarnih događaja koji su međusobno isključivi, što znači da se sustav ne može istodobno nalaziti u dva ili više stanja. U prikazanom slučaju sustava od jedne komponente, to znači da sustav ne može istodobno biti ispravan i pokvaren, što je i logično.

Drugi je korak u crtanju dijagrama prostora stanja crtanje prijelaza između pojedinih stanja. Logično je da sustav tijekom svog životnog vijeka neće uvijek boraviti u jednom te istom stanju, nego će pod utjecajem slučajnih događaja kvara i popravka mijenjati svoja stanja, odnosno prelaziti iz jednih stanja u druga. Prema tome, sustav se u nekom stanju zadržava onoliko dugo dok ga slučajan događaj kvara ili popravka ne prevede u drugo stanje, odnosno dok mu slučajan događaj ne promijeni osobine na taj način da prijeđe u drugo stanje. Zbog toga se može kazati da prijelazi između stanja predstavljaju putove, odnosno načine na koje sustav može prelaziti iz pojedinih stanja u neka druga. Drugačije rečeno, prijelazi između stanja povezuju pojedina stanja ukazujući time u koja stanja sustav može prijeći iz nekog stanja, odnosno iz kojih stanja sustav može dospjeti u neko stanje. U prikazanom primjeru sustava od jedne komponente zna se da se ona može pokvariti, odnosno prijeći iz stanja ispravnog rada 0 u stanje kvara 1. Taj je prijelaz prikazan strelicom iz stanja 0 u stanje 1 kako je prikazano na slici 1. Ukoliko se komponenta može popravljati, tada

nakon popravka pokvarene komponente sustav prelazi iz stanja 1 u stanje 0, a taj je prijelaz na slici 1 prikazan strelicom iz stanja 1 u stanje 0.

Iz života je poznato da se različite komponente različito brzo kvare, odnosno da se neke komponente kvare brže od drugih. Zbog toga nam je za cjelovit opis prijelaza potrebna veličina koja će biti mjera brzine kvara dotične komponente. Kao prikladna veličina koja opisuje brzinu kvara neke komponente uzeta je učestalost kvara. Ona predstavlja relativan broj kvarova, s obzirom na broj ispravnih komponenata, po vremenskom intervalu, pa po svojoj definiciji i nije ništa drugo nego brzina kvara. Kao mjera koja karakterizira brzinu kvara dotične komponente, na slici 1 je iznad strelice prijelaza iz stanja 0 u stanje 1 upisana vrijednost. Slično razmatranje može se provesti i za brzinu popravka dotične komponente, odnosno učestalost popravka. Ta veličina također predstavlja relativan broj popravaka, s obzirom na broj pokvarenih komponenata, po intervalu vremena. Na slici 1 ona je upisana kraj strelice prijelaza iz stanja 1 u stanje 0 kao veličina brzine popravka dotične komponente. Učestalost kvara komponente i učestalost popravka komponente nazivaju se zajedničkim imenom učestalosti prijelaza između pojedinih stanja sustava ili jednostavno učestalosti prijelaza.



Slika 1. Dijagram prostora stanja sustava od jedne popravljive komponente

Prema tome, kako bi se postigla bolja preglednost problema i jednostavan ispis sustava jednadžbi Markovljevog procesa poželjno je prvo nacrtati odgovarajući dijagram prostora stanja sustava i unijeti pripadajuće učestalosti prijelaza. U takav dijagram trebaju biti uključena sva odgovarajuća stanja u kojima se sustav može nalaziti, odnosno boraviti i svi mogući prijelazi između pojedinih stanja. Broj stanja i prijelaza ovisi o konkretnom sustavu, odnosno problemu koji se razmatra.

Iz svega navedenog slijedi da je izrada dijagrama prostora stanja sustava najvažnija faza rješavanja problema jer predstavlja slikovni prikaz problema, odnosno prevodi inženjersko znanje o radu sustava u matematički model na koji se zatim primjenjuju matematičke metode rješavanja Markovljevih procesa.

Prilikom izrade dijagrama prostora stanja sustava potrebno je vršiti inženjerske prosudbe, a za to je nužno potpuno i iscrpno razumijevanje fizikalnog ponašanja i logičkih operacija sustava, jer ne postoje nikakvi matematički modeli, pravila ili sheme koje bi to nadomjestile ili eliminirale. U ovom su članku predstavljene metode, odnosno matematički alati koji primijenjeni na dijagram

prostora stanja sustava omogućuju proračun osnovnih stohastičkih veličina sustava.

Treba naglasiti da se skup svih stanja u kojima sustav ispravno radi naziva stanje ispravnog rada sustava, a skup svih stanja u kojima je sustav pokvaren naziva se stanje kvara sustava. Stanje ispravnog rada sustava i stanje kvara sustava zajedničkim se imenom nazivaju opća stanja sustava. Za razliku od njih pojedinačna stanja sustava su ona koja tvore dijagram prostora stanja i u daljnjem se tekstu nazivaju jednostavno stanja sustava. Prema tome, može se reći da opće stanje sustava predstavlja skup takvih pojedinačnih stanja koja izazivaju jednake posljedice na sposobnost rada sustava.

Već ranije je spomenuto da svako od stanja sustava predstavlja određenu situaciju u kojoj se sustav može zateći. S obzirom da su stanja sustava, odnosno situacije u kojima se sustav može naći stohastički događaji, oni imaju određenu vjerojatnost. Stanja sustava su i međusobno isključivi događaji, pa je zbog toga vjerojatnost općeg stanja sustava jednaka zbroju vjerojatnosti pojedinačnih stanja koja ga sačinjavaju. Prema tome, vjerojatnost ispravnog rada sustava dobiva se zbrajanjem vjerojatnosti svih pojedinačnih stanja sustava u kojima sustav ispravno radi. Na istom se principu dobiva vjerojatnost kvara sustava.

Jasno je da, ovisno o mrežnoj strukturi sustava, postoji značajna razlika kako u izgledu dijagrama prostora stanja sustava, tako i u tome koja stanja predstavljaju ispravan rad, odnosno kvar sustava. Pod mrežnom strukturom sustava podrazumijeva se način spoja komponenata koje sačinjavaju sustav.

Broj stanja u dijagramu prostora stanja sustava raste s porastom broja komponenata sustava i porastom broja stanja u kojima pojedina komponenta sustava može boraviti. Za sustav od n paralelno spojenih komponenata od kojih svaka može poprimiti jedno od 2 moguća stanja, stanje ispravnog rada i stanje kvara komponente, dobiva se dijagram prostora stanja sustava u kojem broj stanja iznosi 2^n .

Očito je da veliki broj komponenata u sustavu, uzrokuje golem broj stanja u dijagramu prostora stanja sustava. Zbog toga je s dijagramom prostora stanja takvog sustava vrlo teško upravljati.

Dva su rješenja kojima se služimo u takvim slučajevima. Prvo se svodi na smanjenje broja stanja. Ovaj pristup se zasniva na upotrebi inženjerskih prosudbi temeljenih na iskustvu, kako bi se smanjio broj mogućih stanja sustava zanemarivanjem onih stanja koja imaju vrlo malu vjerojatnost događanja. Drugo rješenje svodi se na cijepanje sustava na dijelove, odnosno podsustave, koji se zatim analiziraju kao zasebne cjeline, odnosno sustavi. Nakon izračunavanja pokazatelja pouzdanosti podsustava crta se dijagram prostora stanja cijelog sustava u kojem se svaki podsustav predstavlja kao jedna komponenta. Pritom treba naglasiti da oba navedena principa spadaju u aproksimativne metode rješavanja.

3. VJEROJATNOSTI STANJA SUSTAVA

3.1. Opći pojmovi

U prethodnom odjeljku objašnjen je dijagram prostora stanja sustava koji predstavlja slikovni prikaz stohastičkog procesa koji se odvija u sustavu. Pri tome je spomenuto da svako stanje iz dijagrama prostora stanja ima pripadajuću vjerojatnost nastupanja, odnosno događanja. Drugim riječima, za svako stanje sustava postoji određena vjerojatnost da se sustav zatekne u njemu. Jedan od temeljnih pokazatelja pouzdanosti sustava upravo su vjerojatnosti nastupanja pojedinih stanja sustava. Zbog toga će se u ovom poglavlju prikazati metode izračunavanja vjerojatnosti stanja sustava.

S obzirom da će se stohastički proces unutar sustava, odnosno stohastičko ponašanje sustava opisivati Markovljevim procesom, prije svega je potrebno objasniti temeljne osobine Markovljeva procesa. Pritom je potrebno naglasiti da će se opisati samo najnužniji pojmovi i osobine Markovljevog procesa koji su prijeko potrebni za razumijevanje i uporabu istog.

Markovljev proces pripada stohastičkim procesima koji se mogu opisati dvjema slučajnim veličinama. To su, kako se i ranije moglo naslutiti, stanje sustava i vrijeme promatranja sustava. Svaka od spomenutih slučajnih veličina može biti diskretna ili kontinuirana. U slučaju Markovljeva procesa radi se o stohastičkom procesu kod kojeg su stanja sustava diskretna, a vrijeme promatranja kontinuirano.

Općenito za stohastičke procese vrijedi da vjerojatnost boravka sustava u danom trenutku u nekom od svojih stanja ovisi o povijesti procesa, odnosno o ponašanju sustava od početka procesa pa do promatranog trenutka.

Jedna od najbitnijih osobina Markovljevog procesa, koja ga izdvaja od ostalih stohastičkih procesa, jest ta da vjerojatnost boravka sustava X u nekom stanju j u trenutku $t + \Delta t$ ovisi samo o stanju i u kojem je sustav boravio u trenutku t , a ne ovisi o tome u kojim je stanjima sustav boravio prije trenutka t .

Zbog te osobine Markovljevih procesa od goleme važnosti postaje prijelazna vjerojatnost p_{ij} . To je vjerojatnost da će sustav X koji je u trenutku t boravio u stanju i , u trenutku $t + \Delta t$ boraviti u stanju j , odnosno može se pisati

$$P(X(t + \Delta t) = j / X(t) = i) = p_{ij} \quad (1)$$

U daljnjem će se radu s Markovljevim procesima smatrati da se sve komponente sustava nalaze unutar korisnog životnog perioda, odnosno unutar faze normalnog rada. U tom dijelu životnog vijeka komponente učestalosti kvara i popravka komponenata su konstantni, odnosno vjerojatnosti kvara i popravka komponente predstavljene su eksponencijalnom razdiobom. To znači da je funkcija gustoće razdiobe vjerojatnosti kvara komponente

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2)$$

a funkcija razdiobe vjerojatnosti kvara komponente

$$Q(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (3)$$

Ako je komponenta s eksponencijalnom razdiobom kvara ispravno radila do trenutka t , može se pokazati da vjerojatnost da će se komponenta pokvariti u idućem intervalu Δt iznosi

$$Q(\Delta t) = 1 - e^{-\lambda \Delta t} = 1 - \left[1 - \lambda \Delta t + \frac{(\lambda \Delta t)^2}{2!} - \frac{(\lambda \Delta t)^3}{3!} + \dots \right] \quad (4)$$

Slučajni događaj popravka komponente također je opisan eksponencijalnom razdiobom, pa se odgovarajuće funkcije popravka komponente dobivaju tako da se u jednadžbama 2, 3 i 4 učestalost kvara λ zamijeni s učestalošću popravka μ .

Prema tome, odabirom dovoljno malenog intervala Δt , viši članovi reda u jednadžbi 4 mogu se zanemariti, pa veličina $\lambda \Delta t$ predstavlja vjerojatnost kvara komponente unutar intervala $(t, t + \Delta t)$ uz uvjet da je do trenutka t komponenta radila ispravno.

Ako sa λ_{ij} označimo učestalost prijelaza iz stanja i u stanje j , prijelazna vjerojatnost p_{ij} može se pisati kao

$$P(X(t + \Delta t) = j / X(t) = i) = \lambda_{ij} \Delta t = p_{ij}(\Delta t) \quad (5)$$

Vidi se da za sustave čije komponente imaju konstantne učestalosti kvara i popravka, uz odabir dovoljno malenog intervala Δt dobivamo prijelaznu vjerojatnost koja ne ovisi o trenutku promatranja t nego samo o duljini vremenskog intervala Δt .

Markovljevi procesi kod kojih prijelazne vjerojatnosti ne ovise trenutku promatranja t , nego samo o duljini vremenskog intervala Δt između dvaju trenutaka, nazivaju se homogeni Markovljevi procesi. Ta se homogenost Markovljeva procesa postigla uz pretpostavku konstantnih učestalosti kvara i popravka komponenata i odabir dovoljno malenog intervala Δt . Stoga to treba imati na umu, s obzirom da će se u daljnjim razmatranjima za opis stohastičkih procesa u sustavima koristiti upravo homogeni Markovljevi procesi.

Postoji još jedna bitna pretpostavka koja će se upotrebljavati pri izvodu, odnosno raspisivanju jednadžbi Markovljeva procesa. Ona je već ranije spomenjana, a i u skladu je s prethodnim pretpostavkama. Ta pretpostavka podrazumijeva da je vremenski interval Δt uzet dovoljno malen, odnosno toliko malen da je za vrijeme njegova trajanja vjerojatnost događanja dvaju ili više prijelaza jednaka nuli.

Takva se pretpostavka može i matematički opravdati s obzirom da se za prijelaznu vjerojatnost događanja dvaju prijelaza unutar intervala Δt dobiva umnožak $\lambda \Delta t \cdot \lambda \Delta t = \lambda^2 (\Delta t)^2$. Taj umnožak predstavlja infinitezimalnu veličinu drugog reda koja se može zanemariti.

Ta pretpostavka ne znači da se ne može zbiti događaj koji za posljedicu ima isključenje dvaju ili više komponenata sustava. Drugim riječima, zanemarivanje događanja dvaju događaja unutar intervala Δt , nema nikakve veze s kvarom više komponenata uslijed jednog događaja, odnosno zajedničkog uzroka.

3.2. Izračunavanje vremenski ovisnih vjerojatnosti stanja sustava

Za sustav od jedne popravljive komponente dijagram prostora stanja prikazan je na slici 1. Neka za spomenuti sustav vrijede sljedeće oznake:

$P_0(t)$ – vjerojatnost da je u trenutku t komponenta ispravna

$P_1(t)$ – vjerojatnost da je u trenutku t komponenta pokvarena

t – interval vremena dovoljno malen da se unutar njega ne mogu dogoditi dva ili više prijelaza.

Postoje dva moguća načina da se komponenta u trenutku $t+\Delta t$ zatekne u ispravnom stanju. Prvi način pretpostavlja da je u trenutku t komponenta bila ispravna i da se tijekom intervala Δt nije pokvarila. Drugi pak način pretpostavlja da je u trenutku t komponenta bila pokvarena i da je završetak njenog popravka nastao unutar intervala Δt . Dva spomenuta načina zatjecanja sustava u ispravnom stanju u trenutku $t+\Delta t$ predstavljaju dva međusobno isključiva događaja.

Zbog toga se vjerojatnost zatjecanja sustava u ispravnom stanju u trenutku $t+\Delta t$ dobiva zbrajanjem vjerojatnosti događanja dvaju spomenutih načina, odnosno

[Vjerojatnost boravka komponente u ispravnom stanju u trenutku $t+\Delta t$] =

[Vjerojatnost da je komponenta bila ispravna u trenutku t i nije se pokvarila unutar intervala Δt] + [Vjerojatnost da je komponenta bila pokvarena u trenutku t i da je završetak popravka nastao unutar intervala Δt]

S obzirom na prikazani dijagram prostora stanja sustava na slici 1 i uvođenjem pojmova opisanih u prethodnom odjeljku, gore navedena jednadžba može se prikazati u sljedećem matematičkom obliku

$$P_0(t+\Delta t) = P_0(t)(1-\lambda\Delta t) + P_1(t)(\mu\Delta t) \quad (6a)$$

Na istom principu može se napisati jednadžba za vjerojatnost boravka komponente u pokvarenom stanju u trenutku $t+\Delta t$

$$P_1(t+\Delta t) = P_1(t)(1-\mu\Delta t) + P_0(t)(\lambda\Delta t) \quad (6b)$$

Ako jednadžbe 6 razmatranog sustava od jedne popravljive komponente prikažemo u matričnoj formi dobiva se

$$\begin{bmatrix} P_0(t+\Delta t) & P_1(t+\Delta t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_0(t) & P_1(t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1-\lambda\Delta t & \lambda\Delta t \\ \mu\Delta t & 1-\mu\Delta t \end{bmatrix} \quad (7)$$

Korištenjem simbola matrični se izraz može zapisati još kraće, odnosno

$$\mathbf{P}(t+\Delta t) = \mathbf{P}(t) \times \mathbf{P}_{ij}(\Delta t) \quad (8)$$

Pri tome $\mathbf{P}(t+\Delta t)$ označava vektor vremenski ovisnih vjerojatnosti stanja u trenutku $t+\Delta t$, a $\mathbf{P}(t)$ označava vektor vremenski ovisnih vjerojatnosti stanja u trenutku t . Elementi matrice $\mathbf{P}_{ij}(\Delta t)$ predstavljaju vjerojatnosti prijelaza sustava iz stanja i u stanje j unutar intervala t . Zbog toga se matrica $\mathbf{P}_{ij}(\Delta t)$ naziva stohastička matrica prijelaznih vjerojatnosti. Dijagonalni ele-

menti matrice također se nazivaju prijelaznim vjerojatnostima iako predstavljaju vjerojatnost ostanka sustava u stanju i unutar intervala t . Za stohastičku matricu prijelaznih vjerojatnosti je karakteristično da joj je suma svih elemenata bilo kojeg retka jednaka jedan. Drugim riječima, suma svih vjerojatnosti prijelaza iz nekog stanja sustava, uključujući i vjerojatnost ostanka sustava u tom stanju, jednaka je jedan zbog toga što sustav unutar intervala t mora ili napustiti promatrano stanje ili ostati u njemu.

Ako se sa λ_{ij} označi učestalost prijelaza iz stanja i u stanje j , tada se za stohastičku matricu prijelaznih vjerojatnosti sustava od n stanja općenito može pisati da je

$$\mathbf{P}_{ij}(\Delta t) = \begin{bmatrix} 1 - \sum_{j=2}^n \lambda_{1j}\Delta t & \cdots & \lambda_{1i}\Delta t & \cdots & \lambda_{1n}\Delta t \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \lambda_{i1}\Delta t & \cdots & 1 - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \lambda_{ij}\Delta t & \cdots & \lambda_{in}\Delta t \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \lambda_{n1}\Delta t & \cdots & \lambda_{ni}\Delta t & \cdots & 1 - \sum_{j=1}^{n-1} \lambda_{nj}\Delta t \end{bmatrix} \quad (9)$$

Dijeljenjem jednadžbe 6a sa Δt i sređivanjem izraza dobiva se

$$\frac{P_0(t+\Delta t) - P_0(t)}{\Delta t} = -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t) \quad (10)$$

Neka se uzme da je interval Δt infinitezimalno mali, odnosno neka se pusti da interval $\Delta t \rightarrow 0$. Tada granična vrijednost, odnosno limes lijeve strane jednadžbe postaje prva derivacija vjerojatnosti stanja 0 u trenutku t .

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_0(t+\Delta t) - P_0(t)}{\Delta t} = \frac{dP_0(t)}{dt} = P_0'(t) \quad (11)$$

Uzevši to u obzir sada se može jednadžba 6a napisati u sljedećem obliku

$$P_0'(t) = -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t) \quad (12a)$$

Po istom principu za jednadžbu 6b dobiva se sljedeći izraz

$$P_1'(t) = -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t) \quad (12b)$$

Osim stohastičke matrice prijelaznih vjerojatnosti, javlja se još jedna matrica bitna za Markovljeve procese. Ta se matrica dobiva ispisivanjem diferencijalnih jednadžbi Markovljeva procesa u matričnom obliku.

Ako diferencijalne jednadžbe 12 razmatranog sustava od jedne popravljive komponente prikažemo u matričnoj formi dobiva se

$$\begin{bmatrix} P_0'(t) & P_1'(t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_0(t) & P_1(t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\lambda & \lambda \\ \mu & -\mu \end{bmatrix} \quad (13)$$

Korištenjem simbola matrični se izraz može zapisati još kraće, odnosno

$$\mathbf{P}'(t) = \mathbf{P}(t) \times \Lambda_{ij} \quad (14)$$

Pri tome $\mathbf{P}'(t)$ označava vektor prve derivacije vremenski ovisnih vjerojatnosti stanja u trenutku t , a $\mathbf{P}(t)$ označava vektor vremenski ovisnih vjerojatnosti stanja

u trenutku t . Izvandijagonalni elementi matrice Λ_{ij} predstavljaju učestalosti prijelaza sustava iz stanja i u stanje j . Zbog toga se matrica Λ_{ij} naziva matrica učestalosti prijelaza. Dijagonalni element matrice Λ_{ij} u nekom retku predstavlja negativnu sumu svih učestalosti prijelaza u tom retku.

Za matricu učestalosti prijelaza je karakteristično da joj je suma svih elemenata bilo kojeg retka jednaka nuli.

Ako se sa Λ_{ij} označi učestalost prijelaza iz stanja i u stanje j , tada se za matricu učestalosti prijelaza sustava od n stanja općenito može pisati da je

$$\ddot{E}_{ij} = \begin{bmatrix} -\sum_{j=2}^n \lambda_{1j} & \cdots & \lambda_{1i} & \cdots & \lambda_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \lambda_{i1} & \cdots & -\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \lambda_{ij} & \cdots & \lambda_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \lambda_{n1} & \cdots & \lambda_{ni} & \cdots & -\sum_{j=1}^{n-1} \lambda_{nj} \end{bmatrix} \quad (15)$$

Jednadžbe 12 su linearne diferencijalne jednadžbe s konstantnim koeficijentima. Postoje brojni načini pomoću kojih se takve jednadžbe mogu riješiti, ali jedna od najlakših i najčešće korištenih metoda je Laplaceova transformacija.

U svakom slučaju za vremenski ovisne vjerojatnosti stanja sustava dobivaju se sljedeći izrazi

$$P_0(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} [P_0(0) + P_1(0)] + \frac{e^{-(\lambda + \mu)t}}{\lambda + \mu} [\lambda P_0(0) - \mu P_1(0)] \quad (16a)$$

$$P_1(t) = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} [P_0(0) + P_1(0)] + \frac{e^{-(\lambda + \mu)t}}{\lambda + \mu} [\mu P_1(0) - \lambda P_0(0)] \quad (16b)$$

Pri tom $P_0(0)$ i $P_1(0)$ označavaju početne vjerojatnosti stanja, odnosno vjerojatnosti stanja u trenutku $t=0$.

3.3. Izračunavanje stacionarnih vjerojatnosti stanja sustava

U prethodnom odjeljku izračunate su vremenski ovisne vjerojatnosti stanja sustava. Može se primijetiti da su vremenski ovisne vjerojatnosti stanja sačinjene od konstantnog (vremenski neovisnog) člana i vremenski ovisnog člana. Vremenski ovisni član je eksponencijalna funkcija vremena i njegova vrijednost opada s porastom vremena. Drugim riječima, vremenski ovisni član iščezava kada vrijeme t teži u beskonačnost. Zbog toga vjerojatnost stanja s porastom vremena t teži konstantnoj vrijednosti. Granična vrijednost, odnosno limes vjerojatnosti stanja kada vrijeme teži u beskonačnost, naziva se stacionarna vjerojatnost stanja. Ili drugačije rečeno, stacionarna vjerojatnost stanja je vjerojatnost stanja u trenutku $t=\infty$. Općenito vrijedi da vrijednosti stacionarnih vjerojatnosti stanja

sustava ne ovise o početnim uvjetima procesa, odnosno o vjerojatnostima stanja sustava u početnom trenutku.

Velika većina procesa, kao što su procesi u elektroenergetskim sustavima, odvijaju se „dovoljno dugo” tako da vremenski ovisna vjerojatnost stanja za „relativno kratko vrijeme” doseže takvu vrijednost da razlika između nje i vrijednosti stacionarne vjerojatnosti stanja postaje praktično zanemariva. Prema tome, ako se izuzme kratak početni period trajanja prijelaznih pojava, tada se može u gotovo cijelom vremenskom području promatranja sustava vremenski ovisna vjerojatnost stanja gotovo potpuno točno aproksimirati vrijednošću stacionarne vjerojatnosti stanja. Općenito je duljina trajanja početnog perioda prijelaznih pojava kraća za veće vrijednosti intenziteta prijelaza.

Za ergodične sustave s konačnim učestalostima prijelaza stacionarne vjerojatnosti svih stanja su različite od nule.

Sustav je ergodičan ukoliko postoje takvi prijelazi između pojedinih stanja sustava koji omogućavaju da sustav iz svakog svog stanja može doći u svako od preostalih stanja sustava, bilo direktnim prijelazom, bilo indirektno, odnosno prijelazima preko drugih stanja. Ergodičnost sustava se može definirati i kao karakteristika sustava da unutar njegova dijagrama prostora stanja ne postoji stanje ili skup stanja koji se ne mogu napustiti nakon što sustav u njih dospije. Takvo stanje sustava, koje se ne može napustiti naziva se apsorpcijsko stanje. Može se reći i obratno, da nakon ulaska u apsorpcijsko stanje sustav u njemu ostaje boraviti cijelo vrijeme.

Postoji više metoda izračunavanja stacionarnih vjerojatnosti stanja. Jedna je od njih ta da se prvo izračunaju vremenski ovisne vjerojatnosti stanja, a zatim se traži granična vrijednost, odnosno limes tih vjerojatnosti kada vrijeme t teži u beskonačnost.

Druga, još jednostavnija metoda izračunavanja stacionarnih vjerojatnosti stanja zasniva se na uporabi matrice učestalosti prijelaza, odnosno jednadžbe 14. Za izračunavanje stacionarnih vjerojatnosti stanja sustava na ovaj način nije potrebno prethodno izračunavanje vremenski ovisnih vjerojatnosti stanja. Ako se pusti da vrijeme t teži u beskonačnost tada vremenski ovisne vjerojatnosti stanja asimptotski teže konstantnim vrijednostima, odnosno stacionarnim vjerojatnostima stanja. Zbog toga prve derivacije vremenski ovisnih vjerojatnosti stanja teže nuli. Primjenom tog zaključka na jednadžbu 14 dobiva se sljedeći izraz

$$\mathbf{0} = \mathbf{P} \times \Lambda_{ij} \quad (17)$$

Stacionarne vjerojatnosti stanja sustava mogu se dobiti i sljedećim razmatranjem. S obzirom da stacionarne vjerojatnosti stanja sustava imaju konstantne vrijednosti, one ne ovise o promjeni vremena t . To znači da vektor stacionarnih vjerojatnosti stanja ostaje nepromijenjen kada se množi sa stohastičkom matricom prijelaznih vjerojatnosti. Ako se s \mathbf{P} označi vektor sta-

cionarnih vjerojatnosti stanja sustava, tada se jednadžba 8 može napisati kao

$$P = P \times P_{ij}(\Delta t) \quad (18)$$

Raspisivanjem jednadžbi 18 u eksplicitnom obliku, i njihovim sređivanjem dobivaju se jednadžbe 17, pa se prema tome spomenuto razmatranje opet svodi na prethodnu metodu.

Prema tome, korištenjem matrice učestalosti prijelaza direktno se dobiva sustav jednadžbi za izračunavanje stacionarnih vjerojatnosti stanja. Sustav jednadžbi 17 predstavlja sustav od n linearnih jednadžbi s n nepoznanica. Međutim, svih n jednadžbi nije međusobno linearno nevisno, nego je samo $n-1$ jednadžba linearno nevisna. Drugim riječima, nedostaje jedna jednadžba da bi se izračunale stacionarne vjerojatnosti stanja.

S obzirom da se sustav u svakom trenutku mora nalaziti u jednom od svojih stanja slijedi da u svakom trenutku, pa i u trenutku $t=\infty$, zbroj vjerojatnosti svih stanja sustava mora biti jednak jedan. To znači da za sustav od n stanja, za bilo koji odabrani trenutak t , vrijedi da je

$$\sum_{i=1}^n P_i(t) = 1 \quad (19)$$

Ako se za trenutak promatranja uzme $t=\infty$, vjerojatnosti stanja su stacionarne, pa slijedi da zbroj stacionarnih vjerojatnosti svih stanja mora biti jednak jedinici. Prema tome, općenito se za sustav od n stanja može pisati da je

$$\sum_{i=1}^n P_i = 1 \quad (20)$$

Ta je jednadžba linearno neovisna sa svim ostalim jednadžbama. Zbog toga treba bilo koju jednadžbu sustava 17 zamijeniti s jednadžbom koja izražava da je zbroj stacionarnih vjerojatnosti svih stanja jednak jedan. Drugim riječima, bilo koji stupac matrice prijelaznih intenziteta treba zamijeniti s jediničnim stupcem, odnosno stupcem u kojemu svi elementi imaju vrijednost jedan, a nulu njemu odgovarajućeg stupca u vektoru s lijeve strane treba također zamijeniti s jedinicom. Ubacivanjem spomenute jednadžbe umjesto bilo koje od n linearnih jednadžbi iz sustava 17, dobiva se sustav od n linearno neovisnih jednadžbi s n nepoznanica, čije se rješavanje može provesti jednom od mnogobrojnih matematičkih metoda.

Bez obzira na metodu rješavanja, za stacionarne vjerojatnosti stanja sustava od jedne popravljive komponente dobiva se

$$P_0 = P_0(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} P_0(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \quad (21a)$$

$$P_1 = P_1(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} P_1(t) = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \quad (21b)$$

Spomenuto je da će se pri opisu Markovljeva procesa razmatrati sustavi čije komponente imaju konstantne učestalosti prijelaza. Drugim riječima, za sve kompo-

nente sustava vrijede eksponencijalne razdiobe kvara i popravka. Može se pokazati da je za komponentu s eksponencijalnom razdiobom kvara očekivano, odnosno srednje vrijeme do kvara komponente inverzna vrijednost učestalosti kvara.

$$E(T) = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} t \lambda e^{-\lambda t} dt = 1/\lambda \quad (22)$$

Isto tako vrijedi da komponenta s eksponencijalnom razdiobom popravka ima očekivano, odnosno srednje vrijeme do popravka jednako inverznoj vrijednosti učestalosti popravka. Ako s $MTTF$ i m označimo srednje vrijeme do kvara, a sa $MTTR$ i r srednje vrijeme do popravka komponente, za komponente sustava slijedi da je

$$MTTF = m = 1/\lambda \quad (23a)$$

$$MTTR = r = 1/\mu \quad (23b)$$

Supstitucijom jednadžbi 23 u jednadžbe 21 za stacionarne vjerojatnosti stanja sustava od jedne popravljive komponente dobiva se da je

$$P_0 = \frac{m}{m+r} \quad (24a)$$

$$P_1 = \frac{r}{m+r} \quad (24b)$$

Vidi se, a to vrijedi i općenito da stacionarna vjerojatnost stanja predstavlja omjer srednjeg vremena boravka u dotičnom stanju i zbroja srednjeg vremena boravka u dotičnom stanju i srednjeg vremena boravka izvan njega.

U slučaju sustava od jedne popravljive komponente, srednje vrijeme do kvara komponente predstavlja i srednje vrijeme boravka sustava u ispravnom stanju, a srednje vrijeme do popravka komponente ujedno je i srednje vrijeme boravka sustava u stanju kvara. Zbog toga su stacionarne vjerojatnosti stanja sustava od jedne popravljive komponente izražene pomoću srednjih vremena do kvara i popravka komponente. Međutim, općenito ne vrijedi da je srednje vrijeme boravka sustava u nekom od svojih stanja jednako srednjem vremenu do kvara ili do popravka komponente. Računanje srednjih vremena boravka u stanjima sustava detaljnije će biti opisano u kasnijim odjeljcima.

Općenito se može reći da je pouzdanost komponente (ili sustava) matematička vjerojatnost da će komponenta (ili sustav) zadovoljavajuće, odnosno ispravno raditi tijekom predviđenog vremenskog razdoblja uz definirane radne uvijete. Jednostavnije rečeno, pouzdanost komponente (ili sustava) je vjerojatnost ispravnog rada komponente (ili sustava) tijekom vremena t uz uvjet da je komponenta (ili sustav) u trenutku $t=0$ započela rad u ispravnom stanju.

Za razliku od pouzdanosti, raspoloživost komponente (ili sustava) predstavlja vjerojatnost ispravnog rada komponente (ili sustava) u trenutku t , odnosno to je vremenski ovisna vjerojatnost stanja ispravnog rada komponente (ili sustava). Općenito se može kazati da

raspoloživost predstavlja matematičku vjerojatnost da će komponenta (ili sustav) zadovoljavajuće, odnosno ispravno raditi u trenutku promatranja t .

Granična vrijednost raspoloživosti kada vrijeme t teži u beskonačnost naziva se stacionarna ili granična raspoloživost.

Dakle, očita je razlika između pojmova pouzdanosti i raspoloživosti. Raspoloživost predstavlja vjerojatnost ispravnog rada u promatranom trenutku t , dok pouzdanost predstavlja vjerojatnost ispravnog rada tijekom vremenskog intervala t .

Slična se pojmovna veza može povući između nepouzdanosti i neraspoločivosti.

3.4. Numerička metoda izračunavanja vremenski ovisnih vjerojatnosti stanja

Ova metoda služi za izračunavanje vremenski ovisnih vjerojatnosti stanja, a temelji se na primjeni jednadžbe 8. Princip izrade stohastičke matrice prijelaznih vjerojatnosti prikazan je izrazom 9.

Pri tom se za veličinu intervala vremena Δt treba izabrati takva vrijednost da je vjerojatnost događanja dvaju ili više prijelaza između stanja sustava tijekom vremenskog intervala Δt zanemariva. Naravno da izbor vrijednosti Δt zahtijeva temeljito poznavanje sustava koji se analizira, odnosno poznavanje učestalosti prijelaza u njemu. Zbog toga je i logično da nema nekih općih pravila pri izboru vrijednosti Δt , a koja su primjenjiva na sve sustave.

Nakon što se u stohastičku matricu prijelaznih vjerojatnosti uvrste numeričke vrijednosti intervala vremena Δt i učestalosti prijelaza, vremenski ovisne vjerojatnosti stanja u trenutku t dobiju se množenjem vektora vjerojatnosti stanja u trenutku $t=0$ sa stohastičkom matricom prijelaznih vjerojatnosti dignutom na n -tu potenciju, gdje n predstavlja višekratnik intervala vremena Δt u promatranom vremenu t , odnosno $n = \Delta t / t$. Dakle, vremenski ovisne vjerojatnosti stanja sustava u trenutku t dobivaju se upotrebom jednadžbe

$$P(t + \Delta t) = P(t) \times P_{ij}(\Delta t) = P(0) \times P_{ij}^{n+1}(\Delta t) \quad (25)$$

gdje je $n = \Delta t / t$.

S obzirom da za proračun vremenski ovisnih vjerojatnosti matricu prijelaznih vjerojatnosti treba samu sa sobom pomnožiti n puta, slijedi da broj matematičkih operacija postaje to veći što je izabrana vrijednost intervala Δt manja u odnosu na period t u kojem se promatra sustav. Međutim, za manju vrijednost intervala Δt točnost dobivenih rezultata je veća.

Ako se za određeni razmatrani sustav pojavi nesigurnost pri izboru vrijednosti Δt , preporuča se napraviti prvu procjenu Δt i izračunati vremenski ovisne vjerojatnosti stanja za tu odabranu vrijednost Δt . Zatim se uzima manja vrijednost Δt i vrši se novi proračun vremenski ovisnih vjerojatnosti stanja sustava. Nakon

toga obavlja se usporedba vremenski ovisnih vjerojatnosti stanja dobivenih prvom i drugom procjenom. Ukoliko su odstupanja između dobivenih rezultata unutar zadovoljavajuće tolerancije, vrijednost intervala t je pravilno izabrana i proces se prekida, a rezultati dobiveni drugom procjenom, odnosno onom sa smanjenom vrijednošću intervala Δt uzimaju se kao konačni rezultati.

Ako su odstupanja između prve i druge procjene vrijednosti intervala Δt veća od zadovoljavajuće tolerancije obavlja se treća procjena intervala Δt i to na taj način da se za vrijednost Δt izabere još manja vrijednost od prethodne druge procjene. Zatim se uspoređuju rezultati dobiveni drugom i trećom procjenom intervala Δt . Postupak je iterativan i nastavlja se smanjivanjem vrijednosti Δt sve dok odstupanja rezultata dobivenih za dvije susjedne procjene intervala ne budu unutar zadovoljavajuće tolerancije. S obzirom da su rezultati točniji što je izabrani interval Δt manji, uvijek se nakon završetka iteracije kao konačni rezultati uzimaju oni dobiveni s najmanjom vrijednošću intervala Δt .

Svaka iduća procjena intervala Δt mora biti značajno smanjena u odnosu na prethodnu kako bi se osjetila eventualna odstupanja vremenski ovisnih vjerojatnosti zbog prevelike vrijednosti Δt . Naravno da je za očekivati ako se vrijednost Δt beznačajno smanji da će i odstupanja između rezultata biti malena. Isto tako bitno je napomenuti da izbor veličine odstupanja, odnosno zadovoljavajuće tolerancije, nakon koje se prekida iterativni postupak ovisi o željenoj preciznosti koja se namjerava postići.

S obzirom da velik broj matematičkih operacija za današnja računala ne predstavlja osobit problem, ova je metoda postala izrazito brza i mnogo jednostavnija nego metoda rješavanja diferencijalnih jednadžbi Laplaceovom transformacijom, posebice za složenije sustave. Prema tome, korištenjem ove metode i digitalnog računala, uz razuman izbor vrijednosti intervala Δt , dobivaju se rezultati sa savršeno prihvatljivom preciznošću za sve praktične primjene.

3.5. Proračun pouzdanosti sustava s popravljivim komponentama

Kao što je već rečeno, pouzdanost sustava predstavlja vjerojatnost boravka sustava u stanjima ispravnog rada sustava tijekom cijelog vremenskog intervala t . Drugim riječima, pouzdanost sustava je vjerojatnost da sustav neće ući u niti jedno stanje kvara sustava tijekom vremenskog intervala t . Za razliku od pouzdanosti sustava, zbroj vremenski ovisnih vjerojatnosti stanja ispravnog rada sustava predstavlja vjerojatnost ispravnog rada sustava u trenutku t . Zbog toga se vremenski ovisne vjerojatnosti stanja sustava ne mogu iskoristiti za proračun pouzdanosti sustava.

Da bi se izračunala pouzdanost sustava postojeći sustav je potrebno modificirati na taj način da se stohas-

tički proces u sustavu prekine, odnosno zaustavi u trenutku ulaska sustava u bilo koje njegovo stanje kvara. To se postiže tako da se iz sustava odstrane svi prijelazi koji vode iz stanja kvara sustava, odnosno da se učestalosti tih prijelaza izjednače s nulom. Na taj je način postignuto da su stanja kvara sustava postala apsorpcijska stanja sustava. Prema tome, nakon što sustav uđe u bilo koje stanje kvara sustava, ne može više izaći iz njega i stohastički proces u sustavu se zaustavlja. Zbroj vremenski ovisnih vjerojatnosti stanja ispravnog rada tako modificiranog sustava predstavlja pouzdanost sustava.

Vremenski ovisne vjerojatnosti stanja tako modificiranog sustava računaju se korištenjem jednadžbe 14, s tim da se matrica učestalosti prijelaza mora modificirati u skladu s gore navedenim. To znači da se u matrici učestalosti prijelaza redak svakog stanja kvara sustava mora zamijeniti nul-retkom, odnosno retkom čiji su svi elementi nule.

Vrlo je teško izvesti opće jednadžbe pouzdanosti za složenije sustave koji sadrže popravljive komponente. Tada se pouzdanosti mogu dobiti rješavanjem diferencijalnih jednadžbi s numeričkim vrijednostima ili korištenjem metode množenja matrice prijelaznih vjerojatnosti kako je opisano u prethodnom odjeljku.

