

MOŽNOSTI IN OMEJITVE PRENOSA ELEKTRIČNE ENERGIJE NA DOLGE RAZDALJE

2. del - Prenos energije na dolge razdalje z izmeničnim prenosnim sistemom

Rafael Mihalič¹, Dušan Povh²

^{1, 2} Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Tržaška 25, 1000 Ljubljana, Slovenija
E-pošta: rafael.mihalic@fe.uni-lj.si

Povzetek. V preteklosti so se elektroenergetski sistemi (EES) razvijali samostojno in se pozneje povezovali med seboj zaradi tehničnih in ekonomskih prednosti povezanih sistemov. Taki povezani sistemi lahko postanejo celo veliki in se razprostirajo prek celih kontinentov. Njihova osnovna naloga je izmenjava moči med posameznimi EES znotraj povezave. Zaradi uvajanja trga z električno energijo je prenos električne energije skozi povezane EES čedalje bolj vabljiv. Vendar je velikost povezanih sistemov iz ekonomskih in tehničnih razlogov omejena.

V delu obravnavamo nekatere tehnične probleme, povezane z visokonapetostnim izmeničnim (HVAC) prenosom električne energije, in predstavljamo nekatere tipične primere. Če želimo prenašati energijo na dolge razdalje, je treba zaradi omejitev, ki jih narekuje prenosni kot, uporabiti najvišje napetostne nivoje, vodi pa morajo biti kompenzirani, da vzdržujemo sprejemljiv napetostni profil. V delu smo podrobneje raziskali vpliv serijske in paralelne kompenzacije na napetostni profil. Ocenili smo prenosne izgube, ki so pomemben dejavnik ekonomike prenosa energije. Posebno pozornost smo namenili vplivu prenosa energije prek podsistemov na lokalne izgube v podsistemu.

Ključne besede: prenos električne energije, povezani elektroenergetski sistemi, elektroenergetski sistemi

POSSIBILITIES AND LIMITATIONS OF ELECTRIC POWER TRANSMISSION OVER LONG DISTANCES Part 2 - Long distance AC transmission

Extended abstract. During the past decades, individual power systems have been developing and have later been interconnected with the neighboring systems to gain technical and economical advantages. Thus interconnected systems may become extremely large, covering whole continents. Main task of interconnections is power exchange between the systems. The tendency for the future, in the liberalized electricity market environment is to have power transmitted over very long distances. However, the size of thus needed interconnected systems may be limited by technical or economical factors.

In the paper, some technical problems of long distance AC transmission are investigated and presented by using typical examples. Such transmission should be effected over high-voltage levels due to transmission angle limitations. To maintain the acceptable voltage profile, lines have to be compensated. The impact of series and parallel compensation on the voltage profile

is investigated. Power losses, which represent one of the most important factors for the economy of power transmission, are evaluated. Attention is also paid to the impact of an additional local power transmission between subsystems on the total local power transmission losses.

Keywords: power transmission, interconnected power system, electric power system

1. Uvod

Razvoj elektroenergetike že od samega začetka temelji na možnostih prenašanja energije med proizvajalci (generatorji) električne energije in njenimi porabniki. Z naraščanjem porabe električne energije in gradnjo čedalje večjih proizvodnih enot na ustreznih lokacijah, praviloma oddaljenih od centrov porabe, se je večala razdalja prenosa in hkrati tudi količina prenesene električne energije. Izmenični električni prenosni sistemi, načrtovani za prenos velikih količin energije na velike razdalje, in zato visokih nazivnih napetosti (t.i.

sistemi HVAC), so postali tehnično izjemno zahtevni zaradi problemov, povezanih z ustreznim napetostnim profilom, pretoki jalovih moči in stabilnostjo [1]. Pozneje jim je za prenos velikih količin energije na dolge razdalje postal alternativa visokonapetostni enosmerni prenos (HVDC). Danes je za prenosne razdalje več kot 800 km HVDC ponavadi ekonomsko in tudi tehnično najugodnejša rešitev[2].

Razvoj elektroenergetskih sistemov (EES) je potekal od regionalnih, prek nacionalnih in končno do mednarodno povezanih elektroenergetskih omrežij (EEO), vedno višjih napetostnih nivojev. Nazivna napetost povezanih sistemov je odvisna predvsem od geografskih razmer in povprečne prenosne razdalje. V Evropi je npr. 400 kV najvišji napetostni nivo, v državah Daljnega vzhoda je to 550 kV, v Ameriki pa 550 in 800 kV. 1150 kV nivo je bil kot najvišji napetostni nivo sprejet v nekaterih državah, kjer obstajajo tudi že testni vodi za to napetost, vendar lahko v bližnji prihodnosti le v izjemnih primerih pričakujemo, da bo ta nivo uporabljen. V predstavljenih študijah smo izvedli analize tudi za ta nivo.

