

OPRAVDANOST PROŠIRENJA 400 kV MREŽE I PRIMJENA TEHNOLOGIJE KOMPACTIRANJA

Ivan G r o z d a n i ć, Zagreb

UDK 621.316.1:621.311.1
PREGLEDNI ČLANAK

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

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

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

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

Analizirana je opravdanost primjene tehnologije compactiranja, slika 1.

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

1. UVOD

Postojeća 400 kV prijenosna mreža Hrvatske ima sljedeće karakteristike:

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

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

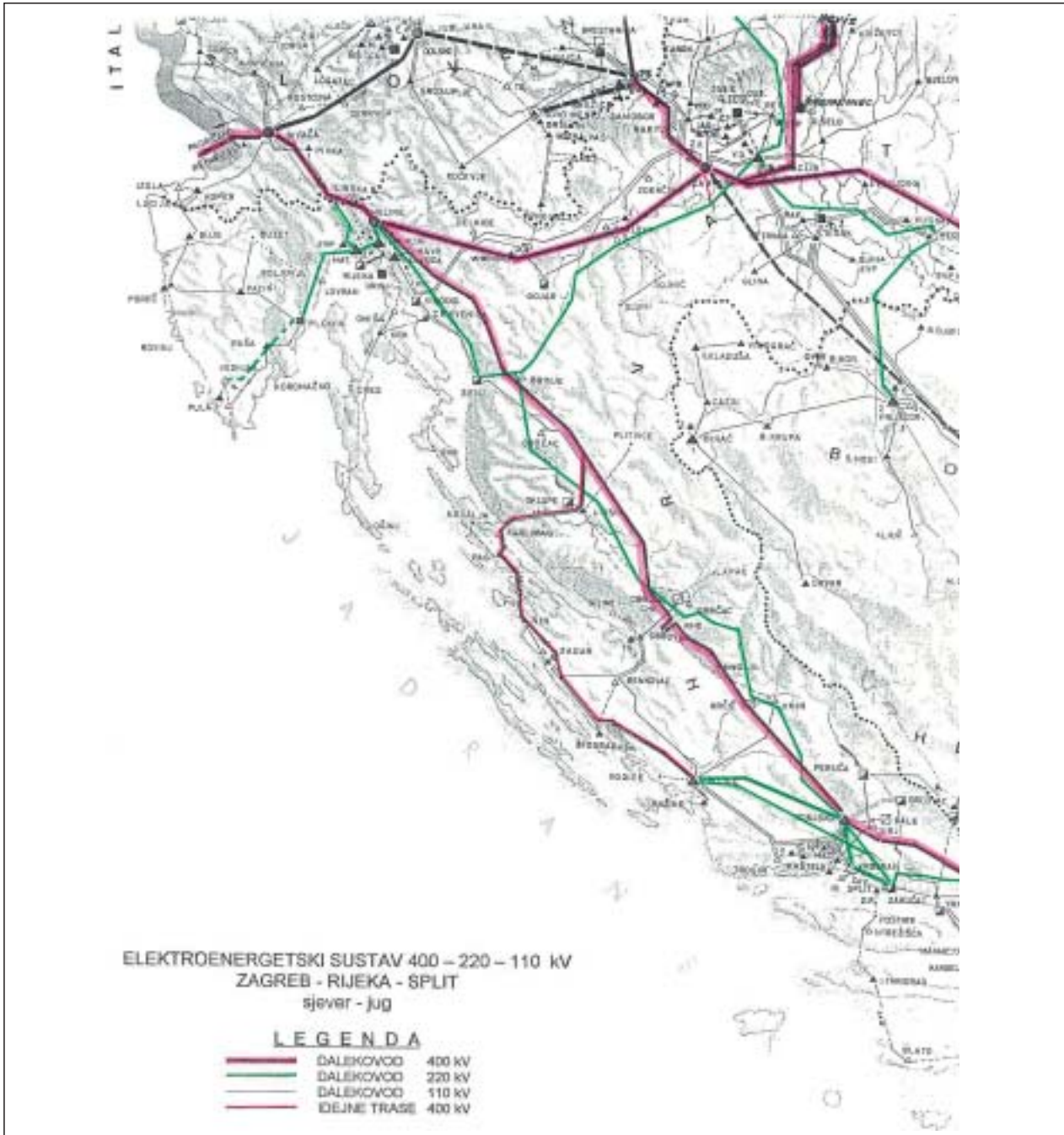
2. PROCJENA GUBITAKA U PRIJENOSNOJ MREŽI ZA 2001. GODINU

