

Doc. dr. sc. Nijaz Dizdarević  
Prof. dr. sc. Mislav Majstrovic  
Mr. sc. Davor Bajs  
Mr. sc. Goran Majstrovic  
Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb

## TRŽIŠNI ASPEKTI REGULACIJE NAPONA I KOMPENZACIJE JALOVE SNAGE

### SAŽETAK

Proizvodnja jalove snage bitna je za pouzdanost i sigurnost pogona elektroenergetskog sustava. Neodgovarajuće karakteristike jalove snage uzrokovale su brojne slomove napona i bile glavnim uzrokom nekoliko nedavnih raspada ees-a u svijetu. Stoga je nužno definirati i primijeniti regulatorni pristup proizvodnji jalove snage uz razumne troškove. Pravila proizvodnje jalove snage uspostavljaju se obzirom na njezinu raspoloživost, ali i obzirom na njezinu dobavu iz najpouzdanijih i najjeftinijih izvora. U ovom se članku razmatraju elementi regulatornog pristupa koji utječu na karakteristike i troškove proizvodnje jalove snage. Obzirom na tržišne aspekte, regulatorni pristup nužno treba objasniti zahtjeve i postaviti pravila nadoknađivanja troškova proizvodnje jalove, te kreirati poticaje kojima se ohrabruje poželjno ponašanje. Sugerirani su principi učinkovite i pouzdane proizvodnje i potrošnje jalove snage.

**Ključne riječi:** tržište, regulacija napona, kompenzacija jalove snage, karakteristike i troškovi

## MARKET ASPECTS OF VOLTAGE REGULATION AND REACTIVE POWER COMPENSATION

### ABSTRACT

Reactive power supply is essential for reliable operation of the electric power transmission system. Inadequate reactive power has led to voltage collapses and has been a major cause of several recent major power outages worldwide. Sound regulatory policies are necessary to ensure an adequate supply of reactive power at reasonable cost. The rules for procuring reactive power can affect whether adequate reactive power supply is available, as well as whether the supply is procured efficiently from the most reliable and lowest cost sources. This paper is intended to discuss regulatory policies affecting characteristics and costs of reactive power. Among market aspects, regulatory policies shall include clarification of the requirements and compensation rules for providing reactive power, as well as creation of incentives that encourage desired behavior. Principles of efficient and reliable supply and consumption of reactive power are suggested.

**Key words:** market, voltage regulation, reactive power compensation, characteristics and costs

### 1. UVOD

Vođenje pogona visokonaponskog prijenosnog sustava u nadležnosti je operatora sustava koji prema iskustvima iz svijeta mogu, ali i ne moraju biti vlasnici proizvodnih i prijenosnih elemenata za kompenzaciju jalove snage. U slučaju kada nisu vlasnici dostatne odgovarajuće opreme, operator

sustava mora dobavljati jalovu snagu iz drugih izvora. Pri tome se regulatornim pristupom operatoru sustava (neovisnom ili vertikalno integriranom) trebaju osigurati uvjeti i mogućnosti izbora dobavljača jalove snage uz najnižu razumnu cijenu.

Obzirom na sadašnju svjetsku praksu, u tom je pogledu prepoznato više problema u dobavljanju jalove snage i određivanju njezine cjenovne politike.

Standardna pravila priključenja na mrežu od novih proizvodnih jedinica zahtijevaju standardizirani faktor snage. Međutim, lokalne potrebe često odstupaju od tih standarda. Neke lokacije mogu imati veću potrebu za jalovom snagom od standardno propisane, a neke manju. Štoviše, standardi su neprecizni obzirom na više važnih aspekata. Na primjer, standardi ne specificiraju točno postupak te stranu uzlaznog transformatora na kojoj se izvodi mjerenje faktora snage.

Kriteriji planiranja izvora jalove snage i postupci njezine dobave nisu transparentni. Alternativna rješenja za održavanje potrebne sposobnosti proizvodnje jalove snage mogu postojati, ali te opcije ne moraju biti razmotrene na odgovarajući način. Mnogi sudionici na tržištu koji mogu iskazivati dodatnu sposobnost proizvodnje jalove snage imaju vrlo malene poticaje da to zaista i čine. Cjenovni signali koji mogu ohrabriti dodatne investicije imaju ograničenu narav. U mnogim slučajevima odziv opterećenja te investicije na strani tereta mogu umanjiti potrebe za jalovom snagom u sustavu, ali su poticaji kojima se ohrabruje učinkovito sudjelovanje tereta vrlo ograničeni.