Vključitev določenega elektroenergetskega sistema v velik interkonekcijski sistem temelji na prednostih glede stroškov energije, zanesljivosti dobave, zagotavljanja rezervnih zmogljivosti itd. Sčasoma so veliki interkonekcijski sistemi prevzeli tudi nalogo prenosa energije na velikih razdaljah. To postaja izrazito zlasti v sistemih s prostim trgom električne energije, kjer lahko porabnik kupi energijo od najcenejšega ponudnika, ki pa je lahko geografsko zelo oddaljen, prenosno omrežje pa mora tehnično zagotoviti možnost prenosa v skladu s pogodbo.

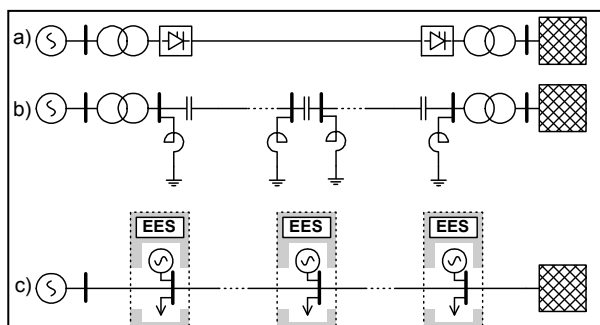
V grobem lahko električne prenosne sisteme razdelimo v tri skupine, kakor prikazuje slika 1, in sicer:

- **Visokonapetostni enosmerni prenos (HVDC – slika 1a)**, ki ima pomembno vlogo v tehnologiji prenosa električne energije, saj v primerjavi z izmeničnimi sistemi ponuja ekonomske in tehnične prednosti pri prenosu energije na velikih razdaljah, tipičnem za interkonekcije globalnih dimenzij., Sinhrono povezani sistemi morajo biti med seboj uglaseni na nivoju regulacije frekvence, rezerve proizvodnih zmogljivosti, zahtev glede zanesljivosti, načina obratovanja itd. Vse te v določenih primerih zelo drage prilagoditve so pri povezavi sistemov prek enosmerne povezave nepotrebne [3].
- **Izmenični prenos na dolge razdalje (HVAC – slika 1b)**, ki prenaša energijo iz oddaljenih elektrarn v centre porabe. Tak tip prenosa se uporablja večinoma za prenos energije iz oddaljenih hidroelektrarn [4]. Vendar tovrsten prenosni sistem potrebuje vmesne podpostaje, v katerih je priključena serijska in/ali paralelna kompenzacija za vzdrževanje ustreznega napetostnega profila in stabilnosti prenosa. Z razdelitvijo celotne prenosne proge na sekcije se poveča tudi zanesljivost

obratovanja. Vmesne postaje so lahko povezane tudi z lokalnimi omrežji nižjih napetostnih nivojev, ki se sčasoma razvijajo in imajo lahko tudi lastno proizvodnjo. Tako se konfiguracija prenosne proge spreminja in zavzame obliko povezanih sistemov, ki jih opisuje naslednja točka.

- **Izmenični prenos skozi povezane sisteme (slika 1c)**. Tak tip prenosa je postal značilen za Evropo, ki ima velik interkonekcijski EES na relativno nizkem napetostnem nivoju. V se hitro razvijajočih državah, katerih regionalni EES so še vedno izolirani, izvedejo interkonekcije z relativno šibkimi povezavami bodisi na napetostnem nivoju regionalnega sistema ali pa prek »nadrejenega« omrežja višje napetosti. Zaradi tehničnih problemov, ki se pojavljajo ob tovrstnih interkonekcijah je v teh primerih bolj smiselno uporabiti HVDC oz. hibridni HVDC/HVAC prenosni sistem, kot npr. na Kitajskem oz. v Indiji [5].

V predstavljeni študiji obravnavamo relativno preproste modele povezanih sistemov, ki naj odgovorijo na nekatera osnovna vprašanja prenosa energije na velikih razdaljah. V resnici gre za uporabo povezav med regionalnimi sistemi za dodatno nalogo, t.j. prenos energije na dolge razdalje.