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

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

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

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



Slika 1.

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

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

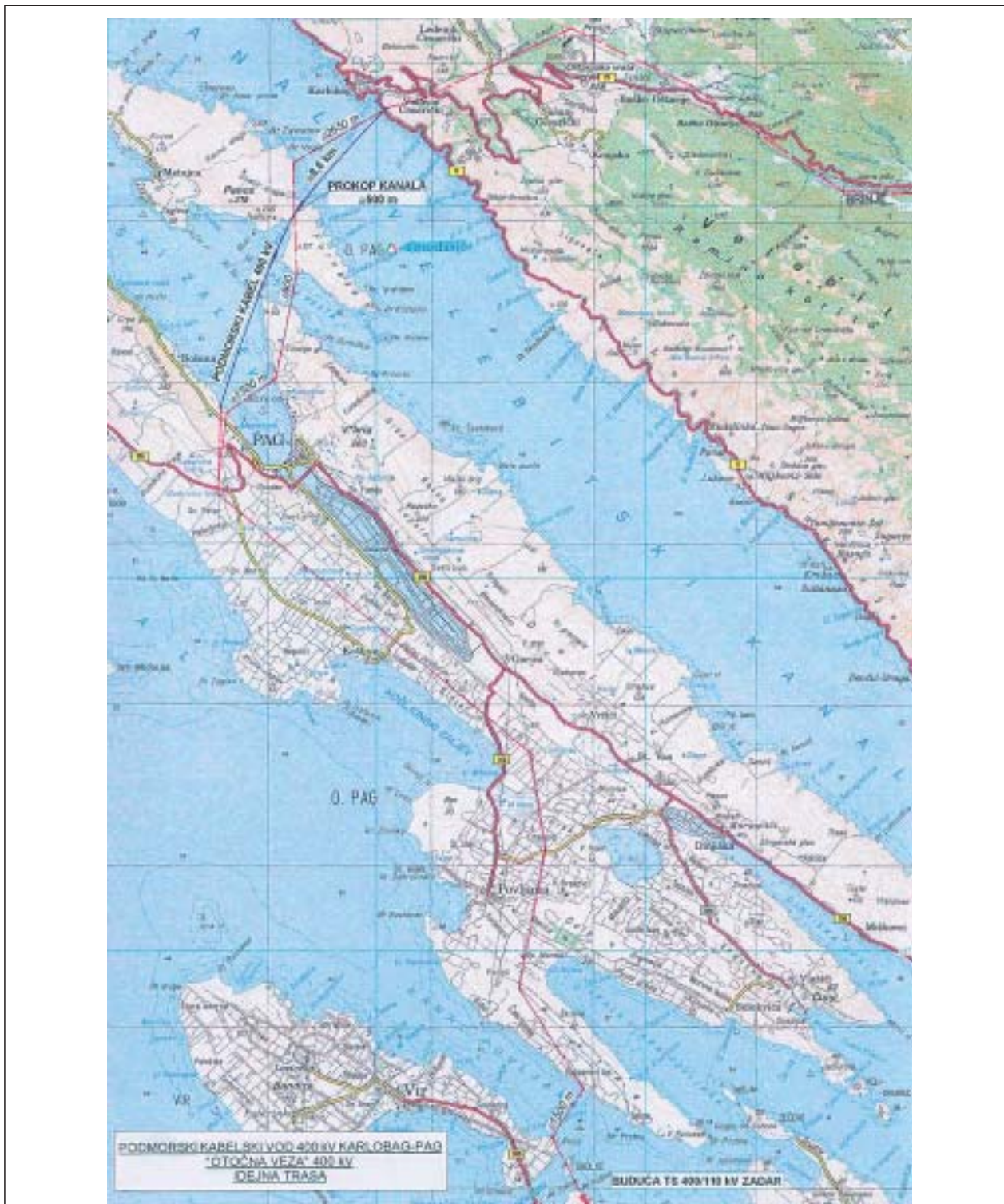
dalekovodi 110 kV 240/40-AI/Č 605 A, 0,1187 /km 43447 W/km
dalekovodi 220 kV 360/57-AI/Č 780 A, 0,0802 /km 48794 W/km
dalekovodi 400 kV 490/65-AI/Č 951 A, 0,0590 /km 53360 W/km