Prilikom korištenja metode množenja matrice prijelaznih vjerojatnosti zbog gore navedenih razloga matricu prijelaznih vjerojatnosti treba modificirati odbacivanjem učestalosti prijelaza iz stanja kvara sustava čime se postiže da stanja kvara sustava postaju apsorpcijska stanja sustava. Drugim riječima, u matrici prijelaznih vjerojatnosti redak svakog stanja kvara sustava mora se zamijeniti odgovarajućim retkom jedinične matrice, čiji je dijagonalni element iznosi jedan, a svi ostali elementi jednaki su nuli. Nakon toga, uz odabir odgovarajućeg vremenskog intervala Δt , vremenski ovisne vjerojatnosti ispravnih stanja sustava računaju se po principu prikazanom u prethodnom odjeljku. Zbroj tako dobivenih vremenski ovisnih vjerojatnosti stanja predstavlja pouzdanost sustava.

Metode opisane u ovom odjeljku ne moraju se ograničiti samo na proračun pouzdanosti sustava. Umjesto stanja ispravnog rada sustava može se izabrati bilo koji skup stanja sustava. Tada se primjenom opisane metode dobiva vjerojatnost boravka sustava unutar izabranog skupa stanja tijekom cijelog vremena t . Jednostavnije rečeno, dobiva se vjerojatnost da sustav nije napustio izabrani skup stanja tijekom vremena t .

4. SREDNJA VREMENA BORAVKA I UČESTALOSTI NASTUPANJA STANJA SUSTAVA

4.1. Uvod

Poznavanje vjerojatnosti stanja sustava nije dovoljno da bi se u potpunosti shvatilo, odnosno prikazalo ponašanje sustava. Za sustav od jedne popravljive komponente koji ima učestalost kvara 2λ i učestalost

popravka 2μ , dobivamo jednake stacionarne vjerojatnosti stanja kao i kod sustava sa slike 1. Međutim, sustav s dva puta većim učestalostima prijelaza se dva puta češće (brže) kvare, ali i dva puta češće (brže) popravljiva, što ima golem utjecaj na poimanje načina rada i ekonomičnost sustava.

Prema tome, za potpuno razumijevanje ponašanja sustava potrebno je proračunati dodatne pokazatelje pouzdanosti sustava. Dodatni su pokazatelji pouzdanosti sustava učestalosti nastupanja pojedinih stanja sustava i srednja vremena boravka u stanjima sustava.

4.2. Srednja vremena boravka u stanjima sustava

Srednje vrijeme do kvara sustava (*MTTF*) predstavlja srednje, odnosno očekivano vrijeme boravka sustava u stanjima ispravnog rada prije nego što prijeđe u neko od stanja kvara sustava. S obzirom da je pouzdanost vjerojatnost da će sustav tijekom cijelog intervala vremena t boraviti u stanjima ispravnog rada, srednje vrijeme do kvara sustava (*MTTF*) je dakle očekivana vrijednost upravo tog vremenskog intervala t .

Prema tome, jedan od načina izračunavanja srednjeg vremena do kvara je računanje očekivane vrijednosti funkcije pouzdanosti sustava. Ako se s $R(t)$ označi funkcija pouzdanosti sustava tada se srednje vrijeme do kvara sustava može dobiti integriranjem, odnosno

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (26)$$

Za upotrebu jednadžbe 26 potrebno je poznavati opći izraz za pouzdanost sustava $R(t)$. Opći izraz za pouzdanost sustava dobiva se rješavanjem diferencijalnih jednadžbi kako je opisano u prethodnom poglavlju. Međutim, dobivanje općih izraza vremenski ovisnih vjerojatnosti stanja putem rješavanja diferencijalnih jednadžbi vrlo je teško za složenije sustave.

Zbog toga se za izračunavanje srednjeg vremena do kvara češće upotrebljava druga metoda koja se temelji na modificiranju matrice učestalosti prijelaza. Matricu učestalosti prijelaza treba modificirati na taj način da se iz nje odstrane svi redci i stupci koji pripadaju stanjima kvara sustava. Ako se s Λ'_{ij} označi tako modificirana matrica učestalosti prijelaza tada se temeljna matrica M dobiva kao

$$M = [-1 \cdot \Lambda'_{ij}]^{-1} \quad (27)$$

Element m_{ij} matrice M predstavlja srednje vrijeme provedeno u stanju j , uz uvjet da je proces započeo u stanju i , prije nego što je dospio u stanje kvara. Ako je sustav u trenutku $t=0$ započeo s radom u stanju i , srednje vrijeme boravka sustava u ispravnim stanjima, odnosno srednje vrijeme do kvara sustava dobiva se zbrojem svih elemenata i -tog retka.

Međutim, opisana metoda ne mora se ograničiti samo na proračun srednjeg vremena do kvara sustava.

Umjesto stanja ispravnog rada sustava može se izabrati bilo koji skup stanja sustava. Tada se primjenom opisane metode dobiva srednje, odnosno očekivano vrijeme boravka sustava unutar izabranog skupa stanja. Jednostavnije rečeno, dobiva se srednje vrijeme unutar kojeg sustav neće napustiti izabrani skup stanja.

Po istom principu, srednje vrijeme boravka u nekom stanju sustava dobiva se tako da sva ostala stanja sustava smatramo apsorpcijskim stanjima. Ako se traži srednje vrijeme boravka u i -tom stanju sustava tada nakon reduciranja matrice Λ_{ij} u njoj ostaje samo dijagonalni element i -tog retka. Zbog toga slijedi da je srednje vrijeme boravka sustava u i -tom stanju sustava

$$m_i = m_{ii} = \frac{1}{\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \lambda_{ij}} \quad (28)$$

Drugim riječima, srednje vrijeme boravka sustava u nekom stanju jednako je inverznoj vrijednosti zbroja svih učestalosti prijelaza napuštanja toga stanja.

4.3. Učestalost nastupanja stanja sustava

Zbroj srednjeg vremena boravka unutar nekog skupa stanja i srednjeg vremena boravka izvan tog skupa stanja predstavlja period, odnosno ciklus tog skupa stanja. Prema tome, period pojavljivanja nekog skupa stanja predstavlja srednje vrijeme između dva uzastopna ulaska u razmatrani skup stanja, odnosno srednje vrijeme između dva uzastopna napuštanja razmatranog skupa stanja.

Iz jednadžbi 24 za sustav od jedne popravljive komponente vidljivo je da stacionarne vjerojatnosti stanja predstavljaju omjer srednjeg vremena boravka u tom stanju i perioda tog stanja. Općenito vrijedi da je stacionarna vjerojatnost boravka sustava u nekom skupu stanja jednaka omjeru srednjeg vremena boravka sustava u tom skupu stanja i perioda tog skupa stanja. Ako se s $P(S)$ označi stacionarna vjerojatnost skupa stanja S , s $m(S)$ srednje vrijeme boravka sustava u skupu stanja S i s $T(S)$ period skupa stanja S , može se pisati da je

$$P(S) = \frac{m(S)}{T(S)} \quad (29)$$

Vidljivo je da se sva razmatranja u ovom odjeljku vežu uz stacionarne vjerojatnosti stanja, odnosno uz stacionarno područje Markovljeva procesa. U slučaju neergodičnih sustava, odnosno sustava s apsorpcijskim stanjima, znamo da su stacionarne vjerojatnosti neapsorpcijskih stanja jednake nuli, pa navedena razmatranja nemaju značajnije primjene. Zbog toga će se i u daljnjem tekstu podrazumijevati da se radi o ergodičnim sustavima u stacionarnom području Markovljeva procesa.

S obzirom da period skupa stanja predstavlja srednje vrijeme između dva uzastopna ulaska u taj skup stanja, odnosno srednje vrijeme između dva uzastopna napuštanja tog skupa stanja, može se definirati učesta-

lost (frekvencija) nastupanja tog skupa stanja kao recipročna vrijednost spomenutog perioda. Ako se s $T(S)$ označi period skupa stanja S , a s $f(S)$ učestalost nastupanja skupa stanja S , tada vrijedi da je

$$T(S) = 1/f(S) \quad (30)$$

Treba napomenuti da samo kod ergodičnih sustava u stacionarnom području Markovljeva procesa vrijedi da je učestalost ulaska u bilo koji skup stanja sustava jednaka učestalosti izlaska iz tog skupa stanja. Zbog toga se u daljnjem tekstu neće praviti razlika među tim učestalostima nego će ih se zajedničkim imenom nazivati – učestalost nastupanja skupa stanja sustava.

Supstitucijom jednadžbe 30 u jednadžbu 29 dobiva se jednadžba koja povezuje stacionarnu vjerojatnost, srednje vrijeme boravka, period i učestalost nastupanja, odnosno

$$P(S) = \frac{m(S)}{T(S)} = m(S) \cdot f(S) \quad (31)$$

Međutim, učestalost nastupanja pojedinog stanja sustava može se izračunati i na drugi način, kao umnožak stacionarne vjerojatnosti stanja sustava i zbroja svih učestalosti prijelaza napuštanja tog stanja. Prema tome, za učestalost nastupanja i -tog stanja sustava može se pisati da je

$$f_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n P_i \lambda_{ij} = P_i \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \lambda_{ij} \quad (32)$$

Jednadžba 32 predstavlja učestalost napuštanja i -tog stanja sustava. Ako se jednadžbe 17 za izračunavanje stacionarnih vjerojatnosti stanja raspišu u eksplicitnom obliku pokazuje se da vrijedi

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n P_j \lambda_{ji} = P_i \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \lambda_{ij} = f_i \quad (33)$$

Drugim riječima, u stacionarnom području Markovljeva procesa ergodičnih sustava vrijedi da je učestalost napuštanja i -tog stanja sustava jednaka zbroju učestalosti ulaska iz svih ostalih stanja sustava u i -to stanje.

Općenito, ako sa S označimo skup stanja sustava, tada se za učestalost nastupanja promatranog skupa stanja sustava može pisati da je

$$f(S) = \sum_{i \in S} \left(P_i \cdot \sum_{j \notin S} \lambda_{ij} \right) = \sum_{j \notin S} \left(P_j \cdot \sum_{i \in S} \lambda_{ji} \right) \quad (34)$$

Supstitucijom jednadžbe 32 u jednadžbu 31 dobiva se srednje vrijeme boravka u i -tom stanju sustava, odnosno

$$m_i = \frac{P}{f_i} = \frac{1}{\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \lambda_{ij}} \quad (35)$$

Dobiveni je izraz jednak jednadžbi 28 do koje se došlo primjenom modificirane matrice učestalosti prijelaza

kako je opisano u odjeljku 4.2. Uvrštavanjem jednadžbe 34 u jednadžbu 31 dobiva se srednje vrijeme boravka sustava unutar skupa stanja S , odnosno

$$m(S) = \frac{P(S)}{f(S)} = \frac{1}{\sum_{\substack{i=S \\ j \neq S}} \lambda_{ij}} \quad (36)$$

Prema tome, srednje vrijeme boravka sustava u skupu stanja S , jednako je recipročnoj vrijednosti zbroja učestalosti prijelaza napuštanja skupa stanja.

5. ZAKLJUČAK

Markovljeve metode proračunavanja imaju značajnu ulogu u proračunu pouzdanosti sustava. U slučaju kontinuiranih procesa vremenski ovisne vjerojatnosti stanja sustava opisane su skupom diferencijalnih jednadžbi što predstavlja značajnu poteškoću kod primjene na složene sustave. Korištenjem stohastičke matrice prijelaznih vjerojatnosti i digitalnog računala može se značajno olakšati računanje ne samo stacionarnih nego i vremenski ovisnih vjerojatnosti. Uvođenjem pojmova učestalosti i srednjeg vremena boravka opisanih dodatno se obogaćuje proračun i prikaz pokazatelja pouzdanosti sustava. Time je omogućeno, sa stajališta pouzdanosti, potpunije shvaćanje samog sustava, odnosno bolja ocjena njegovih osobina. Markovljev proces se zasniva na konstantnim učestalostima prijelaza i zbog toga je primjenjiv samo na sustave koji sadržavaju isključivo komponente s eksponencijalnim razdiobama kvara i popravka. Prema tome, opisane metode ne mogu se koristiti za proračun vremenski ovisnih vjerojatnosti, ukoliko za komponente sustava ne vrijede eksponencijalne razdiobe kvara i popravka.

LITERATURA

- [1] Ž. PAUŠE: "Vjerojatnost: informacija, stohastički procesi", Školska knjiga, Zagreb, 1988.
- [2] R. BILLINTON, R. ALLAN: "Reliability Evaluation of Engineering Systems", Pitman Publishing Inc., 1983
- [3] N. SARAPA: "Teorija vjerojatnosti", Školska knjiga, Zagreb, 1987.

- [4] V. VRANIĆ: "Vjerojatnost i statistika", Tehnička knjiga, Zagreb, 1971.
- [5] C. SINGH, R. BILLINTON: "System Reliability Modeling and Evaluation", Hutchinson & Co. Ltd, 1977
- [6] S. NIKOLOVSKI: "Osnove analize pouzdanosti elektroenergetskog sustava", Sveučilište J. J. Strossmayera, Elektrotehnički fakultet, Osijek, 1995.

RELIABILITY PARAMETER CALCULATION OF TECHNICAL SYSTEMS USING MARKOVLEJ'S PROCESS

Markovljev's process method is suitable for calculation of technical systems' reliability parameters. Reliability parameters of technical systems are probability states in which the systems can be found, mean time of their duration and their frequency. In the paper basic methods and procedures of calculating reliability parameters of technical systems using Markovljev's process are evaluated.

DIE BERECHNUNG VON VERHÄLTNISSZAHLEN DER ZUVERLÄSSIGKEIT TECHNISCHER SYSTEME DURCH ANWENDUNG DES MARKOV-SCHEN PROZESSES

Die Methoden des Markov-schen Prozesses werden für die Berechnung von Verhältnisszahlen der Zuverlässigkeit technischer Systeme verwendet. Die Verhältnisszahlen der Zuverlässigkeit technischer Systeme sind Wahrscheinlichkeiten der Zustände welche ein System einnehmen kann, mittlere Dauer des Verweilens der Systeme in diesen Zuständen und die Häufigkeit des Vorkommens dieser Zustände. Im Artikel werden Grundmethoden und Berechnungsverfahren von Verhältnisszahlen der Zuverlässigkeit technischer Systeme mittels Methoden des Markov-schen Prozesses erläutert.

Naslov pisca:

Emil Vilenica, dipl. ing.
EKONERG – Institut za energetiku
i zaštitu okoliša,
Koranska 5, 10000 Zagreb
Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 2003 – 05 – 22.

PRIMJENA UREĐAJA ZA ZAŠTITU OD PRENAPONA U ELEKTRIČNIM INSTALACIJAMA

Mr. sc. Ivan Matković, Zagreb

UDK 621.316.91
PREGLEDNI ČLANAK

Električna oprema i uređaji su s obzirom na udarne napone svrstani u četiri prenaponske kategorije. Za svaku od tih prenaponskih kategorija je dan podnosivi udarni napon (kao tjemeni iznos oblika $1,2/50 \mu\text{s}$) koji oprema, odnosno uređaj mora izdržati. Procijeni li se da je rizik od prenapona veći od troškova ugradnje uređaja za zaštitu od prenapona u električnu instalaciju pristupa se projektiranju zaštite. Zaštitu od prenapona treba projektirati uvažavajući neke datosti kao što su korišteni sustav električne razdjelbe, karakteristike uređaja za zaštitu od prenapona, zahtjevi za nesmanjenom djelotvornošću uređaja za zaštitu od kratkog spoja i preopterećenja te zaštitnih strujnih sklopki i zahtjevi elektrodistributivnog poduzeća. Pravilno projektirana i izvedena zaštita od prenapona povećava raspoloživost električne instalacije.

Ključne riječi: prenapon, zaštita od prenapona, prenaponska kategorija, uređaj za zaštitu od prenapona, udarna odvodna struja, napon prorade, zaštitni nivo.

1. UVOD

Prenapon se najčešće definira kao "kratkotrajno nastupajući napon između dva vodiča ili vodiča i zemlje koji prekoračuje najviši dozvoljeni iznos pogonskog napona". Negativni utjecaji prenapona očituju se u naprezanju izolacije električne opreme i uređaja priključenih na električnu instalaciju, zbog čega dolazi ili do proboja izolacije ili do preskoka u zraku ili do kliznog proboja preko površine izolacije. Iako je samo razaranje uređaja odnosno opreme dojmljivo, neusporedivo veće štete nastaju zbog dugotrajnih prekida u proizvodnji ili u poslovanju. Nema više izmjene podataka u poduzeću jer nema adresa kupaca, nema pripreme proizvodnih procesa, nema naručivanja materijala, nema vođenja i nadziranja proizvodnje, nema CAD-crteža, nema isporuka, nema plaćanja, nema informacija. Štete se mjere u milijardama bilo koje novčane jedinice.

Kako je pokazano u [1] procijenjeni rizik od prenapona u električnim instalacijama je puno veći od troškova ugradnje zaštite od prenapona. Tako je, naprimjer, procijenjeni rizik od prenapona za poslovne prostore jednog srednje velikog prodavatelja automobila 224 318 EUR-a/god., dok su troškovi ugradnje zaštite od prenapona procijenjeni na 13 000 EUR-a. Također je dan primjer jedne srednje velike obiteljske kuće za koju je procijenjen rizik od prenapona iznosa 11 199 EUR-a/god., dok su procijenjeni troškovi ugradnje zaštite od prenapona 1 400 EUR-a. Prema tome, nije

sporno da li treba u električnu instalaciju ugraditi uređaje za zaštitu od prenapona, već je pitanje koje i kakve uređaje ugraditi.

2. ELEKTRIČNA OPREMA I UREĐAJI S OBZIROM NA PRENAPONSKE KATEGORIJE

Električnu instalaciju je potrebno promatrati kao cjelovit sustav koji treba zaštititi od prenapona. Da bi se odredio stupanj raspoloživosti električne opreme i uređaja s obzirom na otpornost na udarne napone oni se projektiraju, izrađuju i ispituju prema prenaponskim kategorijama. Postoje četiri prenaponske kategorije; za svaki projektirani napon električne opreme i uređaja definira se za određenu prenaponsku kategoriju podnosivi udarni napon (oblika $1,2/50 \mu\text{s}$) koji ta oprema odnosno uređaj mora izdržati. U tablici 1 prema [2] dan je pregled prenaponskih kategorija za slučaj niskonaponskih postrojenja u koje spadaju i električne instalacije.

Tablica 1. Otpornost električne izolacije električnih pogonskih sredstava na podnosivi udarni napon oblika $1,2/50 \mu\text{s}$

Projektirani pogonski napon prema zemlji (V)	Prenaponska kategorija			
	I.	II.	III.	IV.
	Podnosivi udarni napon (V)			
230/400 i 277/480	1500	2500	4000	6000
400/690	2500	4000	6000	8000
1000	Vrijednosti određuje projektant električne instalacije			

Za slučaj električne instalacije 230/400 V vrijedi:

- Električna oprema prenaponske kategorije IV je predviđena za primjenu na ili u blizini točke priključka električne instalacije (prije glavnog razdjelnika). Primjeri takve opreme su električno bro-jilo, glavni osigurač, rastavna sklopka, stezaljke, ...
- Električna oprema prenaponske kategorije III je predviđena za ugradnju tako da čini sastavni dio stalno položene električne instalacije. Primjeri takve opreme su razdjelnik, automatski prekidač, kabel i instalacijski vod, instalacijska kutija, sklopka, utičnica, odnosno električni uređaji koji su fiksno priključeni na električnu instalaciju.
- Električni uređaji prenaponske kategorije II su predviđeni za priključak na električnu instalaciju preko utičnica (kućanski uređaji, prenosivi alati i slična pogonska sredstva).
- Električni uređaji prenaponske kategorije I imaju relativno malu otpornost na udarne napone. Da bi se zaštitili od prenapona u njih ili neposredno ispred njih se ugrađuju posebno izvedeni uređaji za zaštitu od prenapona.

Pravilnim izborom prenaponske kategorije električnog uređaja ili opreme postiže se koordinacija izolacije cjelokupnog postrojenja električne instalacije i to je osnova zaštite od prenapona.

3. UREĐAJI ZA ZAŠTITU OD PRENAPONA U ELEKTRIČNIM INSTALACIJAMA

Da bi se od prenapona dodatno zaštitila električna instalacija, oprema ugrađena u nju kao i električni uređaji priključeni na nju, u električnu instalaciju se ugrađuju uređaji za zaštitu od prenapona (u daljnjem tekstu UZP). S obzirom na mjesto postavljanja u električnoj instalaciji UZP se dijele na tipove uz koje se vežu Ispitne klase [3]. Moguće ih je povezati s prenaponskim kategorijama kako slijedi:

- UZP-Tip 1 Ispitne klase I je određen za zaštitu električne instalacije i ugrađene opreme u području prenaponske kategorije IV. To znači da je predviđen za odvod struje munje kod direktnog udara munje. Sukladno tim zahtjevima mora biti njegov zaštitni nivo i njegova maksimalna udarna odvodna struja. Ugrađuje se na mjestu uvoda električne instalacije u zgradu između kućnog priključka i električnog bro-jila.
- UZP-Tip 2 Ispitne klase II je određen za zaštitu električne instalacije i ugrađene opreme u području prenaponske kategorije III. U tom području se pojavljuje prenapon koji je ušao u električnu instalaciju usprkos ugrađenog UZP-Tip 1 (kao njegov zaostali napon), prenapon nastao induktivnom, konduktivnom ili kapacitivnom vezom zbog bliskog udara munje te prenapon nastao u električnoj instalaciji zbog sklopnih procesa ugrađene opreme odnosno električnih uređaja. Prenaponskoj kategoriji III mo-

raju biti prilagođeni zaštitni nivo i udarna odvodna struja UZP-a. UZP se ugrađuje u razdjelnike zgrade.

- UZP-Tip 3 Ispitne klase III je određen za zaštitu električne instalacije, ugrađene opreme i električnih uređaja u području prenaponske kategorije II; sukladno tome moraju biti prilagođeni zaštitni nivo i udarna odvodna struja. Ugrađuje se u fiksno postavljene utičnice ili u prenosive utičnice.

Vrijedeća podjela UZP-a prema [3] na Tipove 1, 2, 3 odgovara prijašnjoj podjeli Odvodnika prenapona prema [7] na Klase zahtjeva B, C, D tako da približno vrijedi:

- UZP-Tip 1 Ispitna klasa I odgovara Odvodniku prenapona Klase zahtjeva B,
- UZP-Tip 2 Ispitna klasa II odgovara Odvodniku prenapona Klase zahtjeva C,
- UZP-Tip 3 Ispitna klasa III odgovara Odvodniku prenapona Klase zahtjeva D.

S obzirom na prenaponske kategorije u električnu instalaciju ugrađene opreme, odnosno priključenih električnih uređaja, najbolje je zaštitu od prenapona u električnim instalacijama provesti stupnjevano ugrađujući UZP-e sva tri tipa. Kod toga trebaju biti sva tri UZP-a istog projektiranog napona U_c , mogu se razlikovati u sposobnosti odvođenja udarne struje, a moraju se razlikovati u zaštitnom nivou. Uvijek kada se primjenjuje više UZP-a za zaštitu opreme ili uređaja potrebno je preispitati da li su zaštitni nivo UZP-a i mjesto ugradnje UZP-a prikladni šticeuom uređaju. Cilj je ograničiti prodiranje prenapona pomoću UZP-a na iznos manji od otpornosti šticeuom uređaja na prenapon.

Izvedba UZP-a se može zasnivati na različitim komponentama ili kombinacijama komponentata (iskrište, plinski odvodnik prenapona, varistor, tunel-dioda, tistor, ...). U području električnih instalacija se najčešće koriste izvedbe UZP-a s komponentama koje ograničavaju napon (varistori) ili s komponentama koje sklapaju napon (zračna iskrišta, plinski odvodnici prenapona) ili s kombinacijom obje vrste komponentata u različitim spojevima. Dodatno su prema potrebi u UZP ugrađeni osigurači, temperaturni ograničivači, zavojnice, kondenzatori i slične komponente čiji osnovni zadatak nije ograničenje prenapona već imaju posebne uloge u smislu dojava i signalizacije ponašanja UZP-a.

Najjednostavnija izvedba iskrišta je u obliku dvije elektrode na određenom razmaku sa zrakom između njih kao izolatorom. Nakon prorade iskrišta pad napona na njemu je određen naponom gorenja električnog luka koji iznosi od 10 do 30 V. Visina slijedne struje je ovisna o impedanciji električne mreže te je kod niskoomskih električnih mreža potrebno ugraditi predosigurače kako bi se osiguralo njezino sigurno prekidanje. Da bi se poboljšale karakteristike iskrišta (naročito iznos udarne odvodne struje i gašenje elek-

tričnog luka) rade se posebne konstrukcije iskrišta kojima se to omogućava. U području električnih instalacija izvedbe UZP-a s iskrištima se koriste kod UZP-Tip 1.

Plinski odvodnik prenapona se sastoji od elektroda smještenih u keramičkom ili staklenom kućištu na određenom razmaku. Između elektroda se nalazi plemeniti plin (argon ili neon). Isti je problem s gašenjem slijedne struje kao i kod iskrišta. To se rješava posebnim spojevima plinskih odvodnika prenapona i varistora, a takve izvedbe se koriste kod UZP-Tipa 3.

Varistor je poluvodički naponski ovisan otpornik koji omogućuje relativno veliku udarnu odvodnu struju s malim zaostalim naponima. Koristi se kod UZP-Tip 2 i u spoju s plinskim odvodnikom prenapona kod UZP-Tip 3.

3.1. Električne karakteristike UZP-a bitne za korištenje u električnim instalacijama

3.1.1. Projektirani napon UZP-a

Projektirani napon UZP-a prema [4] (odnosno najviši trajni napon U_c UZP-a prema [3]) je najviša efektivna vrijednost izmjeničnog napona koji može biti trajno priključen na UZP a da se njegova pogonska svojstva ne promijene. Kod ovog napona mora UZP podnijeti sva opterećenja koja mogu nastupiti a da ne dođe do njegova oštećenja. Projektirani napon UZP-a ne smije biti manji od efektivne vrijednosti najvišeg očekivanog pogonskog napona električne instalacije. Za različite sustave električnog razdjela projektirani napon UZP-a se određuje različito [4]:

- kod TN sustava električnog razdjela zbog kruto uzemljenog zvjezdišta transformatora može doći do ograničenog privremenog povećanja napona. Potrebno je uzeti da je $U_c > (1,1 * 230) V$.
- kod TT sustava električnog razdjela je zvjezdište transformatora, također, kruto uzemljeno te može doći samo do ograničenog povećanja napona tako da bi na toj osnovi bilo dovoljno uzeti da je $U_c > (1,1 * 230) V$. No, kod tog sustava može doći u jednom posebnom slučaju do greške kratkog spoja između vodiča i neutralnog vodiča [5] koja dovodi do povećanja napona između vodiča i neutralnog vodiča odnosno vodiča i zemlje na iznos $1,45 * 230 V$. Taj povećani napon može trajati do 5 sekundi. To znači da u električnu instalaciju ugrađeni UZP-i ne smiju proraditi kod tog iznosa napona.
- kod IT sustava električnog razdjela su zahtjevi s obzirom na izoliranost zvjezdišta transformatora mnogostruko veći. Uzimajući u obzir moguće greške u mreži sa stanovišta naprezanja UZP-a najnepovoljniji je jednopolni zemljospoj. Napon između vodiča koji nije u kvaru i zemlje može se povećati na iznos jednak linijskom naponu mreže. I u tom slučaju ne smije doći do prorade UZP-a te stoga mora vrijediti $U_c > (1,1 * 400) V$.

3.1.2. Udarne odvodne struje

Udarne odvodne struje predstavljaju tjemeni iznos udarne struje koju UZP nakon prorade može sigurno odvesti u zemlju. Vezano uz taj pojam postoji nekoliko veličina kojima se definiraju neki specifični zahtjevi na UZP.

- Nazivna udarna odvodna struja I_n predstavlja tjemeni iznos udarne struje oblika 8/20 s koju UZP-Tip 2 i UZP-Tip 3 mora odvesti u zemlju određeni broj puta bez oštećenja.

Kod UZP-Tip 3 nazivna udarna odvodna struja mora biti veća od 1,25 kA bez obzira na sustav električnog razdjela u kojoj se UZP misli koristiti [4].

Kod UZP-Tip 2 se nazivna udarna odvodna struja određuje prema korištenom sustavu električnog razdjela [4]. Kod UZP-Tip 2 predviđenog za ugradnju u TN- odn. IT- sustave nazivna udarna odvodna struja po vodiču mora biti veća od 20 kA/m gdje je m broj vodiča (kod TN-sustava je $m = 5$, a kod IT-sustava je $m = 4$). Kod UZP-Tip 2 predviđenog za ugradnju u TT-sustav nazivna udarna odvodna struja između faznog i neutralnog vodiča mora biti veća od 20 kA/m ($m = 4$) odnosno veća od 20 kA između neutralnog vodiča i vodiča zaštitnog uzemljenja.

- Udarne struje manje I_{imp} je udarna struja oblika 10/350 s koju mora UZP-Tip 1 više puta odvesti u zemlju. Prema [4] ta se struja određuje s obzirom na korišteni sustav električnog razdjela. Kod UZP-Tip 1 predviđenog za ugradnju u TN- odn. IT- sustave udarna struja manje po vodiču mora biti veća od 100 kA/m gdje je m broj vodiča (kod TN-sustava je $m = 5$, a kod IT-sustava je $m = 4$). Kod UZP-Tip 1 predviđenog za ugradnju u TT-sustav električnog razdjela udarna struja manje između faznog i neutralnog vodiča mora biti veća od 100 kA/m ($m = 4$) odnosno veća od 100 kA između neutralnog vodiča i vodiča zaštitnog uzemljenja.

3.1.3. Prorada UZP-a

Prorada UZP-a je definirana ili dostizanjem trenutne vrijednosti omske komponente struje kroz UZP iznosa 5 mA ili naponskim probom i narastanjem struje kroz UZP na iznos od 5 mA.

- Napon prorade je definiran kao napon dostignut neposredno prije prorade UZP-a na koji je narinut udarni napon oblika 1,2/50 μs .
- Vrijeme prorade je definirano kao vrijeme proteklo od trenutka pojave prenapona do trenutka prorade UZP-a. Ono je ovisno o komponentama ugrađenim u UZP, ali i o brzini narastanja prenapona, odnosno struje.
- Zaostali napon U_{res} je definiran kao napon na stezaljkama UZP-a kad kroz njega protječe nazivna udarna odvodna struja.
- Zaštitni nivo U_p je najveća trenutna vrijednost napona na stezaljkama UZP-a za vrijeme postojanja

prenapona. Zaštitni nivo karakterizira sposobnost UZP-a da ograniči prenapon na određeni iznos.

Kod UZP-Tip 1 i UZP-Tip 2 zaštitni nivo je određen kao veća vrijednost između iznosa napona prorade UZP-a i iznosa zaostalog napona UZP-a.

Kod UZP-Tip 3 zaštitni nivo je najveća vrijednost napona određena pomoću tzv. hibridnog generatora koji proizvodi udarni napon oblika 1,2/50 s i udarnu struju (nakon prorade UZP-a) oblika 8/20 μ s.

3.2. Ostale karakteristike UZP-a bitne za korištenje u električnim instalacijama

3.2.1. Ponašanje UZP-a kod oštećenja

Ponašanje UZP-a kod njegovog otkazivanja mora biti takvo da ne dođe do ugroze rada električne instalacije. Najbolji UZP je takav koji pod normalnim pogonskim uvjetima ne utječe na pogonske karakteristike sustava u koji je ugrađen. Pod nenormalnim uvjetima (pojava prenapona) takav UZP reagira na prenapon tako da se njegova impedancija smanji, da UZP odvede udarnu struju u zemlju, a iznos prenapona se smanji na zaštitni nivo UZP-a. Nakon povrata normalnih pogonskih uvjeta impedancija takvog UZP-a se povećava na početnu vrijednost, a UZP i dalje nema utjecaja na pogonsko stanje. Kao i svaki uređaj tako i UZP može otkazati ili može biti razoren zbog opterećenja udarnom strujom većom od njegove maksimalne moguće udarne odvodne struje. Ponašanje oštećenog UZP-a može biti slično ponašanju u stanju praznog hoda ili ponašanju u stanju kratkog spoja.

U slučaju takvog oštećenja UZP-a da se ponaša kao da je ostao u praznom hodu, električna instalacija više nije zaštićena od prenapona. Je li UZP oštećen ili nije, prepoznavanje je u tom slučaju dosta teško, jer UZP ne utječe na električnu instalaciju. Za razliku od njega UZP koji je oštećen tako da se ponaša kao u stanju kratkog spoja ima jaki utjecaj na električnu instalaciju. Stvarno, impedancija nije iznosa jednakog nuli, već ona ima nekakvu ali vrlo malu vrijednost. Promatrani UZP može imati još dovoljnu impedanciju koja može ograničiti struju na takav iznos da uređaj za zaštitu od preopterećenja ili kratkog spoja (osigurač ili automatski prekidač) ne proradi ili može dovesti do prorade tog uređaja nakon vremena duljeg od onog koje je propisano. U tim slučajevima dolazi do stvaranja tolike toplinske energije u UZP-u da ona može dovesti do pojave požara. Da se to onemogući UZP mora imati u sebi ugrađen prikladni uređaj za odvajanje od mreže, a ako ga nema tada ga je potrebno predvidjeti i ugraditi u električnu instalaciju. UZP u koji je ugrađen varistor treba obvezno imati u sebi ugrađen uređaj za termičko odvajanje od električne mreže te uređaj koji pokazuje neispravnost UZP-a. Uređaj za termičko odvajanje od mreže reagira najčešće na toplinu razvijenu u preopterećenom varistoru te kod neke određene temperature odvoji UZP od mreže tako da ne može doći do zapaljenja.

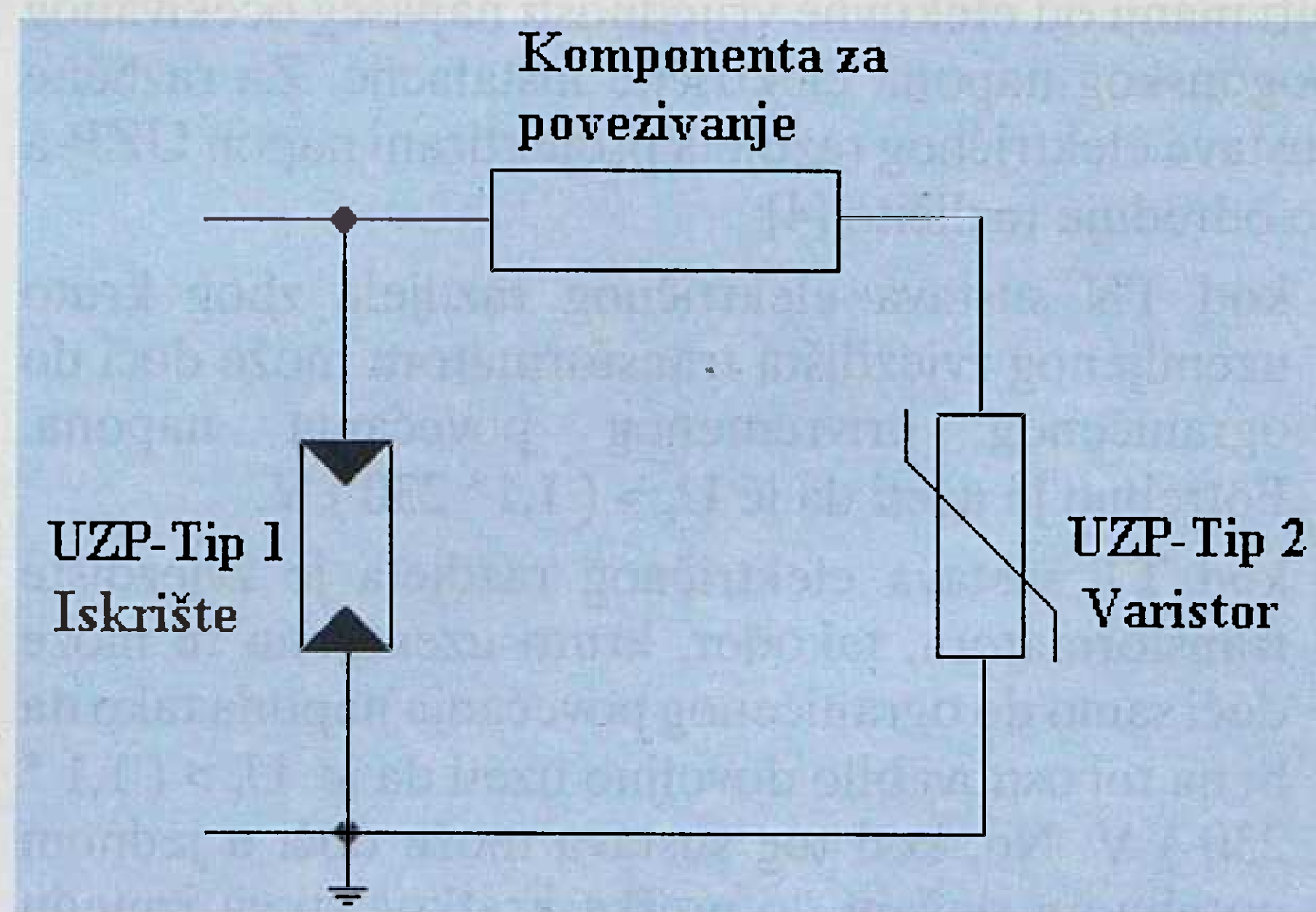
3.2.2. Koordinacija između više UZP-a

Ako su dva ili više UZP-a ugrađena u električnu instalaciju između njih dolazi do međudjelovanja. Ako nisu ispravno izabrani (međusobno koordinirani) postoji opasnost da se jedan od njih preopteretiti. Osnovni zahtjev koordinacije se može sažeti u sljedećem: dva UZP-a koja su priključena na električnu mrežu su energetske koordinirana ako je za svaki promatrani iznos udarne struje i za svaki promatrani oblik udarne struje energetske dio koji se odvodi kroz UZP koji prvi proradi manji ili jednak maksimalnoj energetske sposobnosti odvođenja tog UZP-a. Usklađivanje između UZP-a Tipa 1, Tipa 2 i Tipa 3 treba provesti tako da prije dostizanja granične odvodne sposobnosti UZP-Tip 3 odvođenje energije prenapona preuzme UZP-Tip 2, a prije dostizanja granične odvodne sposobnosti UZP-Tip 2 odvođenje preuzima UZP-Tip 1.

S vremenom su se iskristalizirala dva osnovna principa za provedbu koordinacije između više UZP-a:

- koordinacija bez dodatnih komponenata za povezivanje UZP-a kod kojeg se kao komponente za povezivanje koriste vodovi električne instalacije,
- koordinacija primjenom dodatnih komponenata za povezivanje UZP-a u vidu zavojnice (uglavnom kod elektroenergetskih instalacija).

Provjera koordinacije između dva UZP-a prikazana je na primjeru iskrišta (UZP-Tip 1) i varistora (UZP-Tip 2), a shema njihove međusobne veze je dana u slici 1.



Slika 1. Shema spoja dva UZP-a za provjeru koordinacije

Potrebno je napomenuti da se vrijeme prorade iskrišta mjeri u mikrosekundama, dok se vrijeme prorade varistora mjeri u nanosekundama. U ovom slučaju koordinacija će biti postignuta ako dođe do prorade iskrišta prije nego što je došlo do preopterećenja varistora. Prije prorade iskrišta napon na priključcima iskrišta je:

$$U_1 = U_{rs2}(i) + L^*(di/dt) \quad (1)$$

gdje je :

- $U_{rs2}(i)$ zaostali napon na varistoru kod protjecanja struje i ,
- $L^*(di/dt)$ pad napona na komponenti za povezivanje dva UZP-a.