Operatori sustava nemaju odgovarajući sustav poticaja za uvrštavanje svih raspoloživih izvora jalove snage u razmatranje na temelju najmanjih troškova. Regulacija na temelju troška usluge prepoznaje samo kapitalne investicije, čak i kada kupovina od treće strane predstavlja jeftiniju alternativu. Operatori sustava mogu i pogriješiti u prilagođavanju iznosa proizvedene jalove snage obzirom na potpunu optimizaciju pogona sustava. Često razina proizvedene jalove snage zadovoljava samo zahtjeve pouzdanosti pogona prijenosnog sustava. Međutim, operatori sustava ipak uobičajeno biraju onu razinu proizvodnje jalove snage koja zadovoljava prethodno specificirane zahtjeve sigurnosti, čak i kada njezin raspon dozvoljava zadovoljenje djelatnog opterećenja uz niže ukupne troškove. Pri tome je upitna primjenjivost računalnih programa za izvođenje optimizacije problema jalove snage.

U tom se pogledu uglavnom izdaju slijedeće preporuke:

1. Potrebe za jalovom snagom treba procjenjivati lokalno, temeljem jasnih kriterija.
2. Te potrebe treba zadovoljavati na učinkovit i pouzdan način.
3. Oni subjekti koji imaju koristi od jalove snage trebaju snositi troškove njezine dobave.
4. Svi dobavljači jalove snage trebaju za to biti plaćeni, i to na ne-diskriminirajućoj osnovi.

Svrha ovog članka nalazi se u iniciranju diskusije o odgovarajućem regulatornom pristupu određivanju cijene jalove snage te organizaciji tržišta. U članku je najprije pružen pregled fizikalnih karakteristika i troškova proizvodnje jalove snage. Zatim je ukratko razmotrena sadašnja praksa određivanja cijene proizvodnje jalove snage u različitim zemljama. Na kraju su predloženi postojeći principi određivanja cijena proizvodnje jalove snage.

## **2. FIZIKALNE KARAKTERISTIKE I TROŠKOVI**

Jalova snaga može se dobiti iz više različitih izvora, uključujući elemente prijenosa (poput kondenzatorskih baterija, prigušnica, statičkih kompenzatora), generatore i sinkrone kompenzatore. Jalova snaga se ne prenosi na velikim udaljenostima i pri visokim opterećenjima vodova zbog značajnih gubitaka. Stoga se jalova snaga uobičajeno dobavlja iz izvora koji se nalaze u blizini mjesta iskazane potrebe. Time je uvelike ograničeno geografsko područje tržišta jalovom snagom te broj dobavljača i razina natjecanja barem u kratkoročnom periodu prije nego što drugi dobavljači mogu ući na tržište.

Iako uvjeti natjecanja na tržištu jalove snage mogu biti izrazito ograničeni u kratkoročnom periodu, na mnogim lokacijama ipak postoji mogućnost alternativnih izvora jalove snage, a i novi izvori mogu ući na tržište u srednjoročnom periodu. Za cilj treba uspostaviti skup pravila kojima se osigurava odgovarajuća dobava jalove snage (uključujući i održavanje rezerve jalove snage) koja bi bila raspoloživa na svim lokacijama kako bi se pogon sustava odvijao na pouzdan i učinkovit način uz najmanje troškove. Transparentni i ne-diskriminirajući postupci dobave i cijene jalove snage pozitivno promoviraju ovakav cilj.

Općenito, jalova snaga dobavlja se iz dvije kategorije izvora: statičkih i dinamičkih. Statički izvori jalove snage nisu u mogućnosti brzo mijenjati razinu proizvodnje dok god je napon u čvorištu njihovog priključenja konstantan. Razina proizvodnje jalove snage iz statičkih izvora opada ako se iznos napona smanjuje. Kondenzatorske baterije i prigušnice predstavljaju statičke izvore jalove snage. U dinamičkim se izvorima jalova snaga proizvodi na način da je moguće brzo mijenjati razinu njezine proizvodnje neovisno o iznosu napona u čvorištu priključenja. Stoga dinamički izvori mogu povećati razinu proizvodnje jalove snage u uvjetima propada napona te time izbjeći slom napona. Statički kompenzatori, sinkroni kompenzatori i generatori predstavljaju dinamičke izvore jalove snage.