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

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

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

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



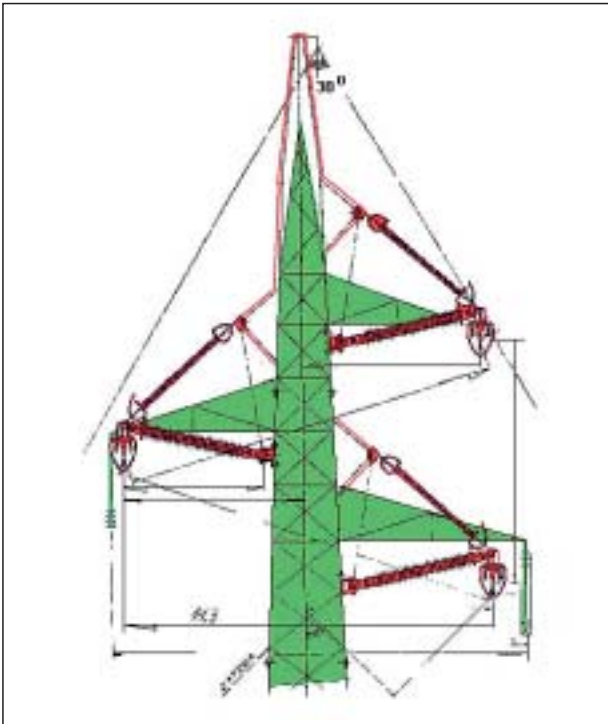
Slika 1.1.

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

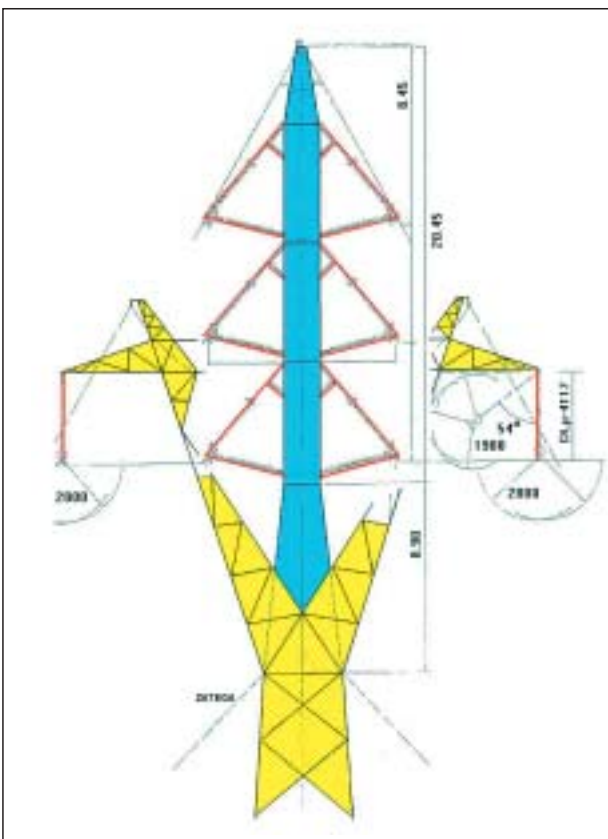
Uz prosječnu cijenu el. energije na mreži prijenosa (1 MWh=30 EUR) za 1MWh= 228 HKN, cijena gubitaka iznosi,