Čim napon na iskrištu U_i prekorači dinamički proradni napon iskrišta U_{din} koordinacija je osigurana jer su od tog trenutka oba UZP-a opterećena:

$$U_{res2}(i) + L*(di/dt) U_{din} \quad (2)$$

Ovo se događa ili ne događa ovisno o karakteristikama varistora, dinamičkom proradnom naponu iskrišta, brzini porasta udarne struje, tjemenoj vrijednosti udarne struje te o impedanciji komponente za povezivanje.

Da bi se napravio izračun potrebnog induktiviteta L komponente za povezivanje iskrišta i varistora uzet će se da je:

- Varistor izrađen kao UZP-Tip 2 izvedbe V 20-C/1-385 prema [6] sa sljedećim podacima:
 - zaštitni nivo je manji ili jednak 1,5 kV kod udarne struje 5 kA, 8/20 μ s,
 - vrijeme prorade je manje od 25 ns,
 - nazivna udarna odvodna struja je 20 kA, 8/20 s,
 - maksimalna udarna odvodna struja je 40 kA, 8/20 s.
- Iskrište izrađeno kao UZP-Tip 1 izvedbe MC 50-B VDE prema [6] sa sljedećim podacima:
 - zaštitni nivo (koji je jednak dinamičkom naponu prorade) je manji ili jednak 2 kV kod udarne odvodne struje 50 kA, 10/350 s,
 - vrijeme prorade je manje od 100 ns,
 - udarna struja manje je 50 kA, 10/350 s.
- Brzina narastanja udarne struje tjemene vrijednosti 5 kA oblika 8/20 s je približno 0,5 kA/s.

Uz ove pretpostavke dobiva se da će doći do sigurne prorade iskrišta (t.j. neće doći do toga da ukupna struja teče samo kroz varistor što se prema [5] naziva »blind-spot«) ako je induktivitet komponente za povezivanje veći od 1H. Kod ovog primjera može se osigurati koordinacija djelovanja oba UZP-a i varistor će biti dobro dimenzioniran s obzirom na mogućnost disipacije snage. Traženi induktivitet se može dobiti ili koncentriranom impedancijom (izvedenom kao zavojnica) ili s dovoljno dugim instalacijskim vodom (za ovaj slučaj se može uzeti da je induktivitet voda 1 μ H/m).

U [5] je dano opće pravilo da će koordinacija kod UZP-Tip 1 izvedenog kao iskrište i UZP-Tip 2 izvedenog kao varistor biti postignuta ako vrijedi:

$$U_{din} < U_{res}(I_n) + L*0,1 \quad (3)$$

Kod toga treba uzeti U_{din} i $U_{res}(I_n)$ u kV da bi se induktivitet L dobio u μ H.

3.2.3. Koordinacija između UZP-a i ostalih zaštitnih uređaja u električnoj instalaciji

Na UZP se postavljaju specifični zahtjevi s obzirom na usklađivanje između UZP-a i uređaja za konvencionalnu zaštitu ugrađenu u električnu instalaciju (osigurači, automatski prekidači, zaštitna strujna sklopka itd.). Različiti zaštitni uređaji imaju svoje specifične funkcije u električnoj instalaciji, te funkcije su važne i potrebno ih je i nakon ugradnje UZP-a zadržati. Usklađivanje između UZP-a i ostalih uređaja za zaštitu u

električnim instalacijama razmatrat će se u sljedećoj točki, jer djelovanje pojedinih uređaja ovisi o korištenom sustavu električnog razdjela.

4. UGRADNJA UZP-a U ELEKTRIČNE INSTALACIJE

Kod opremanja električne instalacije UZP-ima potrebno je voditi računa o korištenom sustavu električnog razdjela, jer je to jedan od odlučujućih parametara ispravne zaštite od prenapona. Opremanje električnih instalacija uređajima za zaštitu od prenapona u različitim sustavima električnih razdjela prikazano je u slikama od 2 do 5 prema [4].

Kako se UZP-Tip 1 ugrađuje u dio električne instalacije između priključka na zgradu i električnog brojila koje je pod nadzorom i odgovornošću elektrodistributivnog poduzeća to je potrebno uzeti u obzir da može postojati sukob interesa. S jedne strane elektrodistributivno poduzeće ima sasvim legitiman interes da se u to područje koje je pod njegovim nadzorom ugradi što manje električne opreme kako bi imalo što manje radova na održavanju iste. S druge strane interes je korisnika električne instalacije da se iz niskonaponske mreže u instalaciju ne prošire prenaponi iznosa takvih da mogu oštetiti opremu, uređaje i pogonska sredstva. Zato elektrodistributivna poduzeća moraju uvažiti zahtjev korisnika, ali istodobno postavljaju posebne zahtjeve kod projektiranja i ugradnje UZP-Tip 1.

Ispravna ugradnja UZP-a pretpostavlja, zatim, ispravnu izvedbu izjednačenja potencijala zbog udara munje. Pod pojmom »izjednačenje potencijala zbog udara munje« podrazumijeva se povezivanje gromobranske instalacije zgrade s metalnim dijelovima ostalih instalacija (plinske-, vodovodne-, instalacije grijanja, ...) i uzemljenih dijelova električne instalacije. Osnovna razlika između »glavnog izjednačenja potencijala« (koje se izvodi zbog potrebe za smanjenjem opasnog napona dodira u slučaju greške) i »izjednačenja potencijala zbog udara munje« se sastoji u tome što se ovo drugo izjednačenje potencijala izvodi zbog potrebe za kontroliranjem proboja, odnosno preskoka zbog pojave prenapona nastalog djelovanjem struje munje. Ispravnom primjenom izjednačenja potencijala zbog djelovanja munje osiguravaju se, kod pojave prenapona, kontrolirani preskoci u UZP Tip 1.

U okviru tog izjednačenja potencijala izvodi se povezivanje s munjovodom gromobranske instalacije:

- faznih vodiča električne instalacije preko UZP Tip1,
- metalnih dijelova instalacija zgrade i njihovo međusobno povezivanje,
- vodiča zaštitnog uzemljenja kod primjene zaštitnih mjera od opasnog napona dodira u TN-, TT- i IT-sustavima električnog razdjela,
- neutralnog vodiča u TT- i IT- sustavima električnog razdjela isključivo preko UZP Tip 1.

Gore navedena međusobna povezivanja izvode se preko stezaljke za izjednačenje potencijala.

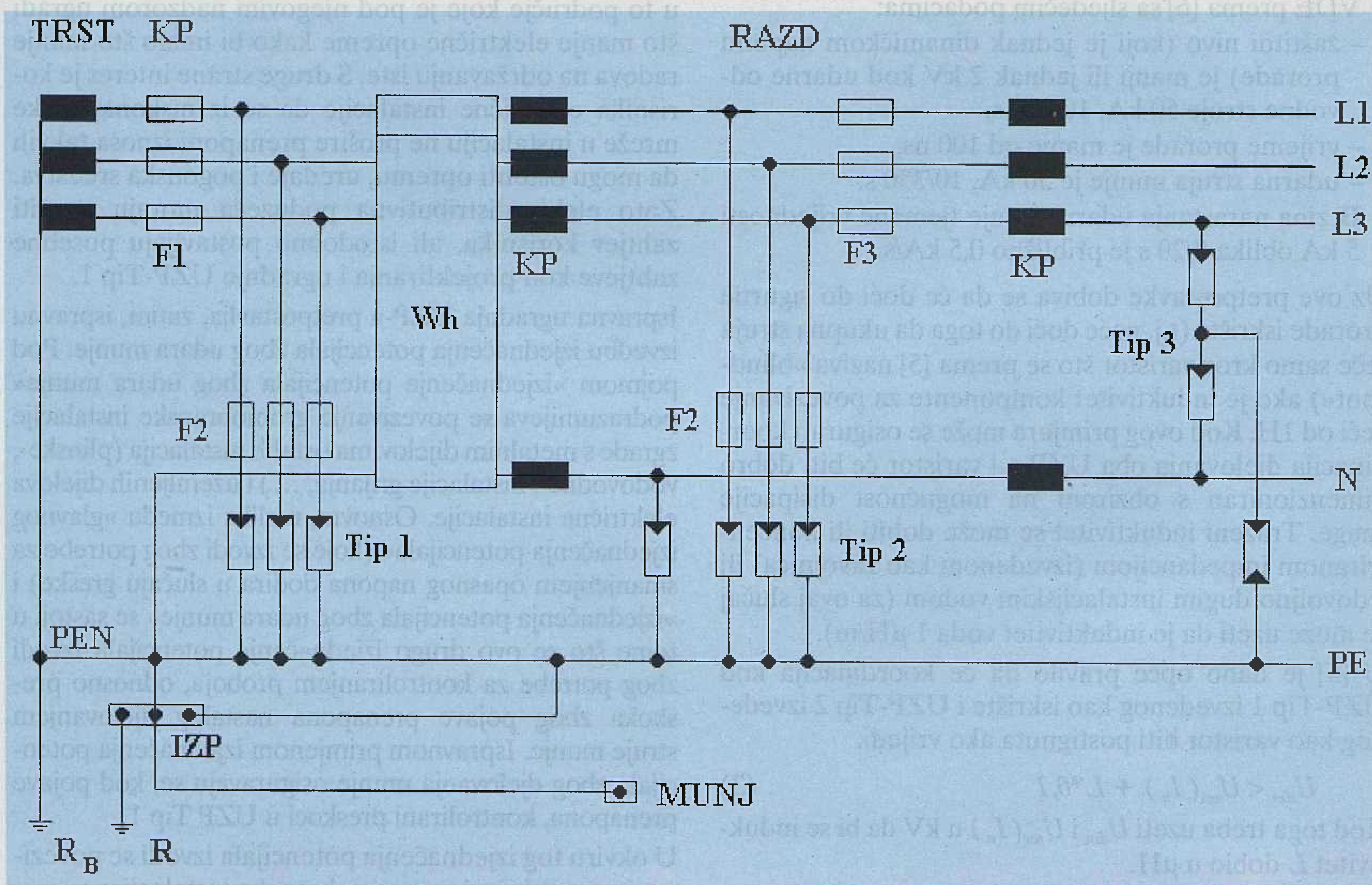
4.1. TN-C-S sustav električnog razdjela

TN-C-S sustav električnog razdjela je karakteriziran time da je napajanje u jednoj točki direktno spojeno sa zemljom, a kućišta opreme spojena su s ovom točkom pomoću neutralnog vodiča sa zaštitnom funkcijom (PEN-vodiča). Neutralna i zaštitna funkcija su objedinjene u jednom vodiču samo u jednom dijelu sustava, dok su u ostalom dijelu odvojene.

Ugradnja UZP-a u TN-C-S sustav prikazana je u slici 2. UZP-i se na električnu instalaciju spajaju paralelno, a izjednačenje potencijala zbog udara munje se koristi kao sredstvo za odvođenje energije prenapona u zemlju.

Elektrodistributivno poduzeće postavlja zahtjeve kojima se osigurava nesmetan rad električne instalacije. Prvi zahtjev je ispravan odabir predosigurača UZP-a. Taj zahtjev slijedi zbog načina rada UZP-Tip1, koji ograničava iznos prenapona na taj način da kod njegovog nailaska kratkotrajno izjednači napone između svih aktivnih vodiča i zemlje. Time se, ustvari,

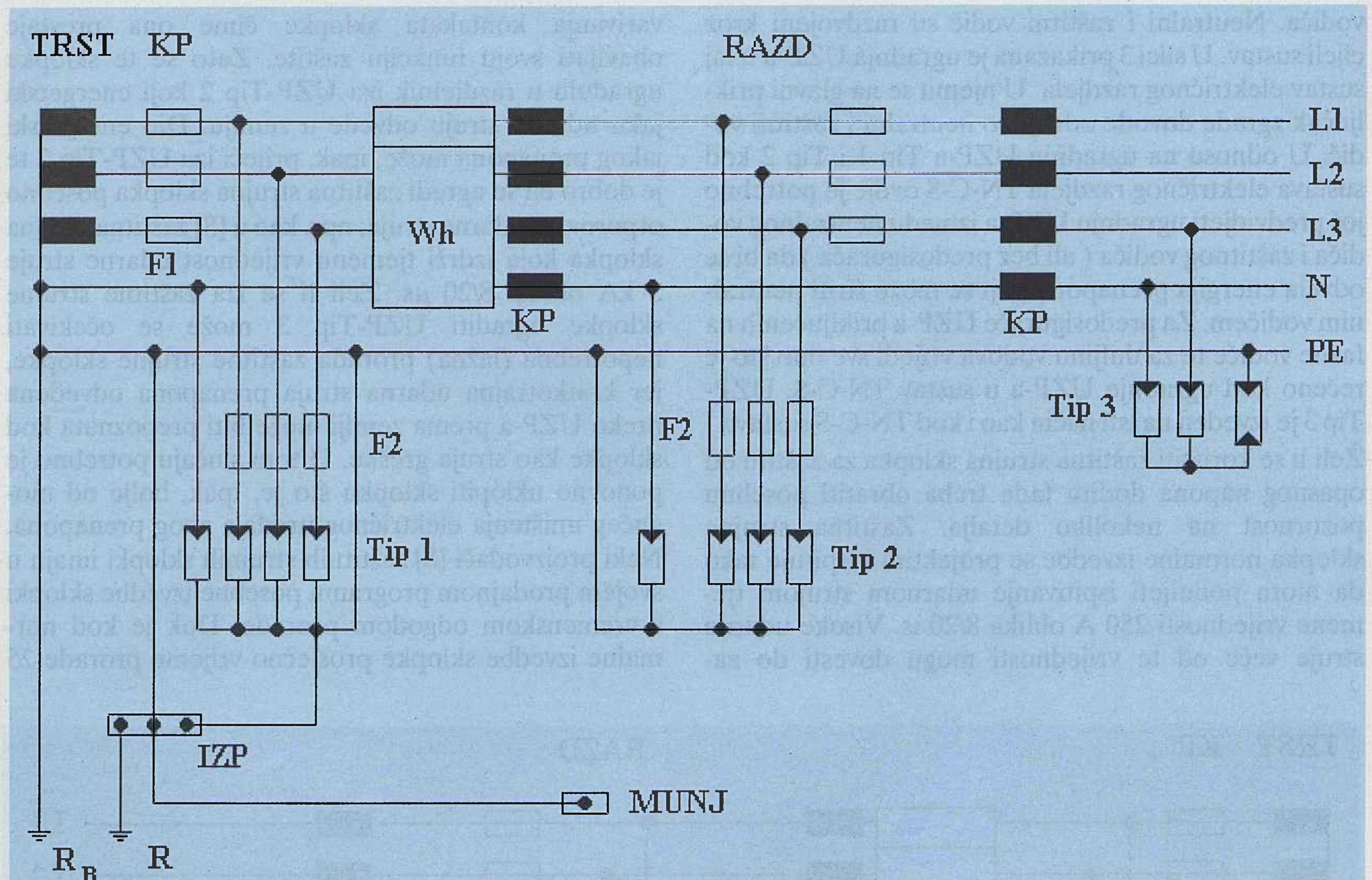
uspostavlja kratki spoj sa zemljom. Većina UZP-Tip 1 izvedena je s iskrištima, a kod njih postoji mogućnost da slijedna struja (koja je jednaka iznosu struje trolejnog kratkog spoja i koja ovisi o parametrima mreže) neće biti prekinuta. Proizvođači UZP-Tip 1 daju za svoje proizvode iznose slijednih struja koje oni sigurno prekidaju [6] i to može biti orijentir kod odabira UZP Tip 1. Ako je očekivana struja trolejnog kratkog spoja veća od te vrijednosti tada se obvezno mora između faznog vodiča i ulazne stezaljke UZP-a ugraditi predosigurač. Kod njegovog izbora potrebno je paziti na veličinu njegove nazivne struje. Izabere li se predosigurač premale nazivne struje tada postoji mogućnost da on prerano proradi, a time će funkcija UZP-a biti slabo iskorištena. Izabere li se, naprotiv, predosigurač prevelike nazivne struje tada može doći do preopterećenja UZP-a i njegovog razaranja. Slijedeće na što treba paziti je selektivnost predosigurača s obzirom na osigurač glavnog napajanja. Ne smije se dozvoliti da prije proradi osigurač glavnog napajanja od predosigurača



TRST	transformatorska stanica
KP	kućni priključak
RAZD	razdjelnik
MUNJ	munjovod
Wh	električno brojilo
Tip 1	UZP-Tip 1
Tip 2	UZP-Tip 2
Tip 3	UZP-Tip 3
L1,L2,L3	fazni vodiči
N	neutralni vodič

PE	vodič zaštitnog uzemljenja
PEN	N vodič sa zaštitnom funkcijom
IZP	stezaljka izjednačenja potencijala zbog udara munje
F1	glavni osigurači
F2	predosigurači UZP-a
F3	osigurači strujnih krugova
KP	komponenta za povezivanje
R _B	pogonsko uzemljenje
R	uzemljenje munjovoda

Slika 2. Ugradnja UZP-a u TN-S-C sustav električnog razdjela



TRST	transformatorska stanica	PE	vodič zaštitnog uzemljenja
KP	kućni priključak	IZP	stezaljka izjednačenja potencijala zbog udara munje
MUNJ	munjovod	F1	glavni osigurači
RAZD	razdjelnik	F2	predosigurači UZP-a
Wh	električno brojilo	F3	osigurači strujnih krugova
Tip 1	UZP-Tip 1	KP	komponenta za povezivanje
Tip 2	UZP-Tip 2	R _B	pogonsko uzemljenje
Tip 3	UZP-Tip 3	R	uzemljenje
L1,L2,L3	fazni vodiči		
N	neutralni vodič		

Slika 3. Ugradnja UZP-a u TN-S sustav električnog razdjela

UZP-a, jer bi se time cjelokupna električna instalacija odspojila s mreže.

Drugi zahtjev koji se postavlja od strane elektrodistributivnog poduzeća je da duljina vodova između UZP-Tip 1 i faznih vodiča te između UZP-Tip 1 i stezaljke za izjednačenje potencijala zbog udara munje nije veća od 0,5 metara [4]. Ako se to ne uzme u obzir može doći do induciranja visokog napona u tim vodovima (iznosa do nekoliko kV) i njegovog prijenosa u električnu instalaciju.

U području razdjelnika se, također, UZP-Tip 2 paralelno priključuje na fazne vodiče preko što je moguće kraćih vodova. Izlazne stezaljke UZP-a se direktno spajaju na vodič zaštitnog uzemljenja (PE). Za predosigurače, ako su potrebni, vrijedi sve ono što je rečeno kod ugradnje UZP-Tip 1. U faznim vodičima i neutralnom vodiču između mjesta ugradnje UZP-Tip 1 i mjesta ugradnje UZP-Tip 2 potrebno je osigurati komponentu za povezivanje (ili pomoću određene duljine vodova ili pomoću koncentrirane impedancije).

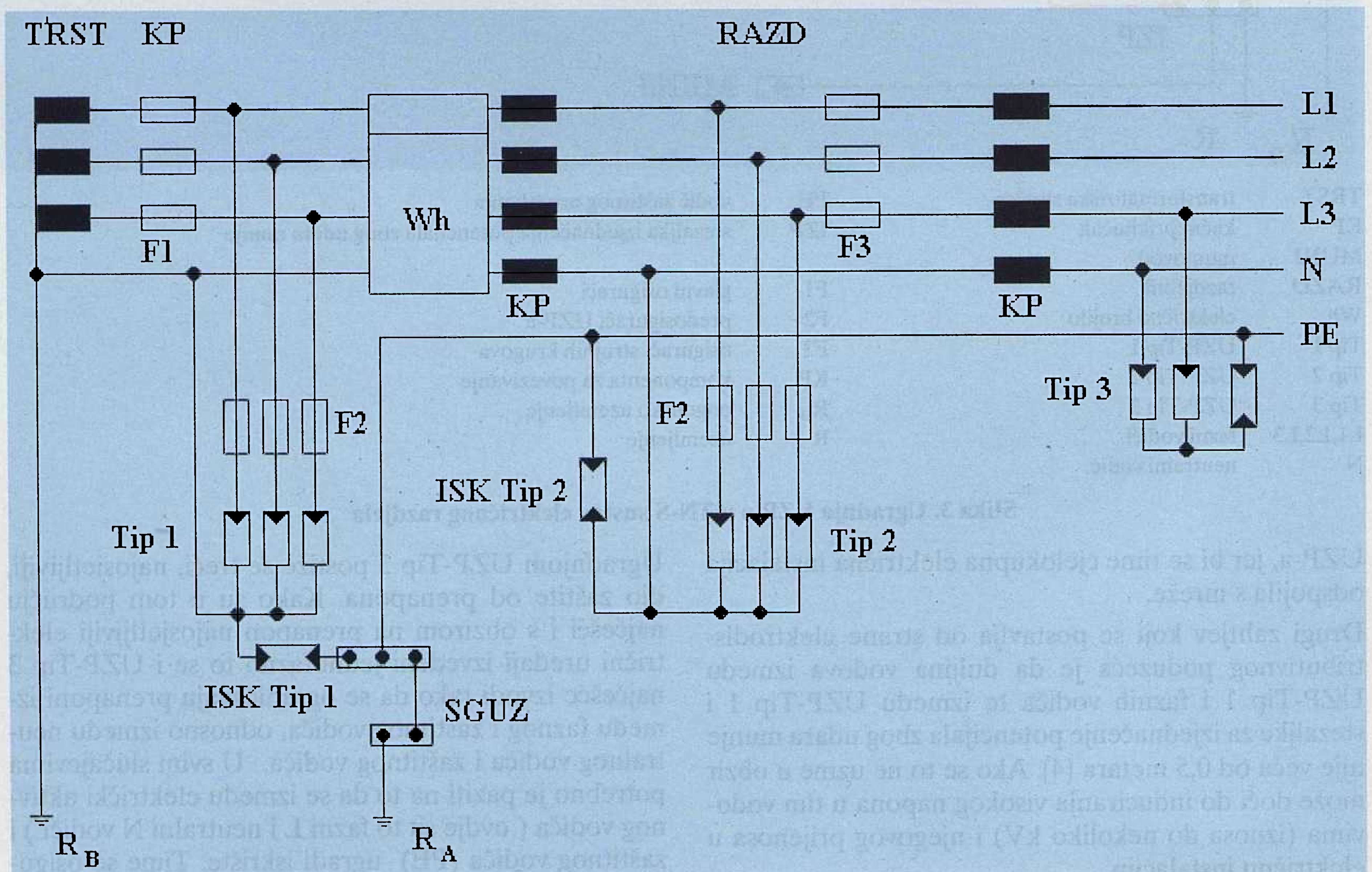
Ugradnjom UZP-Tip 3 postiže se treći, najosjetljiviji, dio zaštite od prenapona. Kako su u tom području najčešći i s obzirom na prenapon najosjetljiviji električni uređaji izvedeni jednofazno to se i UZP-Tip 3 najčešće izvodi tako da se ograničavaju prenaponi između faznog i zaštitnog vodiča, odnosno između neutralnog vodiča i zaštitnog vodiča. U svim slučajevima potrebno je paziti na to da se između električki aktivnog vodiča (ovdje su to fazni L i neutralni N vodiči) i zaštitnog vodiča (PE) ugradi iskrište. Time se osigurava to da neće doći do nedozvoljenog povezivanja između neutralnog i zaštitnog vodiča. Između UZP Tip 2 i UZP Tip 3 potrebno je osigurati komponentu za povezivanje zbog istih razloga kao što je prije spomenuto.

4.2. TN-S sustav električnog razdjela

TN-S sustav električnog razdjela ima napajanje u jednoj točki direktno spojeno sa zemljom, a kućišta opreme spojena su s ovom točkom pomoću zaštitnih

vodiča. Neutralni i zaštitni vodič su razdvojeni kroz cijeli sustav. U slici 3 prikazana je ugradnja UZP-a u taj sustav električnog razdjela. U njemu se na glavni priključak zgrade dovode odvojeno neutralni i zaštitni vodič. U odnosu na ugradnju UZP-a Tip 1 i Tip 2 kod sustava električnog razdjela TN-C-S ovdje je potrebno još predvidjeti ugradnju UZP-a između neutralnog vodiča i zaštitnog vodiča (ali bez predosigurača) da bi se odvela energija prenapona koji se može širiti neutralnim vodičem. Za predosigurače UZP-a priključenih na fazne vodiče te za duljinu vodova vrijedi sve ono što je rečeno kod ugradnje UZP-a u sustav TN-C-S. UZP-Tip 3 je izveden na isti način kao i kod TN-C-S sustava. Želi li se koristiti zaštitna strujna sklopka za zaštitu od opasnog napona dodira tada treba obratiti posebnu pozornost na nekoliko detalja. Zaštitna strujna sklopka normalne izvedbe se projektira i ispituje tako da mora podnijeti ispitivanje udarnom strujom tjemene vrijednosti 250 A oblika 8/20 μ s. Visoke udarne struje veće od te vrijednosti mogu dovesti do za-

varivanja kontakata sklopke čime ona prestaje obavljati svoju funkciju zaštite. Zato se te sklopke ugrađuju u razdjelnik iza UZP-Tip 2 koji energetski jaku udarnu struju odvede u zemlju. Dio energetski jakog prenapona može, ipak, prijeći iza UZP-Tip 2 te je dobro da se ugradi zaštitna strujna sklopka posebno otporna na udarne struje; npr. kao u [8] zaštitna strujna sklopka koja izdrži tjemenu vrijednost udarne struje 3 kA oblika 8/20 μ s. Želi li se iza zaštitne strujne sklopke ugraditi UZP-Tip 3 može se očekivati nepotrebna (lažna) prorada zaštitne strujne sklopke, jer kratkotrajna udarna struja prenapona odvedena preko UZP-a prema zemlji može biti prepoznata kod sklopke kao struja greške. U tom slučaju potrebno je ponovno uklopiti sklopku što je, ipak, bolje od mogućeg uništenja električnog uređaja zbog prenapona. Neki proizvođači [8] zaštitnih strujnih sklopki imaju u svojem prodajnom programu posebne izvedbe sklopki s vremenskom odgodom prorade. Dok je kod normalne izvedbe sklopke prosječno vrijeme prorade 25



TRST	transformatorska stanica	PE	vodič zaštitnog uzemljenja
KP	kućni priključak	N	neutralni vodič
RAZD	razdjelnik	KP	komponenta za povezivanje
Wh	električno brojilo	SGUZ	stezaljka glavnog uzemljenja
Tip 1	UZP-Tip 1	F1	glavni osigurači
Tip 2	UZP-Tip 2	F2	predosigurači UZP-a
Tip 3	UZP-Tip 3	F3	osigurači strujnih krugova
ISK Tip 1	iskrište Tip 1	R _B	pogonsko uzemljenje
ISK Tip 2	iskrište Tip 2	R _A	uzemljenje el. instalacije
L1,L2,L3	fazni vodiči		

Slika 4. Ugradnja UZP-a u TT sustav električnog razdjela

ms (kod struje greške jednake nazivnoj) kod posebne izvedbe sklopke je vrijeme prorade 130 ms. Time se dobiva mogućnost da prenaponski udar koji je prijelaznog karaktera ne stigne biti prepoznat u zaštitnoj strujnoj sklopki kao struja greške.

4.3. TT sustav električnog razdjela

TT sustav električnog razdjela karakteriziran je time da ima napajanje u jednoj točki direktno spojeno sa zemljom, a kućišta opreme su spojena sa zemljom preko posebnog uzemljenja. Ugradnja UZP-a u taj sustav prikazana je na slici 4.

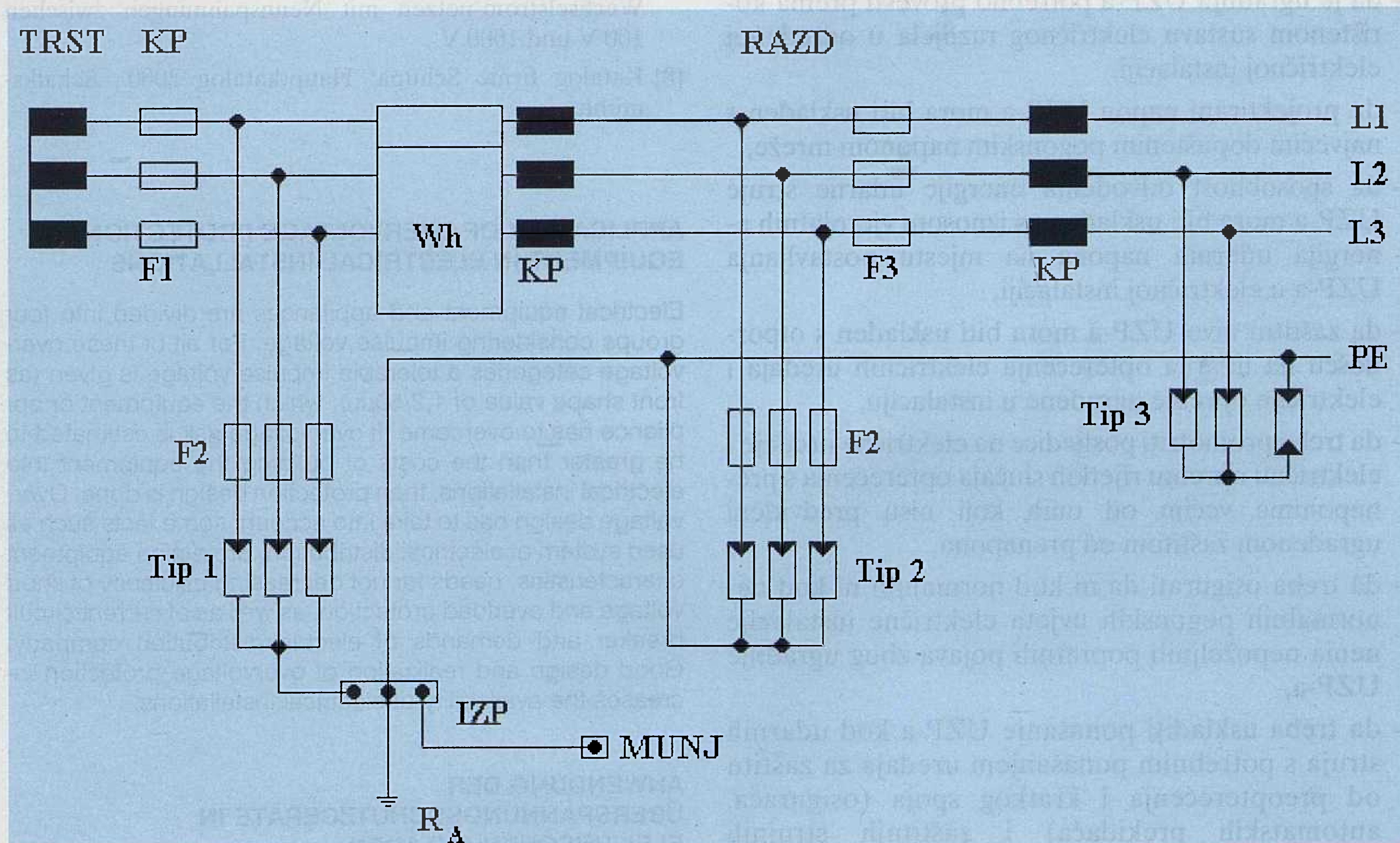
UZP-i nisu kao kod TN-C-S ili kao kod TN-S sustava električnog razdjela ugrađeni između faznih vodiča i zemlje, već između faznih vodiča i neutralnog vodiča. Zašto? U rasporedu u kojem je UZP priključen između faznog vodiča i zaštitnog vodiča postoji mogućnost da na kraju trajnosti UZP nije sposoban prekinuti slijednu struju te bi se u tom slučaju uspostavio kratki spoj između faznog vodiča i zaštitnog vodiča. Tada bi tekla struja greške preko otpora uzemljenja R_A u sustavu električnog razdjela natrag prema uzemljenom

zvjezdistu transformatora preko R_B . Zbog relativno velikog otpora petlje ne bi došlo pravodobno do prorade osigurača. To bi moglo dovesti do povišenja potencijala zaštitnog vodiča te time do pojave opasnih napona dodira. Ugradi li se UZP između neutralnog vodiča i zaštitnog vodiča tada se petlja zatvara preko neutralnog vodiča, otpor petlje je u tom slučaju pod nadzorom te se struja greške može trenutačno prekinuti. Kako između neutralnog vodiča i zaštitnog vodiča ne postoji opasnost pojave slijedne struje to se taj UZP može izvesti u obliku iskrišta. Takav spoj UZP-a Tip 1 i iskrišta Tip 1 naziva se »3+1« spoj. Isto takav spoj se izvede i u razdjelniku kod ugradnje UZP-Tip 2. Za zaštitu osjetljivih električnih uređaja koriste se isti UZP-Tip 3. Za dužinu vodova i dimenzioniranje nazivne struje osigurača vrijedi sve ono što je već prije rečeno.

Postoji li na objektu izvedena zaštita od udara munje tada se na stezaljku glavnog uzemljenja spoji i munjovod.

4.4. IT sustav električnog razdjela

IT sustav električnog razdjela nema napajanje spojeno sa zemljom (ili je ono spojeno preko velike impedan-



TRST	transformatorska stanica
KP	kućni priključak
RAZD	razdjelnik
Wh	električno brojilo
MUNJ	munjovod
Tip 1	UZP-Tip 1
Tip 2	UZP-Tip 2
Tip 3	UZP-Tip 3
L1,L2,L3	fazni vodiči

PE	vodič zaštitnog uzemljenja
KP	komponenta za povezivanje
R_A	uzemljenje el. instalacije
IZP	stezaljka izjednačenja potencijala zbog udara munje
F1	glavni osigurači
F2	predosigurači UZP-a
F3	osigurači strujnih krugova

Slika 5. Ugradnja UZP-a u IT sustav električnog razdjela

cije), a kućišta opreme su uzemljena. Ugradnja UZP-a u taj sustav prikazana je u slici 5. UZP-Tip 1 se priključi između faznih vodiča i sustava za izjednačenje potencijala. Za duljinu vodova i nazivne struje osigurača vrijedi sve ono što je rečeno prije. Slično se ugrađuju i UZP-Tip 2. Za osjetljive električne uređaje mogu se koristiti isti UZP-Tip 3 kao i prije.

5. ZAKLJUČAK

Izbor odgovarajuće zaštite od prenapona u električnim instalacijama treba provesti prema odgovarajućim načelima uvažavajući:

- da je mjesto ugradnje UZP-Tip 1 u električnu instalaciju 1 pod nadzorom elektrodistributivnog poduzeća te se ugradnja može izvesti samo uz suglasnost tog poduzeća,
- da je iz zahtjeva na sigurnost od opasnog napona dodira potrebno naročito pažljivo izvesti izjednačenje potencijala te to povezati sa zaštitom od direktnog udara munje i u skladu s tim izvesti ugradnju UZP-a,
- da je ugradnju UZP-a potrebno provesti prema korištenom sustavu električnog razdjela u određenoj električnoj instalaciji,
- da projektirani napon UZP-a mora biti usklađen s najvećim dopuštenim pogonskim naponom mreže,
- da sposobnost odvođenja energije udarne struje UZP-a mora biti usklađena s iznosom vjerojatnih energija udarnih napona na mjestu postavljanja UZP-a u električnoj instalaciji,
- da zaštitni nivo UZP-a mora biti usklađen s otpornošću na udarna opterećenja električnih uređaja i električne opreme ugrađene u instalaciju,
- da treba promotriti posljedice na električne uređaje i električnu opremu rijetkih slučajeva opterećenja s prenaponima većim od onih koji nisu predviđeni ugrađenom zaštitom od prenapona,
- da treba osigurati da ni kod normalnih ni kod ne-normalnih pogonskih uvjeta električne instalacije nema nepoželjnih popratnih pojava zbog ugradnje UZP-a,
- da treba uskladiti ponašanje UZP-a kod udarnih struja s potrebnim ponašanjem uređaja za zaštitu od preopterećenja i kratkog spoja (osigurača, automatskih prekidača) i zaštitnih strujnih sklopki,
- da treba uskladiti međusobno ponašanje ugrađenih UZP-a u električnu instalaciju (tzv. koordinacija UZP-a).

Tek na taj način projektirana i izvedena električna instalacija bit će svrshishodno zaštićena od prenapona, a ugrađeni uređaji za zaštitu od prenapona povećat će raspoloživost električnih uređaja i ugrađene električne opreme.

LITERATURA

- [1] Mr. I. MATEKOVIĆ, dipl. ing.: "Procjena rizika od prenapona u električnim instalacijama", Energija br. /2003.
- [2] DIN VDE 0100-443/2002-01: Errichten von Niederspannungsanlagen Teil 4: Schutzmaßnahmen – Kapitel 44 : Schutz bei Überspannungen – Hauptabschnitt 443: Schutz bei Überspannungen infolge atmosphärischer Einflüsse oder von Schaltvorgängen
- [3] DIN EN 61643-11/2002-12: Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung Teil 11: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen – Anforderungen und Prüfungen
- [4] DIN VDE V 0100-534/1999-04: Elektrische Anlagen von Gebäuden Teil 534: Auswahl und Errichtung von Betriebsmitteln Überspannungs-Schutzeinrichtungen
- [5] E Beiblatt1 zu DIN VDE 0100-534/07.1999: Elektrische Anlagen von Gebäuden, Allgemeine Grundinformationen zu Überspannungen und Schutz bei Überspannungen in Niederspannungs-Starkstromanlagen mit Wechselspannungen
- [6] Katalog firme OBO Betermann: Überspannungsschutz-Systeme, Menden 2002.
- [7] E DIN VDE 0675 Teil 6/1989-11, A1/1996-03, A2/1996-10: Überspannungsableiter zur Verwendung in Wechselstrom-netzen mit Nennspannungen zwischen 100 V und 1000 V
- [8] Katalog firme Schupa: Hauptkatalog 2000., Schalksmühle

APPLICATION OF OVERVOLTAGE PROTECTION EQUIPMENT IN ELECTRICAL INSTALLATIONS

Electrical equipment and appliances are divided into four groups considering impulse voltage. For all of these overvoltage categories a tolerable impulse voltage is given (as front shape value of $1,2/50\mu s$), which the equipment or appliance has to overcome. If overvoltage risk is estimated to be greater than the costs of building the equipment into electrical installations, then protection design is done. Overvoltage design has to take into account some facts such as used system of electrical distribution, protection equipment characteristics, needs for not decreasing efficiency of short voltage and overload protection, as well as of current circuit breaker and demands of electric distribution company. Good design and realization of overvoltage protection increases the availability of electrical installations.

ANWENDUNG DER ÜBERSPANNUNGSSCHUTZGERÄTE IN ELEKTRISCHEN ANLAGEN

Bezüglich der Stoßspannungen sind elektrische Ausrüstung und Einrichtungen in vier Bewertungsstufen eingeordnet. Jede dieser Bewertungsstufen ist durch jene Stehspannung (als Scheitelspannung der Form $1,2/50$) bestimmt, welcher die Einrichtung standhalten muss. Man schreitet zum Entwerfen eines Überspannungsschutzes zu, sollte beurteilt werden, daß das Überspannungsrisiko größer ist als Einbaukosten einer entsprechenden Schutzeinrichtung. Den Überspannungsschutz einer Stromversorgung soll man entwerfen unter Beachtung einiger

Gegebenheiten z.B. des Stromverteilungssystems, der Eigenschaften der Überspannungsschutzeinrichtung, der Verlangen nach dem unbeinträchtigten Kurzschluß- und Überlastungsschutz, sowie nach den Stromschutzschaltern, als auch den Verlangen der Stromversorgungsunternehmen. Sachgemäß entworfener und durchgeführter Überspannungsschutz vergrößert die Verfügbarkeit einer Elektroinstallation.

Naslov pisca:

Mr. sc. Ivan Matković, dipl. ing.
Elektrokontakt d.d.
Radnička cesta b.b.
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2003 – 04 – 05.