Slika 1: Osnovni tipi elektroenergetskih prenosnih sistemov:

- a) prenos HVDC
- b) prenos na dolge razdalje s sistemom HVAC
- c) izmenični prenos skozi povezane sisteme

Fig. 1: Main types of electric power transmission;

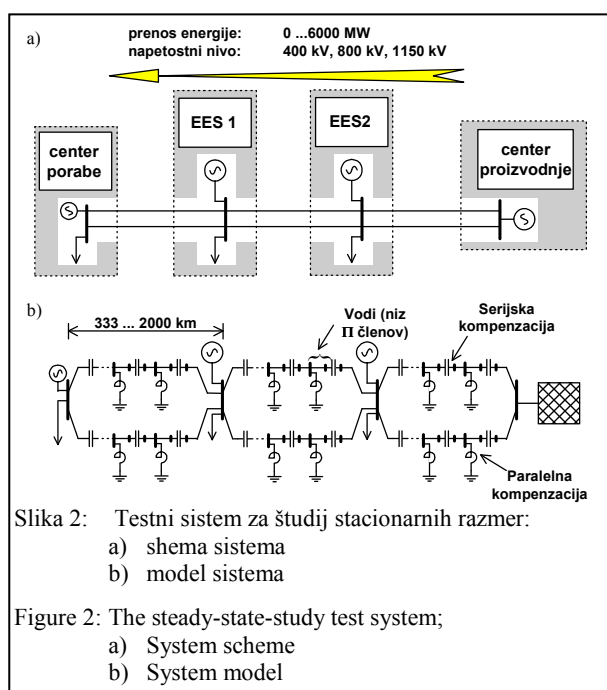
- a) HVDC transmission
- b) Long distance AC transmission
- c) AC transmission through interconnected power systems

2. Tehnični vidiki prenosa električne energije na dolge razdalje z izmeničnim sistemom – stacionarne razmere

V nadaljevanju obravnavamo nekaj osnovnih problemov in omejitev, povezanih s stacionarnimi razmerami dolgega prenosnega koridorja, ki ga shematično prikazuje slika 2. Da bi poudarili nekatere pojave, smo v nekaterih izračunih upoštevali tudi ekstremne pogoje obratovanja.

Kot osnovo za študij smo izbrali longitudinalni prenosni elektroenergetski sistem, ki ga sestavljata

center proizvodnje in center porabe na začetku oz. na koncu in ki sta povezana prek prenosne proge, ki poteka skozi dva regionalna sistema, katerih proizvodnja in poraba naj bosta izravnani. Med centrom proizvodnje in centrom porabe naj se pretakajo velike količine energije. Strukturo sistema, njegov model in osnovne podatke prikazuje slika 2. Za prenosno progo sta predvidena dva vzporedna voda, saj drugače ni moč zagotoviti ustrezne zanesljivosti obratovanja povezave med sistemi. Spremenljivke pri analizi razmer so: dolžina prenosne proge, napetostni nivo prenosa, stopnja serijske kompenzacije, moč paralelne kompenzacije in prenesena moč.



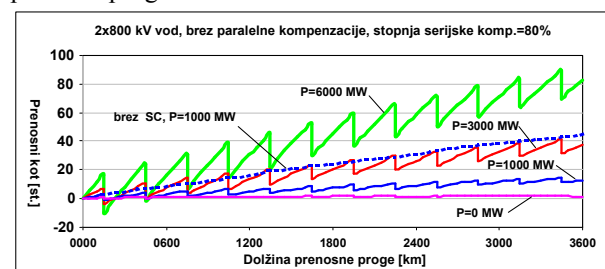
Glede na različne scenarije smo preneseno moč med centroma proizvodnje in porabe spreminjali med 0 in 6000 MW. Dolžina povezave med posameznimi sistemi je bila od 333 km do 2000 km v skrajnem primeru, kajti ugotoviti smo hoteli, kje so tehnične omejitve takih prenosov. Kakor je razvidno iz slike 2, so vodi sekcionirani, da je moč priključiti serijsko in/ali paralelno kompenzacijo. Dolžina prenosne proge je torej od 1000 km do 6000 km. Da bi lahko podrobneje analizirali razmere znotraj prenosne proge vzdolž vodov, smo le-te modelirali kot zaporedje relativno kratkih Π členov.

Obravnavali smo tri napetostne nivoje, in sicer 400 kV, 800 kV in 1150 kV. Za vode smo upoštevali "standardne" konfiguracije vodnikov glede na posamezen napetostni nivo (število vodnikov v snopu oz. njihovi prerezi). V nekateri primerih so bili vodi obremenjeni čez termično mejo, čeprav v normalnih pogojih ne bi smeli obratovati pod takimi pogoji, posebno če naj bi veljal n-1 kriterij ob izpadih

posameznih vodov. Tako je bilo moč bolj nazorno prikazati posamezne omejujoče dejavnike prenosa.