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

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



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



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

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

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

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

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

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

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

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

3. KONCEPT PROŠIRENJA PRIJENOSNE MREŽE

3.1. Smanjenje gubitaka u prijenosnoj mreži

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

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

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

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

Prema službenom izvješću gubici u 2001. godini iznosili su:

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

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

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

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

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

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

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

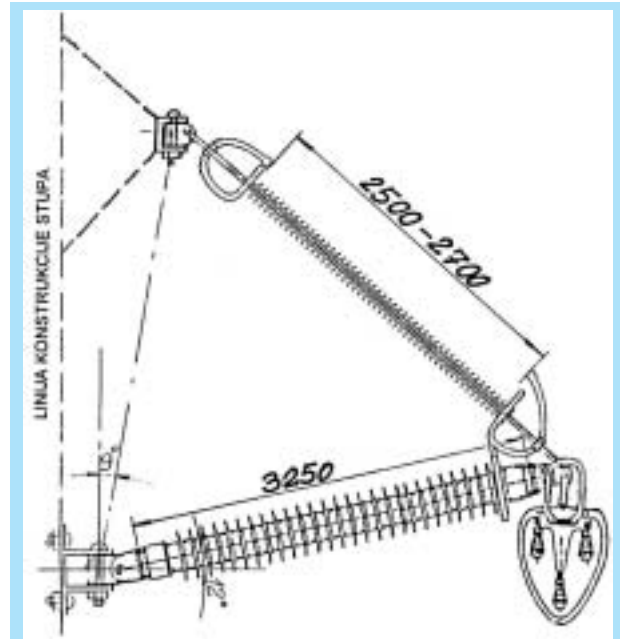
Provodila bi se dugoročna strategija održivog razvoja i zaštite okoliša.

3.2. Tranzit energije

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

3.3. Proširenje 400 kV mreže

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



Slika 4. Izolacijska pokretna konzola 400 kV

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

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

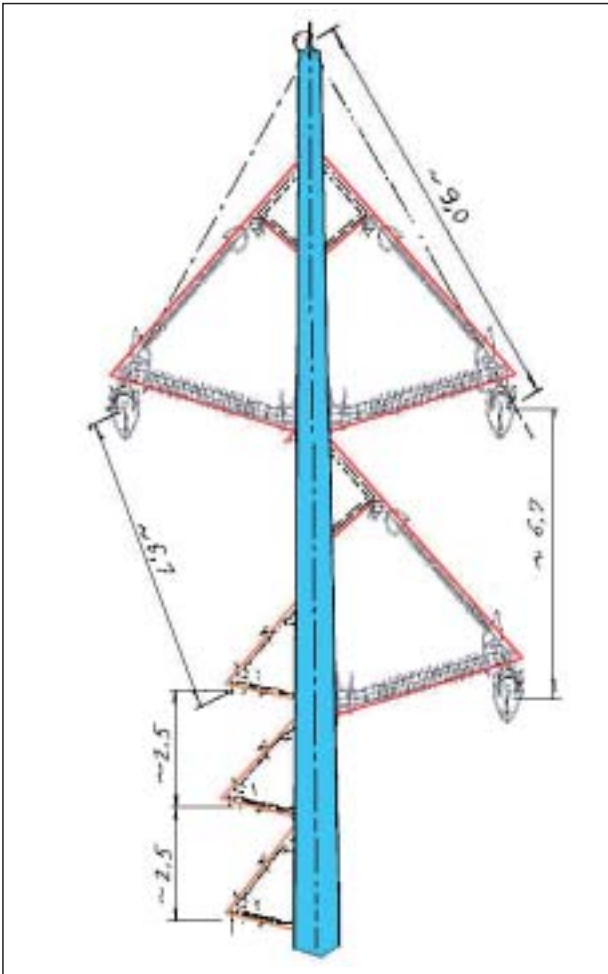
Koridorom 110 kV Zadar-Bilice bi se mogao na istim stupovima, izgraditi jednosistemski (ili dvosistemski) kompaktirani dalekovod 400 kV i nadomjestiti 55 godina star dalekovod 110 kV, slika 5.