PRIKAZ STANJA NORMIZACIJE I REGULATIVE VEZANE UZ KOMUNICIRANJE ELEKTROENERGETSKIM VODOVIMA, PLC

II. dio: Regulatoriva PLC-a

Mr. sc. Suzana Javornik Vončina, Zagreb

UDK 621.395:658.516
PREGLEDNI ČLANAK

Članak daje pregled pokušaja reguliranja uporabe PLC-a i ostalih širokopojsnih kabljskih transmisijskih mreža, uključujući prikaz principa međunarodnog reguliranja uporabe radijskih frekvencija, europskog okvira reguliranja elektromagnetske kompatibilnosti i uporabe radijskih frekvencija, te hrvatskih okvira unutar kojih će trebati dorada vezana uz reguliranje uporabe širokopojsnog PLC-a i ostalih širokopojsnih kabljskih transmisijskih mreža.

Ključne riječi: normizacija, regulatoriva, PLC, PLT, elektromagnetska kompatibilnost, xDSL.

Uvod

U prvom dijelu serije o stanju normizacije i regulative vezane uz PLC [1] opisano je normizacijsko područje razvoja PLC-a. Dok je uskopojasni PLC zadovoljavajuće normiziran, s danas interesantnijim širokopojsnim PLC-om situacija nije takva.

Tijekom zadnjih godina razvoj digitalnih telekomunikacijskih mreža stvorio je tržište svjetskih razmjera i pokrenuo nadmetanje davatelja mrežnih usluga. Potrebe za brzinom podatkovnog komuniciranja rastu. Danas postoji jak interes da se osigura širokopojsnu komunikacijsku infrastrukturu na što brži i jeftiniji način. Između ostalog, ispituju se mogućnosti komuniciranja putem najrasprostranjenije bakrene mreže, elektroenergetske mreže. Za razliku od dugogodišnje prakse dodavanja signala frekvencije reda veličine kHz na elektroenergetske vodove koji prenose struju frekvencijom 50 Hz, danas se razmatra prenošenje širokopojsnih digitalnih signala. Dodatno korištenje već postojeće infrastrukture, kakva je npr. elektroenergetska mreža, za ostvarenje željene širokopojsne komunikacije je politički i ekonomski veoma privlačno. Ne zahtijeva polaganje novih kabela, omogućuje brži put do nudenja usluge, a elektroprivredama osigurava dodatni prihod za infrastrukturu čiju cijenu već plaća elektroenergetska djelatnost. Nažalost, s razvojem širokopojsnog PLC-a povezane su i značajne teškoće. Postojeća elektroenergetska mreža nije osmišljena za širokopojsnu komunikaciju, što s jedne strane predstavlja značajan izazov pri razvoju tehnologije širokopojsnog PLC-a, a s druge strane unosi problem zračenja instalacije širokopojsnog PLC-a.

U rješavanju prvog problema uključen je niz proizvođača koji razvijaju vlastita rješenja za širokopojsni PLC, te niz normizacijskih organizacija čiji je rad opisan u [1]. Na normizaciji širokopojsnog PLC-a angažirane su organizacija: ETSI, CENELEC, CISPR, PLCforum i HomePLUG. Najznačajniji doprinos očekuju se od ETSI-a i CENELEC-a čiji je rad započeo 2000. godine, ali se, ukupno gledano, nije odvijao prema planu te još nisu postignuti zadovoljavajući rezultati.

U područje regulative spada rješavanje drugog problema, problema zračenja instalacije širokopojsnog PLC-a. Kada se HF signali prenose električnim vodičem, stvara se elektromagnetsko polje koje može ometati radijske službe i druge komunikacijske sustave u svom okruženju. Zračenje se može ograničiti na dva načina:

- oklapanjem vodiča i
- simetričnošću vodiča.

U praksi, zbog loše izvedenog oklapanja, loše prilagodbe impedancija ili nesimetričnosti ipak dolazi do zračenja. Među danas razmatranim načinima za ostvarenje širokopojsne komunikacije uporabom postojeće kabljske infrastrukture (xDSL, CableTV, PLC), u pogledu zračenja PLC je najlošiji slučaj:

- elektroenergetski vodovi nisu oklopljeni,
- elektroenergetski vodovi nisu simetrični vodovi i
- opterećenje elektroenergetskog voda neprestano se mijenja zavisno o krajnjim uređajima priključenim na elektroenergetsku mrežu.

Zračenje sustava širokopojsnog PLC-a predstavlja najveću prijetnju normalnom funkcioniranju radijskih službi koje rade na frekvencijama do 30 MHz. Suštin-

ski, svrha reguliranja elektromagnetske kompatibilnosti je osigurati nesmetan rad telekomunikacijske i radijske opreme i drugih električnih naprava u skladu s njihovom namjenom. Elektromagnetska kompatibilnost ili snošljivost, EMC, je mogućnost naprave, uređaja ili sustava da djeluje zadovoljavajuće u svom elektromagnetskom okruženju, bez unošenja nesnošljivih elektromagnetskih smetnji na bilo što u tom okruženju. Regulativa EMC-a temelji se na normama za EMC.

Pitanje elektromagnetske kompatibilnosti instalacije širokopojasnog PLC-a pokazalo se vrlo opsežnim zadatkom, koji uz to i nadilazi pitanje samog PLC-a. Općenito, dosadašnji rad na normizaciji EMC-a nije sveobuhvatan zbog neprestanog razvoja novih elektroničkih sustava i poboljšanja performansi postojećih sustava. Dva su osnovna područja zbog kojih dolazi do novih problema vezanih uz EMC. Prvo područje je smjer razvoja tehnologija, posebice povećanje brzine takta koje povlači povećanje brzine podatkovne sabirnice i stvaranje smetnji na sve višim frekvencijama. Situaciju otežava što je istodobno prisutan trend smanjivanja napona napajanja uređaja čime oni postaju osjetljiviji na vanjske smetnje. Drugo područje razvoja koje donosi probleme vezane uz EMC je razvoj informacijskih sustava temeljenih na digitalnim prijenosnim sustavima. Komunikacijski sustavi su sve složeniji: digitalni su, radijski sustavi se osim za odašiljanje i celularne sustave koriste i za lokalno umrežavanje i osobne mreže, a razvijaju se i različiti širokopojasni kabelski sustavi, među kojima je i PLC.

Problemi vezani uz EMC do kojih dolazi pri implementaciji PLC-a srodni su problemima do kojih dolazi i kod implementacije ostalih širokopojasnih kabelskih komunikacijskih sustava, npr. xDSL-a ili kabelske televizije, čiji se rad temelji na prijenosu radijskih frekvencija žičanim medijem. Dosadašnje norme za EMC usredotočene su na EMC uređaje, a ne uzimaju u obzir način povezivanja uređaja i performanse kabela kojima su uređaji povezani, što značajno utječe na cjelokupnu zračenu emisiju u danom okruženju. Vezano uz EMC, kod PLC-a je problem dvojak: potrebno je ograničiti razinu vođenih smetnji u mreži prisutnih na ulazima uređaja, kao i ograničiti smetnje koje zrači instalacija širokopojasnog PLC-a.

Europska komisija je polovinom 2002. godine izdala Mandat 313 [2] i inicirala izradu harmoniziranih normi za emisiju i otpornost kabelskih telekomunikacijskih mreža općenito. Kao prvi korak rada po tom mandatu, zajednička radna grupa ETSI-a i CENELEC-a započela je rad na izradi općenite norme za emisiju kabelskih telekomunikacijskih mreža i općenite norme za otpornost na smetnje. U rujnu 2002. godine osnovana je grupa za specijalistički zadatak broj 222 (STF 222, Specialist Task Force 222) za podršku rada na ETSI-jevom projektu PLT [3]. S obzirom na preuzet mandat, kao i rad Grupe za specijalistički zadatak broj 222, za

očekivati je da će u 2003. godini rezultati rada na normizaciji PLC-a biti daleko značajniji od dosadašnjih. Predmet ovog članka je prikaz regulative vezane uz PLC.

Kao što je već rečeno, uporaba postojećih elektroenergetskih kabela za prijenos podataka može rezultirati neželjenim zračenjem, budući da elektroenergetski vodovi nisu ni oklopljeni ni simetrični. Neželjeno elektromagnetsko zračenje vodova korištenih za PLC može uzrokovati smetnje drugim komunikacijskim sustavima koji rade na istim frekvencijama. Problem je posebice izražen kod širokopojasnog PLC-a koji radi uz uporabu frekvencija koje koriste različite radijske službe. Postojeća regulativa ne definira dozvoljenu emisiju kabelskih sustava u frekvencijskom području od 1,6 MHz do 30 MHz koje je optimalno za rad širokopojasnog PLC-a, niti predviđa dodjelu frekvencijskih pojaseva kabelskim sustavima. Kako ove frekvencije upotrebljavaju značajni korisnici spektra, od vojske i kontrole leta, preko služba sigurnosti, do radijskog razražiljanja (engl.: *broadcasting*) i radijskih amatera, preduvjet za rad PLC-a je poštivanje regulative koja osigurava rad tih radijskih službi. Međutim, zbog specifičnosti PLC-a postojeća regulativa nije primjenjiva, te je u tijeku njena dorada.

Osim ovih pitanja regulative vezanih uz samu tehniku rada, regulativa PLC-a obuhvaća i poslovnu, tj. elektroprivrednu regulativu (pitanja načina i uvjeta spajanja na transformatorsku stanicu, korištenja prava prolaza, vlasništva nad korištenom infrastrukturom, procjene vrijednosti korištene infrastrukture, dodjeljivanja troškova i obveza i sl.) kao i zakonodavnu regulativu (pitanja vezana uz usluge koje se namjeravaju nuditi PLC-om). Međutim, članak se bavi samo regulativom vezanom uz tehniku rada PLC-a.

U nastavku je u 1. poglavlju dan prikaz principa međunarodnog reguliranja uporabe radijskih frekvencija.

U 2. poglavlju dan je prikaz europske regulative koja se odnosi na PLC. U 3. poglavlju prikazan je njemački i europski pristup reguliranju PLC-a i sličnih širokopojasnih kabelskih sustava. U 4. poglavlju dan je prikaz regulatornih okvira u Republici Hrvatskoj, unutar kojih će trebati uklopiti regulativu vezanu uz PLC i slične širokopojasne kabelske sustave. U 5. poglavlju objašnjene su sve kratice upotrijebljene u članku. Slijede zaključak, te literatura navedena redoslijedom spominjanja u članku.

1. MEĐUNARODNO REGULIRANJE UPORABE RADIJSKIH FREKVENCIJA

Kako je radiofrekvencijski spektar ograničeni resurs, njegova uporaba treba biti racionalna, učinkovita i ekonomična. Upravljanje radiofrekvencijskim spektrom obuhvaća različite administrativne i tehničke postupke čiji je cilj da radijske postaje različitih radijskih službi rade bez uzrokovanja ili primanja štetnih elektromagnetskih smetnji.

Međunarodna telekomunikacijska udruga, ITU, bavi se određivanjem međunarodne namjene i uvjeta uporabe radijskog spektra, te tako daje međunarodnu osnovu svake regulative vezane uz radijske frekvencije. Dio ITU-a koji regulira radijske komunikacije je ITU-R. Osnovni dokument ITU-R-a koji uređuje međunarodnu uporabu radijskih frekvencija su *Radijska pravila* [4], svojevrsan međunarodni ugovor o radiokomunikacijama. *Radijska pravila* definiraju osnovne uvjete međunarodnog uređenja radijskih frekvencija, od kojih su neki definirani općenito (npr. međunarodna tablica namjene frekvencija), a neki detaljnije (npr. postupci obvezne koordinacije, obavješćivanja i bilježenja dodijeljenih frekvencija). Preostali uvjeti (npr. postupci izdavanja dozvola, raspoloživost frekvencijskog područja za određene primjene,...) definiraju se na nacionalnim razinama. Osim uvjeta uporabe radijskog spektra, *Radijska pravila* definiraju i prava i obveze koji proizlaze iz te uporabe.

Kako su *Radijska pravila* aneks ITU-ove *Konvencije*, to su sve zemlje članice ITU-a, tj. potpisnice *Konvencije*, obvezne primjenjivati odredbe *Radijskih pravila*. Vlade zemalja članica ITU-a dužne su organizirati nacionalnu upravu (vladino ministarstvo ili služba odgovorna za provedbu obveza preuzetih *Ustavom, Konvencijom i Radijskim pravilima* ITU-a) koja treba provoditi odredbe ITU-a u svojim zemljama, kao i donositi odgovarajuće nacionalno zakonodavstvo. Kao što je navedeno u prvom dijelu ove serije [1], Republika Hrvatska članica je ITU-a od 3.6.1992. godine. Uprava za provođenje odredbi ITU-a u Republici Hrvatskoj je Ministarstvo pomorstva, prometa i veza. Osim tog ministarstva, Hrvatsku u ITU-u zastupaju i Hrvatski zavod za telekomunikacije, te Vijeće za telekomunikacije.

Dvije osnovne koncepcije na kojima se temelje međunarodna *Radijska pravila* su:

- koncepcija dodjeljivanja blokova frekvencija određenoj radijskoj službi.
- koncepcija obveznih ili neobveznih regulatornih postupaka koordiniranja, obavješćivanja i bilježenja.

Primjenom koncepcije dodjeljivanja blokova frekvencija određenoj radijskoj službi najčešće se osigurava zajednička namjena frekvencija za uzajamno kompatibilne radijske službe koje rade uz slične tehničke karakteristike u određenom dijelu spektra. Time se nacionalnim upravama, proizvođačima opreme i korisnicima osigurava stabilno okruženje za planiranje. U skladu s koncepcijom dodjeljivanja blokova frekvencija *Radijska pravila* u poglavlju S5 sadrže međunarodnu *Tablicu namjene frekvencijskih područja* (engl.: *Table of Frequency Allocation*) koja frekvencijski raspon od 9 kHz do 400 GHz dijeli na uža područja namijenjena za uporabu u 37 radijskih službi.

Razlikuju se dvije vrste namjene frekvencijskih područja:

- isključiva namjena, kad je frekvencijsko područje namijenjeno pojedinačnoj radijskoj komunikaciji, i

- zajednička namjena, kad je frekvencijsko područje namijenjeno dvjema ili većem broju radijskih službi.

U svim dokumentima ITU-a pojmovi namjena, raspodjela i dodjela u svezi s upravljanjem frekvencijskim spektrom imaju sljedeća značenja:

- Namjena frekvencijskog pojasa (engl.: *allocation*) je unos frekvencijskog područja u *Tablicu namjene frekvencijskih područja* radi uporabe u jednoj ili više zemaljskih ili svemirskih radijskih službi ili u radioastronomiji uz točno utvrđene uvjete;
- Raspodjela radijske frekvencije ili radiokanala (engl.: *allotment*) je unos označenog frekvencijskog kanala u usklađeni plan, koji je usvojila mjerodavna konferencija, za uporabu kod jedne ili više nacionalnih uprava u zemaljskoj ili svemirskoj radijskoj službi, u jednoj ili više zemalja ili zemljopisnih područja uz točno utvrđene uvjete;
- Dodjela radijske frekvencije ili radiokanala (engl.: *assignment*) je izdavanje dozvole određenoj radijskoj postaji za uporabu radijske frekvencije ili radiokanala uz točno utvrđene uvjete.

Prema tome, frekvencije su namijenjene radijskim službama (engl.: *allocation*), dodjeljuju se radijskim postajama (engl.: *assignment*), a raspodjeljuju se zemljopisnim područjima ili državama (engl.: *allotment*).

Zbog mogućnosti uporabe frekvencijskog područja u više radijskih službi, razlikuju se primarne (unos velikim tiskanim slovima) i sekundarne (unos malim tiskanim slovima) radijske službe.

Primarna radijska služba je ona čije radijske postaje mogu zahtijevati zaštitu od smetnji radijskih postaja sekundarnih radijskih službi, čak i kad su sekundarnoj službi frekvencije već dodijeljene. Zaštitu od smetnji radijskih postaja iste ili neke druge primarne radijske službe može zahtijevati samo radijska postaja kojoj su frekvencije ranije dodijeljene.

Sekundarna radijska služba je ona čije radijske postaje ne smiju prouzrokovati smetnje primarnoj radijskoj službi niti mogu zahtijevati zaštitu od smetnji primarne radijske službe nezavisno o tome kada je primarnoj radijskoj službi dodijeljeno frekvencijsko područje. Jedina zaštita koju sekundarna radijska služba može zahtijevati je zaštita od smetnji koje prouzrokuju radijske postaje iste ili druge sekundarne radijske službe kojoj su frekvencije kasnije dodijeljene.

Namjena frekvencijskih područja može biti svjetska ili regionalna. Radi određivanja namjene frekvencijskih područja svijet je podijeljen u tri regije: Regija 1 (Europa, Afrika, sjeverni dio Azije), Regija 2 (Amerika) i Regija 3 (Australija, južni dio Azije, Japan).

Uz svaku namjenu moguće je vezivanje s numeriranim napomenama o uporabi navedenim na dnu tablice (fusnote) koje detaljnije specificiraju način određi-

vanja namjene ili uporabe frekvencija. Napomene se mogu odnositi na cijelo frekvencijsko područje ili samo na pojedinu radijsku službu.

Napomene o uporabi mogu sadržavati:

- namjenu frekvencijskog područja za uporabu u dijelovima radijske službe,
- utvrđivanje načina radijske primjene za neku radijsku službu uključivo obavijesti tehničke i uporabne prirode,
- dopune utvrđivanju civilne ili vojne uporabe,
- utvrđivanje uporabe frekvencija unutar i uzduž vodiča,
- utvrđivanje drugih primjena elektromagnetskih valova i sl.

Nakon određivanja namjene pojedinih frekvencijskih područja, moguće je izvršiti raspodjelu frekvencija ili frekvencijskih kanala, tj. dodijeliti pojedine frekvencije ili frekvencijske kanale iz frekvencijskog područja određenim radijskim službama. Konačno, pojedinoj radijskoj postaji izdaje se dozvolu za uporabu određene frekvencije ili frekvencijskog kanala.

Planiranje frekvencijskih područja putem planova raspodjele frekvencija i dodjele frekvencija predstavlja ključni mehanizam očuvanja jednakog prava pristupa ograničenim radijskim resursima svim zemljama članicama ITU-a.

Za regulativu PLC-a od suštinskog je značenja članak S15.12 *Radijskih pravila* koji propisuje sljedeće: "uprave trebaju poduzeti sve prikladne i nužne korake kako bi osigurale da rad električnih uređaja ili instalacija bilo koje vrste, uključivo energetske i telekomunikacijske distribucijske mreže, ne uzrokuje štetne smetnje radiokomunikacijskim službama, posebice službama radijske navigacije i službama sigurnosti koje se obavljaju u skladu s odredbama *Radijskih pravila*". (engl.: "*Administrations shall take all practicable and necessary steps to ensure that the operation of electrical apparatus or installations of any kind, including power and telecommunication distribution networks ... does not cause harmful interference to a radiocommunication service and, in particular, to the radionavigation or any other safety service operating with the provisions of these Regulations*")

Na ovaj se članak redovito pozivaju predstavnici radijskih službi kad lobiraju protiv PLC-a, npr. engleski BBC [5] i Međunarodna udruga radioamatera, IARU, [6].

Radijska pravila revidiraju se odlukom članica ITU-a na *Svjetskim konferencijama o radijskim komunikacijama*, WRC, koje se odražavaju svake druge ili treće godine (posljednja je održana 2000. godine u Istanbulu, WRC-00, a sljedeća će se održati 2003. godine).

Svjetska konferencija o radijskim komunikacijama može:

- revidirati *Radijska pravila* i pripadne planove namjene frekvencijskih područja i raspodjele frekvencija,
- pokrenuti razmatranje bilo kojeg radiokomunikacijskog pitanja svjetskog razmjera,
- dati direktive tijelima ITU-R-a i revidirati njihove aktivnosti, te
- odrediti sadržaj budućih konferencija o radijskim komunikacijama.

Europske pripreme za WRC, koje rezultiraju zajedničkim europskim prijedlozima, koordinira *Europska konferencija pošta i telekomunikacija*, CEPT.

U sklopu ITU-R-a djeluju studijske grupe, među kojima je i studijska grupa 1 (SG 1) koja se bavi upravljanjem spektrom. Unutar nje djeluju radne grupe za tehniku (WP 1A), metodologiju (WP 1B) i praćenje spektra (WP 1C).

2. EUROPSKA REGULATIVA VEZANA UZ PLC

Europska zajednica započela je 1985. godine strategiju tehničkog usklađivanja na području Zajednice nazvanu "politika novog pristupa". Strategija uključuje uporabu tehničkih pravila i normi kao metode za uklanjanje barijera trgovanju unutar Zajednice. Barijere trgovanju većinom se odnose na sigurnost ljudi i proizvoda koje upotrebljavaju.

Suštinski zahtjevi koje proizvodi trebaju zadovoljiti kako bi njihova uporaba bila sigurna definiraju se u vidu direktiva obvezujućih za sve zemlje članice Europske zajednice glede rezultata koje treba postići. Direktive u pravilu donosi Europski parlament na prijedlog Europske komisije. Zemlje članice ostvaruju ciljeve definirane direktivama donoseći odgovarajuće nacionalno zakonodavstvo. Time je zakonodavstvo ograničeno na utvrđivanje suštinskih sigurnosnih zahtjeva koje trebaju zadovoljavati proizvodi u Europskoj uniji.

Dok direktive definiraju suštinske zahtjeve u kvalitativnom smislu, normizacijskim tijelima ostavljen je posao njihova kvantitativnog određivanja odgovarajućim harmoniziranim normama. Europska komisija daje mandat za izradu harmoniziranih normi europskim normizacijskim organizacijama, a to su CEN, CENELEC i ETSI. Mandat je referentni dokument za normizacijsku aktivnost kojim javni autoritet traži europsku normizacijsku organizaciju da izradi tehničku specifikaciju. Članice Europske zajednice obvezne su implementirati europske norme kao nacionalne norme i odbaciti sve nacionalne norme koje su u suprotnosti s europskim normama. Usklađenost sa suštinskim zahtjevima direktiva može se postići poštivanjem odgovarajućih harmoniziranih normi. Time je norma pridana veća važnost, te postaju temeljni faktor osiguravanja jedinstvenog europskog tržišta. Proizvođačima je olakšan pristup tržištu, jer ukoliko proizvode u skladu s harmoniziranim normama, zajamčena im je usklađenost s direktivama, a samim time i pristup

europskom tržištu. Ukoliko proizvođač proizvede proizvod u skladu s harmoniziranim normama, zemlje članice EU-a dužne su smatrati da taj proizvod zadovoljava zahtjeve zakona. Uporaba harmoniziranih normi nije obvezujuća; proizvođači mogu demonstrirati usklađenost sa zahtjevima direktive i alternativnim metodama. Međutim, obveza je proizvođača koji namjerava prodavati na europskom tržištu prepoznati koje se sve direktive odnose na njegov proizvod, te iskazati usklađenost proizvoda s tim direktivama označavanjem proizvoda oznakom CE. Slobodno kolanje proizvoda unutar Europske zajednice zajamčeno je ukoliko proizvod udovoljava zahtjevima odgovarajućih direktiva, na što ukazuje oznaka CE na proizvodu.

Pri razvoju PLC-a potrebno je voditi računa o usklađenosti uređaja sa zahtjevima Direktive o EMC-u [7], te Direktive o radijskim uređajima i telekomunikacijskim krajnjim uređajima, R&TTE, [8] koju je na prijedlog Europske komisije donio Europski parlament. Obje ove direktive pripadaju smjernicama "novog pristupa". Donošenjem direktiva Europska komisija i Europski parlament utvrđuje regulatorne okvire za Europsku uniju.

S druge strane, tradicionalna regulatorna organizacija za područje telekomunikacija i radiokomunikacija za Europu je CEPT.

U nastavku je dan pregled direktiva Europske komisije i Europskog parlamenta koje su od važnosti za PLC, te pregled rada CEPT-a vezan uz donošenje regulative za PLC.

2.1. Direktiva o EMC-u

Direktiva o EMC-u [7] zahtijeva da električni proizvodi ne proizvode elektromagnetske smetnje, kao i da zbog elektromagnetskih smetnji ne dolazi do umanjivanja njihovih nazivnih značajki. Prvenstveni cilj direktive je osigurati slobodno kolanje električnih uređaja unutar Europske zajednice i osigurati prihvatljivo elektromagnetsko okruženje na europskom ekonomskom području (EU, Lihtenštajn, Island i Norveška). Direktiva se, između ostalog, odnosi na telekomunikacijske krajnje uređaje, na uređaje informatičke tehnologije i na sustave (više sprava zajedno koje čine cjelinu za ispunjavanje određene funkcije namijenjenu stavljanju na tržište kao jedna funkcijska jedinica), a ne odnosi se na instalacije (više sprava ili sustava združenih zajedno na određenom prostoru radi ispunjavanja određene funkcije, koje, međutim, nisu namijenjene stavljanju na tržište kao jedinstvene cjeline). Premda se Direktiva o EMC-u ne odnosi na instalaciju, sprave i sustavi koji čine instalaciju podliježu njenim odredbama. Amandmane za Direktivu o EMC-u sadrže tri direktive: direktiva 91/63/EEC, direktiva 92/31/EEC, te direktiva 93/68/EEC.

Europska komisija je CENELEC-u dodijelila mandat za izradu harmoniziranih normi o EMC-u za telekomunikacijske krajnje uređaje, a ETSI-u mandat za

izradu harmoniziranih normi o EMC-u za telekomunikacijske mrežne uređaje, te za radijske uređaje i sustave. Prema tome, u EU-u su ograničenja vezana uz elektromagnetsku kompatibilnost definirana normama. Na temelju preuzetih mandata, organizacije ETSI i CENELEC izradile su niz harmoniziranih normi vezanih uz EMC, koje često pokrivaju samo određeni vid EMC-a, npr. samo otpornost na smetnje, samo emisiju na niskim frekvencijama i slično. Zbog toga je za udovoljavanje suštinskim zahtjevima Direktive o EMC-u često potrebna usklađenost s nizom normi.

1998. godine je Direktiva o EMC-u uključena u fazu III programa pojednostavljivanja zakonodavstva za jedinstveno europsko tržište, te je 1999. godine formirana radna grupa za isto [9]. Rezultat rada ove radne grupe je nekoliko nacrti buduće direktive koji još uvijek imaju status radnih dokumenata. Jedna od važnijih promjena je definiranje režima za fiksne instalacije, što uključuje definiranje zasebnih odrednica i suštinskih zahtjeva za fiksne instalacije koje mogu uzrokovati elektromagnetske smetnje ili mogu biti podložne elektromagnetskim smetnjama.

Zadnjih godina razvijaju se tehnologije uporabe kabelskih mreža za širokopojasne komunikacije, te se postavlja pitanje EMC-a takvih fiksnih instalacija. Europska komisija je zbog razmatranja tog problema tijekom 2000. godine i 2001. godine organizirala niz radnih sastanaka. Najznačajniji je održan 5. ožujka 2001. godine u Bruxellesu i na tom su sastanku sudjelovali predstavnici nekoliko nacionalnih regulatora, predstavnici NATO-a, BBC-a, Deutsche Telekom, policije, te radijskih amatera. Istaknuto je da PLC nije radijska usluga te ne povlači pitanje reguliranja uporabe spektra, kao i da je u Europskoj zajednici pitanje definiranja ograničenja vezanih uz EMC povjerenjeno normizacijskim tijelima. Ukoliko normizacijski mehanizmi ne djeluju, Europska komisija može dodijeliti poseban mandat kako bi pokušala riješiti problem.

Nakon sagledavanja problema, Europska komisija je u listopadu 2001. godine CENELEC-u i ETSI-u prosljedila Mandat 313 za izradu i usvajanje harmoniziranih normi koje će definirati zahtjeve za EMC telekomunikacijskih mreža (emisija i otpornost na smetnje) ostvarenih energetske kabelima, koaksijalnim kabelima i telefonskim paricama [2]. Zajednička radna grupa CENELEC-a i ETSI-a osnovana u siječnju 2000. godine za rad na ETSI-jevom projektu o PLC-u već se bavila ovom problematikom, te je imenovana kao zajednička radna grupa za EMC vodljivih prijenosnih mreža (JWG on EMC of Conducted Transmission Networks) i određena za izradu jedinstvene europske harmonizirane norme o EMC-u kabelskih mreža u skladu sa zahtjevima iz Mandata 313. Kako se ova harmonizirana norma treba odnositi samo na mreže (i to na mreže svih informatičkih i komunikacijskih tehnologija), a ne i na proizvode, ta norma neće biti os-

nova za stavljanje oznake CE na proizvode koji se spajaju na mreže. Norma treba definirati ograničenja emisije i načine ispitivanja za utvrđivanje zadovoljavanja suštinskih zahtjeva iz Direktive o EMC-u. Mandat traži uvažavanje postojećih tehničkih specifikacija, uključivo i međunarodne specifikacije, gdje god bude moguće, kao i uvažavanje postojećih harmoniziranih normi za proizvode ukoliko će se ti proizvodi spajati na mrežu, te naglašava potrebu zaštite frekvencija koje koriste službe sigurnosti i službe žurnosti. Rezultat rada treba biti sveobuhvatan, tehnološki neutralan skup normi koji osigurava koherentno rješenje. Krajem 2001. godine zagovornici PLC-a su se zalagali za prihvaćanje američkog ograničenja emisije [10], koje ima 10 dB do 20 dB više granice, predstavnici bivših telekomunikacijskih monopolista za prihvaćanje njemačkog ograničenja ili 10 dB viših vrijednosti, dok su se predstavnici radijskih službi zalagali za ograničenja barem 20 dB niža od njemačkih.

Nacrt norme o EMC-u kabelskih mreža očekivao se u jesen 2002. Međutim, zajednička radna grupa nije uspjela doći do konsenzusa među različitim gledištima vezanim uz ograničenje emisije, pa tako predmetna harmonizirana norma za mreže nije napravljena do planiranog roka. Među predstavnicima radioamatera smatra se da je Europska komisija vrlo sklona PLC-u kao perspektivnom načinu ostvarivanja tržišnog nadmetanja, dok su joj radijske službe za kratkovalno razošiljanje (engl.: *broadcasting*) i radioamateri koji koriste kratkovalni dio frekvencijskog spektra manje značajni [11], te da se zalaže za prihvaćanje viših ograničenja kakva su prihvatljivija predstavnicima PLC-industrije. U prilog tome, na sastanku Europske komisije u siječnju 2003. vezano uz PLC istaknuto je da nacionalne uprave nisu primile službene prigovore na rad širokopojasnog PLC-a, premda je u tijeku čitav niz probnih instalacija u većini europskih zemalja [11].

Nakon izrade nacrtu harmonizirane europske norme za EMC telekomunikacijskih mreža, namjerava se obraditi moguće posebne vidove emisije za neke vrste obuhvaćenih mreža (npr. već postoji norma za mreže kabelske televizije), te pitanje otpornosti na smetnje [2].

Svrha normi koje će se definirati po Mandatu 313 je prvenstveno uporaba u slučaju prigovora (engl.: *enforcement standards*). U roku od šest mjeseci od prihvaćanja europskih normi za ograničavanje emisije telekomunikacijskih mreža napravljenih pod mandatom 313, zemlje članice EU-a trebat će odbaciti i ukinuti sve nacionalne norme koje će biti u suprotnost i s tim normama [2].

2.2. Direktiva o radijskim uređajima i krajnjim telekomunikacijskim uređajima

Direktiva o radijskim uređajima i krajnjim telekomunikacijskim uređajima, R&TTE [8], definira uvjete za stavljanje radijskih i krajnjih telekomunikacijskih uređaja na europsko tržište, kao i za njihovo slobodno kolanje i instaliranje unutar EU. Stupila je na snagu u

travnju 2000. godine i zamijenila dotadašnji sustav osiguravanja kakvoće ispitivanjem treće strane ili oslanjanjem na proizvođačev sustav osiguravanja kakvoće. Prije ove direktive se za svaku zemlju u kojoj se određeni radijski uređaj namjeravao upotrebljavati prethodno moralo ishoditi tipsko odobrenje. Ovom su direktivom uklonjeni svi postojeći nacionalni postupci odobravanja radijske opreme, definirani su općeniti zahtjevi za sve uređaje i posebni zahtjevi zavisni o prirodi uređaja, te navedeni svi bitni zahtjevi u pogledu zdravlja i sigurnosti iz Direktive o niskom naponu koji se odnose na radijske uređaje i krajnje telekomunikacijske uređaje, kao i zahtjevi u svezi sa zaštitom iz Direktive o EMC-u.

Usklađenost s ovom direktivom moguće je postići pridržavanjem odredbi iz pripadnih harmoniziranih normi, koje definiraju tehnička svojstva potrebna za postizanje suštinskih zahtjeva iz direktive. Europska komisija zadužila je Europski institut za telekomunikacijske norme, ETSI, da izradi harmonizirane norme za ovu direktivu.

Uporaba radijskih uređaja i krajnjih telekomunikacijskih uređaja podložna je licenciranju ili nekom drugom načinu ograničavanja jedino kad je u pitanju uporaba frekvencija, rizik interferencije ili zdravlje građana.

Direktiva proizvođačima pojednostavljuje pristup tržištu, veći naglasak stavlja na nadzor tržišta i odgovornost proizvođača, te ima značajan utjecaj na zemlje članice EU-a, kao i na sadašnji i budući način uređivanja radijske regulative unutar CEPT-a. Preduvjet da sve prednosti Direktive dođu do izražaja je harmonizacija uporabe frekvencijskog spektra, te uspostava primjerenog nadzora tržišta.

2.3. Doprinosi CEPT-a u donošenju regulative vezane uz PLC

Europska konferencija Uprava pošta i telekomunikacija, CEPT, utemeljena je 1959. godine kao organizacija tradicionalnih monopolističkih poduzeća za poštu i telekomunikacije. 1988. godine su aktivnosti na normizaciji telekomunikacija preseljene u ETSI. Danas je CEPT organizacija s regulatornom funkcijom u kojoj djeluju administracijske organizacije iz 44 zemlje. Hrvatsku u CEPT-u zastupa Zavod za telekomunikacije.

Pitanjima vezanim uz reguliranje radiokomunikacija i telekomunikacija bavi se CEPT-ov odbor ECC, nastao u rujnu 2001. godine spajanjem prijašnjih odbora ERC i ETC.

Unutar ECC-a djeluje radna grupa za inženjering frekvencijskog spektra, SE, koja donosi tehničke upute vezane uz učinkovitu uporabu radijskog spektra i definira kriterije uporabe istog frekvencijskog pojasa za potrebe različitih radiokomunikacijskih sustava.

CEPT-ova uloga u pogledu PLT-a je dvojaka: na međunarodnoj sceni usklađuje stajalište glede PLC-a s

ITU-om, a na europskoj u tom smislu surađuje s ETSI-em i CENELEC-om.

CEPT razmatra problematiku PLT-a od 1999. godine, kad je britanska uprava radnoj grupi SE prezentirala rad vezan uz probnu instalaciju PLC-a u području Manchestera u kojem upozorava na moguće ometanje radijskih službi [12]. U svibnju iste godine CEPT je nacionalnim upravama razaslao upitnik o PLT-u kojim se traži i prijedlog načina regulacije PLC-a, te prijedlog aktivnosti CEPT-a glede PLT-a. Dobiveno je 9 odgovora (Mađarska, Velika Britanija, Švicarska, Norveška,...) s različitim stajalištima: donositi harmonizirane norme prema EMC smjernici, definirati posebna ograničenja na nacionalnoj ili CEPT razini ili primijeniti neki treći način [13]. Zajednički stav administratora bio je da u okviru CEPT-a treba izraditi studiju o usklađenosti PLT-a i radijskih službi, te definirati zajedničko, CEPT-ovo, gledište na PLT. Uočeno je da i ostali kabelski komunikacijski sustavi, kao što su xDSL i kabelska televizija, mogu ometati radijske službe.

Krajem 1999. godine CEPT se opredijelio [14] za postavljanje općenitog ograničenja za cijeli razmatrani frekvencijski pojas, a protiv tzv. koncepcije "dimnjaka" koja zagovara značajno višu granicu dozvoljenog zračenja u nekoliko uskih frekvencijskih pojaseva, kakvu je, između ostalih, zagovarala tvrtka Siemens.

Kako bi se mogle odrediti granice zračenja za PLT i slične kabelske komunikacijske sustave dostatne za zaštitu radijskih službi koje koriste HF pojas, potrebno je poznavati potrebe tih službi. S obzirom da je zadaća CEPT-a informirati normizacijska tijela o potrebnom načinu zaštite radijskih službi, početkom 2000. godine CEPT-ova radna grupa za upravljanje frekvencijama, WG FM (Frequency Management), zadužena je za izradu izvješća o uporabi HF frekvencijskog pojasa u zemljama CEPT-a [14].

Izvješće [15] je napravljeno prema odgovorima dobivenim na temelju upitnika razaslanog nacionalnim upravama i zainteresiranim stranama (i prihvaćen nešto prije svibnja 2001. godine). Radijske službe koje rade na tim frekvencijama danas uglavnom upotrebljavaju analognu tehnologiju i njihova je uporaba u laganom opadanju. Očekuje se uvođenje digitalne tehnologije i značajan porast uporabe. Istaknuto je da dio službi koje upotrebljavaju razmatrani frekvencijski pojas sadrži elemente zaštite sigurnosti ljudskih života, a dio upotrebljava policija, zbog čega je obvezna njihova zaštita od interferencije s drugim službama ili tehnologijama koje rade na istim frekvencijama. Zaključeno je da s obzirom na opseg uporabe ovih frekvencijskih pojaseva, nema mogućnosti za dodjelu određenih frekvencija neradijskim prijenosnim komunikacijskim sustavima, kakav je PLC.

Uz to, radna grupa FM ističe da prema regulativi na snazi nema mogućnosti za dodjelu frekvencijskog spektra PLT-u budući da se PLT aplikacije ne mogu

smatrati radijskim službama. Međutim, napominju kako postoji mogućnost promjene regulative na sljedećem WRC-u kako bi se riješio problem reguliranja PLT-a i kabelskih komunikacijskih sustava općenito [13].

Slično stajalište je zauzela i Europska komisija koja smatra da PLT nije radijska komunikacija te ne spada pod odredbe Direktive o R&TTE, već pod odredbe Direktive o EMC-u [15]. Dio CEPT-ovih članica (npr. britanska) nije podržao takvo gledište na PLT.

Zbog važnosti problematike PLT-a, predloženo je i prihvaćeno osnivanje projektne grupe za PLT i kabelske komunikacijske sustave općenito, te je u veljači 2000. godine osnovana projektna grupa SE35 pod nazivom "Power Line Telecommunications (PLT) and cable transmission in general" [15]. Za aktivno sudjelovanje u radu grupe SE35 prijavile su se uprave 10 zemalja, među kojima i Hrvatska.

Zadaci radne grupe SE35 su:

- prikupiti podatke o stajalištu korisnika spektra s jedne strane, te zagovornika PLT-a i kabelskih komunikacijskih sustava općenito s druge,
- prepoznati frekvencijski pojas prikladan za sadašnji i budući rad PLT-a,
- prepoznati službe na koje bi mogao utjecati rad PLT-a i kabelskih komunikacijskih sustava općenito, te procijeniti stupanj zaštite potreban za te službe,
- istražiti načine mjerenja zračenja uzrokovanog radom PLT sustava i kabelskih komunikacijskih sustava općenito,
- procijeniti koje su granične vrijednosti zračenja PLT sustava i kabelskih komunikacijskih sustava općenito dostatne za prihvatljivu razinu zaštite primarnih radijskih službi,
- predložiti harmonizirani europski pristup vezano uz PLT sustave i kabelske komunikacijske sustave općenito,
- izraditi izvješće koje će obuhvatiti različite vidove problematike PLT-a i biti osnova za utemeljene rasprave na europskoj razini,
- usko surađivati s odgovarajućim normizacijskim tijelima nadležnim za EMC, te s ITU-R radnim grupama WP 1A (ograničenja) i WP 1C (mjerenja).