Fiksni i varijabilni troškovi proizvodnje jalove snage iz statičkih izvora znatno su niži od troškova koji se odnose na dinamičke izvore. Ukoliko bi troškovi bili jedini upitni aspekti, pružatelj usluga u prijenosu bi u svakom trenutku najprije iskoristio statičke izvore jalove snage, a tek zatim dinamičke i to samo nakon potpunog iskorištenja statičkih izvora. Međutim, dva faktora prisiljavaju pružatelje usluga u prijenosu na korištenje skupljih dinamičkih izvora jalove snage umjesto jeftinijih statičkih. Prvi se odnosi na činjenicu da najjeftiniji izvori nisu uvijek u stanju proizvesti jalovu snagu na način koji bi bio zadovoljavajuće pouzdan. Statički izvori ne proizvode jalovu snagu na jednako pouzdan način kao što to čine dinamički izvori. Naime, proizvodnja iz statičkih izvora ovisi o iznosu napona u čvorištu priključenja zbog čega sposobnost proizvodnje opada sa smanjenjem napona. Drugi nastaje zbog nemogućnosti prijenosa jalove snage na većim udaljenostima (zbog značajnih gubitaka), već se ona mora proizvesti na lokacijama izražene potrebe. Stoga skuplji izvori jalove snage moraju ponekad biti primijenjeni čak i ako su jeftiniji izvori spremni za pogon, jer su skuplji izvori pouzdaniji i/ili su bliži lokaciji izražene potrebe za jalovom snagom, odnosno jeftiniji izvori ne mogu dobiti jalovu snagu na mjesto iskazane potrebe.

Tijekom izvođenja studija planiranja u cilju prepoznavanja traženog iznosa jalove snage potrebno je primijeniti jednoznačni postupak kako bi se odredio omjer između statičkih i dinamičkih izvora jalove snage u sustavu. Analitički je pristup potreban zbog određivanja ili opravdavanja primjene dinamičkih izvora u određenoj regiji. Statički izvori znatno su jeftiniji od generatora, posebice ukoliko ograničenje kapaciteta generatora ima obvezujući karakter. Sa stajališta ekonomičnosti, u većini slučajeva vrlo malo jalove snage u stacionarnom stanju sustava treba biti proizvedeno iz generatora. To međutim nije današnja praksa u mnogim elektroprivredama. Jedina zaista vrijedna jalova snaga nije ona koja se proizvodi, već ona koja može biti proizvedena kada je to potrebno. Sposobnost proizvodnje jalove snage iz generatora znatno je vrijednija od sposobnosti proizvodnje iz statičkih izvora, jer je kod generatora podržana unutarnjom elektromotivnom silom i ne nestaje s propadanjem napona. Obzirom da statički izvori napona koštaju približno 1% do 3% od kapitalnog troška proizvodnje jalove snage iz generatora, još je izraženija potreba korištenja generatora za dinamičku podršku uz zadovoljavanje većine potreba stacionarnog stanja putem statičkih izvora. Na primjer, u sklopu jedne od pomoćnih usluga, tko god iskaže sposobnost pružanja usluge regulacije napona putem izvora jalove snage, može biti plaćen za tu uslugu ukoliko ga odabere operator sustava. Oni klijenti koji nadalje servisiraju terete moraju tu uslugu kupiti od operatora sustava.

Ne postoji jednostavno pravilo određivanja omjera statičkih i dinamičkih izvora jalove snage u sustavu. Procjena ovisi o više faktora koji uključuju (1) kriterije planiranja zadovoljenosti napona prije i nakon poremećaja te propade napona u kriterijima unaprijed predvidivim uvjetima pogona, (2) mogućnost dobave jalove snage iz generatora kao dinamičkih izvora u uvjetima pojave ispada, (3) faktore snage u distribucijskim sustavima, (4) sposobnost proizvodnje jalove snage generatora, (5) poželjno vladanje sustava, (6) financijska sposobnost... U slučaju da su poznate karakteristike proizvodnje jalove snage svih generatora u sustavu, moguće je planirati potrebe za statičkim izvorima jalove snage temeljem postavljenih kriterija planiranja uz pretpostavku da u slučaju ispada postoji dostatan iznos jalove snage koji dolazi iz tih generatora. Ipak, nije sigurno da u takvim uvjetima zaista i postoji generatorska podrška, pa se često razmatra ugradnja statičkih kompenzatora ukoliko su prihvatljivi cijenom i karakteristikama. Temeljna se ograničenja statičkih i dinamičkih izvora jalove snage nalaze u tehničkim i ekonomskim elementima. Stoga je kompromis često neizbježan, a posebice obzirom na primjenu suvremenih FACTS uređaja kao što je to STATCOM koji može održavati maksimalnu kapacitivnu ili induktivnu izlaznu struju u širem rasponu napona od tradicionalnog SVC-a. Očito je ostvarivost FACTS rješenja ovisna o tržišnim poticajima. Iako su pitanja vezana uz jalovu snagu još uvijek predmetom istraživanja na sveučilištima i institutima, temom analize regulatornih agencija ili pokusnim eksperimentima u mnogim zemljama, moguće je da FACTS tehnologija postane ekonomski privlačna u cilju ispunjavanja zahtjeva budućih i znatno organiziranijih tržišta (tržišta pomoćnih usluga ili tržišta jalove snage).