2.1 Omejitev prenosnega kota

Vodi so serijsko kompenzirani v sredini posameznih odsekov. Poenostavljen kriterij za določitev stopnje kompenzacije je maksimalni prenosni kot δ med sosednjimi sistemi. Številne študije v preteklosti so pokazale, da ta kot normalno naj ne bi presegel 30° , predvsem zaradi problemov, povezanih z dinamiko sistema [4]. Čeprav vključitev npr. naprav FACTS omogoča stabilno obratovanje pri večjih kotih, smo v delu predpostavili fiksno kompenzacijo. Po drugi strani iz tehničnih razlogov nivo serijske kompenzacije (SC) naj ne bi presegel 80%. Omeniti velja, da paralelna kompenzacija malo vpliva na prenosni kot. Če so vodi paralelno kompenzirani, se nivo serijske kompenzacije, potreben za omejitev prenosnega kota na določeno vrednost, le malo razlikuje od tistega pri paralelno nekompenziranemvodu (v našem primeru reda 1% do 2%). Na sliki 3 predstavljamo prenosni kot v odvisnosti od lokacije. Očitno je, da kaže kotni zamik zaradi serijske kompenzacije (skoki na krivuljah) v nasprotni smeri od kotnega zamika zaradi pretoka moči po prenosni progi.

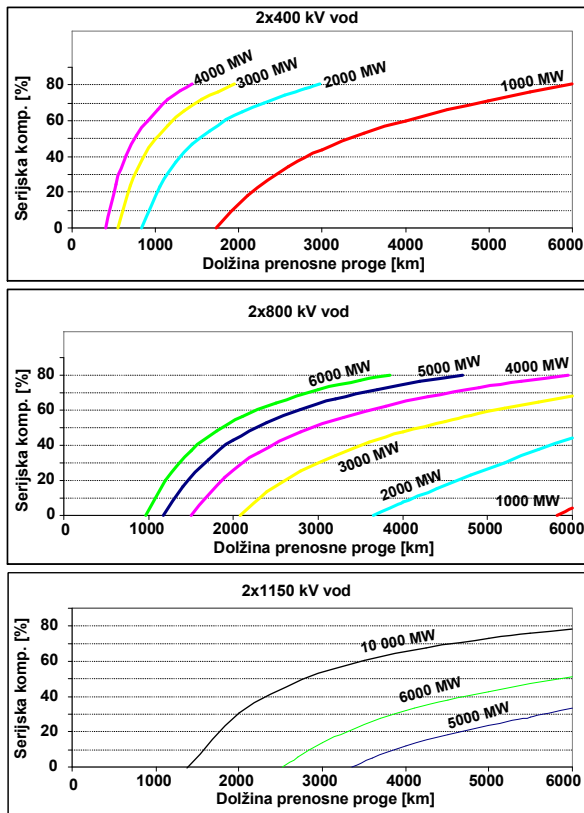


Slika 3: Prenosni kot, kot funkcija lokacije (PC - paralelna kompenzacija, P - prenesena moč)
 Figure 3: Transmission angle as a function of location (PC-Parallel Compensation, P-Transmitted power)

Hkrati opazimo, da serijska kompenzacija bistveno zmanjša prenosni kot (primerjava med krivuljama "P=1000MW" in "brez SC, P=1000MW"). Brez serijske kompenzacije bi očitno zelo hitro dosegli omejitev prenosa, ki ga postavlja prenosni kot.

Na sliki 4 je prikazan potreben nivo serijske kompenzacije, ki omeji prenosni kot δ med sosednjimi sistemi na 30° , v odvisnosti od dolžine prenosne proge, za različne vrednosti porabe moči "centra porabe" (od 1000 MW do 6000 MW – različne krivulje). Kakor se izkaže, je očitno, da velikih moči ni mogoče prenašati na dolge razdalje po prenosnih sistemih nizkih napetostnih nivojev. 3000 MW (to je dobra polovica termične meje izbranega 400 kV prenosnega sistema) npr. po 400 kV daljnovodu kljub 80% serijski kompenzaciji ni moč prenašati niti 2000 km. To pa ni razdalja, ki bi omogočala transport energije iz oddaljenih sistemov (npr. iz Rusije v Italijo). Če želimo v sistemu ohraniti kriterij n-1, morajo biti vodi obremenjeni le do polovice termične obremenljivosti. V

danem primeru pa je to približno enako naravni moči



Slika 4: Nivo serijske kompenzacije, ki ga potrebujemo za omejitev prenosnega kota med podsistemi na 30°

Figure 4: Necessary series compensation level for limiting the transmission angle between subsystems to 30°

daljnovidov (za 400 kV prenos okrog 30% več), ki za 400kV, 800kV in 1150kV znaša okrog 2x690MW, 2x2000MW oz. 2x4800MW.