U proljeće 2000. godine grupa SE 35 započela je izradu izvješća o PLT-u i kabelskim komunikacijskim sustavima, općenito vezano uz interferenciju s radijskim službama (engl.: *PLT, cable transmission in general, and their effect on radiocommunication services*) [16]. Rezultati rada CEPT-a tijekom 2000. uključuju elaboriranje postupaka mjerenja zračenja temeljenih na britanskom i njemačkom prijedlogu, izradu teoretskih proračuna za združeno djelovanje velikih PLT ili kabelskih komunikacijskih instalacija, prikupljanje i ana-

lizu rezultata opsežne studije provedene u Švicarskoj koja je uključivala i mjerenja i proračune vezano uz ponašanje električnih linija na udaljenom kraju, te razmatranja vrijednosti za parametar K (omjer unesene snage i rezultirajućeg polja na određenoj udaljenosti) temeljena na mjerenjima provedenim na velikom broju PLT instalacija.

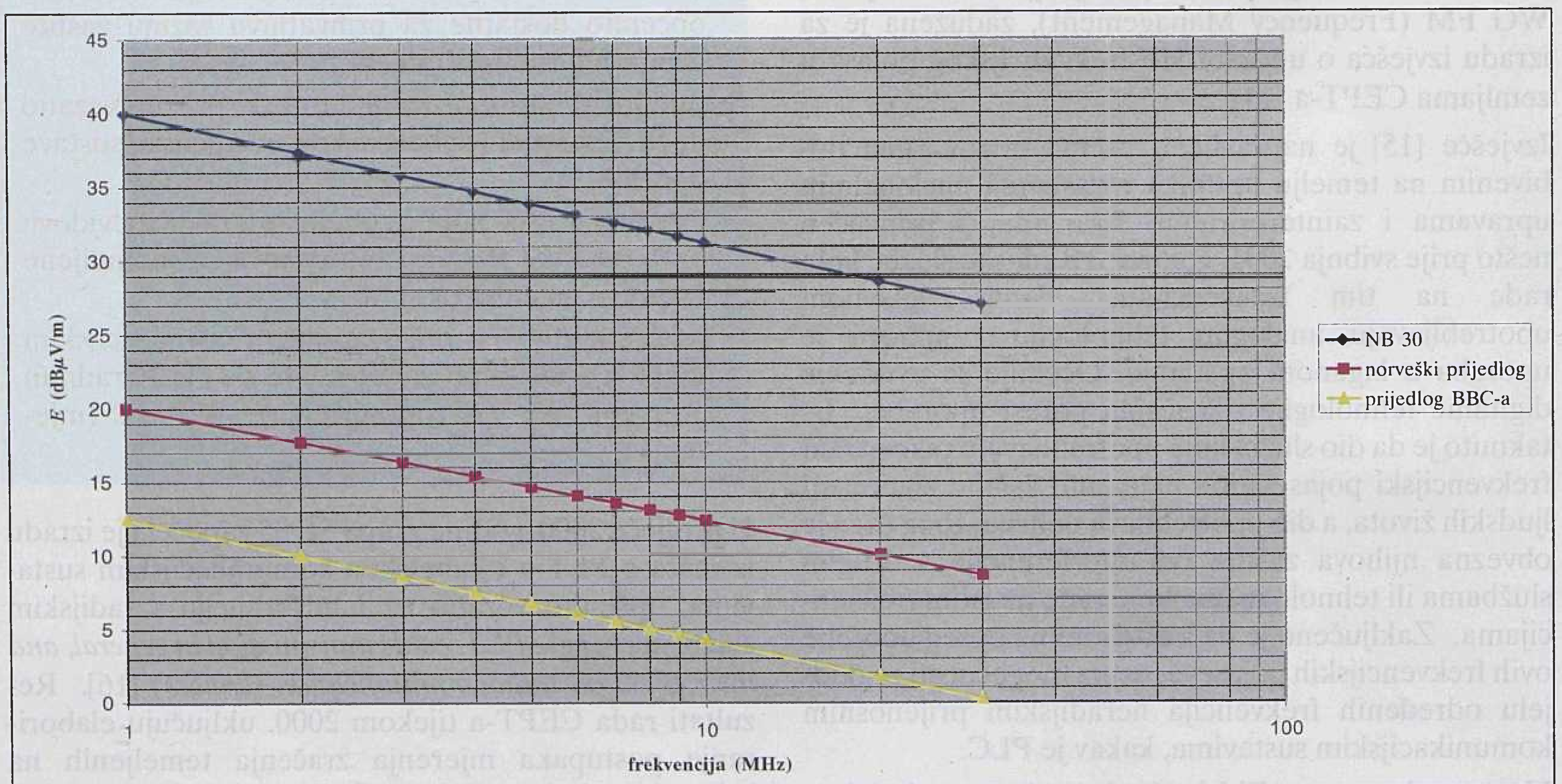
Početakom 2001. godine CEPT se opredijelio za izradu preporuke o ograničavanju zračenja kablinskih prijenosnih mreža (engl.: *Recommendation on radiation limits for cable transmission networks*), kao načina reguliranja dozvoljenog zračenja kablinskih komunikacijskih sustava (a ne odluke, jer bi donošenje odluke moglo izazvati kontradikcije s europskim direktivama) [17]. U preporuci će se pozvati ETSI i CENELEC da predložena ograničenja preuzmu u odgovarajućim normama za EMC, te ovu preporuku treba shvatiti kao općeniti vodič nacionalnim upravama pri razvoju normi unutar ETSI-a i/ili CENELEC-a. Preporuka bi trebala definirati općenito ograničenje za cijeli frekvenzijski pojas, bilo konstantno, bilo ovisno o frekvenciji, s tim da se nacionalnim upravama dozvoli stanoviti stupanj prilagođavanja nacionalnoj situaciji. Istaknuta je važnost definiranja razumnih ograničenja koja će omogućiti rad PLC-a i drugih kablinskih širokopojasnih mreža, ali i odgovarajuće zaštititi korisnike frekvenzijskog spektra, kao i definiranja načina mjerenja, gdje se većina nacionalnih uprava priklanja njemačkom prijedlogu. Preporuku će trebati prosljediti radnoj grupi SE, a nastavno zajedničkoj radnoj grupi ETSI-a i CENELEC-a.

Krajem 2001. godine zaključeno je da za neke službe (radi se o ograničenom broju službi sigurnosti i zaštite ljudskih života) treba osigurati veću zaštitu, što je mo-

guće s obzirom da uređaji za kablinske komunikacijske sustave mogu smanjiti zračenje u određenim frekvenzijskim pojasevima, ali da nije prikladno zbog takvih službi postaviti strože zahtjeve na cjelokupni razmatrani spektar [18]. Ograničenja zračenja definirana su u Dodatku 1 preporuke, s tim da je dano nekoliko opcija ograničenja.

Njemačka, Norveška, Velika Britanija i Finska i dalje inzistiraju na važnosti donošenja jedinstvene preporuke za sve mreže, s tim da naglašavaju posebnu hitnost donošenja regulative za PLT i DSL, kao i poteškoće u definiranju regulative za kablinsku televiziju [19]. S obzirom na to i vrlo neusklađenu regulativnu situaciju na europskoj razini za frekvencije iznad 30 MHz, odlučeno je da se radi hitnosti u prvoj verziji CEPT-ove preporuke definiraju ograničenja za frekvencije ispod 30 MHz i to bez obuhvaćanja ograničenja za kablinsku televiziju. Uz takav opseg, većina uprava podržava njemački prijedlog ograničenja zračenja, ali zaključeno je da je potrebno daljnje razmatranje problematike [19].

Početakom 2002. godine radna grupa SE35 predala je SE-u nacrt preporuke ograničen na frekvencije do 30 MHz [20]. Nakon razmatranja predloženih opcija za ograničenje emisije danih u dodatku 1 preporuke (vidi sliku 1), SE nije mogao donijeti odluku koju opciju izabrati, te je zatražio SE35 da nastavi rad, a ETSI ERM i JWG ETSI/CENELEC obavijestio o tijeku rada na izradi preporuke, te razmatranim gornjim i donjim vrijednostima ograničenja dozvoljenog zračenja [20]. Sredinom 2002. godine, grupa SE35 je razmatrala zadnji nacrt preporuke koji sadrži njemački i norveški (zalaže se za 20 dB niže ograničenje emisije od njemačkog prijedloga) prijedlog ograničenja



Slika 1. Prijedlozi ograničenja emisije u frekvenzijskom području od 1 MHz do 30 MHz prema Dodatku 1 Nacrta CEPT-ove preporuke o ograničavanju zračenja kablinskih prijenosnih mreža s početka 2002. godine

emisije. Unatoč dugoj raspravi, usklađivanje stajališta glede ograničenja emisije nije uspjelo, te je od ECC-a zatraženo posredovanje glede daljnjeg postupka [21]. Zaključeno je da bez obzira na to kakvu će odluku ECC donijeti, SE35 više neće raspravljati o ograničenju emisije [22]. Nakon razmatranja nacrtu harmonizirane norme koji je izradila zajednička radna grupa ETSI-a i CENELEC-a po Mandatu 313, odlučeno je da CEPT izloži svoje viđenje problematike kroz nacionalne odbore CENELEC-a i ETSI-a [21]. Također, sredinom 2002. godine grupa SE35 zatražila je radnu grupu za praćenje spektra unutar CEPT-ove grupe FM, FM PT 22, da prati kampanje mjerenja praga smetnji za frekvencije niže od 30 MHz, započete radi provjere vrijednosti sadržanih u preporuci ITU-R Rec. P. 372-7 iz 70-tih godina prošlog stoljeća [22]. FM 22 je u studenom 2002. godine organizirala jednodnevno mjerenje, o kojem se izvješće očekuje sredinom 2003. godine [23]. U veljači 2003. godine unutar CEPT WG SE prihvaćeno je izvješće o PLT-u i kabelskim komunikacijskim sustavima općenito vezano uz interferenciju s radijskim službama, te je poslano na daljni postupak [23].

Vezano uz aktivnosti u CISPR glede PLC-a, grupa SE35 ističe potrebu usklađivanja ograničenja zračenja za mreže kao cjeline (u području rada JWG ETSI/CENELEC) s ograničenjem zračenja za uređaje (u području rada CISPR-a).

3. NACIONALNA REGULATIVA VEZANA UZ PLC

Od europskih zemalja na području reguliranja uporabe radijskih frekvencija u telekomunikacijskim kabelskim sustavima kakav je PLC najaktivnije su Njemačka i Velika Britanija. Te su zemlje odlučile nacionalnim zakonodavstvom definirati ograničenja zračene emisije širokopoljnih telekomunikacijskih kabelskih sustava radi njihovog što ranijeg uvođenja.

U Njemačkoj su propisi o ograničenju emisije telekomunikacijskih uređaja i mreža doneseni u ožujku 2001., a već u srpnju iste godine je tvrtka RWE Powerline komercijalno ponudila PLC usluge. Infrastrukturu su izgradili opremom proizvođača Ascom Powerline. U međuvremenu su se obje tvrtke povukle iz PLC-a.

3.1. Njemačka regulativa vezana uz PLC

U Njemačkoj je Parlament 30. ožujka 2001. godine odobrio tri propisa kojima se regulira uporaba frekvencija:

- FreqBZPV – Frequenzbereichszuweisungsplanverordnung,
Propis o planu namjene frekvencijskih područja,
- FreqNPAV – Frequenznutzungsplanaufstellungsverordnung,
Propis o planu raspodjele frekvencija, te
- FreqZutV – Frequenzuteilungsverordnung,
Propis o dodjeli frekvencija.

Uvid u tekst ovih propisa moguć je na Internet-stranici njemačkog Ministarstva za privredu i ekonomiju (njem.: *Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie*), www.bmwi.de, preko stranice njemačkog nezavisnog regulatornog tijela za telekomunikacije i poštu (RegTP), http://www.regtp.de/tech_reg_tele/start/fs_06.html.

Ovi propisi daju korisnicima frekvencija i nadležnim upravama nužnu pravnu sigurnost pri planiranju rada.

Propis o planu namjene frekvencijskih područja regulira namjenu frekvencijskih područja za uporabu u pojedinačnim radijskim službama kao i za uporabu u drugim primjenama elektromagnetskih valova unutar Savezne Republike Njemačke. Detaljnije je opisan u točki 3.1.1. Propis regulira uporabu frekvencija unutar i uzduž vodiča čime pruža sigurnu osnovu za razvoj inovativnih širokopoljnih pristupnih telekomunikacijskih tehnologija, kakva je PLC, što je detaljnije opisano u točki 3.1.2.

Plan namjene frekvencijskih područja detaljnije se razrađuje Planom raspodjele frekvencija, dok se konkretna uporaba frekvencija, kao i uvjeti uporabe, utvrđuje dodjelom frekvencija prema Propisu o dodjeli frekvencija.

Ova tri nova propisa omogućuju da se na međunarodno i nacionalno dodijeljenim frekvencijama mogu ponuditi ne samo radijski programi, već i medijske i telekomunikacijske usluge, čime je njemačko zakonodavstvo učinilo značajan korak prema informacijskom društvu.

Zadatak je regulatornih tijela na osnovi zakonski utvrđenih postupaka omogućiti uporabu frekvencija u skladu s ovim trima propisima.

3.1.1. Propis o planu namjene frekvencijskih područja

Na temelju ITU-ovog međunarodnog Plana namjene frekvencijskih područja napravljen je propis o njemačkom nacionalnom Planu namjene frekvencijskih područja, kojim se međunarodne pretpostavke uporabe frekvencijskih područja prilagođavaju stanju na njemačkoj nacionalnoj sceni. Plan namjene frekvencijskih područja ne postavlja samo parametre i detalje uporabe frekvencija u slobodnom prostoru, već regulira i uporabu frekvencija unutar i uzduž vodiča.

Privitak Propisu je Plan namjene frekvencijskih područja. Plan obuhvaća frekvencijski spektar od 9 kHz do 275 GHz i namjenu frekvencijskih područja za uporabu u 37 radijskih službi.

Plan je napravljen u obliku tablice s četiri stupca: prvi sadrži numeraciju unosa, drugi pojedinačno frekvencijsko područje, treći radijsku službu kojoj je frekvencijsko područje namijenjeno, a četvrti oznaku odnosi li se namjena frekvencijskog područja na civilnu (ziv) ili vojnu (mil) uporabu, ili oboje (ziv, mil). Tablični oblik preuzet je iz međunarodnog Plana raspodjele frekvencijskih područja.

Drugi i treći stupac može se dopuniti pozivanjem na napomene o uporabi navedene na kraju tablice. Napomene o uporabi mogu se odnositi na cijelo frekvenzijsko područje ili samo na pojedinu radijsku službu koja upotrebljava frekvenzijsko područje.

Napomene o uporabi spadaju u dvije kategorije: prvu i drugu. Prva kategorija napomena o uporabi (D56 do D560) temelji se na odgovarajućim napomenama iz međunarodnog Plana namjene frekvenzijskih područja (S5.56 do S5.560). Budući da sve međunarodne napomene nisu relevantne za nacionalnu razinu, neke nisu preslikane te su pripadni Dxx brojevi ostali neupotrijebljeni. Druga kategorija napomena (1 do 30) je čisto nacionalnog podrijetla; u ovu kategoriju između ostalih spada i napomena o uporabi frekvencija unutar i uzduž vodiča, NB 30, koja je detaljnije objašnjena u poglavlju 3.1.2.

Propis o planu namjene frekvenzijskih područja sadrži i definicije pojmova upotrijebljenih u planu, koje su također preuzete iz međunarodnog plana uz izvjesnu prilagodbu nacionalnim uvjetima.

Za službu radija, kao i službu radija putem satelita i zabrana je otvorena definicija, jer je uzeta u obzir predstojeća digitalizacija prijenosa za ove obje službe. Međunarodne definicije tih službi ostavljene su pod slovom "a", dok se pod slovom "b" definiraju kao radijske službe čija uporaba radijskih frekvencija ima ista tehnička obilježja kao i uporaba definirana pod slovom "a", kojoj se daje prioritet. Na taj način otvorena je mogućnost uporabe stalnih frekvencija i za druge elektroničke ponude s tim da je ostavljen prioritet potrebama za frekvencijama vezanim uz radijske programe. Prema tome, na frekvencijama upotrijebljenim za službu radija sad je moguća ponuda interaktivnih višemedijskih primjena, kao i pokretnog i nepokretnog pristupa Internetu.

3.1.2. Njemačka napomena o uporabi broj 30, NB 30 (Nutzungsbestimmung 30)

Njemački Zakon o telekomunikacijama [24] određuje da Plan namjene frekvenzijskih područja treba sadržavati i odrednice o uporabi frekvencija unutar i uzduž vodiča, ukoliko je to potrebno radi osiguravanja učinkovite i neometajuće uporabe frekvencija. Za pripadna frekvenzijska područja treba zadovoljiti prostorne, vremenske i ostale odrednice čije je pridržavanje preduvjet nesmetanosti uporabe frekvencija unutar i uzduž vodiča.

Nesmetanost uporabe znači da u pojedinačnom slučaju uz pridržavanje propisanih odrednica nije potrebna nikakva druga regulativa. Ukoliko ipak dođe do elektromagnetskih smetnji, potrebno je postupiti prema odredbama zakona o elektromagnetskoj usklađenosti uređaja.

Potreba reguliranja uporabe frekvencija unutar i uzduž kabela proizlazi iz nepostojanja ili ograničenosti zaštitnog djelovanja kabela koje rezultira neželjenim

zračenjem dijela energije prenošene sustavom, te nastavno ometanjem radijskih sustava koji rade na istoj frekvenciji. Danas je regulacija uporabe frekvencija unutar i uzduž vodiča posebice potrebna, jer su u razvoju postupci primjene neoklopljenih kabela za telekomunikacijski prijenos širokopojsnih digitalnih podatkovnih tokova, kakve koriste PLC i xDSL tehnike.

Napomena o uporabi NB 30 odnosi se na frekvenzijski spektar od 9 kHz do 3100 MHz.

Nesmetana uporaba frekvencija od 9 kHz do 3100 MHz unutar i uzduž kabela dozvoljena je ukoliko su zadovoljena sljedeća dva uvjeta:

- upotrebljavaju se frekvencije iz frekvenzijskih područja koja ne upotrebljava nijedna služba sigurnosti (služba sigurnosti je svaka radijska služba namijenjena stalnoj ili povremenoj zaštiti ljudi i imovine),
- na mjestu uporabe, kao i uzduž duljine kabela na udaljenosti do 3 metra od telekomunikacijskih uređaja ili mreže, vršna snaga smetajuće emisije zbog uporabe frekvencija unutar i uzduž vodiča ne smije prijeći definirane vrijednosti (vidi tablicu 1); s tim da se mjerenje jakosti smetajućeg polja obavlja u skladu s njemačkim propisom o mjerenju [25] napravljenim prema važećim EMC-normama.

Tablica 1. Ograničenja emisije telekomunikacijskih uređaja i telekomunikacijskih mreža prema njemačkoj napomeni NB 30

Frekvencija u MHz	Granična vrijednost jakosti polja smetnje na udaljenosti 3 metra u dB μ V/m
0,009 do 1	40-20*log(f [MHz])
iznad 1 pa do 30	40-8,8*log(f [MHz])
iznad 30 pa do 1000	27
iznad 1000 pa do 3000	40

Ograničenje emisije definirano je frekvenzijski zavisno radi prilagođavanja karakteristikama smetnji prisutnih u okruženju.

Odrednice o graničnim vrijednostima snage smetajućeg zračenja sprečavaju nedopušteno visoku razinu smetnji za velik broj radijskih primjena, ali ne i za primjene kojima je zbog njihove posebne svrhe i posebnih uvjeta uporabe potrebna posebna zaštita (sve radijske službe sigurnosti, kao i određene primjene u pomorskoj pokretnoj službi i pomorskoj radionavigacijskoj službi). Zbog toga su frekvenzijska područja kojima se upotrebljavaju takve službe izuzeta iz odredbe o nesmetanoj uporabi (npr. frekvenzijsko područje za uporabu u zrakoplovnoj radionavigacijskoj službi: 74,8 MHz - 75,2 MHz, ili frekvenzijsko područje za uporabu u zrakoplovnoj radijskoj službi: 117,975 MHz - 137 MHz).

Odluku za koje će sve radijske službe vrijediti posebne zaštitne odredbe u smislu prvog uvjeta za nesmetanu

uporabu frekvencija unutar i uzduž vodiča donosi regulacijsko tijelo za telekomunikacije i poštu uz sudjelovanje zainteresiranih predstavnika radijskih službi u okviru Plana raspodjele frekvencija ili dodjele frekvencija.

Granične vrijednosti jakosti polja smetnji iz tablice 1 su, barem za frekvencijsko područje ispod 30 MHz, privremene. Odabrane su tako da se zbog uporabe frekvencija u kabelskim sustavima uz normalne uvjete rada onemogućiti neprimjereno ometanje radijskih primjena, a da se istodobno novim telekomunikacijskim kabelskim tehnologijama u samom početku omogućiti razvoj. Promatranjem praktičnih rezultata uporabe frekvencija unutar i uzduž kabela i postupaka mjerenja, odredit će se mogu li se ograničenja promijeniti (ukoliko nema ometanja, može se možda dozvoliti viša razina smetnji zbog uporabe frekvencija unutar i uzduž kabela), odnosno moraju li se promijeniti (ukoliko će unatoč poštivanja ograničenja doći do neprihvatljivog ometanja radijskih službi, potrebno je pooštriti ograničenja).

Frekvencijsko područje iznad 3 GHz nije obuhvaćeno definicijom nesmetane uporabe, jer nije bilo moguće odrediti granične vrijednosti polja smetnji za te frekvencije, budući se još ne upotrebljavaju u kabelskim sustavima.

Pridržavanje uvjeta iz ove napomene trebalo bi onemogućiti ometanje radijske službe zbog uporabe frekvencija unutar i uzduž vodiča.

U interesu novih tehnologija koje upotrebljavaju frekvencije ispod 30 MHz od sušinskog je značenja da im regulatorni okvir što je moguće ranije pruži pravnu i plansku sigurnost. Zbog toga su ograničenja za primjene na frekvencijama ispod 30 MHz stupila na snagu 1. srpnja 2001. godine, dok za frekvencije iznad 30 MHz stupaju na snagu 1. srpnja 2003. godine.

Sustavi koji upotrebljavaju frekvencije iznad 30 MHz i čiji uređaji ne zadovoljavaju ograničenja iz napomene dana u tablici 1, morat će iste poboljšati ili zamijeniti najkasnije do 1. srpnja 2003. U prijelaznom razdoblju do tada smetnje izazvane takvim uređajima izbjegavat će se privremenom promjenom frekvencije rada službe sigurnosti za čiji rad postoji rizik ometanja.

U napomeni o uporabi broj 30 posebno je naglašeno da nesmetanost uporabe frekvencija u kabelskim sustavima uz zadovoljavanje navedena dva uvjeta ne podrazumijeva nikakvu zaštitu od smetnji zbog emisije radijskih odašiljača. S ekstremne točke gledišta, korisnik kabelskih sustava načelno ima mogućnost zaštititi se od neželjeno visokih zračenja radijskih odašiljača; isto treba uzeti u obzir prilikom razvoja kabelskih sustava. Ukoliko ipak dođe do elektromagnetske nekompatibilnosti, potrebno je postupiti prema odredbama zakona o elektromagnetskoj kompatibilnosti uređaja.

Ukoliko nisu zadovoljena dva navedena uvjeta za nesmetanost uporabe, regulacijsko tijelo za telekomu-

nikacije i poštu može za svaki pojedini slučaj postaviti prostorne, vremenske i ostale odrednice čijim je ispunjavanjem dozvoljena uporaba frekvencija unutar i uzduž vodiča. Pri tom treba voditi računa o načelu proporcionalnosti i saslušati strane zainteresirane bilo za plan raspodjele frekvencija bilo za dodjelu frekvencija. Posebice treba uzeti u obzir u kolikoj je mjeri moguće ugrožavanje sigurnosti ukoliko postoji mogućnost ometanja radijske službe sigurnosti.

Prema tome, izostanak dozvole za nesmetanu uporabu frekvencija prema navedena dva uvjeta ni u kom slučaju ne znači da je kabelska primjena sama po sebi isključena. Bolje rečeno, za svaki pojedinačni slučaj koji ne zadovoljava uvjete za nesmetanu uporabu, regulacijsko tijelo mora ispitati pod kojim uvjetima je uporaba frekvencija unutar i uzduž kabela moguća, a da se istodobno može jamčiti neometajuća radijska uporaba u istom frekvencijskom području.

3.2. Britanska regulativa vezana uz PLC

Regulator za telekomunikacije u Velikoj Britaniji je Oftel (adresa na Internetu: www.oftel.gov.uk), a agencija odgovorna za određivanje namjene i nadgledanje radijskog spektra u civilnoj uporabi je Radiocommunications Agency, RA (adresa Agencije na Internetu: www.radio.gov.uk).

Nakon što je u Manchesteru na sjeverozapadu Velike Britanije tvrtka Nor.Web izvodila prve probne instalacije širokopojasnog PLC-a, agencija RA je u okviru projekta AY 3062 od tvrtke The Smith Group Limited naručila izvješće o svojstvima zračenja širokopojasnih prijenosnih tehnologija PLC i xDSL i riziku ometanja drugih radijskih službi zbog zračenja tih prijenosnih sustava. U okviru izvješća trebalo je preporučiti granicu dozvoljene snage polja smetnji. Tvrtka The Smith Group Limited je u studenom 1998. godine završila predmetno izvješće [26] u kojem zaključuje da PLC sustavi izazivaju značajnu razinu smetnji radijskim službama, te preporučaju strogu granicu dozvoljenog zračenja od 5 dB μ V mjereno na udaljenosti od 10 metara za širinu pojasa 10 kHz iz frekvencijskog područja od 0,5 MHz do 30 MHz. U područjima gdje ima HF zemaljskih postaja, preporučuju 10 dB nižu granicu, a za frekvencije na kojima se upotrebljava radijska služba sigurnosti preporučuju zabranu uporabe PLC sustava.

Na izvješće tvrtke Smith reagirala je u listopadu 1999. godine međunarodna udruga IPCF (danas Powerline World) [27], smatrajući da izvješće ima značajnih nedostataka zbog čega ne pruža ispravnu sliku. Dva područja koja prema IPCF-u nisu zadovoljavajuće obrađena su:

- modeliranje stupova ulične svjetiljke ne odgovara stvarnoj situaciji, i
- obrada prostiranja ionosferom, koju ne smatraju zadovoljavajućom.

U reakciji na ograničenja predložena izvješćem tvrtke Smith, IPCF se poziva na usporedbu s ograničenjima za slična okruženja:

- US FCC Part 15 [10] za ADSL sustave definira granicu 30 $\mu\text{V}/\text{m}$ na udaljenosti od 30 metara, što je ekvivalentno 48,6 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ na udaljenosti od 10 metara;
- u Njemačkoj se predlaže ograničenje definirano krivuljom koja se proteže od 30 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ na 1 MHz do 20 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ na 10 MHz;
- ograničenje za smetnje kabela televizije u Velikoj Britaniji je 20 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ na udaljenosti od 10 metara.

Nešto prije toga, kao odgovor na zahtjeve korisnika za podatkovnim uslugama, radi ubrzanja uvođenja naprednih širokopoljnih tehnologija u Velikoj Britaniji izrađen je i u srpnju 1999. godine dan na konzultaciju dokument "Access to Bandwidth". U tom se dokumentu predlažu različite opcije uvođenja širokopoljnih tehnologija, od kojih niti jedna ne uključuje primjenu PLC-a. U rujnu 1999. godine odgovor [27] na taj dokument dala je i organizacija IPCF (danas Powerline World). U svom odgovoru IPCF ističe upotrebljivost PLC-a za širokopoljne pristupne mreže i naglašava njegovu osnovnu prednost: posvudašnja prisutnost elektroenergetske mreže znači povezanost s potrošačima, tj. riješen problem zadnje milje bez potrebe izgradnje nove infrastrukture.

Specifikaciju ograničenja i mjerenja zračenja za kabelske sustave u Velikoj Britaniji definiraju norme serije MPT 1500. Krajem 1999. godine i početkom 2000. intenzivno je razmatran nacrt norme MPT 1570 koja definira ograničenja zračenja i pripadne mjerne postupke za telekomunikacijske sustave realizirane putem materijalnih supstanci (optički kabeli, bakreni kabeli, ...). U domeni te norme su između ostalih i PLC sustavi. Nacrt norme iz veljače 2000. godine razmatrao je sustave koji rade u frekvencijskom pojasu od 9 kHz do 300 MHz. U studenom 2000. godine ministrica za mala poduzeća i elektroničko trgovanje (engl.: *e-commerce*), Patricia Hewitt, najavila je usvajanje norme MPT 1570 prema nacrtu norme iz veljače (www.radio.gov.uk/topics/interference/consult/asl-adsl/letter.htm). Taj je nacrt norme sadržavao četiri dijela za četiri frekven-

cijska područja: A (9 kHz do 150 kHz), B (150 kHz do 1,6 MHz), C (1,6 MHz do 30 MHz) i D (30 MHz do 300 MHz). Za dio D još je razmatrana metoda mjerenja i ograničenja. Ograničenje snage magnetskog polja izraženo snagom ekvivalentnog električnog polja definirano je za područja A, B i C formulama navedenim u tablici 2.

Međutim, u kolovozu 2001. godine donesena je norma [28] koja definira ograničenja zračenja i pripadne mjerne postupke za telekomunikacijske sustave realizirane putem materijalnih supstanci (optički kabeli, bakreni kabeli, ...) koji rade u frekvencijskom pojasu od 9 kHz do 1,6 MHz. Ove se frekvencije uglavnom upotrebljavaju za radijsko emitiranje, obranu, civilnu avijaciju, standardno vrijeme, a upotrebljavaju ga i radioamateri. Mjerenje se obavlja kružnom antenom (engl.: *loop antenna*) promjera 0,6 m, udaljenom 1 m od kabela s detektorom vršne vrijednosti (engl.: *peak detector*). Razmatranje ograničenja za HF područje je u tijeku i postoje poteškoće u usvajanju kompromisnog rješenja radijskih i kabelskih regulatora.

S obzirom da je njemačko ograničenje definirano za udaljenost od 3 m, te da se može pretpostaviti opadanje polja obrnuto proporcionalno s udaljenošću, za usporedbu njemačkog i britanskog ograničenja potrebna je korekcija od $20 \log_{10}(3)$, što iznosi otprilike 9,54 dB.

Normom MPT 1570 Velika Britanija namjerava se osigurati zadovoljavajuću razinu zaštite postojećim i budućim korisnicima radijskog spektra, a istodobno omogućiti razvoj novih tehnologija bez prekomjernih ograničenja.

Uporabu radijskog spektra u Velikoj Britaniji uređuje Zakon o bežičnoj telegrafiji (engl.: *Wireless Telegraphy Act*) iz 1949. godine. Kako telekomunikacijski kabelski sustavi koji mogu zračiti energiju na radijskim frekvencijama nisu bežični telegrafski sustavi, ne može ih se licencirati prema tom Zakonu. Međutim, Zakon u članku 10. sadrži odredbu o nadzoru smetnji zbog rada telekomunikacijskih kabelskih sustava, čime je ostavljena mogućnost donošenja odgovarajućeg pravilnika (engl.: *regulation*). Zbog toga je britanska vlada na temelju članka 10. Zakona o bežičnoj telegrafiji donijela pravilnik [24] kojim se implementira normu

Tablica 2. Granične vrijednosti polja smetnji prema nacrtu norme MPT 1570* iz veljače 2000. godine

Frekvencija u MHz	Granična vrijednost jakosti magnetskog polja smetnje na udaljenosti 1 metar u dBm/m	Granična vrijednost jakosti ekvivalentnog električnog polja smetnje na udaljenosti 1 metar u $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$
0,009 do 0,150	$42 - 20 \cdot \log(f \text{ [kHz]})$	$93,5 - 20 \cdot \log(f \text{ [kHz]})$
0,150 do 1,6	$-1,5 - 20 \cdot \log(f \text{ [MHz]})$	$50 - 20 \cdot \log(f \text{ [MHz]})$
1,6 do 30	$-31,5 - 7,7 \cdot \log(f \text{ [MHz]})$	$20,5 - 7,7 \cdot \log(f \text{ [MHz]})$
30 do 300	razmatra se	razmatra se

* – MPT 1570 Radiation Limits and Measurement Standard
Electromagnetic radiation from telecommunications systems operating over material substances in the frequency range 9 kHz to 300 MHz [February 2000]
www.radio.gov.uk/publication/ra_info/ra107.htm

MPT 1570 za nadzor smetnji radijskim sustavima zbog rada telekomunikacijskih kabelskih sustava.

Ukoliko će biti potrebno prisilno provođenje ograničenja smetnji, članak 11. Zakona o bežičnoj telegrafiji iz 1949. godine predviđa sljedeće:

- ukoliko se ometa radijska služba sigurnosti, odnosno ukoliko sigurnost bilo koje osobe, plovnog objekta, letjelice ili vozila ovisi o predmetnoj uporabi radijskih frekvencija, izdaje se nalog za trenutni prestanak rada sustava koji uzrokuje neprihvatljive smetnje;
- ukoliko dolazi do neprihvatljivih smetnji radijskoj službi, a na strani prijarnika su poduzete sve razumne mjere za smanjivanje smetnji, određuje se razdoblje od najmanje 28 dana tijekom kojeg se ometajući sustav ne upotrebljava ili se upotrebljava pod određenim uvjetima.

Dode li do smetnji, nastavak rada je moguć ukoliko se smetnje svedu ispod razine definirane normom MPT 1570. U suprotnom, oprema koja je uzrokovala smetnje veće od onih dozvoljenih treba prekinuti s radom.

U pravilniku je naglašeno pitanje usklađenosti pravilnika s direktivama o EMC-u [7] i R&TTE-u [8].

Direktive se odnose na uređaje i sustave iz područja koja pokrivaju pojedine direktive i to u trenutku njihovog stavljanja u uporabu. Kabeli ne podliježu odredbama direktiva. S druge strane, pravilnik se primjenjuje u slučaju smetnji proizišlih od kabelskih sustava tijekom prenošenja telekomunikacijskih signala. Uređaji koji se pritom spajaju na te kableske sustave podliježu odredbama Direktive o EMC-u [7] ili Direktive o R&TTE-u [8] u smislu njihovog stavljanja na tržište ili u uporabu, te prema tome sami po sebi ne podliježu ograničenjima zračenja propisanim pravilnikom.

4. HRVATSKA REGULATIVA

Zastupnički dom Hrvatskoga državnog Sabora je 1999. godine donio Zakon o telekomunikacijama [31] kojim se uređuju telekomunikacije, radio, televizija i kabelska televizija, kao i odnosi između davatelja i korisnika telekomunikacijskih usluga, te izgradnja, održavanje i uporaba telekomunikacijskih objekata i opreme i radijskih postaja. Ovo je drugi Zakon o telekomunikacijama u Republici Hrvatskoj, a u tijeku je izrada trećeg.

Zakonom o telekomunikacijama osnovano je nacionalno regulativno tijelo za telekomunikacije, Vijeće za telekomunikacije, te servis nacionalnih regulatora, Hrvatski zavod za telekomunikacije.

Prema članku 6. stavku 1. Zakona o telekomunikacijama, objekti, tehnička oprema i instalacije telekomunikacija i radijskih komunikacija i terminalna oprema namijenjeni za uporabu u Republici Hrvatskoj moraju se projektirati, proizvoditi, graditi, održavati i upotrebljavati prema hrvatskim normama, tehničkim

uvjetima i uvjetima uporabe, preuzetim normama Europskog instituta za telekomunikacijske norme (ETSI), te pravilnicima, odlukama i preporukama Međunarodne telekomunikacijske udruge (ITU) i Europske konferencije poštanskih i telekomunikacijskih uprava (CEPT). Prema članku 6. stavku 3. ta se tehnička oprema i instalacije može uvesti, prodavati, iznajmljivati, upotrebljavati, ili ugraditi ili priključiti na telekomunikacijske kapacitete, ako je njihova kakvoća dokazana potvrdom (certifikatom) Zavoda za telekomunikacije ili izjavom o usklađenosti proizvođača opreme, koja se prijavljuje Zavodu i ako je označena propisanom oznakom.

Tehničke uvjete i uvjete uporabe, te pravilnik o načinu i postupku provedbe mjerenja i ispitivanja radi izdavanja potvrde o kakvoći (certifikata) i označavanju opreme i instalacija, te radi izdavanja potvrde (certifikata) ili izjave o usklađenosti i radi označavanja električne i druge opreme o elektromagnetskoj kompatibilnosti (EMC) donosi ministar mjerodavnog ministarstva za telekomunikacije, a to je Ministarstvo pomorstva, prometa i veza.

Hrvatski članovi ETSI-a su nacionalna uprava, Ministarstvo pomorstva, prometa i veza, te mrežni operator VIP-NET GSM d.o.o. Uprava za provođenje odredbi ITU-a u Republici Hrvatskoj je Ministarstvo pomorstva, prometa i veza. Između ostalog, ovo ministarstvo daje prijedloge za utvrđivanje ograničenja u uporabi radijskih frekvencija. Osim Ministarstva pomorstva, prometa i veza, Republiku Hrvatsku u ITU-u zastupaju i Hrvatski zavod za telekomunikacije, te Vijeće za telekomunikacije. Hrvatsku u CEPT-u zastupa Hrvatski zavod za telekomunikacije. Hrvatski zavod za telekomunikacije, između ostalog, usklađuje uporabu radijskih frekvencija na domaćoj i međunarodnoj razini, te pronalazi uzroke smetnji u radijskim komunikacijama i poduzima mjere za njihovo uklanjanje.

4.1. Dodjela i uporaba radijskih frekvencija u Hrvatskoj

Ministar pomorstva, prometa i veza Republike Hrvatske donio je Pravilnik o namjeni radiofrekvencijskog spektra i dodjeli radijskih frekvencija [32].

Prema članku 54. stavku 1. Zakona o telekomunikacijama [31], dodjela i uporaba radijske frekvencije usklađuje se na međunarodnoj razini, a temelji se na Pravilniku o namjeni radiofrekvencijskog spektra i dodjeli radijskih frekvencija, kojim se utvrđuju načela za namjenu radiofrekvencijskog spektra i dodjelu radijskih frekvencija, kao ograničenog prirodnog dobra, u skladu s međunarodnim propisima o radijskim komunikacijama i međunarodnim sporazumima koji obvezuju Republiku Hrvatsku. Za potrebe usklađivanja uporabe radijskih frekvencija na domaćoj i međunarodnoj razini, radi obavljanja nadzora, kontrole i mjerenja u radiofrekvencijskom spektru te radi

poduzimanja propisanih mjera za zaštitu od smetnji, Zavod ustrojava sustav kontrolno-mjernih središta i kontrolno-mjernih postaja s potrebnom mjernom, računalnom i komunikacijskom opremom te terenskim mjernim vozilima.

Načela za namjenu radio-frekvencijskog spektra određena su Planom namjene radiofrekvencijskog spektra koji je sastavni dio Pravilnika o namjeni radio-frekvencijskog spektra i dodjeli radijskih frekvencija [32]. Plan namjene radiofrekvencijskog spektra temelji se na međunarodnoj *Tablici namjene frekvencijskih područja* i na međunarodnim promjenama te tablice.

Od napomena iz međunarodnih Radijskih pravila, Hrvatska je preuzela njih 179. Također, definirano je 29 hrvatskih napomena, među kojima je i napomena broj 28:

"U frekvencijskim područjima 20 - 526 kHz HEP ima uređaje koji omogućuju govornu komunikaciju, mjerenja i upravljanja na daljinu prijenosnom frekvencijom nositelja po visokonaponskim vodovima. Ne upotrebljavati ovakav prijenos u frekvencijskim područjima namijenjenim zrakoplovnoj radio-navigaciji".