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

3.3.1. "Otočna veza" 400 kV

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

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



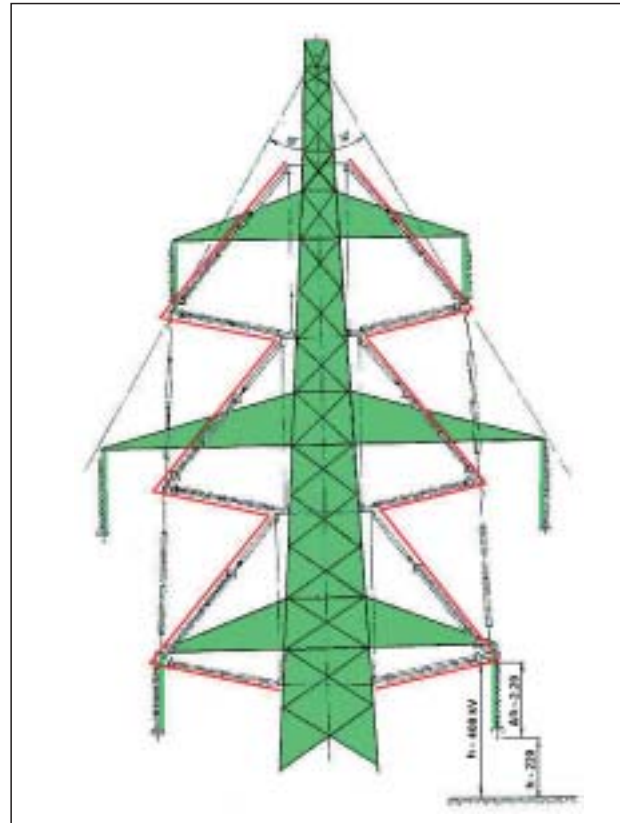
Slika 5. Glava nosivog stupa kompaktiranog dalekovoda za dva napona i sistema 400 kV i 110 kV