Kakor sledi iz slike 4 oz. nekaterih dodatnih izračunov, je maksimalna dolžina prenosa za obravnavani sistem ob prenosu naravne moči brez kompenzacije za tri obravnavane napetostne nivoje okrog 1250km, 1500km oz. 1450km. Pri 80 odstotni

serijski kompenzaciji pa so ob prenosu naravne moči maksimalne dolžine 4400km, 6000km oz. 6800km.

2.2 Napetostni profil

Vzdrževanje napetostnega profila prenosnega koridorja v vseh obratovalnih stanjih je pomemben vidik prenosa energije na dolge razdalje. Če napetosti presegajo najvišje dovoljene vrednosti, lahko to zmanjša zanesljivost prenosa. Pri obremenitvah vodov pod njihovo naravno močjo napetost naraste zaradi Ferrantijevega efekta. Po drugi strani pa vemo, da v visokonapetostnih vodih povzročajo padce napetosti predvsem pretoki jalovih moči. Z regulacijo teh je moč napetostni profil ohraniti v sprejemljivih mejah.

V študiji smo predpostavili, da na priključnih sponkah daljnovidov v posameznih podsistemi viri držijo napetost na vrednosti 1 p.u. Če želimo preprečiti, da bi napetost vzdolž prenosne proge "ušla" iz sprejemljivih meja (recimo pod 0.9 oz. nad 1.1 p.u.), je treba vode kompenzirati s paralelno kompenzacijo.

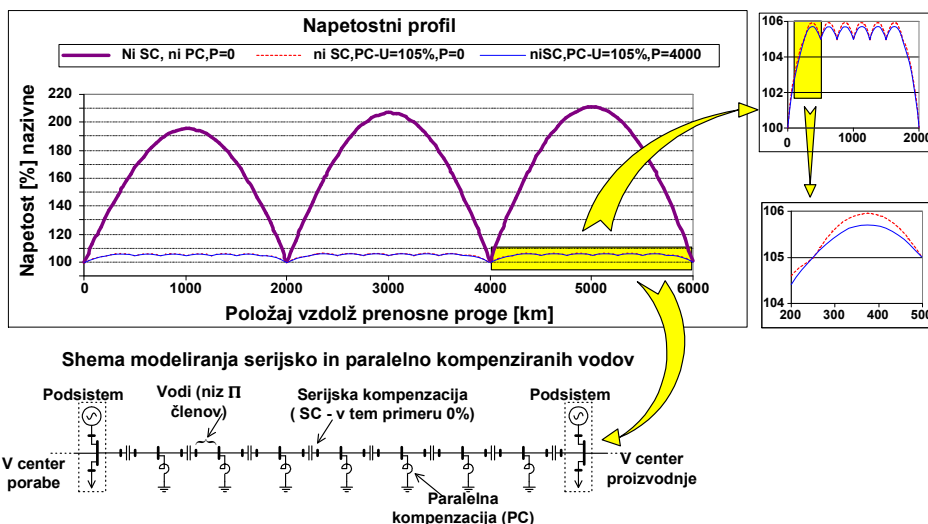
Zahtevana moč kompenzacije je odvisna od obremenitve prenosne proge, zato je v razmerah, kjer se pretok pogosto močno spreminja, smiselno vgraditi k fiksni paralelni kompenzaciji tudi regulabilne paralelne naprave (naprave FACTS- SVC, STATCOM).

Za prikaz vpliva paralelne kompenzacije na napetostni profil smo izbrali ekstremni primer, t.j. 6000 km dolg 1150kV koridor z dvema vmesnima omrežjema, brez izmenjave moči med omrežji. Slika 5 prikazuje napetostni profil za sistem brez serijske kompenzacije. V oznakah pomeni "SC" serijsko kompenzacijo, "PC" paralelno kompenzacijo in "P" preko koridorja preneseno moč. Brez dodatne paralelne kompenzacije bi se napetost vzdolž koridorja dvignila čez 200%, kar seveda ni sprejemljivo. Zato je treba vode v dodatnih podpostajah med omrežji paralelno kompenzirati. V priključnih točkah je napetost nastavljena na 105%. Krivulji "Ni SC, PC-U=105%, P=0" in "Ni SC, PC-U=105%, P=4000" predstavljata napetostni profil vzdolž proge za paralelno kompenzirane vode in prenos moči 0 oz. 4000 MW.