Ovaj Plan namjene radio-frekvencijskog spektra treba osigurati optimalne sigurnosne, gospodarske i kulturne uvjete u Hrvatskoj.

4.2. Mjere za zaštitu od smetnji

Prema članku 67. stavku 1. Zakona o telekomunikacijama [31], telekomunikacijski objekti, instalacije i oprema moraju se postaviti, upotrebljavati i održavati

na način da njihov rad ne prouzroči smetnje u radu i uporabi telekomunikacija, iznad razine dopuštene hrvatskim normama, tehničkim uvjetima i uvjetima uporabe, preuzetim normama Europskog instituta za telekomunikacijske norme (ETSI), te pravilnicima, odlukama i preporukama Međunarodne telekomunikacijske udruge (ITU) i Europske konferencije poštanskih i telekomunikacijskih uprava (CEPT)

Prema članku 69. stavku 1. Zakona o telekomunikacijama [31], električna i druga tehnička oprema ne smije stvarati elektromagnetske smetnje u funkcioniranju telekomunikacija ili radijske postaje ni u prijemu radijskih i televizijskih emisija.

Na temelju odredbi Zakona o telekomunikacijama, ravnatelj Hrvatskog zavoda za telekomunikacije donio je 2000. godine Pravilnik o elektromagnetskoj kompatibilnosti [33]. Tim se Pravilnikom propisuju uvjeti i upućuje se na norme i zahtjeve koje mora ispunjavati električna i druga tehnička oprema, koja se proizvodi, uvozi i stavlja u promet u Republici Hrvatskoj, tako da ta oprema nesmetano funkcionira, a pri tome ne proizvodi elektromagnetske smetnje iznad dopuštene razine, što omogućuje da telekomunikacijska i radijska oprema i drugi uređaji rade u skladu s njihovom namjenom.

Pravilnik je usklađen s europskom direktivom [7] o približavanju zakonskih propisa koji se tiču elektromagnetske kompatibilnosti u državama članicama EU. Za proizvode koji su napravljeni u skladu s normama s popisa sadržanog u Pravilniku smatra se da ispunjavaju zahtjeve Pravilnika. U tablici 3 dan je popis normi iz područja EMC-a navedenih u Pravilniku koje su od važnosti za PLC.

Tablica 3. Norme o elektromagnetskoj kompatibilnosti iz Dodatka IV Pravilnika o elektromagnetskoj kompatibilnosti [33] koje su od značaja za PLC

R. br.	Oznaka Hrvatske norme	Predmet
1.1	HRN EN 50065-1:1997	Signalizacija na niskonaponskim električnim instalacijama u području frekvencija 3 kHz do 148,5 kHz - 1. dio: Opći zahtjevi, frekvencijska područja i elektromagnetske smetnje
1.2	HRN EN 50065-1/A1:1997	Dodatak A1
1.3	HRN EN 50065-1/A2:1997	Dodatak A2
1.4	HRN EN 50065-1/A3:1997	Dodatak A3
1.5	HRN EN 50081-1:1997	EMC - Izvorna norma za emisiju - 1. dio: Stambena i poslovna područja i područja lake industrije
1.6	HRN EN 50081-2:1997	EMC - Izvorna norma za emisiju - 2. dio: Industrijsko okruženje
1.7	HRN EN 50082-1:1997	EMC - Izvorna norma za otpornost - 1. dio: Stambena i poslovna područja i područja lake industrije
1.8	HRN EN 50082-2:1997	EMC - Izvorna norma za otpornost - 2. dio: Industrijsko okruženje
2.	<i>Norme za određene proizvode</i>	
2.31	HRN EN 55022:1997	Granice i metode mjerenja značajki radijskih smetnji opreme informacijske tehnologije
2.32	HRN EN 55022/A1:1997	Dodatak A1 uz EN 55022
2.33	HRN CISPR 24:1997	Oprema informacijske tehnologije - Značajke otpornosti - Granice i metode mjerenja
2.49		EMC zahtjevi za opremu telekomunikacijske mreže

Pravilnik se primjenjuje na sve električne proizvode koji mogu prouzročiti elektromagnetske smetnje i/ili na koje takve smetnje mogu utjecati umanjujući njihove nazivne djelatne značajke (izuzetak su električne mreže za proizvodnju, prijenos i distribuciju električne energije).

Proizvođač, njegov ovlašteni zastupnik, uvoznik ili neka druga fizička ili pravna osoba koja preuzima odgovornost dobavljanja i stavljanja u promet električnog proizvoda na tržište u Republici Hrvatskoj (jednom riječju: dobavljač) smije staviti u promet električne proizvode pod sljedećim uvjetima:

- da su ti proizvodi sukladni sa zahtjevima iz Pravilnika,
- da sukladnost sa zahtjevima o EMC-u dobavljač potvrđuje svjedodžbom "Izjava o sukladnosti" koja služi za nadzor uporabne vrijednosti tog proizvoda na tržištu, i
- da su proizvod, njegovo pakiranje i propisani prateći dokumenti označeni propisanom oznakom CE.

Za proizvode za koje se proizvođač koristio normama samo djelomično ili nikako, ili za takve proizvode ne postoje norme, proizvođač je dužan pribaviti tehničku dokumentaciju, opis proizvoda, postupak udovoljavanja zahtjevima elektromagnetske kompatibilnosti, izvješće o ispitivanju ili certifikat kojim se potvrđuje ispunjenje zahtjeva iz Pravilnika.

5. SKRAĆENICE

Skraćenica	Značenje na engleskom	Značenje na hrvatskom
BBC	British Broadcasting Corporation	Britanska tvrtka koja se bavi radiotelevizijskim razširanjem
CCIR	Comité Consultatif International des Radiocommunications	Međunarodni savjetodavni odbor za radijske komunikacije
CEN	Comité Européen de Normalisation; European Committee for Standardization	Europski odbor za normizaciju
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization, Comité Européen de Normalisation Electrotechnique	Europski odbor za normizaciju elektrotehnike
CEPT	Conference Européenne des Postes et des Télécommunications; European Conference of Postal and Telecommunications Administrations	Europska konferencija Uprava pošta i telekomunikacija
CERP	Confédération Européenne des Relations Publiques, Confederation of European Public Relations Professionals	Europski odbor za regulaciju pošte

Skraćenica	Značenje na engleskom	Značenje na hrvatskom
CIGRE	Conference internationale des grands réseaux électriques a haute tension	Međunarodna konferencija za velike električne sustave
CISPR	Comité International Spécial des Perturbations Radioélectrique. International Special Committee on Radio Interference	Međunarodni odbor za radijske smetnje
DSL	Digital Subscriber Line	tehnologija, digitalna korisnička linija
EBU	European Broadcasting Union	Europska udruga radiotelevizijskog emitiranja
EC	European Commission	Europska komisija
EMC	Electromagnetic Compatibility	elektromagnetska kompatibilnost ili snošljivost
EN	European Standard	europska norma
ECC	Electronic Communications Committee	Odbor za elektroničke komunikacije
ERC	European Radiocommunications Committee	Europski radiokomunikacijski odbor (unutar CEPT-a)
ETC	European Telecommunications Committee	Europski telekomunikacijski odbor (unutar CEPT-a)
EU	European Union	Europska unija
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	Europski institut za telekomunikacijske norme
HF	High Frequency	dio frekvencijskog spektra od 3 MHz do 30 MHz
IARU	International Amateur Radio Union	Međunarodna udruga radioamatera
IFRB	International Frequency Registration Board	Međunarodna uprava za upis frekvencija
IPCF	International Powerline Communications Forum	Međunarodni forum za PLC
ITU	International Telecommunication Union	Međunarodna telekomunikacijska udruga
JWG	Joint Working Group	zajednička radna grupa
MIFR	Master International Frequency Register	Glavni međunarodni frekvencijski upisnik
NB 30	Nutzungsbestimmung 30	napomena o uporabi broj 30
PLC	PowerLine Communications	komuniciranje elektroenergetskim vodovima

Skraćenica	Značenje na engleskom	Značenje na hrvatskom
PLT	Powerline telecommunications	telekomunikacije putem elektroenergetskih vodova
PTF	Powerline Telecommunications Forum	Forum za PLT
RegTP	Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post	njemačko regulatorno tijelo za telekomunikacije i poštu
R&TTE Directive	Radio Equipment and Telecommunications Terminal Equipment Directive	Direktiva o radijskim uređajima i krajnjim telekomunikacijskim uređajima
WRC	World Radiocommunications Conference	Svjetska konferencija o radijskim komunikacijama

6. ZAKLJUČAK

Razvoj digitalnih telekomunikacijskih mreža i potrebe tržišta za širokopojasnim komunikacijskim sustavima rezultirali su pokušajima ostvarivanja širokopojasne komunikacije putem postojećih infrastruktura: elektroenergetske mreže, telefonskih parica i koaksijalnih kabela kabela televizije. Budući da ova infrastruktura nije osmišljena za takvu vrstu komunikacije, takvo njeno korištenje predstavlja izazov, kako u smislu samog razvoja tehnologije, tako i o problemu regulative zbog neminovnih elektromagnetskih smetnji koje ovakvo korištenje izaziva. Od svih kabela sustava korištenih za širokopojasnu komunikaciju, najveće zračenje u HF području frekvencija uzrokuje PLC. Uz to, kako signali PLC-a putuju svim elektroenergetskim vodovima spojenim na transformatorsku stanicu u kojoj je središnji PLC-uređaj, zračenje PLC-a je geografski vrlo rašireno i utječe na cjelokupno područje tog dijela elektroenergetske mreže, kako na korisnike usluga omogućenih PLC-om, tako i na ostale kupce električne energije spojene na istu EE mrežu. Dodatno, kako iste frekvencije koristi čitav niz radijskih službi, od vojske i kontrole leta, preko služba sigurnosti, do radiotelevizijskog odašiljanja i radijskih amatera, pitanje regulative se pokazalo vrlo složenim zadatkom.

U početku se razmatralo dodjeljivanje frekvencijskih područja za širokopojasne kabela sustave, pa i PLC. Međutim, kako se ne radi o radijskim službama, jer se komunikacija ostvaruje korištenjem kabela mreža, a ne bežičnim putem, nema uporišta za dodjeljivanje frekvencija sustavima kakav je PLC.

Uporaba radijskih frekvencija regulirana je ITU-R-ovim Radijskim pravilima, koja imaju status ugovora između država članica ITU-a. Davatelji radijskih usluga obvezuju se da ne uzrokuju smetnje jedni drugima. Radijska pravila se ne ograničavaju samo na reguliranje smetnji uzrokovanih radijskim službama, već se člankom 15.12 od nacionalnih uprava zahtijeva i da "rad električnih naprava i instalacija bilo koje vrste,

uključivo energetske i telekomunikacijske mreže, ... ne uzrokuje smetnje radiokomunikacijskim službama". Moguć način definiranja regulative za korištenje PLC-a je donošenje napomena o uporabi unutar Tablica namjene frekvencijskih područja. Za ovakav pristup se opredijelila Njemačka.

S druge strane, elektromagnetske smetnje telekomunikacijskih krajnjih uređaja i uređaja informatičke tehnologije na europskoj razini regulira Direktiva o elektromagnetskoj kompatibilnosti, a na svjetskoj razini IEC, posebice njegov odbor CISPR. Ograničenja vezana uz elektromagnetsku kompatibilnost definirana su normama o elektromagnetskoj kompatibilnosti. Međutim, dosadašnje norme za elektromagnetsku kompatibilnost usredotočene su na uređaje, a ne uzimaju u obzir način povezivanja uređaja i performanse kabela kojima su uređaji povezani, koji značajno utječu na cjelokupno zračenje u danom okruženju, tj. na elektromagnetsku kompatibilnost cjelokupne mreže. Moguć način definiranja regulative za korištenje PLC-a je donošenje normi o elektromagnetskoj kompatibilnosti telekomunikacijskih mreža.

U situaciji nepostojanja odgovarajućih međunarodnih ili europskih normi s jedne strane, te razvoja novih tehnologija sa značajnim zračenjem u frekvencijskom području predviđenom za radijske službe, došlo je do nacionalnih rješavanja situacije. Njemačka i Velika Britanija usvojile su nacionalnu regulativu glede dozvoljenog zračenja telekomunikacijskih mreža vezano uz svoje nacionalno zakonodavstvo izvan granica EMC-regulative za uređaje.

Na globalnom tržištu kakvo imamo danas, nacionalna rješavanja ovako važnih pitanja treba izbjegavati. Uz to, komunikacija u HF-frekvencijskom pojasu se ne može smatrati nacionalnim pitanjem, jer su svojstva prostiranja u tom pojasu takva da zračenje u jednoj zemlji može rezultirati povećanjem razine smetnje u drugoj zemlji. Europska komisija prepoznala je smjer rješavanja pitanja zračenja širokopojasnih kabela mreža na nacionalnoj razini kao pogrešku u reguliranju EMC-a, te je izdala Mandat 313 za izradu i usvajanje harmoniziranih normi koje će definirati zahtjeve za EMC telekomunikacijskih mreža (emisija i otpornost na smetnje) ostvarenih energetske kablama, koaksijalnim kablama i telefonskim paricama. Donošenje europskih harmoniziranih normi prema Mandatu 313 može se smatrati korakom prema zajedničkom europskom stajalištu u smislu zračenja kabela sustava korištenih za širokopojasne komunikacije, jer će rezultirati odbacivanjem nacionalnih zahtjeva. Uz to, mandat zahtijeva usklađenost novih harmoniziranih normi za mreže s postojećim harmoniziranim normama, kako bi se izbjegla situacija da se proizvođači koji udovoljavaju harmoniziranim normama za proizvode ne mogu ostvariti mreže koje zadovoljavaju zahtjeve harmoniziranih normi za mreže. Mandat su preuzele europske normizacijske organizacije ETSI i CENELEC.

Osim njih, u rješavanju problema neželjenog zračenja PLT sustava na europskoj razini aktivna je i Europska konferencija Uprava pošta i telekomunikacija, CEPT, čija je radna grupa SE35 izradila ERC preporuku i izvješće na temu reguliranja neželjenog zračenja PLT sustava i kabelskih komunikacijskih sustava općenito.

LITERATURA

- [1] S. JAVORNIK VONČINA: "Prikaz stanja normizacije i regulative vezane uz komuniciranje elektroenergetskim vodovima, PLC - I dio: regulativa vezana uz PLC", *Energija* 4/2000.
- [2] Mandate 313 EN: "Standardisation Mandate addressed to CEN, CENELEC and ETSI concerning Electromagnetic Compatibility (EMC) - Telecommunications Networks", European Commission, Brussels, 7 August 2001, www.etsi.org/public-interest/mandate/M313.pdf
- [3] ETSI PLT: "Terms of Reference for Specialist Task Force 222 V1.5 (MB), EP PLT to undertake a European-wide measurement and analysis review to ensure correct representation of the situation in member states with respect to PLT standards and to ensure co-existence between PLT systems from different vendors", September 2002, portal.etsi.org/stfs/ToR/ToR222v15:PLT.doc
- [4] Radio regulations, ITU, Geneva, 1998
- [5] J. H. STOTT: "Do EMC Limits Protect Broadcasting as Intended?", BBC Research & Development White Paper WHP 055055, Record of the 15th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility, February 18-20 2003
- [6] H. J. BRANDT, DARC Standards Group: "PLC and xDSL Situation in Germany (with a look over the border)", November 30, 2001, amended June 24, 2002
- [7] "Council Directive 89/336/EEC of 3 May 1989 on the approximation of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility", Official Journal L 139, 23/05/1989
- [8] "Directive 1999/5/EC of the European Parliament and of the Council of 9 March 1999 on radio equipment and telecommunications terminal equipment and the mutual recognition of their conformity", Official Journal L 091, 07/04/1999 p. 0010 - 0028
- [9] The review of the EMC Directive (The EMC SLIM process) europa.eu.int/comm/enterprise/electr_equipment/emc/slim/review.htm
- [10] Part 15 of the Title 47 of the Code of Federal Regulations - Radio Frequency Devices, Federal Communications Commission (FCC), Office of Engineering and Technology (OET), March 13, 2003
- [11] G. BERTELS, International Amateur Radio Union - Region 1: "Power Line Technology: HF bands under fire", EUROCOM Newsletter, 02.02.2003
- [12] B. DESPRES: "CEPT ERC SE35 activities on compatibility between radio services and PLT (Power Line Telecommunications)", Dubrovnik, 6-7 March 2001
- [13] Summary Report from the 24th WG SE meeting, Luxembourg, 20-24 September 1999
- [14] Summary Report from the Working Group Spectrum Engineering meeting, Naples, 14-18 February 2000
- [15] ERC Report 107 "Current and Future Use of Frequencies in the LF, MF and HF Bands", Interlaken, February 2001
- [16] Summary Report from the Working Group Spectrum Engineering meeting, Vilnius, 12-16 June 2000
- [17] Summary Report from the Working Group Spectrum Engineering meeting, Wengen, 5-9 February 2001
- [18] Summary Report from the Working Group Spectrum Engineering meeting, Regensburg, 28 May - 1 June 2001
- [19] Summary Report from the 30th Working Group Spectrum Engineering meeting, Bunratty, 1-5 October 2001
- [20] Summary Report from the 31st meeting of WG SE, Beaune, 2-8 February 2002
- [21] Summary Report from the 32nd meeting of WG SE, Baden, 10-14 June 2002
- [22] IARU Reg 1 EMC WG: "Status on EMC requirements for PLC equipment and networks", Friedrichshafen, June 2002
- [23] Summary Report from the WG Spectrum Engineering meeting, Molde, 3-7 February 2003
- [24] Telekommunikationsgesetz BGBl. I 1996, S. 1120, 25. Juli 1996
- [25] RegTP 322 MV 05: "Messung von Stoerfeldern an Anlagen und Leitungen der Telekommunikation im Frequenzbereich 9 kHz bis 3 GHz"
- [26] The Smith Group Limited HA134D009-1.1: "Final report on a study to investigate PLT radiation" 20 November 1998
- [27] International Powerline Communications Forum: "Observations of the IPCF on the Smith Report", October, 1999
- [27] "Access to bandwidth: Response of the International Powerline Communications Forum", September 1999, www.oftel.gov.uk/ispo/a2bresp2.htm
- [28] MPT 1570: "Radiation Limits and Measurement Specification", August 2001
- [29] The Wireless Telegraphy Act, 1949 (Control of Interference from Material Substances Forming Part of Telecommunication Systems) Regulations 2001
- [30] The Wireless Telegraphy (Control of Interference from Material Substances Forming Part of Telecommunication Systems) Regulations 2001
- [31] Zakon o telekomunikacijama, "Narodne novine", br. 76/99, br. 128/99, br. 68/01 i 109/01
- [32] Pravilnik o namjeni radio-frekvencijskog spektra i dodjeli radijskih frekvencija, "Narodne novine", br. 14/95 i br. 20/01
- [33] Pravilnik o elektromagnetskoj kompatibilnosti (EMC), "Narodne novine", br. 34/00 i br. 128/99

STATE REVIEW OF NORMISATION AND REGULATION CONNECTED TO ELECTRIC ENERGY LINE COMMUNICATION, PLC PART II: PLC REGULATION

The paper gives a review of PLC usage regulation attempts and other wide range cable transmission networks including a review of international regulating principle of radio frequencies, European framework of regulating electromagnetic compatibility and radio frequencies usage, as well as the Croatian framework for the elaboration of regulation connected to widerange PLC usage and other widerange cable transmission networks.

DARSTELLUNG DES ZUSTANDES IM NORMUNGS- UND VERORDNUNGSWESEN IM BEREICH DES NACHRICHTENAUSTAUSCHES ÜBER STROMLEITUN- GEN ALS FERNMELDETRÄGER, PLC 2. TEIL: DAS VERORDNUNGSWESEN

Der Artikel gibt eine Übersicht der Bestrebungen einer Verordnung der PLC und anderer breitbandiger Kabel-Übertragungsnetze. Mit eingeschlossen ist die Darstellung der Grundsätze allweltlicher Festlegung der Verwendung von Rundfunkfrequenzen, die Darstellung der Festlegung elektromagnetischer Kompatibilität und der Verwendung von Runfunkfrequenzen im europäischen und im kroatischen Rahmen. Innerhalb dieser Rahmen wird eine Nachbearbeitung bezüglich der Festlegung der Nutzung des breitbandigen PLC-s, sowie anderer breitbandiger Kabel-Übertragungsnetze notwendig sein.

Naslov pisca:

Mr. sc. Suzana Javornik Vončina, dipl. ing.
Hrvatska elektroprivreda
Sektor za poslovnu informatiku
Ulica grada Vukovara 37
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2003 – 04 – 25.

STATE REVIEW OF NORMISATION AND REGULATION CONNECTED TO ELECTRIC ENERGY LINE COMMUNICATION, PLC PART II: PLC REGULATION

The paper gives a review of PLC usage regulation attempts and other wide range cable transmission networks including a review of international regulating principle of radio frequency European framework of regulating electromagnetic compatibility and radio frequencies usage, as well as the Croatian framework for the disposition of regulation connected to wide-range PLC usage and other wide-range cable transmission networks.

IZ ZAKONSKE REGULATIVE

U prethodna tri mjeseca Hrvatski sabor donio je niz zakona koji većinom znače gospodarske prilagodbe i usklađivanje zakonodavstva Republike Hrvatske sa zakonodavstvom Europske unije (Nacionalni program Republike Hrvatske za pridruživanje Europskoj uniji – 2003. godina, NN 30/2003.). Ovdje se daje pregled donesenih zakona koji su interesantni uglavnom za tehničku struku. To su:

- Pravilnik o podacima koje su energetske subjekti dužni dostaviti Vijeću za regulaciju energetskih djelatnosti
- Zakon o službenoj statistici (NN 103/2003.)
- Program statističkih istraživanja RH za 2003. godinu (NN 105/2003.)
- Zakon o fondu za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost (NN 107/2003.)
- Zakon o zaštiti tržišnog natjecanja (NN 122/2003.)
- Metodologija za statističku primjenu Nacionalne klasifikacije djelatnosti – NKD 2002 (NN 123/2003.)

Nastavno se ukratko daje prikaz pojedinog zakona.

SBK

PRAVILNIK O PODACIMA KOJE SU ENERGETSKI SUBJEKTI DUŽNI DOSTAVITI VIJEĆU ZA REGULACIJU ENERGETSKIH DJELATNOSTI

Pravilnik je objavljen u Narodnim novinama broj 97 od 11. lipnja 2003. godine. Kao što mu i samo ime kaže, njime se određuje obveza energetskih subjekata da dostavljaju Vijeću za regulaciju energetskih djelatnosti podatke koji su utvrđeni u ovom Pravilniku. Također su utvrđeni i rokovi za dostavljanje podataka u procesu redovitog prikupljanja te u slučaju kada je to potrebno hitno načiniti.

U člancima 8. do 28. utvrđeni su podaci, izvješća i drugi dokumenti koji su nužni za poslovanje Vijeća za regulaciju.

Prema članku 8. energetske subjekti su dužni dostaviti Vijeću za regulaciju sljedeće:

- bilance
- račun prihoda i rashoda
- bilješke u svezi s rezultatima poslovanja u prethodnom razdoblju
- financijske planove (plan prihoda i plan rashoda)
- ostale plansko-analitičke materijale u svezi s poslovanjem.

Prema članku 9. energetske subjekt je dužan dostaviti Vijeću za regulaciju od revizora ovjereni završni račun, koji služi kao osnovica za utvrđivanje iznosa za financiranje Vijeća za regulaciju.

Vijeće za regulaciju vodi Registar dozvola, te je prema članku 10. svaki energetske subjekt dok ima koncesiju dužan pismeno dostavljati sve promjene podataka koji se upisuju u Registar (naziv, sjedište, adresa, matični broj).

Članci 11. i 12. odnose se na energetske subjekte koji su nositelji obveze javne usluge te se utvrđuje obveza dostavljanja podataka vezanih uz tarife.

Prema članku 13. energetske subjekti dužni su dostavljati Vijeću za regulaciju pregledni prikaz realizacije Trogodišnjeg plana izgradnje, održavanja i korištenja energetskih objekata, dok je Operator sustava u suradnji s energetskim subjektom za prijenos električne energije dužan dostaviti pregledni prikaz realizacije Plana razvoja i izgradnje prijenosne mreže za razdoblje od tri godine. Distribucija također dostavlja Vijeću za regulaciju pregledni prikaz realizacije Plana razvoja i izgradnje distribucijske mreže.

U članku 14. utvrđene su obveze za Opskrbu električnom energijom i Operatora tržišta. Opskrba treba dostavljati detaljan pregled povlaštenih kupaca koji kod njega kupuju energiju te ugovore s povlaštenim kupcima, prijenosom i distribucijom. Operator tržišta treba dostavljati podatke o povlaštenim kupcima te ugovore s povlaštenim kupcima, prijenosom i distribucijom.

Člankom 15. utvrđene su obveze dobavljača prirodnog plina. Članci 16., 17. i 18. odnose se na proizvođače električne energije i operatore sustava, koji dostavljaju podatke o budućim potrebama za električnom energijom i izgradnjom mreže.

Članci 19. do 26. odnose se na energetske subjekte koji se bave transportom nafte, dobavom i distribucijom plina.

Također su propisne i kaznene odredbe u slučajevima kada energetske subjekt ne ispunjava obveze iz ovog Pravilnika.

Tumačenje ovog Pravilnika daje Vijeće za regulaciju energetskih djelatnosti.

SBK

ZAKON O SLUŽBENOJ STATISTICI

Novi zakon o službenoj statistici objavljen je u Narodnim novinama br. 103, od 26. lipnja 2003. godine. Danom stupanja na snagu ovoga Zakona prestaje vrijediti Zakon o državnoj statistici (Narodne novine, br. 52/94.).

Ovim se Zakonom uređuju temeljna načela službene statistike, organizacija, položaj, poslovi i koordinacija sustava službene statistike, Strategija razvitka službene statistike Republike Hrvatske, Program statističkih aktivnosti Republike Hrvatske, prikupljanje, obrada i čuvanje statističkog gradiva, statistički registri, diseminacija i korištenje statističkih podataka, povjerljivost i zaštita statističkih podataka, međunarodna statistička suradnja i ostala pitanja od važnosti za službenu statistiku.

U općim odredbama ovog zakona, u člancima 2. i 3. utvrđeno je na što se odnosi ovaj zakon kao i što je svrha službene statistike.

U članku 4. utvrđeno je značenje izraza koji se koriste u službenoj statistici kao što su: aktivnosti i nositelji službene statistike, strategija razvitka, program i godišnji plan provedbe statističkih aktivnosti, što je to statističko istraživanje i prikupljanje podataka, što su izvještajne i statističke jedinice te identifikator, što je rezultat službene statistike, službeni statistički podatak, što se podrazumijeva pod desiminacijom, tko je korisnik podataka, što su to statistički registri, statističko gradivo i administrativni izvori podataka.

U drugom poglavlju, u člancima 5. i 6. utvrđena su temeljna načela službene statistike (relevantnost, nepristranost, pouzdanost, transparentnost, pravodobnost, stručna neovisnost, racionalnost, dosljednost, javnost, statistička povjerljivost, korištenje individualnih podataka te javna odgovornost).

U člancima 7. do 23. , poglavlje treće, definirana je organizacija, položaj, poslovi i koordinacija sustava službene statistike. Prema članku 7. poslove službene statistike obavljaju sljedeći nositelji službene statistike:

1. Državni zavod za statistiku kao središnje tijelo,
2. uredi državne uprave u županijama i upravno tijelo Grada Zagreba nadležni za poslove službene statistike,
3. Hrvatska narodna banka,
4. druga ovlaštena tijela službene statistike određena Programom (u daljnjem tekstu: ovlaštena tijela).

U članku 8. utvrđeno je da je Državni zavod za statistiku državna upravna organizacija koja samostalno obavlja svoje poslove sukladno zakonu te da je on glavni nositelj, diseminator i koordinator sustava službene statistike Republike Hrvatske.

U člancima 9. do 12. utvrđuju se nadležnosti Državnog zavoda za statistiku, prava ravnatelja te način osiguranja financiranja rada. U člancima 13. do 15. utvrđene su obveze i nadležnost Ureda državne uprave u županijama i upravnog tijela Grada Zagreba, poslovi koje obavlja Hrvatska narodna banka te ovlaštena tijela službene statistike određena Programom.

Prema članku 16. i 23. osniva se Statistički savjet Republike Hrvatske kao savjetodavno i stručno tijelo za strategijska pitanja službene statistike s ciljem osiguranja utjecaja korisnika, znanosti i šire javnosti na Program te utvrđuju njegovi zadaci, broj članova, način predlaganja i biranja članova i predsjednika, mandat Savjeta te način financiranja njegovog rada.

Strategija razvitka službene statistike Republike Hrvatske i program statističkih aktivnosti Republike Hrvatske utvrđeni su u člancima 24. do 35.

Prema članku 29. Program sadrži:

- pregled razvojnih ciljeva službene statistike prema Strategiji razvitka službene statistike Republike Hrvatske,
- pregled glavnih rezultata službene statistike koje treba proizvesti i diseminirati u svakom području, usklađenih s međunarodnim obvezama i standardima,
- naziv odgovornih nositelja službene statistike,
- razinu diseminacije rezultata,
- pregled najvažnijih infrastrukturnih i razvojnih aktivnosti, kao što su popisi i istraživanja s velikim opsegom, koje će se provesti ili će biti započete u razdoblju na koje se odnosi Program.

Programom se određuje i pregled ukupno potrebnih resursa iz državnog proračuna Republike Hrvatske.

Članak 30. i 31. utvrđuju donošenje Godišnjeg provedbenog plana za svaku godinu radi izvršavanja Programa te rokove izrade. Donosi ga Sabor.

Prema članku 32. Godišnjim provedbenim planom određuju se:

1. za statistička istraživanja:

- a) nositelj službene statistike
- b) naziv statističkog istraživanja
- c) periodičnost istraživanja

- d) izvještajne jedinice
- e) načini prikupljanja podataka
- f) rokovi prikupljanja podataka
- g) obvezatnost davanja podataka
- h) veza s rezultatima ili aktivnostima u Programu
- i) rokovi i razina objave rezultata
- j) relevantni međunarodni standardi

2. za druge načine prikupljanja podataka:

- a) nositelj službene statistike
- b) posjednik administrativnih izvora podataka ili podataka dobivenih metodom promatranja i praćenja
- c) naziv skupa ili niza administrativnih izvora podataka ili podataka prikupljenih metodom promatranja i praćenja
- d) statističke jedinice i njihovo razgraničenje (za koje korišteni izvori sadrže podatke)
- e) periodičnost i rokovi za prijenos podataka
- f) format (papir, elektronička potpora, on-line pristup)
- g) popis identifikatora ukoliko su uključeni u prijenos
- h) klasifikacije/definicije kojih se treba pridržavati posjednik kada su podaci pripremljeni za prijenos do nositelja službene statistike
- i) pozivanje na rezultate navedene u Programu
- j) obvezatnost davanja podataka
- k) veza s rezultatima ili aktivnostima u Programu
- l) rokovi i razina objave rezultata
- m) relevantni međunarodni standardi

3. za razvoj i infrastrukturne aktivnosti, popise i druga opsežnija statistička istraživanja:

- a) nositelj službene statistike
- b) naziv aktivnosti
- c) ciljevi koje treba ostvariti tijekom godine.

Godišnjim provedbenim planom određuje se i pregled ukupno potrebnih resursa iz Državnog proračuna Republike Hrvatske.

U člancima 36. do 45. utvrđen je sadržaj i način prikupljanja podataka te obveze davanja podataka kao i odgovornost za točnost podataka i pravovremeno dostavljanje. U člancima 46. do 50. utvrđena je obrada i čuvanje statističkog gradiva.

Članci 51. do 53. utvrđuje statističke registre i zabranu davanja podataka korisnicima u obliku i na način koji omogućuje prepoznavanje jedinice na koju se podaci odnose.

Desiminacija i korištenje statističkih podataka utvrđeni su u člancima 54. do 58. Podaci prikupljeni u skladu s Programom i Godišnjim provedbenim planom smiju se koristiti isključivo u statističke svrhe.

U člancima 59. do 66. utvrđena je povjerljivost i zaštita statističkih podataka. Zaštita statističkih podataka prikupljenih u skladu s Programom i Godišnjim provedbenim planom obuhvaća postupke tehničke i organizacijske prirode, kao i druge odgovarajuće logičnotehničke postupke kojima se osiguravaju prostorije i informatička oprema, diseminacija statističkih podataka te naknadno utvrđivanje načina, vremena i svrhe obrade.

Međunarodna statistička suradnja utvrđena je u člancima 67. i 68. Prema tome u izvršavanju međunarodnih obveza nositelji službene statistike moraju ostvariti usporedivost s ostalim europskim zemljama, poštivati i primjenjivati međunarodne standarde te aktivno sudjelovati u razvoju službene statistike na međunarodnoj razini.

Prema članku 68. Državni zavod za statistiku organizira razmjenu rezultata i metodoloških osnova službene statistike s drugim zemljama i međunarodnim organizacijama, osim ako u pojedinim slučajevima za to ne ovlasti drugog nositelja službene statistike, odnosno ako posebnim zakonom nije drugačije određeno. Statistički ured i statistička služba međunarodne organizacije koja traži statističke podatke mora dati pisanu izjavu u kojoj potvrđuje da će se na takve statističke podatke primijeniti odredbe o statističkoj povjerljivosti i da će se koristiti isključivo u statističke svrhe.

U člancima 69. do 71. utvrđuju se kaznene odredbe za nepoštivanje ovog zakona.

SBK

PROGRAM STATISTIČKIH ISTRAŽIVANJA RH ZA 2003. GODINU

U lipnju ove godine Hrvatski sabor donio je Program statističkih istraživanja RH za 2003. godinu, koji je objavljen u Narodnim novinama broj 105 od 1. srpnja 2003. godine. Program sadrži:

1. Demografiju i socijalne statistike

1.1. Statistika stanovništva

1.2. Statistika tržišta rada

1.3. Statistika obrazovanja, sporta, kulture i znanosti

1.4. Statistika životnog standarda

1.5. Statistika zdravstva

1.6. Ostale socijalne statistike

2. Poslovne statistike

2.1. Ekonomske statistike poslovnih subjekata

2.2. Statistika industrije i energije

2.3. Statistika građevinarstva

2.4. Statistika distributivne trgovine, ugostiteljstva i turizma

2.5. Statistika transporta i komunikacija

3. Statistiku poljoprivrede, šumarstva, ribarstva i zaštite okoliša

3.1. Statistika poljoprivrede, šumarstva i ribarstva

3.2. Statistika zaštite okoliša

4. Makroekonomske statistike

4.1. Godišnji ekonomski računi

4.2. Tromjesečni i regionalni računi

4.3. Statistika cijena

4.4. Statistika javnih financija

4.5. Monetarne statistike i statistike bilance plaćanja; robna razmjena s inozemstvom

5. Statističke infrastrukture

5.1. Klasifikacije i registri

5.2. Informatička infrastruktura.

Nastavno je dan sažeti pregled onih dijelova programa koji se odnose na poslovne subjekte, odnosno trgovačko društvo HEP d.d. te druga trgovačka društva HEP Grupe s ograničenom odgovornošću (HEP-Proizvodnja d.o.o., HEP-Prijenos d.o.o., HEP-Distribucija d.o.o., HEP-Toplinarstvo d.o.o., HEP-Plin d.o.o. i druga).

Statistika tržišta rada

Državni zavod za statistiku kao nositelj istraživanja prikuplja podatke putem izvješća na obrascima:

- RAD – 1: Mjesečno istraživanje o zaposlenima i plaći
- RAD – 1G: Godišnje istraživanje o zaposlenima i plaći.

Svrha prikupljanja podataka između ostalog je da se dobiju osnovni pokazatelji za analizu hrvatskog gospodarstva na dugi i kratki rok, broj zaposlenih, realni indeksi bruto i neto plaća kao i informacije o tržištu rada, te kvantitativni indikatori važni u procesu tranzicije.

Ova istraživanja djelomično su usklađena s relevantnim smjernicama i regulativama Europske unije (NACE Rev 1).

Statistika obrazovanja, sporta, kulture i znanosti

Istraživanje provodi Nacionalna i sveučilišna knjižnica putem izvješća na obrascima nastavno prikazanim i dostavlja ih Državnom zavodu za statistiku:

- NKL-1: Godišnje izvješće o knjigama i brošurama
- NKL-2: Godišnje izvješće o novinama
- NKL-3: Godišnje izvješće o časopisima.

Praćenje kulturnog aspekta izdavačke djelatnosti za potrebe Ministarstva kulture i drugih korisnika; publikacije i studije UNESCO-a.

Ova istraživanja potpuno su usklađena s relevantnim međunarodnim standardima (Universal decimal classification konzorcija u Haagu – Federation for Information and Documentation /FID/; Revised Recommendation concerning International Standardisation of Statistics on the Production and Distribution of Books, Newspapers and Periodicals (/General Conference UNESCO, 1985).

- NSDK: Trogodišnje izvješće o obrazovanju odraslih i ostalo obrazovanje.

Svrha prikupljanja ovih podataka je praćenje rada i aktivnosti za potrebe Ministarstva sukladno s relevantnim nacionalnim standardima (Zakon o pučkim otvorenim učilištima (NN 54/97, 5/98/; Zakon o ustanovama /NN76/93, 29/97).

Što se tiče relevantnih međunarodnih standarda iz ovog područja u tijeku je proučavanje metodologije i utvrđivanje potrebnih usklađivanja s tim standardima (International Standard Classification of Education – ISCED 97 UOE Data Collection: Definition, Explanations and Instructions OECD, Paris 2002, 2002 Data Collection on Education Systems OECD, Paris 2002).

Ekonomske statistike poslovnih subjekata

Nositelj istraživanja je Državni zavod za statistiku, koji prikuplja podatke putem izvješća na obrascima:

- INV – P: Godišnje izvješće o investicijama u dugotrajnu imovinu pravnih osoba
- Probni statistički obrazac: Godišnje istraživanje o dugotrajnoj imovini u tekućim cijenama.

Svrha prikupljanja ovih podataka je promatranje ekonomskog razvoja te utvrđivanje vrijednosti dugotrajne imovine u tekućim cijenama.

Ova istraživanja djelomično su usklađena s relevantnim međunarodnim standardima (NACE Rev 1, Uredbom Europske unije o strukturnoj poslovnoj statistici br. 21286/93 te Europskim sustavom nacionalnih računa ESA).

Nositelj sljedećeg istraživanja je Financijska agencija koja prikuplja podatke na obrascima kako slijedi:

- SPL: Statistička izvješća o isplatama plaća

- **TMP:** Izvješće o isplatama naknada materijalnih prava radnika.

Svrha prikupljanja podataka je praćenje razine plaća i naknada materijalnih prava zaposlenika i ostvarivanje politike plaća.

Istraživanje je djelomično usklađeno s relevantnim međunarodnim standardom NACE Rev 1, Pregled strukture zarada, Regulatorna Vijeća EU broj 27744/95, Statistika o razini i strukturi cijene radne snage, Regulatorna EU broj 23/97, Javna statistika o razini strukture cijene radne snage.

Statistika industrije i energije

Nositelj prikupljanja i obrada podataka iz statistike industrije i energije je Državni zavod za statistiku. Podaci se prikupljaju putem izvješća na obrascima:

- **IND-1A:** Mjesečno izvješće industrije o proizvodnji i zaposlenima
- **IND-1K:** Tromjesečno izvješće o reprodukcijским materijalima
- **IND-21/PRODCOM:** PRODCOM istraživanje o industrijskoj proizvodnji
- **IND-21/PSi:** Poslovno-strukturno istraživanje industrije.