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

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

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

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



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

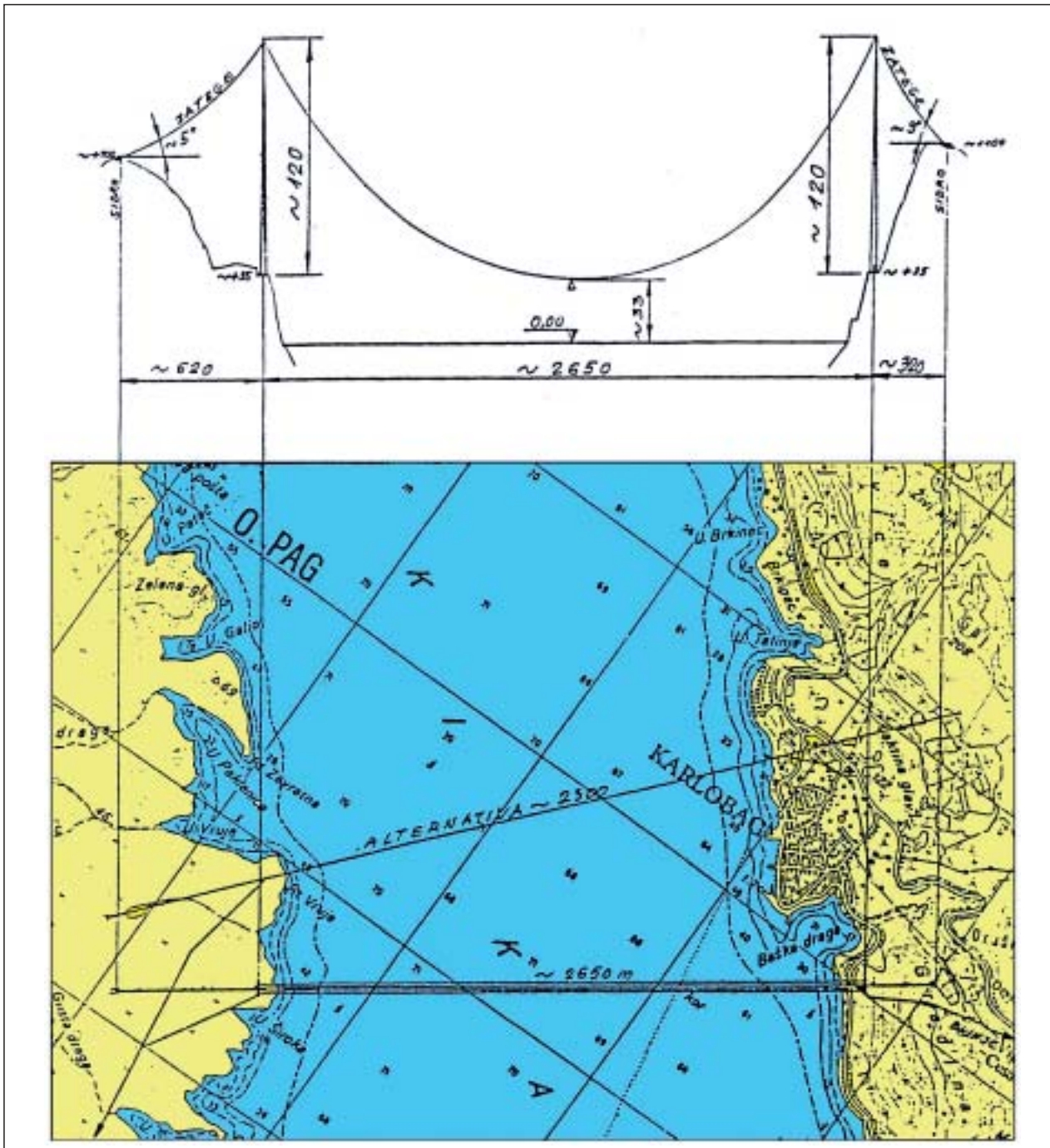
uvale G. Slana. Rekognosciranjem je potvrđen prirodni fenomen, udolina povoljna za prokop kanala dužine 500 m. Između dvije zaštićene pješčane uvale, idealno je locirana udolina s ostacima puta i kamenih objekata (solana?). U ranijem razdoblju evidentno aktivno korištena. Udaljena 3,5 km i s mora jedino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