Zahtevana nazivna moč paralelne kompenzacije v teh dveh primerih je znašala 55 GVar oz. 45 GVar.

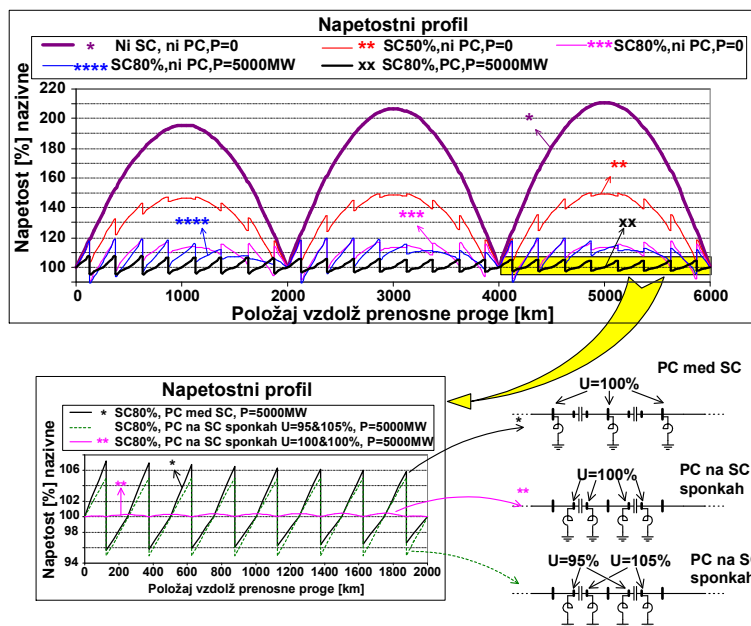
Nadaljnji ukrep, s katerim je mogoče sočasno z redukcijo kota vplivati tudi na napetostni profil, je vključitev serijske kompenzacije.

Napetostni profil za paralelno in serijsko kompenzirane vode prikazuje slika 6 (enak



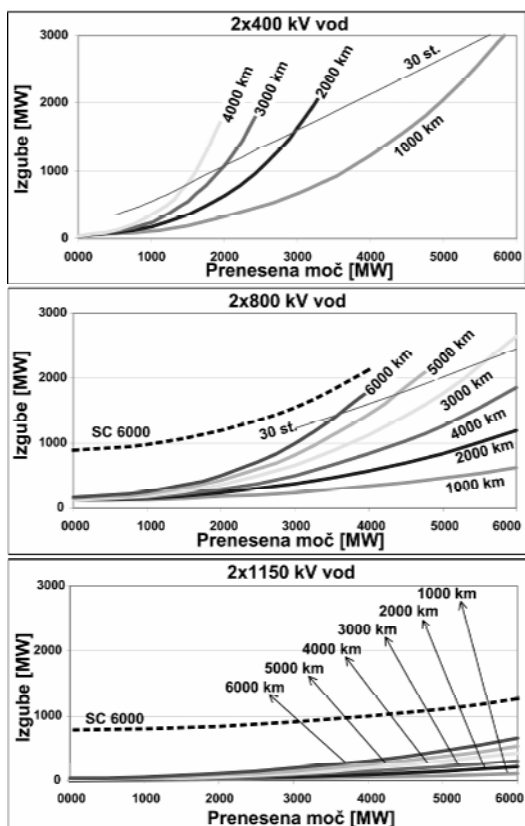
Slika 5: Napetostni profil nekompenziranih in paralelno kompenziranih vodov

Figure 5: Voltage profile of uncompensated and parallel compensated lines



Slika 6: Napetostni profil serijsko in paralelno kompenziranih vodov
 Figure 6: Voltage profile of series and parallel compensated lines

primer kot na sliki 5). Kot referenčno krivuljo smo uporabili graf "Ni SC, PC-U=105%, P=0". Serijska



Slika 7: Prenosne izgube v odvisnosti od prenesene moči
 Figure 7: Transmission Losses as a Function of the Transmitted Power

kompenzacija bistveno vpliva na napetostni profil.