Svrha prikupljanja podataka putem izvješća na obrascima IND-1A je za izradu dinamičkih pokazatelja (indeksa) o industrijskoj proizvodnji, zalihama, zaposlenicima i proizvodnosti rada, podrška tekućoj ekonomskoj politici, kao i ispunjavanje obveza RH iz međunarodne izmjene podataka s Eurostat-om (SDDS standardi). Ovo istraživanje potpuno je usklađeno s relevantnim međunarodnim standardima (NACE Rev 1, CPA 1996, Short term statistics Council Regulation /EC/ No. 1165/98 te Methodology of shortterm statistics /STS/ EUROSTAT 1998).

Tromjesečno izvješće industrije o reprodukcijским materijalima (IND-1K) služi za izradu kratkoročnih pokazatelja inputa u industrijsku proizvodnju (sirovina i repromaterijala) te pokazatelje finalne potrošnje energije za ukupnu industriju i do razine odjeljaka industrijskih djelatnosti prema Nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti (NKD). Istraživanje je djelomično usklađeno s relevantnim standardima Europske unije (NACE Rev 1, CPA 1996, RAW material and recovery of raw material, cat. No. CA-57-89-451-31, Series C Eurostat, Energy statistics methodology 2000; Eurostat 4).

Kroz PRODCOM istraživanje o industrijskoj proizvodnji (IND-21/PRODCOM) osiguravaju se temeljni pokazatelji o količinama i vrijednostima industrijske proizvodnje po pojedinačnim proizvodima PRODCOM nomenklature usklađene s EU nomenklaturom proizvoda i roba u vanjsko trgovinskom prometu, a radi utvrđivanja konkurentnosti proizvoda RH sa svjetskim i Europskim tržištima te ispunjavanja obveza RH iz međunarodne razmjene podataka s Eurostatom.

Ovo istraživanje potpuno je usklađeno s relevantnim međunarodnim standardima (NACE Rev 1, CPA 1996, Community survey of industrial production /PRODCOM/, Council Regulation No. 3924/91 PRODCOM List 2002, Eurostat D3, Luxembourg 2002).

Poslovno-strukturno istraživanje industrije (IND-2PSi) služi za osiguranje temeljnih strateških pokazatelja o strukturi industrijske proizvodnje po načelu čistih djelatnosti na razini skupina djelatnosti NKD, radi podrške makroekonomskim analizama, te nacionalne i regionalne politike za sektor industrije RH, te ispunjavanja obveza RH iz međunarodne razmjene podataka s Eurostat-om.

Statistika građevinarstva

Nositelj istraživanja Državni je zavod za statistiku koji prikuplja podatke putem izvješća na obrascima:

- **GRAĐ-21/M:** Mjesečno izvješće građevinarstva
- **GRAĐ-21/3M:** Tromjesečno izvješće građevinarstva
- **GRAĐ-11:** Godišnje izvješće o građevinskim radovima
- **GRAĐ-12:** Godišnje izvješće o građevinskim radovima – kontrolnik.

Svrha ovih istraživanja je dobivanje kratkoročnih pokazatelja kretanja u građevinarstvu te pokazatelja za kompilaciju nacionalnih računa kao i praćenje vrsta građevina i radova.

Usklađenost ovih istraživanja s relevantnim međunarodnim standardima je djelomična (NACE Rev 1 /EC/OJ L 76/93/ Classification of Types of Construction – CC, final version/97 EU Council Regulation concerning short term statistics 7831/98, Methodology of short-term industrial statistics /ISBN 92-828-2879-4, Eurostat 1998),

Recommendations for the 2000 Censuses of population and Housing in the ECE Region Statistical standards and studies No. 49, UN/Eurostat, 1998).

Statistika distributivne trgovine, ugostiteljstva i turizma

Državni zavod za statistiku prikuplja podatke putem izvješća na obrascima:

- **UG-11:** Tromjesečno izvješće ugostiteljstva za pravne osobe – poduzeća/trgovačka društva.

Svrha prikupljanja podataka je između ostalog i utvrđivanje kratkoročnih pokazatelja ekonomskog razvoja zemlje, a služiti će i kao element za kreiranje politike razvoja turizma u zemlji.

Istraživanje je djelomično usklađeno s relevantnim međunarodnim standardom (Recommendation on Tourism Statistics /UN-WTO, New York, 1994/; Applying the Eurostat Methodological Guidelines in Basic Tourism and Travel Statistics, A Practical Manual, Eurostat, 1996; Council Regulation /EC/ concerning Short-Term Statistics, 1165/98, Eurostat NACE ev 1).

Statistika transporta i komunikacija

Ovo istraživanje obuhvaća prikupljanje podataka koji se dostavljaju Državnom zavodu za statistiku na obrascima:

- **PA/M-11:** Tromjesečno izvješće cestovnom prijevozu putnika
- **PA/T-11:** Statističko istraživanje o cestovnom prijevozu robe (tjedno izvješće)
- **MV/M-11:** Registrirana cestovna motorna i priključna vozila
- **P-TK/T-11:** Tromjesečno izvješće o telekomunikacijskim uslugama
- **PA/G-11:** Godišnje izvješće o cestovnom prijevozu putnika
- **MV/G-11:** Registrirana cestovna motorna i priključna vozila (godišnje izvješće)
- **TK/G-11:** Godišnje izvješće o telekomunikacijskim sredstvima, mreži i prihodima
- **P-TK/G-18:** Godišnje izvješće o telekomunikacijskoj opremi i uslugama.

S međunarodnim standardima djelomično su usklađena izvješća PA/T-11 te P-TK/T-11 (Glossary for Transport Statistics, Eurostat; Statistical returns in respect of goods by road, Eurostat; Draft Methodological manual for telecommunications statistics).

Statistika zaštite okoliša

Nositelj istraživanja je Državni zavod za statistiku koji prikuplja podatke putem izvještaja na obrascima:

- **VOD-1:** Godišnje izvješće o korištenju i zaštiti voda od zagađivanja u opskrbi električnom energijom, plinom i vodom
- **ZRAK-1:** Godišnje izvješće bilance onečišćujućih tvari u zrak
- **-:** Godišnje izvješće o katastru individualnih izvora emisija u okoliš
- **OTP-SKO:** Spaljivanje, kompostiranje i odlaganje otpada – godišnje izvješće
- **OTP-1:** Trogodišnje izvješće o proizvodnji i uporabi otpada

Ova istraživanja potpuno su usklađena s međunarodnim standardima osim Godišnjeg izvješća o katastru individualnih izvora emisija u okoliš (ECE Standard Classification of Water Statistics in the ECE Region /ECE/Water/43; Long Range Transboundary Air Pollution Convention /LRTAP/, Geneve, 1979; Council Regulation on Waste Management Statistics, Eurostat; The European Waste Catalogue /EWC/).

Statistika cijena

Podaci o cijenama proizvođača industrijskih proizvoda prikupljaju se na obrascima i dostavljaju Državnom zavodu za statistiku:

- C-41: Cijena proizvođača industrijskih proizvoda.

Svrha prikupljanja podataka je vođenje makroekonomske politike bruto domaćeg proizvoda, za uspoređivanje cijena materijalnih troškova, za deflacioniranje vrijednosti zaliha i materijalne imovine (trajna dobra).

Istraživanje je djelomično usklađeno s međunarodnim standardima (CPA 1996, PRODCOM Survey/List; Propisi EU o kratkoročnim pokazateljima).

Klasifikacije i registri

Podaci se dobiju iz informacija prikupljenih u procesu registracije Poslovnog subjekta. Svi poslovni subjekti moraju se registrirati u Državnom zavodu za statistiku. Svi poslovni subjekti obvezni su prijaviti Registru svaku svoju promjenu podataka u pisanom obliku.

SBK

ZAKON O FONDU ZA ZAŠTITU OKOLIŠA I ENERGETSKU UČINKOVITOST

U lipnju 2003. godine Hrvatski sabor je donio **Zakon o fondu za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost**, koji je objavljen u Narodnim novinama broj 107 od 4. srpnja 2003. godine. Zakonom su utvrđeni:

- ustrojstvo i djelatnost fonda
- tijela fonda i upravljanje fondom
- ostvarivanje prihoda fonda
- imovina i financijsko poslovanje fonda
- obračun i naplata naknada i posebne naknade
- javnost rada fonda
- upravni i inspekcijski nadzor
- kaznene i završne odredbe.

Fond je osnovan radi financiranja pripreme, provedbe i razvoja programa, projekata i sličnih aktivnosti u području:

- očuvanja, održivog korištenja, zaštite i unaprjeđivanja okoliša te
- energetske učinkovitosti i korištenja obnovljivih izvora energije.

U člancima 4. do 7. utvrđeni su ustrojstvo i djelatnost Fonda. Prema članku 7. prioritetna djelatnost Fonda jest:

- obavljanje poslova u svezi s pribavljanjem, upravljanjem i korištenjem sredstava
- posredovanje u svezi s financiranjem zaštite okoliša i energetske učinkovitosti iz inozemnih i domaćih izvora sredstava
- vođenje baze podataka
- suradnja s domaćim i inozemnim institucijama u svezi s financiranjem.

Fond ima javne ovlasti u obavljanju poslova iz svoje djelatnosti. U člancima 8. do 11. utvrđena su tijela i upravljanje Fondom. Fond ima Upravni odbor, direktora i zamjenika, nadzorna, stručna i savjetodavna tijela.

Ostvarivanje prihoda fonda utvrđeno je u člancima 12. do 20. Tu su utvrđeni izvori sredstava, određivanje naknada, posebne naknade te obveznici plaćanja, očevidnik obveznika plaćanja i korištenje sredstava Fonda.

Prema članku 12. financijska sredstva osiguravaju se između ostalog od:

- naknada onečišćivača okoliša (CO₂, SO₂, NO₂)
- naknade korisnika okoliša (naknada za građevine ili građevne cjeline za koje je propisana obveza provođenja postupka procjene utjecaja na okoliš)
- naknada za opterećivanje okoliša otpadom (naknada za komunalni otpad i neopasni tehnološki otpad, naknada za opasni otpad)
- posebne naknade za okoliš na vozila na motorni pogon (vlasnici svih motorni vozila).

Što čini imovinu Fonda i način financijskog poslovanja utvrđeni su u člancima 21. do 25. Obračun i naplata naknada utvrđeni su u člancima 26. do 28. Prema članku 29. rad Fonda je javan, što znači da je Fond dužan javnosti i sredstvima javnog priopćavanja davati informacije o obavljanju poslova svoje djelatnosti te omogućiti uvid u svoju dokumentaciju, osim ako nije službena tajna. U članku 30. utvrđen je način obavljanja upravnog i inspekcijskog nadzora.

Za nepoštivanje ovog zakona utvrđene su kaznene odredbe u člancima 31. do 39.

Prema prijelaznim i završnim odredbama, članak 44., ovaj Zakon stupa na snagu 1. siječnja 2004. godine.

SBK

ZAKON O ZAŠTITI TRŽIŠNOG NATJECANJA

Ovim zakonom utvrđuju se pravila i sustav mjera za zaštitu tržišnog natjecanja kao i ovlasti i zadaci te ustrojstvo tijela za zaštitu tržišnog natjecanja. Zakon o zaštiti tržišnog natjecanja objavljen je u Narodnim novinama broj 122. od 30. srpnja 2003. godine. Prestaje vrijediti Zakon koji je objavljen u Narodnim novinama broj 48/95, 52/97 i 89/98.

Zakonom su utvrđeni:

- dozvoljeni sporazumi između poduzetnika
- vladajući položaj i ograničavajuća djelovanja

- koncentracije
- stručna mišljenja agencije
- agencija za zaštitu tržišnog natjecanja
- postupak donošenja odluka pred agencijom
- kaznene i završne odredbe.

U općim odredbama, u člancima 1. do 8., utvrđen je predmet i primjena ovog Zakona, poduzetnici pod kontrolom drugog poduzetnika, pravni odnosi i poduzetnici na koje se Zakon primjenjuje, mjerodavno tržište te tijelo ovlašteno za provedbu Zakona. Prema članku 8. stručne poslove u svezi sa zaštitom tržišnog nadmetanja obavlja **Agencija za zaštitu tržišnog nadmetanja**.

U člancima 9. do 14., u dijelu o sporazumima utvrđeno je koji su sporazumi zabranjeni, skupna i pojedinačna izuzeća, sporazumi male vrijednosti, poništavanje, ukidanje i izmjena rješenja. Prema članku 9. zabranjeni su takvi sporazumi kojima se:

- utvrđuju kupovne ili prodajne cijene, odnosno drugi trgovinski uvjeti
- ograničava ili nadzire proizvodnja, tržišta, tehnološki razvoj i ulaganje
- dijele tržišta ili izvori nabave
- primjenjuju nejednaki uvjeti za istovrsne poslove
- uvjetuje sklapanje ugovora prihvaćanjem od drugih ugovornih starnaka dodatnih obveza.

Uvjeti, odnosno vrste sporazuma kada su dozvoljena skupna i pojedinačna izuzeća utvrđeni su u člancima 11. i 12.

Što su sporazumi male vrijednosti utvrđeno je u članku 13. Smatra se da je male vrijednosti onaj sporazum u kojem je zajednički tržišni udio sudionika sporazuma i poduzetnika pod njihovom kontrolom neznatan, pod uvjetom da ne sadrži odredbe koje unatoč neznatnom tržišnom udjelu dovode do sprječavanja, ograničavanja ili narušavanja tržišnog natjecanja.

U članku 14. utvrđeni su uvjeti kada dolazi do poništavanja, ukidanja i izmjena rješenja o izuzeću koja izdaje Agencija.

Vladajući položaj i ograničavajuća djelovanja utvrđeni su u člancima 15. do 17. Poduzetnik ima vladajući položaj na tržištu, ako nema konkurencije. Taj se položaj može i zlouporabiti, što se zabranjuje ovim Zakonom. Agencija za zaštitu tržišnog natjecanja sprječava zlouporabe donošenjem potrebnih mjera kojima osigurava tržišno natjecanje.

U člancima 18. do 28. utvrđen je pojam koncentracije i što treba poduzimati da ne dođe do neželjenih koncentracija.

Prema članku 19. koncentracija poduzetnika nastaje pripajanjem ili spajanjem poduzetnika, stjecajem kontrole ili prevladajućeg utjecaja jednog ili više poduzetnika nad drugim poduzetnicima. To se postiže stjecajem većine dionica ili udjela, stjecajem većine prava glasa.

Prema članku 22. namjeravanu koncentraciju sudionici su koncentracije obvezni prijaviti Agenciji za zaštitu tržišnog natjecanja na ocjenu, koja izdaje rješenje.

Agencija će provesti postupak ispitivanja prijave koncentracije i dati ocjenu na temelju kriterija propisanih u članku 25. da li je koncentracija dopuštena ili ne i o tome izdati rješenje.

U članku 28. utvrđene su mjere nakon provedbe nedopuštene koncentracije.

Ustrojstvo Agencije za zaštitu tržišnog natjecanja (pravna osoba, sjedište, Vijeće, uvjeti za imenovanje, način donošenja odluka, djelokrug Vijeća, stručna služba Agencije, glasnik, sukob interesa zaposlenika) utvrđeno je u člancima 29. do 38.

Postupak donošenja odluka pred Agencijom utvrđena je u člancima 31. do 59.

U člancima 60. do 65. u kaznenim odredbama utvrđena je obveza pokretanja prekršajnog postupka protiv poduzetnika kod suda kao i zastara.

Ovaj Zakon se primjenjuje od 1. listopada 2003. godine.

SBK

METODOLOGIJA ZA STATISTIČKU PRIMJENU NACIONALNE KLASIFIKACIJE DJELATNOSTI

Na temelju članka 43. Zakona o službenoj statistici (»Narodne novine«, br. 103/03.) Državni zavod za statistiku određuje **Metodologiju za statističku primjenu nacionalne klasifikacije djelatnosti – NKD 2002**. Metodologija je objavljena u Narodnim novinama broj 123. od 31. srpnja 2003. godine.

Stupanjem na snagu ove Metodologije za statističku primjenu Nacionalne klasifikacije djelatnosti – NKD 2002. prestaju vrijediti Metodološke osnove za Nacionalnu klasifikaciju djelatnosti – NKD, objavljene u Narodnim novinama broj 12. od 5. veljače 1997. godine.

Nastavno je ukratko komentiran sadržaj Metodologije.

S obzirom na to da je NKD preuzeta klasifikacija NACE-a Rev. 1 EU-a, a preuzeta je zbog osiguravanja usporedivosti statističkih standarda RH s EU-om (preko toga i s UN-om), stupanjem na snagu revidirane verzije NACE-a Rev. 1.1 imalo je neposredan utjecaj i na odluku Državnog zavoda za statistiku (DZS) da već 2002. počne s pripremom izrade prijedloga revidirane verzije NKD-a. Osim toga, potpisivanjem Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju (SSP) između Republike Hrvatske (RH) i Europske unije (EU) i donesenim Mjerama Vlade RH u okviru Plana provedbe SSP-a za razdoblje od 2001. do kraja 2006. usklađivanje službene statistike RH sa statistikom EU-a postaje obveza DZS-a.

Ovom metodologijom utvrđeni su:

- **pojam i klasifikacija djelatnosti**
- **pregled razvoja klasifikacije djelatnosti u RH**
- **struktura i sustav označavanja NKD-a 2002**
- **pravila korištena u oblikovanju NKD-a 2020**
- **oblik vlasništva, tržišne i netržišne djelatnosti**
- **djelatnosti opisane proizvodima**
- **definicije djelatnosti**
- **statističke jedinice za promatranje i analizu proizvodnog sustava – pojam statističkih jedinica**
- **pravila za razvrstavanje statističkih jedinica prema NKD-u 2002.**

Klasifikacija djelatnosti jedan je od osnovnih statističkih normativa koji se koristi pri evidentiranju, prikupljanju, obradi, analizi, diseminaciji i prikazivanju podataka važnih za stanje određenog gospodarstva te za analizu i usmjerenje društvenog i gospodarskog razvoja i njegovih strukturnih promjena. Prema klasifikaciji djelatnosti razvrstavaju se poslovni subjekti (pravne i fizičke osobe) po djelatnostima koje obavljaju u skladu s propisima.

Pod djelatnošću se podrazumijeva kombinacija resursa kao što su oprema, rad, tehnika proizvodnje, informativne mreže ili proizvodi čiji je rezultat određena roba ili usluga. Djelatnost je određena inputom proizvoda (dobara ili usluga), proizvodnim procesom i outputom proizvoda.

Nastavno se daje kronološki prikaz **razvoja klasifikacije** djelatnosti u RH:

- Prva Privremena klasifikacija djelatnosti u Republici Hrvatskoj prihvaćena je 1947. i koristila se do 1962. godine.
- Od 1962. godine kao sastavni dio Pravilnika o razvrstavanju korisnika društvene imovine prema njihovim djelatnostima upotrebljava se Nomenklatura za razvrstavanje gospodarskih i drugih organizacija te državnih organa prema djelatnostima. Koristila se i bila je na snazi uz određene manje promjene i dopune do 1976. godine.
- Jedinствена klasifikacija djelatnosti – JKD stupila je na snagu i primjenjivala se od 1. siječnja 1977. do 31. prosinca 1995. godine, a za statističke i analitičke potrebe primjenjivala se do 31. prosinca 1996. godine.
- Nacionalna klasifikacija djelatnosti – NKD stupila je na snagu i primjenjuje se od 1. siječnja 1995. do 31. prosinca 2002. godine, a za statističke i analitičke potrebe primjenjivat će se do 31. prosinca 2003. godine.
- Nacionalna klasifikacija djelatnosti – NKD 2002. obvezatno će se primjenjivati od 1. siječnja 2004. godine u svim statističkim istraživanjima i poslovnim registrima, a predviđen je i krajnji rok do 31. prosinca 2006. godine.
- Sljedeća revizija i stupanje na snagu revidiranog NKD-a 2007. planirano je 1. siječnja 2007. godine, u skladu s rokovnikom stupanja na snagu revidiranih svjetskih i europskih

statističkih klasifikacija djelatnosti, koje već pripremaju međunarodna statistička tijela pod radnim nazivom »Operacija 2007.«.

Nacionalna klasifikacija djelatnosti – NKD 2002. ima 17 područja, 31 potpodručje, 62 odjeljka, 224 skupine, 514 razreda i 585 podrazreda.

Šifarski sustav NKD-a 2002. obuhvaća:

- *prvu razinu* – područje (*section*), označenu jednoslovnim abecednom šifrom (A – Q)
- *međurazinu* – potpodručje (*subsection*), označenu dvoslovnim abecednom šifrom (CA – DN)
- *drugu razinu* – odjeljak (*division*), označenu dvoznamenkastom broječanom šifrom (01 – 99)
- *treću razinu* – skupinu (*group*), označenu troznamenkastom broječanom šifrom (01.1 – 99.0)
- *četvrtu razinu* – razred (*class*), označenu četveroznamenkastom broječanom šifrom (01.11 – 99.00)
- *petu razinu* – podrazred (*subclass*), označenu peteroznamenkastom broječanom šifrom (01.11.1 – 99.00.0).

U donjoj tablici prikazan je broj naslova unutar svake od hijerarhijskih razina NKD-a 2002. po pojedinačnim područjima NKD 2002., sve do najniže nacionalne razine podrazreda (585), označenih s peteroznamenkastom broječanom oznakom.

Oznake i nazivi područja NKD-a 2002.		Broj hijerarhijskih razina NKD-a 2002.				
		potpodručja	odjeljci	skupine	razredi	podrazredi
UKUPNO (A – Q)		31	62	224	514	585
A	Poljoprivreda, lov i šumarstvo	1	2	6	14	19
B	Ribarstvo	1	1	1	2	4
C	Rudarstvo i vađenje	2	5	13	16	16
D	Prerađivačka industrija	14	23	103	242	255
E	Opskrba električnom energijom, plinom i vodom	1	2	4	7	7
F	Građevinarstvo	1	1	5	17	19
G	Trgovina na veliko i na malo; popravak motornih vozila i motocikla te predmeta za osobnu uporabu i kućanstvo	1	3	19	79	98
H	Hoteli i restorani	1	1	5	8	11
I	Prijevoz, skladištenje i veze	1	5	14	21	31
J	Financijsko posredovanje	1	3	5	12	13
K	Poslovanje nekretninama, iznajmljivanje i poslovne usluge	1	5	23	39	44
L	Javna uprava i obrana; obvezno socijalno osiguranje	1	1	3	10	15
M	Obrazovanje	1	1	4	6	7
N	Zdravstvena zaštita i socijalna skrb	1	1	3	7	8
O	Ostale društvene, socijalne i osobne uslužne djelatnosti	1	4	12	30	34
P	Djelatnosti kućanstava	1	3	3	3	3
Q	Izvanteritorijalne organizacije i tijela	1	1	1	1	1

S obzirom na to da je NKD 2002. izveden iz NACE-a Rev. 1.1, s njim je i potpuno sukladan do uključujući razine razreda (514), a sa ISIC-om Rev. 3.1 (isto kao i NACE) do uključujući razine odjeljaka.

Što se tiče **koncepta i definicije** NKD-a 2002., sustav klasifikacije djelatnosti ovisi o primjeni propisanih opisa djelatnosti i statističkih jedinica koje se razvrstavaju u tu djelatnost. Svi koncepti i definicije koji se koriste u ovom poglavlju preuzeti su iz koncepta i definicija NACE-a Rev. 1.1 jer je NKD 2002. preuzeo strukturu i opise izvornika NACE-a Rev. 1.1 u cjelini, pa tako i izvorne koncepte i definicije, dok je samo za nacionalno uvedenu kategoriju podrazreda korišten nacionalni koncept.

Glavni kriteriji korišteni u određivanju odjeljaka i skupina (dvoznamenkaste i troznamenkaste kategorije) NKD-a 2002. odnose se na osobine djelatnosti proizvodnih jedinica koje su strateški važne u određivanju stupnja sličnosti u strukturi jedinica i stanovite veze u gospodarstvu. Glavni aspekti djelatnosti su: osobine proizvedenih roba i usluga, namjene proizvoda i usluga i inputi, proces, tehnologija proizvodnje.

Kriteriji u svezi s načinom na koji su djelatnosti povezane unutar i raspoređene između poduzeća zauzimaju središnje mjesto u definiciji razreda (četveroznamenkaste kategorije). Njihova je namjena da u većini slučajeva osiguraju primjenu razreda NKD-a 2002. pri razvrstavanju jedinica prema vrsti djelatnosti (JVD) ili poduzeća i da jedinice koje pripadaju pojedinom razredu budu što je više moguće slične prema vrstama djelatnosti koje obavljaju.

Razredi NKD-a 2002. definirani su tako da što je više moguće budu zadovoljena sljedeća dva uvjeta: da proizvodnja određenih kategorija roba ili usluga koje obilježavaju dani razred odgovara outputu jedinica razvrstanih u taj razred i da razred obuhvaća jedinice koje proizvode većinu kategorija roba ili usluga koje ga obilježavaju.

Podrazredi NKD-a 2002. raščlanjeni su tako da što je više moguće budu zadovoljena sljedeća tri uvjeta: da je proizvodnja određenih kategorija roba ili usluga koje obilježavaju dani podrazred nacionalno homogena i ekonomski važna; da je proizvodnja određenih kategorija roba ili usluga koje obilježavaju dani podrazred nacionalno specifična, a u suprotnom ne bi bila vidljiva (ili je predviđen brz razvoj); da se osigura nacionalna usporedivost podataka o proizvodnji određenih kategorija roba ili usluga koje obilježavaju dani podrazred s povijesnim podacima o proizvodnji određenih kategorija roba ili usluga (prikupljenih na temelju »središnje« klasifikacije).

NKD 2002. ne razlikuje **oblik vlasništva**, vrstu pravne organizacije ili način poslovanja jer ti kriteriji nisu povezani s karakteristikama same djelatnosti.

Nadalje u strukturi NKD-a 2002. razlika između tržišnih i netržišnih djelatnosti nije uzeta u obzir.

U svakodnevnoj statističkoj praksi treba koristiti Klasifikacijom proizvoda po djelatnostima – KPD 2002., koja određuje karakteristične proizvode pojedinačnih djelatnosti. Klasifikacija proizvoda po djelatnostima – KPD 2002. usklađena je sa Statističkom klasifikacijom proizvoda po djelatnostima u Europskoj ekonomskoj zajednici – CPA 2002 (*Statistical Classification of Product by Activity in the European Economic Community, 2002 version*), koja je u primjeni u zemljama članicama Europske unije od 1. siječnja 2003.

Djelatnost (*activity*) je kombinacija resursa kao što su oprema, rad, tehnike proizvodnje, informacijske mreže ili kombinacija proizvoda kojoj je rezultat stvaranje specifičnih

roba ili usluga. Djelatnost određuju input proizvoda (roba ili usluga), proizvodni proces i output proizvoda.

U praksi većina proizvodnih jedinica obavlja nekoliko različitih djelatnosti, stoga je potrebno odrediti glavnu, sporednu i pomoćnu djelatnost.

Glavna djelatnost (*principal activity*) određuje se metodom *top down* (vidi primjer uz poglavlje V.) kao djelatnost koja najviše pridonosi cjelokupnoj dodanoj vrijednosti jedinice promatranja. Pri tako određenoj glavnoj djelatnosti nije nužno da ima udjel 50% i veći u ukupnoj dodanoj vrijednosti te jedinice. Sporedna djelatnost (*secondary activity*) je svaka druga djelatnost neke jedinice kojom se proizvode robe ili usluge.

Glavne i sporedne djelatnosti obično se obavljaju uz potporu brojnih pomoćnih djelatnosti (*ancillary activities*) kao što su računovodstvo, prijevoz, skladištenje, nabava, promidžba prodaje, popravak i održavanje itd. Stoga su pomoćne djelatnosti one koje postoje isključivo da bi pružale potporu glavnim proizvodnim djelatnostima neke jedinice osiguravajući netrajnu (*non-durable*) robu ili usluge za potrebe te jedinice.

Što se tiče **statističkih jedinica za promatranje i analizu proizvodnog sustava**, iz četvrtog dijela, ovom metodologijom utvrđuje se popis statističkih jedinica zajedno s kriterijima za uporabu, definicijama jedinica i objašnjenjima, koje je potrebno ugraditi u statistički sustav zajedno s njihovom primjenom u statističkim istraživanjima i statističkim registrima.

Statističke jedinice definiraju se na temelju triju kriterija čija važnost ovisi o vrsti jedinice na koju se odnose.

- pravni, računovodstveni i ustrojstveni kriterij
- zemljopisni kriterij
- kriterij djelatnosti.

Definirane su i vrste statističkih jedinica:

- Poduzeće (Enterprise)
- Institucijska jedinica (Institutional unit)
- Skupina poduzeća (Enterprise group)
- Jedinica prema vrsti djelatnosti – JVD (Kind-of-activity unit – KAU)
- Jedinica homogene proizvodnje – JHP (Unit of homogeneous production – UHP)
- Lokalna jedinica (Local unit)
- Lokalna jedinica prema vrsti djelatnosti – lokalni JVD (Local kind-of-activity unit – local KAU)
- Lokalna jedinica homogene proizvodnje – lokalni JHP (Local unit of homogenous production – local UHP)
- Upravna i neprofitna tijela (Government and non-profit bodies)
- Pomoćne djelatnosti (Ancillary activities).

U petom dijelu dana su pravila za razvrstavanje statističkih jedinica prema NKD-u 2002. Detaljno su opisana temeljna pravila razvrstavanja i popraćena primjerom.

Dodana vrijednost je temeljni koncept kojim se određuje razvrstavanje jedinice prema ekonomskim djelatnostima. Budući da postoji razlika između outputa (proizvodnje) i intermedijarne potrošnje, dodana vrijednost je dodatna mjera udjela svake ekonomske jedinice u bruto domaćem proizvodu (BDP). Važan koncept vrednovanja je bruto dodana vrijednost po bazičnim cijenama. Bruto dodana vrijednost po bazičnim cijenama definira se kao razlika između outputa (proizvodnje) vrednovanog po bazičnim cijenama i intermedijarne potrošnje vrednovane po kupovnim cijenama. Stoga se dodana vrijednost po bazičnim cijenama sastoji od ostalih

poreza na proizvodnju, neto dobiti, naknade zaposlenicima, potrošnje fiksnog kapitala i izravnavajuće stavke poslovnog viška (profita).

Jedinice se razvrstavaju prema svojoj glavnoj djelatnosti. Glavna je djelatnost ona u kojoj je ostvaren najveći udjel u dodanoj vrijednosti jedinice po bazičnim cijenama.

U mnogo složenijem slučaju kada jedinica obavlja više od dvije djelatnosti koje pripadaju više od dvjema različitim pozicijama u NKD-u 2002., a nijedna od njih nema udjel veći od 50% dodane vrijednosti, razvrstavanje jedinice po djelatnosti mora se odrediti uporabom metode *top down*.

Metoda *top down* slijedi hijerarhijsko pravilo prema kojem razvrstavanje jedinice na nižoj razini klasifikacije mora biti u skladu s razvrstavanjem jedinice na višim razinama. Da bi taj uvjet bio zadovoljen, proces počinje identifikacijom važnih pozicija na višoj razini i napreduje prema nižim razinama klasifikacije na sljedeći način:

1. Odredi se područje NKD-a 2002. koje ima relativno najveći udjel u dodanoj vrijednosti.
2. Unutar tog područja odredi se odjeljak NKD-a 2002. koji ima relativno najveći udjel u dodanoj vrijednosti unutar tog područja.
3. Unutar tog odjeljka odredi se skupina NKD-a 2002. koja ima relativno najveći udjel u dodanoj vrijednosti unutar tog odjeljka.
4. Unutar te skupine odredi se razred NKD-a 2002. koji ima relativno najveći udjel u dodanoj vrijednosti unutar te skupine.
5. Unutar tog razreda odredi se podrazred NKD-a 2002. koji ima relativno najveći udjel u dodanoj vrijednosti tog razreda. Taj podrazred određuje glavnu djelatnost.

Postoje određeni gospodarski procesi i pojave koje treba jasno definirati ukoliko sa statističkim jedinicama želimo postupati na jedinstven način te su zato utvrđena i posebna pravila koja se odnose na određena područja NKD-a 2002.

Posebna pravila s aspekta ustrojstva i specifičnih procesa u gospodarstvu odnose se na:

- vertikalnu integraciju
- horizontalnu integraciju
- djelatnosti koje se obavljaju uz naplatu ili po ugovoru
- konvertere
- instaliranje i montažu na licu mjesta
- popravak i održavanje.

Jedinice mogu mijenjati svoju glavnu djelatnost bilo odjednom bilo postupno tijekom određenoga vremenskog razdoblja. Glavna djelatnost može se promijeniti unutar godine od jednoga statističkog razdoblja do sljedećega zbog sezonskih čimbenika ili zbog odluke poslovođstva da promijeni proizvodnju. Nadalje u šestom dijelu, u Pojmovniku, detaljnije se opisuju pojmovi koji se koriste u ovom slučaju i ne vrijede izvan Metodologije. Naime, Pojmovnik predstavlja samo jedan dopunski alat korisnicima za ispravnu interpretaciju NKD-a 2002. Pojmovnikom su obuhvaćeni pojmovi:

- Dodana vrijednost (Value added)
- Finalni proizvod (Finished product)
- Industrijski proces (Industrial process)
- Kapitalna dobra (Capital goods)
- Nusproizvodi (By-products)
- Obrada (Treatment)
- Poluproizvod (Semi-finished product)
- Proizvod (Product)
- Proizvodnja (Production)
- Prerađivačka industrija (Manufacturing industry)

- Pretvorba (Transformation)
- Roba (Commodity)
- Strojevi: industrijski (Machinery: industrial)
- Strojevi: za osobnu uporabu ili kućanstvo (Machinery: domestic or household).

U sedmom dijelu u završnim odredbama utvrđeno je da stupanjem na snagu ove Metodologije za statističku primjenu Nacionalne klasifikacije djelatnosti – NKD 2002. prestaju vrijediti Metodološke osnove za Nacionalnu klasifikaciju djelatnosti – NKD, objavljene u »Narodnim novinama« br. 12/97. od 5. veljače 1997.

SBK

NOVE GRANSKE NORME HEP-a

HEP Distribucija d.o.o. utvrdila je **I. Izmjene i dopune granske norme Tehnički uvjeti i upute za izgradnju niskonaponske mreže sa samonosivim kabelskim snopom od 10. kolovoza 1993. godine** koje su bile objavljene u Biltenu HEP-a broj 31. Objavlivanjem I. imjena i dopuna prestaje vrijediti navedena norma iz 1993. godine. I. izmjene i dopune predstavljaju novu normu koja je objavljena u Biltenu HEP-a broj 118. od 9. lipnja 2003. godine.

Svrha donošenja ove granske norme je da se na jedinstveni način izvode niskonaponske mreže sa samonosivim kabelskim snopom te korištenje tipskih presjeka kabelskog snopa i ostale pripadne opreme.

Ovom granskom normom utvrđuju se uvjeti i tehničke preporuke za izgradnju izolirane nadzemne niskinaponske električne mreže i to:

- u gradskim i prigradskim područjima
- u selima
- odvojnih vodova s kableske i nadzemne mreže
- odvojnih vodova za napajanje udaljenih objekata
- rekonstrukciju i pojačanja postojećih mjesnih mreža.

U drugom dijelu definirane su tehničke značajke samonosivog kabelskog snopa, odnosno podloge za projektiranje:

- označavanje i obilježavanje žila
- konstrukcija snopa
- izbor tipskog samonosivog kabelskog snopa.

Upute za izgradnju niskonaponske mreže sa samonosivim kabelskim snopom iz trećeg dijela obuhvaćaju:

- sigurnosne udaljenosti i visine
- izvedbu niskonaponske mreže sa samonosivim kabelskim snopom na stupovima
- montažu samonosivog kabelskog snopa po fasadi zgrade sa zatezanjem nosivog neutralnog vodiča
- montažu samonosivog kabelskog snopa po fasadi zgrade kada se zateže kompletan snop
- nadzemne kućne priključke
- spajanje samonosivog kabelskog snopa i izrada izolacije
- zaštita niskonaponske mreže i kućnih priključaka.

Uvjeti osiguranja kvalitete iz četvrtog dijela kontroliraju se kroz:

- ispitivanje samonosivog kabelskog snopa (tipsko i na uzorku)
- ispitivanje ovjesnog i spojnog materijala
- ispitivanje nakon izvedene montaže.

U petom dijelu grafički i tabelarno iskazani su podaci o vlačnoj sili i provjesu ovisno o temperaturi, uz maksimalno radno i iznimno naprezanje za razne slučajeve.

Također su crtežom prikazana zavješnja i ovješnja za razne izvedbe zavješnja, ovješnja i spajanja samonosivog kabelskog snopa.

SBK

IZ STRANE STRUČNE LITERATURE

GRADNJA HIDROELEKTRANE THREE GORGES (TRI KLISURE) IDE PO PLANU

HE Three Gorges najveća je hidroelektrana u svjetskim razmjerima (Vidjeti: Energija, god. 47/1998/1). Ukupno instalirana snaga, kad bude dovršena, iznosit će 18.200 MW (26 jedinica snage 700 MW svaka), a proizvodit će godišnje oko 85 milijuna kWh. Investicijski troškovi procjenjuju se na oko 24 milijarde američkih dolara. Brana, visine 175 metara, tvorit će akumulaciju dugu 600 kilometara (sve do grada Chongqinga), kapaciteta oko 15 milijardi m³ vode u prvoj fazi. Iz slike 1. vidljivo je koliku površinu zauzima akumulacija (crveno) u odnosu na površinu cijele Kine. Raseljeno je oko 700.000 ljudi, dok će u konačnoj fazi to iznositi prema nekim procjenama čak 1,9 milijuna ljudi.

Gradnja je počela 1993. godine i odvija se u fazama. Planirano je da prva faza bude dovršena 2003. godine, a kompletna elektrana do 2010. godine. Dosada su se radovi odvijali po planu. Naime, punjenje akumulacije u prvoj fazi do visine 135 metara počelo je 1. lipnja ove godine, zapravo pet dana prije planiranog roka. Promet na rijeci Yangtze bio je zatvoren od travnja ove godine do polovice lipnja, kada je ponovno otvoren.