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

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

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

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

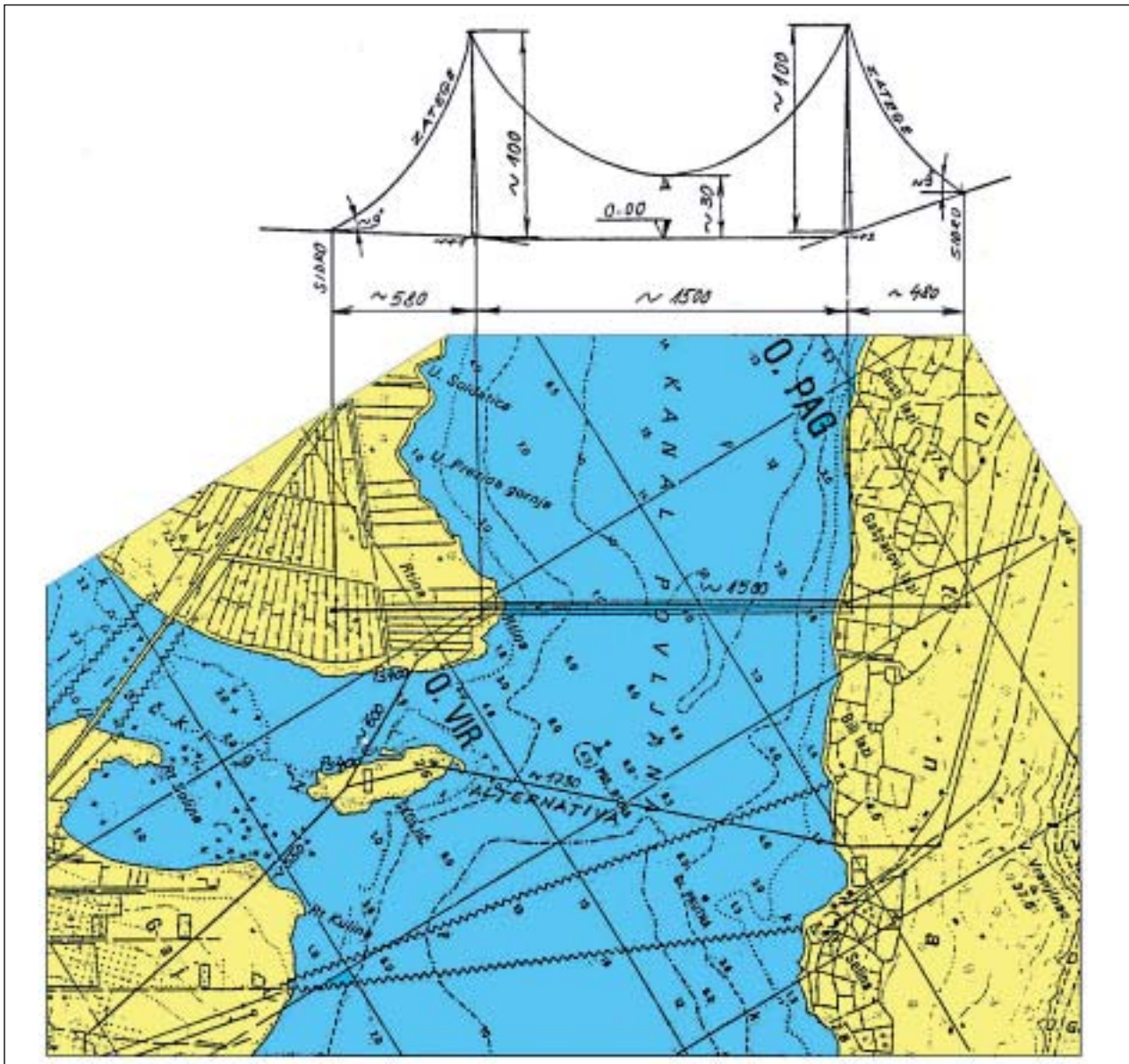


Slika 7. Dalekovod 400 kV – prijelaz preko Velebitskog kanala, idejno rješenje

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

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

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



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

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

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

3.3.2. Lička dionica 400 kV

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

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

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

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

4. “POKRETNNA KONZOLA”

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5. ZAKLJUČAK

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

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

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

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

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

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

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

Uskladilo bi se tehničko rješenje s elektroenergetskom mrežom Europske unije.

Starost dalekovoda također upućuje na nužnost rekonstrukcije prijenosnih objekata.

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

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

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

LITERATURA

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

JUSTIFICATION OF 400 kV NETWORK SPREADING AND APPLICATION OF COMPACTING TECHNOLOGY

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

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

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

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

Justification of compacting technology is analyzed.

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

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

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

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

Untersucht wurde die Berechtigung der Anwendung gedrungener Bauweise.

Naslov pisca:

Ivan Grozdanić, dipl. ing.
Elektroprojekt d.d.
Alexandera von Humboldta 4
10000 Zagreb, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
2003 – 02 – 12.