Zanimivo je, da obremenitev ne vpliva bistveno na napetostni profil serijsko kompenziranih vodov, kar lahko sklepamo iz diagramov "SC80%, ni PC, P=0" in "SC80%, ni PC, P=5000MW". Pri 80% SC je torej vpliv 5000MW delovne moči na višino napetosti skoraj zanemarljiv. Glede na to, da SC bistveno zniža napetostni profil, bi lahko napak sklepali, da je treba le še malo paralelne kompenzacije, da ga pomaknemo v želene okvire. Tako sklepanje je popolnoma napačno, saj znaša nazivna vrednost paralelne kompenzacije, ki je potrebna za to, 48 GVar (za konfiguracijo "PC med SC" – slika 6 spodaj). Za obe preostali konfiguraciji priključitve serijske in paralelne kompenzacije pa znaša ta vrednost okrog 55 GVar. Izkazuje se, da je potrebna paralelna kompenzacija, če ni prenosa delovne moči, takorekoč enaka pri serijsko kompenziranih in

nekompenziranih vodih. To trditev je na poenostavljenem modelu moč tudi teoretično dokazati. Razlog za ta pojav je, da si serijska in paralelna kompenzacija glede porabe oz. proizvodnje jalove moči "nasprotujeta". Paralelna kompenzacija je zelo učinkovita pri majhnih in serijska pri velikih prenosnih močeh.

2.3 Prenosne izgube – ni prenosa moči med podsistemi vzdolž prenosne proge

Prenosne izgube so pomemben dejavnik, ki vpliva na ekonomsko utemeljenost interkonekcij. V naslednjem primeru predpostavljamo le prenos moči med centroma proizvodnje in porabe skozi podsisteme, ki imajo izravnano bilanco moči. Prenosni vodi naj bodo 80 odstotno serijsko kompenzirani, paralelna kompenzacija pa vzdržuje napetost znotraj dovoljenih meja. Primerjavo izgub za različne dolžine prenosne proge in moči podajamo na sliki 7. Krivulja "30 st." prestavlja omejitev prenosnega kota med podsistemi na 30 stopinj. Kot je razvidno, izgube močno narastejo pri prenosu na dolge razdalje pri nižjih napetostnih nivojih. Prenosne razmere, pri katerih presežejo izgube 10 do 15% prenosne moči, niso ekonomske. Potreben je prehod na višji napetostni nivo. Na diagramih je predstavljena tudi krivulja "SC 6000", ki predstavlja izgube pri prenosu na razdaljo 6000 km, vendar brez paralelne kompenzacije (samo SC). Zaradi zelo velikih kapacitivnih tokov se izgube pri nizkih obremenitvah zelo povečajo. Paralelna kompenzacija vodov je torej nujna, ne le zaradi vzdrževanja ustreznega napetostnega profila, temveč tudi zaradi ekonomike prenosa.

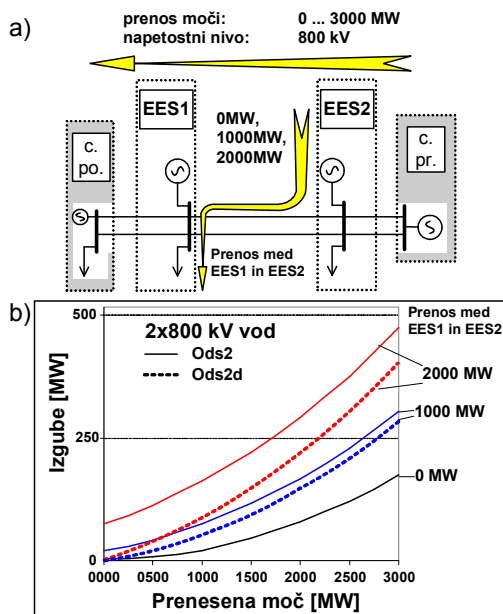
2.4 Prenosne izgube – dodatni prenos moči med podsistemi vzdolž prenosne proge

Dodatni prenosi med podsistemi bistveno povečajo skupne izgube. Kot primer predstavljamo "lokalni" prenos med dvema podsistemoma upoštevajoč dolžino 800 kV prenosne proge 4000 km. Prenos skozi sistem je omejen na okrog 5000MW, da pri 80% SC ne presežemo prenosnega kota 30°. Prenos med centroma proizvodnje in porabe naj bo 3000MW, med podsistemoma EES1 in EES2 pa dodatno še 0 MW ali 1000MW ali 2000MW. Na sliki 8b so prikazane izgube prenosa. Pri tem predstavljajo krivulje naslednje:

"Ods2" Izgube na odseku med EES1 in EES2 kot funkcija prenosa prek celega sistema

"Ods2d" Dodatne izgube na odseku zaradi prenosa moči prek celega sistema

Ker so izgube odvisne od kvadrata toka, dodatni prenos preko celotne proge povzroči močno povečanje izgub v opazovanem odseku. Pri prenosu 2000MW med EES2 in EES1 se zaradi prenosa 3000MW med centrom proizvodnje in porabe povečajo izgube za skoraj 400 MW. Nujno je definirati pravila o delitvi stroškov izgub.