Prolaz broda kroz brodske prevodnice bio je uz fanfare koje su reklamirale projekt Three Gorges kao najveći hidroenergetski projekt na svijetu. Nacionalna televizija pratila je spuštanje broda s vrha brane (135 metara), kroz prevodnice do baze brane (62 metra), kao i podizanje broda do akumulacije. Taj prolaz kroz brodske prevodnice trajao je 2 sata i 30 minuta. Brodske prevodnice mogu provesti brodove do 3.000 tona, koji će sada ploviti rijekom Yangtze od brane u gradu

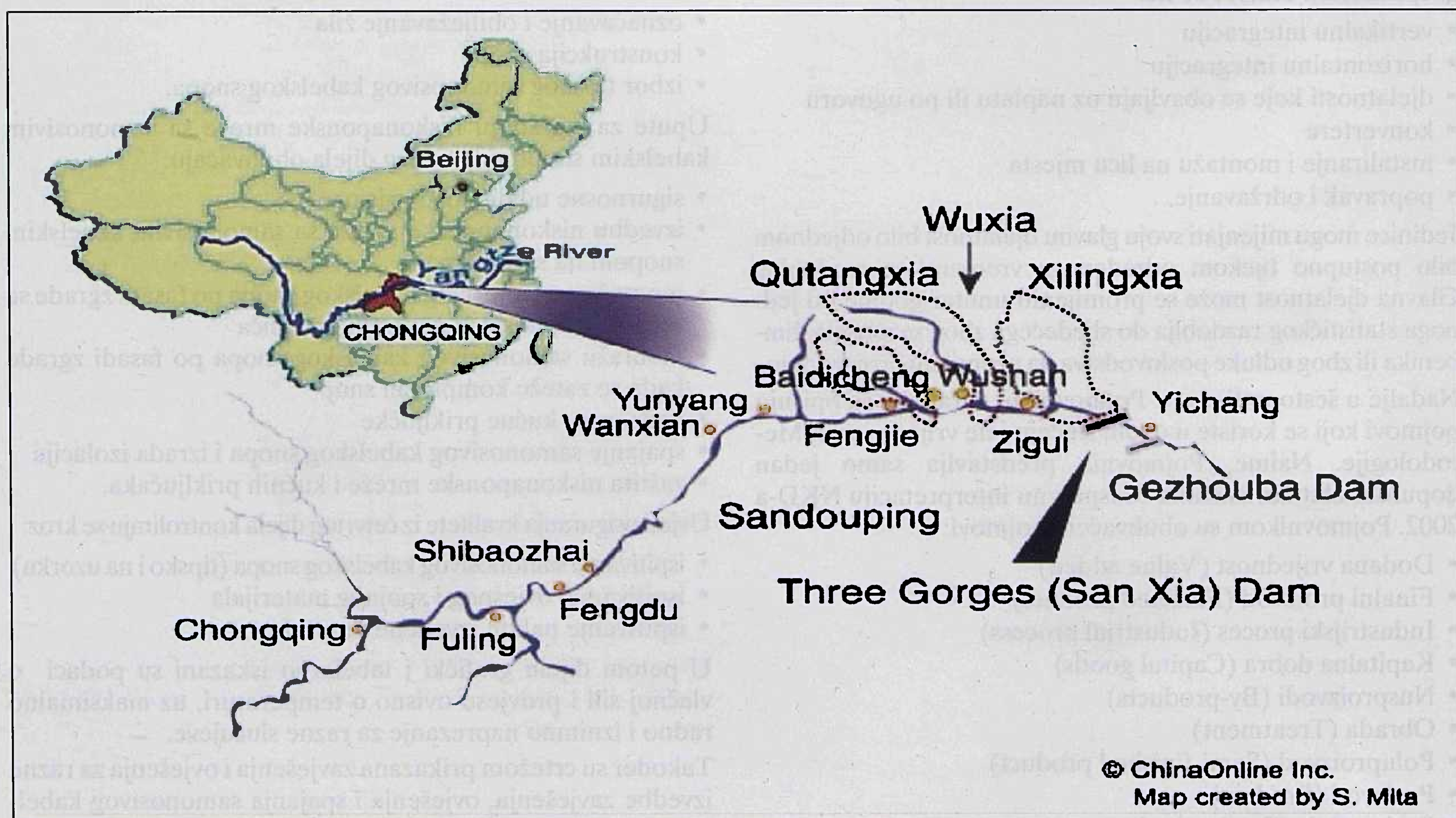
Yichang kroz akumulaciju Three Gorges do glavnog grada Chongqing, 600 kilometara uzvodno.

Voda u akumulaciji dovoljno je duboka da putnička i teretna vozila mogu ploviti rijekom Yangtze. Isto tako u akumulaciji je dovoljna količina vode za početak rada dviju jedinica po 700 MW u kolovozu, te još dviju jedinica u listopadu ove godine.

Mišljenja o potrebi izgradnje ovako velike elektrane nisu jedinstvena. Bilo je prijedloga da se izgradi niz manjih elektrana na rijeci Yangtze, ali prevladao je stav rukovodstva zemlje koje je smatralo da je sada vrijeme da se izgradi ovakav energetska gigant. Oni ističu prednosti: proizvodnja toliko potrebne električne energije, zaštita od poplava, mogućnost plovidbe 600 km uzvodno od brane, itd.

Ekolozi su upozoravali i upozoravaju da je s ekološkog aspekta prava katastrofa gradnja ovako velikog objekta. Da ova mišljenja nisu daleko od istine, pokazuju i problemi koji su se pojavili. Brana je zaustavila u akumulaciji oko 4 milijuna tona smeća i industrijskog otpada (smeće iz bolnica, toksični materijali i otrovi iz tvornica i sl.). Tako je voda Yangtzea toliko zatrovana da se ne smije piti (ni ljudi ni životinje), a nije ni za korištenje u poljoprivredi.

Za vrijeme punjenja akumulacije pojavilo se niz manjih potresa. Najjači je bio jakosti 2,1 stupanja Richterove skale. Oni nisu nanijeli štete brani ili akumulaciji. Ugloavnom seizmička aktivnost je bila koncentrirana na području 80-tak kilometara uzvodno od brane. No, to se smatra očekivanim i normalnim prilikom punjenja akumulacije. Brana je projektirana za potres jačine 7 stupnjeva Richterove skale, pa nema bojazni da će ovi potresi uzrokovati oštećenja. Ekologe brine i jaka erozija tla uz obale rijeke. Neki od eksperata geologa



Slika 1 – Situacija brane Three Gorges (Tri klisure)

smatraju da veća opasnost prijete od odrona i rušenja obale uzrokovanih poplavljanjem nego od seizmičke aktivnosti uzrokovane punjenjem akumulacije.

Zadnji značajniji odron u tom području dogodio se 1985. godine. On je uzrokovao val visine 36 metara koji je odnio desetak života, ošteti stotinjak plovni objekata i uzrokovao zastoj plovidbe rijekom Yangtze u trajanju od dva dana.

Power Engineering International, July 2003.

<http://www.threegorgesprobe.org>, 2003-07-10;

www.china-embassy.org; www.irn.org

SBK

PRVI SUPRAVODLJIVI KABEL U PRIJENOSNOJ MREŽI

Američki vladin sektor za energiju DOE ugovorio je s francuskim proizvođačem kabela NEXANT izradu projekta kabela i kriogenog izolatorskog sustava. Projekt je vrijedan 30 milijuna američkih dolara. Kabel će se sastojati od visokotemperaturnih supravodiča HTS (High Temperature Superconductor) i kriogenog omotača koji će osigurati toplinsku izolaciju potrebnu za održavanje jezgre kabela na radnoj temperaturi od oko -200 C.

Kabel, dužine od 600 metara, bit će ugrađen u prijenosnoj mreži na Long Islandu. Supravodljivi sustav prijenosnog kapaciteta 600 MW, napona 138 kV kao integralni dio prijenosne mreže opskrbljivat će električnom energijom oko 300.000 domaćinstava. Planirano je da se stavi u pogon do kraja 2005. godine.

International Power generation, May 2003.

SBK

ELEKTROPRIVREDA NJEMAČKE GOTOVO UDVOSTRUČILA PRODUKTIVNOST

Produktivnost njemačke elektroprivrede gotovo je udvostručena u posljednjih 10 godina. Po jednom radniku isporučeno je 2002. godine 3,7 gigavatsati, a 1992. godine oko 2 gigavatsata. Broj radnika, u istom razdoblju smanjen je za 37 posto.

Takvo visoko povećanje produktivnosti rezultat je posvećenijeg smanjenja troškova u tržišnoj utakmici, racionalizacije poslovanja, kooperacije i fuzioniranja u elektroprivredi. (U tom je razdoblju došlo do dvije velike fuzije: 2000. godine nastao je koncern E.ON, fuzijom velikih elektroprivrednih poduzeća Bayernwerk i Preussen-Elektra i iste godine koncern RWE, nastao fuzijom dotadašnjeg RWE i poduzeća VEW.) Tome valja pridodati otpuštanja radnika i angažmane izvođača radova izvan elektroprivrede, primjerice za elektroničku obradu podataka ili održavanje elektrana i mrežnih postrojenja.

www.strom.de/7. 7. 2003.

MK

18 POSTO VIŠE "EKO-STRUJE" U NJEMAČKOJ

U 2002. godini je u Njemačkoj proizvedeno 45 TWh električne energije iz obnovljivih izvora, to je u odnosu na 2001. godinu – kada je proizvedeno 38 TWh iz takvih izvora – veliko povećanje (18 posto). Obnovljivi izvori ostvarili su udjel od okruglo 8 posto u ukupnoj proizvodnji električne energije, 2001. godine: 6,5 posto.

Najveći udjel imaju vodne snage, više od polovine svih obnovljivih izvora. Slijedi vjetar s udjelom većim od jedne trećine i povećanjem u odnosu na 2001. godinu od 50%! Nakon toga dolazi biomasa s jedno 5-postotnim udjelom i smeće s nešto manjim udjelom od toga. Sunce ima udjel od nešto više od 2 promila u ukupnoj proizvodnji električne energije iz obnovljivih izvora.

Proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora u Njemačkoj (TWh)

Obnovljivi izvor	2001.	2002.
Vodne snage	23,5	23,9
Vjetar	10,5	16,8
Biomasa	2,0	2,3
Smeće	1,9	1,9
Sunce	0,1	0,1
Ukupno	38,0	45,0

www.strom.de/17. 2. 2003.

MK

DRŽAVA VISOKO OPTEREĆUJE CIJENU ELEKTRIČNE ENERGIJE

Iz godine u godinu, sve je veće «državno» opterećenje cijene električne energije u Njemačkoj, na osnovi rastućeg poreza na električnu energiju, te opterećenja te cijene radi poticanja korištenja obnovljivih izvora i zaštite proizvodnje u spojenom procesu. Zajedno s porezom na dodanu vrijednost te naknade za koncesije, godine 2003. ukupno opterećenje cijene električne energije doseći će razinu od preko 15 milijardi eura (što predstavlja gotovo 3/4 bruto domaćeg proizvoda Hrvatske – opaska M.K.).

Ukupni dodaci na cijenu električne energije u Njemačkoj (milijarde eura)

Godina	2000	2001	2002	2003
Industrija				
Porez na električnu energiju	0,55	0,66	0,78	2,69
Poticanje obnovljivih izvora	0,41	0,55	0,76	0,90
Zaštita spojenog procesa	0,28	0,46	0,01	0,01
Naknada za koncesiju	0,05	0,03	0,04	0,05
Domaćinstva				
Porez na električnu energiju	1,37	1,64	1,93	2,23
Poticanje obnovljivih izvora	0,20	0,28	0,38	0,45
Zaštita spojenog procesa	0,14	0,23	0,28	0,34
Naknada za koncesiju	2,00	2,00	2,00	2,10
Porez na dodanu vrijednost	2,30	2,40	2,50	2,60
Ukupno: industrija + domaćinstva + ostala potrošnja				
Porez na električnu energiju	3,40	4,06	4,80	7,44
Poticanje obnovljivih izvora	0,86	1,18	1,65	1,94
Zaštita spojenog procesa	0,61	0,99	0,67	0,69
Naknada za koncesiju	2,10	2,04	2,07	2,19

www.strom.de/07. 04. 2003.

MK

UCTE 2001. GODINE

Objavljeno je statističko izvješće UCTE za 2001.godinu. UCTE-interkonekcija osnovana je prije više od 50 godina (1951) i danas obuhvaća područje s oko 400 milijuna stanovnika. U tablici, iznosimo ključne podatke iz toga izvješća.

opseg UCTE-podacima za Njemačku nešto niži (93%) nego li za Francusku (97%). Za zapamtiti je da njemačka i francuska proizvodnja zajedno čine ½ ukupne proizvodnje u UCTE-interkonekciji. Za Hrvatsku znakovito je to da je pokrivenost potrošnje proizvodnjom na vlastitom području oko 78%, manja od Italije (87%), najvećeg apsolutnog uvoznika.

Država	Maksimalna neto snaga elektrana (MW)					Neto proizvodnja elektrana (TWh)				Potroš. (TWh)	Vrš.opt. (MW)	Maks/Vrš.opt.	HE/Uk.pro.
	HE	NE	TE	Ost.obn.	Ukupno	HE	NE	TE	Ukupno				
Belgija	1403	5738	8248	199	15651	1,6	44,0	30,4	76,0	83,6	12281	1,27	0,02
Njemačka	8500	20700	68000	3500	100700	23,4	161,2	316,9	501,5	495,4	74300	1,36	0,05
Španjolska	17955	7816	25046	3894	54711	43,9	60,7	101,7	206,3	205,7	35186	1,55	0,21
Francuska	24300	63200	23700		111200	74,9	401,3	35,6	511,8	437,0	74952	1,48	0,15
Grčka	3060	0	6297	155	9512	2,7	0,0	41,8	44,5	46,1	7735	1,23	0,06
Italija	20346	0	54440	1117	75903	54,2	0,0	212,3	266,5	305,4	51277	1,48	0,20
Slovenija	778	670	1241		2689	3,3	5,1	4,2	12,6	10,8	1789	1,50	0,26
Hrvatska	2076	0	1631		3707	6,6	0,0	4,7	11,3	14,4	2713	1,37	0,58
Jugoslavija	3893	0	6753		10646	13,2	0,0	28,5	41,7	44,9	8297	1,28	0,32
Luksemburg	1128	0	460	20	1608	0,9	0,0	0,6	1,5	5,9	857	1,88	0,60
Nizozemska	37	449	17342	876	19404	0,0	3,7	86,1	89,8	107,1	13755	1,41	0,00
Austrija	11160	0	5620	80	16860	40,5	0,0	14,2	54,7	52,8	7918	2,13	0,74
Portugal	4408	0	5065	203	9676	14,3	0,0	26,0	40,3	40,0	7020	1,38	0,35
Švicarska	13285	3200	295	288	17310	42,2	25,3	2,6	70,1	57,9	9396	1,84	0,60
Češka	1945	1637	9588	1	13171	2,5	13,8	52,5	68,8	58,7	9235	1,43	0,04
Mađarska	46	1772	5608		7824	0,2	13,4	19,8	33,4	36,6	5796	1,35	0,01
Poljska	2185	0	31189	13	33387	4,1	0,0	140,5	144,6	135,2	21996	1,52	0,03
Slovačka	2427	2640	2294		8057	4,9	15,7	9,1	29,7	25,8	4264	1,89	0,16
Ukupno	118932	107822	272817	10346	512016	333,4	744,2	1127,5	2205,1	2163,3	341447	1,50	0,15

Neke opaske uz to izvješće. Ne radi se svuda o 100%-tnom opsegu ukupnih podataka za pojedinu zemlju. Taj postotak varira od 91-100%. Zbroj maksimalne snage elektrana ne odgovara uvijek ukupnoj snazi, to je stoga jer je ponegdje bilo nepoznato o kakvoj se pojedinačnoj elektrani radi (te je ušla u zbroj, ali nepoznate vrste). U ostalim obnovljivim izvorima (obnovljivi izvori osim HE) prikazani su samo oni koji su kao takvi prikazani u UCTE. Podaci za Bosnu i Hercegovinu nisu sadržani u tablici, a u okviru Jugoslavije izneseni su podaci i za Makedoniju.

Izlazi da je ukupna maksimalna neto snaga elektrana u tih prikazanih 18 zemalja nešto preko 500 gigavata, u kojima je proizvedeno oko 2200 TWh električne energije. Prosječno vrijeme korištenja maksimalne snage elektrana, za cijelu UCTE, je: za hidroelektrane oko 2800 sati/godišnje, za konvencionalne termoelektrane oko 4100 sati/godišnje, a za nuklearne elektrane 6900 sati/godišnje. Zbroj vršnih opterećenja pojedinih država za oko 7300 megavata veći je od vršnog opterećenja UCTE, toliko je snage elektrana manje angažirano u odnosu na (zamišljene) situacije da interkonekcija ne postoji te da svaki državni sustav radi odvojeno od drugih.

Najveći izvoznik je Francuska (proizvodnja 512 TWh, potrošnja 437 TWh) a najveći uvoznik je Italija (proizvodnja 267 TWh, a potrošnja 305 TWh). Francuska je ujedno i apsolutno najveći proizvođač električne energije, kada se promatra kroz "UCTE-naočale". Inače je Njemačka neznatno veći proizvođač, jer je

Prosječan omjer maksimalne snage elektrana i vršnog opterećenja je 1,50; dakle za 50% je veća instalacija elektrana od vršnog opterećenja. No, taj omjer varira od države do države, načelno je veći u državama s većim udjelom hidroenergije (primjerice Austrija, čak 2,13, ili Švicarska, 1,84). Tu Hrvatska slabije stoji, njezin je omjer 1,37 – s tim da je NE Krško uračunata cijelom snagom u Sloveniji – što je i prihvatljivo, radi se o omjeru instalacije elektrana na vlastitom području i vršnog opterećenja na tom istom području.

Prema udjelu proizvodnje u hidroelektranama u odnosu na ukupnu proizvodnju (Hrvatska 58%), nalazimo se na četvrtom mjestu, iza Austrije (74%), Švicarske (60%) i Luksemburga (60%). Prosječan udjel za čitavu UCTE-interkonekciju iznosio je 2001. godine mnogo manjih 15%.

UCTE-Memo 2001.

MK

NORDEL, 2001. GODINE

Raspolažemo statističkim izvješćem NORDEL za 2001.godinu. NORDEL-interkonekcija obuhvaća Dansku, Finsku, Norvešku i Švedsku u sinhronom pogonu, te Island. To je područje s oko 24,3 milijuna stanovnika. Iznosimo ključne podatke iz toga izvješća.

Država	Maksimalna neto snaga elektrana (MW)					Neto proizvodnja elektrana (GWh)					Potroš. (GWh)	Vrš.opt (MW)	Maks/Vrš.opt	HE/Uk.pro.
	HE	NE	TE	Ost.obn.	Ukupno	HE	NE	TE	Ost.obn.	Ukupno				
Danska	11	0	9983	2486	12480	27	0	31672	4310	36009	35432	6229	2,00	0,00
Finska	2948	2640	11200	39	16827	13287	21879	36408	71	71645	81604	13310	1,26	0,19
Island	1105	0	120	202	1427	6574	0	3	1451	8028	8028	1130	1,26	0,82
Norveška	27571	0	305	17	27893	120981	0	862	29	121872	125464	23054	1,21	0,99
Švedska	16239	9436	5753	293	31721	78454	69210	9661	478	157803	150512	26800	1,18	0,50
Ukupno	47874	12076	27361	3037	90348	219323	91089	78606	6339	395357	401040	64607	1,40	0,55

Ukupna je maksimalna neto snaga elektrana u tih 5 zemalja nešto preko 90 gigavata, u kojima je proizvedeno gotovo 400 TWh električne energije, u 2001. godini. Prosječno vrijeme korištenja maksimalne snage elektrana, za cijelu interkonekciju NORDEL, bilo je: za elektrane na ostale obnovljive izvore (osim HE) oko 2090 sati/godišnje, za konvencionalne termoelektrane oko 2870 sati/godišnje, za hidroelektrane oko 4580 sati/godišnje, a za nuklearne elektrane oko 7540 sati/godišnje. Zbroj vršnih opterećenja pojedinih država za oko 5900 megavata veći je od vršnog opterećenja NORDEL, toliko je snage elektrana manje angažirano u odnosu na (zamišljenu) situaciju da interkonekcija ne postoji te da svaki državni sustav radi odvojeno od drugih.

Najveći izvoznik je Švedska (proizvodnja 158 TWh, potrošnja 151 TWh) a najveći uvoznik je Finska (proizvodnja 72 TWh, a potrošnja 82 TWh). Švedska je ujedno i apsolutno najveći

proizvođač električne energije u interkonekciji NORDEL. Za zapamtiti je da NORDEL-proizvodnja čini nešto manje od 1/5 proizvodnje u UCTE-interkonekciji, a opskrbljuje oko 16 puta manje stanovnika; prosječna potrošnja po stanovniku je više nego trostruko veća u interkonekciji NORDEL od one u interkonekciji UCTE!

Prosječan omjer maksimalne snage elektrana i vršnog opterećenja je 1,40; dakle za 40% je veća instalacija elektrana od vršnog opterećenja i najveći je u Danskoj gdje je instalacija elektrana za 100% veća od vršnog opterećenja. Udjel hidroenergije najveći je u Norveškoj (99%), a prosječni za cijelu interkonekciju znatno je viši od onoga interkonekcije UCTE te iznosi 55%.

www.nordel.org/11.08.2003.

MK

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

	<p>Energija 1447</p> <p style="text-align: right;">UDK 621.316.91 PREGLEDNI ČLANAK</p> <p style="text-align: center;">Energija 52/2003/5, 363 – 373</p> <p style="text-align: center;">PRIMJENA UREĐAJA ZA ZAŠTITU OD PRENAPONA U ELEKTRIČNIM INSTALACIJAMA</p> <p style="text-align: center;"><i>Mr. sc. Ivan Mateković, dipl. ing.</i> Elektrokontakt d.d., Radnička cesta b.b., 10000 Zagreb, Hrvatska</p> <p>Električna oprema i uređaji su s obzirom na udarne napone svrstani u četiri prenaponske kategorije. Za svaku od tih prenaponskih kategorija dan je podnosivi udarni napon (kao tjemeni iznos oblika 1,2/50s) koji oprema odnosno uređaj mora izdržati. Procijeni li se da je rizik od prenapona veći od troškova ugradnje uređaja za zaštitu od prenapona u električnu instalaciju pristupa se projektiranju zaštite. Zaštitu od prenapona treba projektirati uvažavajući neke datosti kao što su korišteni sustav električne razdjelbe, karakteristike uređaja za zaštitu od prenapona, zahtjevi za nesmanjenom djelotvornošću uređaja za zaštitu od kratkog spoja i preopterećenja te zaštitnih strujnih sklopki i zahtjevi elektrodistributivnog poduzeća. Pravilno projektirana i izvedena zaštita od prenapona povećava raspoloživost električne instalacije. (Lit. 8, sl. 5 – original na hrvatskom jeziku)</p> <p style="text-align: right;">Autor ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/5/363 – 373/2003.</p>
	<p>Energija 1448</p> <p style="text-align: right;">UDK 621.395:658.516 PREGLEDNI ČLANAK</p> <p style="text-align: center;">Energija 52/2003/5, 375 – 392</p> <p style="text-align: center;">PRIKAZ STANJA NORMIZACIJE I REGULATIVE VEZANE UZ KOMUNICIRANJE ELEKTROENERGETSKIM VODOVIMA, PLC II. DIO: REGULATIVA PLC-a</p> <p style="text-align: center;"><i>Mr. sc. Suzana Javornik Vončina, dipl. ing.</i> HEP d.d. – Sektor za poslovnu informatiku, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska</p> <p>Članak daje pregled pokušaja reguliranja uporabe PLC-a i ostalih širokopojsnih kabljskih transmisijskih mreža, uključujući prikaz principa međunarodnog reguliranja uporabe radijskih frekvencija, europskog okvira reguliranja elektromagnetske kompatibilnosti i uporabe radijskih frekvencija, te hrvatskih okvira unutar kojih će trebati dorada vezana uz reguliranje uporabe širokopojsnog PLC-a i ostalih širokopojsnih kabljskih transmisijskih mreža. (Lit. 33, sl. 1 – original na hrvatskom jeziku)</p> <p style="text-align: right;">Autor ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/5/375 – 392/2003.</p>
	<p>Energija 1449</p> <p style="text-align: right;">UDK 621.31:519 STRUČNI ČLANAK</p> <p style="text-align: center;">Energija 52/2003/5, 353 – 362</p> <p style="text-align: center;">PRORAČUN POKAZATELJA POUZDANOSTI TEHNIČKIH SUSTAVA UPOTREBOM MARKOVLJEVA PROCESA</p> <p style="text-align: center;"><i>Emil Vilenica, dipl. ing.</i> EKONERG d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska</p> <p>Upotreba metoda Markovljeva procesa koristi se za proračun pokazatelja pouzdanosti tehničkih sustava. Pokazatelji pouzdanosti tehničkih sustava su vjerojatnosti stanja u kojima se sustav može nalaziti, srednja vremena boravka sustava u tim stanjima i učestalost nastupanja tih stanja. U članku su objašnjene temeljne metode i postupci proračuna pokazatelja pouzdanosti tehničkih sustava upotrebom Markovljeva procesa. (Lit. 6, sl. 1 – original na hrvatskom jeziku)</p> <p style="text-align: right;">Autor ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/5/353 – 362/2003.</p>

Energija 1449

UDK 621.31:519

1. Proračun pokazatelja pouzdanosti tehničkih sustava upotrebom Markovljeva procesa
 - I. *Vilenica, E.*
 - II. EKONERG d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Markovljev proces
Vjerojatnost stanja sustava
Srednje vrijeme boravka u stanju sustava
Učestalost nastupanja stanja sustava

Energija 1448

UDK 621.395:658.516

1. Prikaz stanja normizacije i regulative vezane uz komuniciranje elektroenergetskim vodovima, PLC II dio: Reglativa PLC-a
 - I. *Javornik Vončina, S.*
 - II. HEP d.d. – Sektor za poslovnu informatiku, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Hrvatska

Normizacija
Reglativa
PLC
PLT
Elektromagnetska kompatibilnost
xDSL

Energija 1447

UDK 621.316.91

1. Primjena uređaja za zaštitu od prenapona u električnim instalacijama
 - I. *Mateković, I.*
 - II. Elektrokontakt d.d., Radnička cesta b.b., 10000 Zagreb, Hrvatska

Prenapon
Zaštita od prenapona
Prenaponska kategorija
Uređaj za zaštitu od prenapona
Udarna odvodna struja
Napon prorade
Zaštitni nivo

Časopis Hrvatske elektroprivrede

Uredništvo i uprava
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Godišnja pretplata 480,00 kn

	<p>Energija 1450 UDK 621.315.2:621.395.386 STRUČNI ČLANAK</p> <p style="text-align: center;">Energija 52/2003/5, 313 – 319</p> <p style="text-align: center;">DESET PODMORSKIH TRASA – STO KILOMETARA PODMORSKOG KABELA 35 kV – DESET GODINA POGONSKE EKSPLOATACIJE PODMORSKOG DIJELA PROGRAMA “JADRANSKI OTOCI 35 kV”; ISKUSTVA I PRIJEDLOZI</p> <p style="text-align: center;"><i>Ivo Santica, dipl. ing.</i></p> <p style="text-align: center;">HEP Distribucija d.o.o. – DP Elektrodalmacija, Poljička b.b., 21000 Split, Hrvatska</p> <p>Skoro deset godina eksploatacije objekata HEP-ovog programa “Jadranski otoci 35 kV” obvezuje na karatak stručni osvrt. Ovim člankom pokušat će se sistematizirati iskustva najspecifičnijeg dijela programa; a to su podmorski kabeli. U ovaj dio uloženo je približno sto milijuna kuna. Sto kilometara podmorskog kabela položeno je na deset različitih dionica od otoka Lošinja do otoka Mljeta. U samo godinu dana napravljeni su pripremno istraživački radovi, ishodbene lokacijske i građevinske dozvole, projektirane trase, odabran proizvođač i položeni kabeli. Timski vođena, grupa HEP-ovih specijaliziranih stručnjaka, obavila je ovaj zadatak u zadanom roku. Koliko vješto i uspješno pokušat će se odgovoriti s ove vremenske distance. (Lit. 2, sl. 5 – original na hrvatskom jeziku)</p> <p style="text-align: right;">Autor ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/5/313 – 319/2003.</p>
	<p>Energija 1451 UDK 620.9.351.64 PREGLEDNI ČLANAK</p> <p style="text-align: center;">Energija 52/2003/5, 341 – 351</p> <p style="text-align: center;">VAŽNOST DONOŠENJA STANDARDA ENERGETSKE EFIKASNOSTI RADI POVEĆANJA NACIONALNIH ENERGETSKIH UŠTEDA</p> <p style="text-align: center;"><i>Mr. sc. Vesna Kolega, dipl. ing.</i></p> <p style="text-align: center;">EI Hrvoje Požar, Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska</p> <p>U članku su prikazana iskustva kao potvrda važnosti uvođenja standarda energetske efikasnosti kućanskih uređaja i uredske opreme radi smanjenja energetske potrošnje u stambenom i javnom sektoru zgrada na nacionalnom nivou, s posebnim osvrtom na važnost provođenja međunarodne i regionalne harmonizacije standarda energetske efikasnosti, energetske oznaka i test procedura. Nadalje, opisana su dva osnovna pristupa etabliranju standarda energetske efikasnosti: statistički i inženjersko-ekonomski. (Lit. 11, sl. 4 – original na hrvatskom jeziku)</p> <p style="text-align: right;">Autor ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/5/341 – 351/2003.</p>
	<p>Energija 1452 UDK 621.316.1.003 PREGLEDNI ČLANAK</p> <p style="text-align: center;">Energija 52/2003/5, 321 – 339</p> <p style="text-align: center;">DISTRIBUIRANA PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE</p> <p style="text-align: center;"><i>Dr. sc. Nijaz Dizdarević, dipl. ing. – dr. sc. Mislav Majstrovic, dipl. ing. – dr. sc. Srdan Žutobradić, dipl. ing.</i></p> <p style="text-align: center;">EI Hrvoje Požar, Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska</p> <p>U ovom su radu na općeniti način razmotrena glavna obilježja distribuirane proizvodnje električne energije. Najprije su opisani tehnički utjecaji distribuiranih izvora na sustave proizvodnje, prijenosa i distribucije električne energije. Zatim su predložena neka rješenja tehničkih utjecaja te otvorena pitanja. Proizvodnja električne energije iz malih vjetroelektrana smještena je u kontekst distribuirane proizvodnje. Opisane su vrste proračuna u distribucijskoj mreži koje se koriste u studijskoj analizi priključenja izvora na distribucijsku mrežu. (Lit. 8, sl. 1 – original na hrvatskom jeziku)</p> <p style="text-align: right;">Autori ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/5/321 – 339/2003.</p>

Energija 1452

UDK 621.316.1.003

1. Distribuirana proizvodnja električne energije

Distribuirana proizvodnja

Disperzirani izvori

- I. Dizdarević, N. – Majstović, M. – Žutobradić, S.

Vjetroelektrane

- II. EI Hrvoje Požar, Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

Distribucijska mreža

Energija 1451

UDK 620.9.351.64

1. Važnost donošenja standarda energetske efikasnosti radi povećanja nacionalnih energetske ušteda

Standardi energetske efikasnosti

Test procedure

- I. Kolega, V.

Međunarodna harmonizacija

- II. EI Hrvoje Požar, Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska

Statistički pristup

Inženjersko-ekonomski pristup

Energija 1450

UDK 621.315.2:621.395.386

1. Deset podmorskih trasa – sto kilometara podmorskog kabela 35 kV – deset godina pogonske eksploatacije podmorskog dijela programa “Jadranski otoci 35 kV”; Iskustva i prijedlozi

Podmorski kabel

Priobalna zaštita

Znak zabrane sidrenja

- I. Santica, I.

- II. HEP Distribucija d.o.o. – DP Elektrodalmacija, Poljička b.b., 21000 Split, Hrvatska

	<p>ENERGIJA 1447 UDK 621.316.91 SUBJECT REVIEW</p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 52/2003/5, 363 – 373</p> <p style="text-align: center;">APPLICATION OF OVERVOLTAGE PROTECTION EQUIPMENT IN ELECTRICAL INSTALLATIONS</p> <p style="text-align: center;"><i>Ivan Mateković, M. Sc.</i></p> <p style="text-align: center;">Elektrokontakt d.d., Radnička cesta b.b., 10000 Zagreb, Croatia</p> <p>Electrical equipment and appliances are divided into four groups considering impulse voltage. For all of these overvoltage categories a tolerable impulse voltage is given (as front shape value of 1,2/50μs), which the equipment or appliance has to overcome. If overvoltage risk is estimated to be greater than the costs of building the equipment into electrical installations, then protection design is done. Overvoltage design has to take into account some facts such as used system of electrical distribution, protection equipment characteristics, needs for not decreasing efficiency of short voltage and overload protection, as well as of current circuit breaker and demands of electric distribution company. Good design and realization of overvoltage protection increases the availability of electrical installations.</p> <p>(No. of References: 8, Fig.: 5 – original in Croatian)</p> <p style="text-align: right;"><i>Author</i> ISSN 0013-448 ENJAAC 52/5/363 – 373 /2003.</p>
	<p>ENERGIJA 1448 UDK 621.395:658.516 SUBJECT REVIEW</p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 52/2003/5, 375 – 392</p> <p style="text-align: center;">STATE REVIEW OF NORMISATION AND REGULATION CONNECTED TO ELECTRIC ENERGY LINE COMMUNICATION, PLC PART II: PLC REGULATION</p> <p style="text-align: center;"><i>Suzana Javornik Vončina, M. Sc.</i></p> <p>HEP d.d. – Sektor za poslovnu informatiku, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia</p> <p>The paper gives a review of PLC usage regulation attempts and other wide range cable transmission networks including a review of international regulating principle of radio frequencies, European framework of regulating electromagnetic compatibility and radio frequencies usage, as well as the Croatian framework for the elaboration of regulation connected to widerange PLC usage and other widerange cable transmission networks.</p> <p>(No. of References: 33, Fig.: 1 – original in Croatian)</p> <p style="text-align: right;"><i>Author</i> ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/5/375 – 392/2003.</p>
	<p>ENERGIJA 1449 UDK 621.31.519 PROFESSIONAL PAPER</p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 52/2003/5, 353 – 362</p> <p style="text-align: center;">RELIABILITY PARAMETER CALCULATION OF TECHNICAL SYSTEMS USING MARKOVLJEV'S PROCESS</p> <p style="text-align: center;"><i>Emil Vilenica, B. Sc.</i></p> <p style="text-align: center;">EKONERG d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia</p> <p>Markovljev's process method is suitable for calculation of technical systems' reliability parameters. Reliability parameters of technical systems are probability states in which the systems can be found, mean time of their duration and their frequency. In the paper basic methods and procedures of calculating reliability parameters of technical systems using Markovljev's process are evaluated.</p> <p>(No. of References: 6, Fig.: 1 – original in Croatian)</p> <p style="text-align: right;"><i>Author</i> ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/5/353 – 362/2003.</p>

ENERGIJA 1449

UDK 621.31.519

- | | |
|--|---|
| 1. Reliability Parameter Calculation of Technical Systems Using Markovljev's Process | <i>Markovljev's Process</i>
<i>Probability of System State</i>
<i>Mean Time of State Duration</i> |
| I. Vilenica, E. | <i>Frequency of System State</i> |
| II. EKONERG d.o.o., Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia | <i>Commencement</i> |

ENERGIJA 1448

UDK 621.395:658.516

- | | |
|--|---|
| 1. State Review of Normisation and Regulation Connected to Electric Energy Line Communication, PLC – II Part: PLC Regulation | <i>Normisation</i>
<i>Regulation</i>
<i>PLC</i> |
| I. Javornik Vončina, S. | <i>PLT</i> |
| II. HEP d.d. – Sektor za poslovnu informatiku, Ulica grada Vukovara 37, 10000 Zagreb, Croatia | <i>Electromagnetic Compatibility</i>
<i>xDSL</i> |

ENERGIJA 1447

UDK 621.316.91

- | | |
|--|---|
| 1. Application of Overvoltage Protection Equipment in Electrical Installations | <i>Overvoltage</i>
<i>Overvoltage Protection</i>
<i>Overvoltage Category</i> |
| I. Mateković, I. | <i>Overvoltage Protection Equipment</i> |
| II. Elektrokontakt d.d., Radnička cesta b.b. 10000 Zagreb, Croatia | <i>Impulse Discharge Current</i>
<i>Operational Voltage</i>
<i>Protection Level</i> |

Review of electricity of Croatia

Editorial and advertisements offices:
Zagreb, Ulica grada Vukovara 37
Subscription rate for 6 numbers p.a. USD 95

	<p>ENERGIJA 1450 UDK 621.315.2:621.395.386 PROFESSIONAL PAPER</p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 52/2003/5, 313 – 319</p> <p style="text-align: center;">TEN UNDERSEA LINES – HUNDRED KILOMETERS OF 35kV UNDERSEA CABLE - TEN YEARS OF EXPLOITATION OF THE PROGRAMME'S "ADRIATIC ISLANDS 35kV" UNDERSEA PART EXPERIENCES AND SUGGESTIONS</p> <p style="text-align: center;"><i>Ivo Santica, B. Sc.</i></p> <p style="text-align: center;">HEP Distribucija d.o.o. – DP Elektrodalmacija, Poljička b.b., 21 000 Split, Croatia</p> <p>After almost ten years of exploitation of HEP's programme "Adriatic Islands 35kV" there rose a need for a short professional review. This paper is an attempt to present the most specific part of the programme, i.e. undersea cables. About a hundred million Kuna were invested into this part. A hundred kilometers of undersea cable are situated on ten different points from the island of Lošinj to the island of Mljet. In only a year preparatory research work was done, location and construction permits obtained, routes projected, producer selected and cables laid. A team of HEP's experts completed this project within a given time frame. Following this time period, we will be able to answer how well and successfully.</p> <p>(No. of References: 2, Fig.: 5 – original in Croatian)</p> <p style="text-align: right;"><i>Author</i> ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/5/313 – 319/2003.</p>
	<p>ENERGIJA 1451 UDK 620.9.351.64 SUBJECT REVIEW</p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 52/2003/5, 341 – 351</p> <p style="text-align: center;">IMPORTANCE OF ENERGY EFFICIENCY STANDARDS TO INCREASE NATIONAL ENERGY SAVINGS</p> <p style="text-align: center;"><i>Vesna Kolega, M. Sc.</i></p> <p style="text-align: center;">EI Hrvoje Požar, Savska 163, 10000 Zagreb, Croatia</p> <p>In the paper experiences are shown as a verification of importance of appliances' and office equipment's energy efficiency standardisation in order to decrease energy consumption in apartments and public buildings on the national level. There is a special review of the importance of international and regional harmonisation of energy efficiency standards, energy labeling and test procedures. Furthermore, two basic approaches to energy efficiency standardisation are described: the statistical and the engineering-economic.</p> <p>(No. of References: 11, Fig.: 4 – original in Croatian)</p> <p style="text-align: right;"><i>Author</i> ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/5/341 – 351/2003.</p>
	<p>ENERGIJA 1452 UDK 621.316.1.003 SUBJECT REVIEW</p> <p style="text-align: center;">ENERGIJA 52/2003/5, 321 – 339</p> <p style="text-align: center;">DISTRIBUTED PRODUCTION OF ELECTRIC ENERGY</p> <p style="text-align: center;"><i>Nijaz Dizdarević, D. Sc. – Mislav Majstrovic, D. Sc. – Srdan Žutobradić, D. Sc.</i></p> <p style="text-align: center;">EI Hrvoje Požar, Savska 163, 10000 Zagreb, Croatia</p> <p>The paper discusses in a general way the main characteristics of distributed electric energy production. First, technical influence of distributed resources on production, transmission and distribution systems of electric energy are given. Some technical solutions and open questions are quoted. Electric energy production from small wind plants is given as a distributed production. Calculation methods applied in distribution network are described, which are used in the study analysis of resource connection to the distribution grid.</p> <p>(No. of References: 8, Fig.: 1 – original in Croatian)</p> <p style="text-align: right;"><i>Authors</i> ISSN 0013-7448 ENJAAC 52/5/321 – 339/2003.</p>

ENERGIJA 1452

UDK 621.316.1.003

- | | |
|---|---|
| 1. Distributed Production of Electric Energy | <i>Distributed Production</i> |
| I. Dizdarević, N. – Majstović, M. –
Žutobradić, S. | <i>Dispersed Resources</i> |
| II. EI Hrvoje Požar, Savska 163,
10000 Zagreb, Croatia | <i>Wind Power Plants</i>
<i>Distribution Network</i> |

ENERGIJA 1451

UDK 620.9.351.64

- | | |
|--|--|
| 1. Importance of Energy Efficiency
Standards to Increase National Energy
Savings | <i>Energy Efficiency Standards</i>
<i>Test Procedures</i>
<i>International Harmonisation</i> |
| I. Kolega, V. | <i>Statistical Approach</i> |
| II. EI Hrvoje Požar, Savska 163,
10000 Zagreb, Croatia | <i>Engineering-Economic Approach</i> |

ENERGIJA 1450

UDK 621.315.2:621.395.386

- | | |
|--|--|
| 1. Ten Undersea Lines – Hundred
Kilometers of 35kV Undersea Cable –
Ten Years of Exploitation of the
Programme's "Adriatic Islands 35kV"
Undersea Part; Experiences And
Suggestions | <i>Undersea Cable</i>
<i>Costal Protection</i>
<i>Anchoring Prohibition Sign</i> |
| I. Santica, I. | |
| II. HEP Distribucija d.o.o. – DP
Elektrodalmacija, Poljička b.b.,
21000 Split, Croatia | |