Slika 8: Situacija in izgube ob prenosu med podsistemoma
a) shema sistema
b) izgube kot funkcija prenosa

Figure 8: Situation and losses in case of a "third-parties" transmission
a) System scheme
b) Losses dependent on the transmitted power

3. Sklep

V razmerah prostega trga z električno energijo postaja prenos energije na dolge razdalje čedalje bolj vabljev. Fizikalno-tehničnih omejitev, ki bi omejevale velikost povezanih EES ni, vendar pri zelo velikih sistemih

prednosti povečevanja sistema ne odtehtajo problemov povezanih z velikostjo sistema.

Na prenosno zmogljivost prenosnega koridorja odločilno vpliva napetostni nivo. Pri nižjih napetostih namreč hitro trčimo na omejitve glede prenosnega kota. Za povečanje prenosne razdalje je treba vode serijsko kompenzirati. Na 400 kV nivoju pa za velike moči tudi tako ni moč bistveno povečati mejne dolžine prenosa.

Napetost vzdolž koridorja uravnavamo s paralelno kompenzacijo vodov. Pri majhnih obremenitvah in dolgih vodih je potrebna moč paralelne kompenzacije več kot 10-krat večja od naravne moči vodov. Na profil napetosti bistveno vplivamo tudi z razporeditvijo elementov serijske in paralelne kompenzacije.

Čprav s serijsko kompenzacijo ugodno vplivamo na napetostni profil koridorja, pa z njo skoraj ne vplivamo na potrebno paralelno kompenzacijo.

S preneseno močjo izgube zelo strmo naraščajo in so odločilen dejavnik prenosa, zlasti pri nižjih napetostih.

Paralelna kompenzacija ni potrebna le zaradi uravnavanja napetostnega profila, pač pa bistveno zmanjša izgube prenosa pri nižjih prenosih.

Prenos prek prenosnega koridorja lahko bistveno poveča izgube pri lokalnih izmenjavah, zato je treba definirati pravila o delitvi stroškov izgub.

4. Literatura

- [1] Cigre TF38-01-06: Load Flow Control in HV Systems Using FACTS Controllers, October 1995.
- [2] D. Povh, B. Ehmcke: Möglichkeiten und Grenzen beim Stromtransport, VDI Report No. 1129, 1994.
- [3] Economic Assessment of HVDC Links. CIGRE Brochure Nr.186, June 2001
- [4] H.-C. Müller, H.-J. Haubrich, J. Schwartz: Technical Limits of Interconnected Systems, Report 37-301, Cigre Meeting, Paris (1992).
- [5] B. Ehmcke, C.O. Klermund, D. Povh: Technical and Economical Aspects of System Interconnection, The 4th Afro-Asian International Conference, Cairo (12 -15 Dec. 1998).

Rafael Mihalič (1961) je diplomiral, magistriral in doktoriral na Fakulteti za elektrotehniko in računalništvo v Ljubljani. Po diplomi je postal asistent na omenjeni fakulteti. Med letoma 1988 in 1991 je bil zaposlen pri Siemensu AG v Erlangnu. Trenutno je profesor na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani. Je član CIGRE, član IEEE in predsednik ŠK B4 SLOKO CIGRE. Področje delovanja vključuje predvsem analizo elektroenergetskih sistemov in naprav FACTS.

Dušan Povh (1935) je diplomiral na Univerzi v Ljubljani, doktoriral na Tehnični univerzi v Darmstadtu (Nemčija). Je tudi profesor na Univerzi v Ljubljani. Dolga leta je bil na vodilnih položajih pri Siemensu AG v Nemčiji, sedaj pa je svetovalec. Področje delovanja obsega analizo EES, HVDC in FACTS. Je "Fellow Member" IEEE, bil pa je vodja CIGRE Study Committee on HVDC and FACTS. Prejel je nagrado Uno Lamm leta 2001 in "FACTS Award" leta 2003.