### **3. SADAŠNJA PRAKSA ODREĐIVANJA CIJENE PROIZVODNJE JALOVE SNAGE**

Gotovo jedno cijelo stoljeće elektroenergetika se razvijala u okviru vertikalno integriranih elektroprivreda. Kompromis između investiranja u proizvodnju i prijenos nalazio se u domeni internog odlučivanja tvrtke te u većini slučajeva izvan pogleda javnosti. Investicijski troškovi elemenata za proizvodnju jalove snage uglavnom su uključivani u osnovnu tarifu, dok su troškovi re-dispečiranja smješteni unutar okvira određenog cijenom goriva s povratom od strane potrošača. S uvođenjem razdvajanja elektroenergetskih djelatnosti, te s pojavom neovisnih proizvođača (*eng. independent power producers, IPP*) i izravnih prijenosnih vodova, javila se potreba ponovnog razmatranja uloge proizvođača i potrošača jalove snage kao i odgovornosti za nastale troškove (tko i kako treba platiti odnosno biti plaćen za jalovu snagu).

U sadašnje se doba proizvodnju jalove snage i regulaciju napona tretira kao jednu od pomoćnih usluga koju pružatelj usluga u prijenosu mora uključiti u tarife za prijenos. Dva su osnovna načina kompenzacije jalove snage i regulacije napona: (1) ugradnjom opreme koja je sastavni dio prijenosnog sustava i (2) korištenjem proizvodnih elemenata. Troškovi se u prvoj skupini nadoknađuju iz dijela troškova osnovnih usluga u prijenosu i stoga ne predstavljaju odvojenu pomoćnu uslugu. U drugoj se skupini troškovi razmatraju odvajanjem pomoćne usluge od osnovnih usluga u prijenosu. Ukoliko nema dokaza da generator ima tržišnu moć obzirom na proizvodnju jalove snage, cijena ove pomoćne usluge treba biti utemeljena na stvarnim troškovima i uspostavljena na temelju gornjeg ograničenja, pri čemu pružatelji usluga u prijenosu mogu ponuditi popust.

Generatori su u početku razvoja tržišta pokušavali nadoknaditi troškove koji nastaju zbog proizvodnje jalove snage kroz tri komponente: (1) generator i sustav uzbude, (2) prateća električna oprema koja podržava pogon generatora i uzбудnika, te (3) preostali dio ukupne investicije u proizvodnju koji je potreban za proizvodnju djelatne snage i pogon sustava uzbude. Obzirom da navedeni dijelovi postrojenja sudjeluju u proizvodnji i djelatne i jalove snage, moguće je razviti faktor alokacije kako bi se godišnji prihodi od tih komponenti razdijelili između proizvodnje djelatne i jalove snage. Faktor alokacije jalove snage uobičajeno se određuje temeljem omjera kvadrata jalove i prividne snage  $Mvar^2/MVA^2$ .

U kasnijim su fazama razvoja ti pokušaji evoluirali do stadija u kojem priključenom generatoru ne trebaju biti nadoknađeni troškovi za jalovu snagu ukoliko vodi pogon unutar prethodno definiranog raspona faktora snage. Raspon faktora snage kreće se od 0.95 kap [potrošnja] do 0.95 ind [proizvodnja], iako pružatelj usluga u prijenosu može definirati i drugačiji raspon faktora snage. No, na lokacijama s niskom razinom struje kvara čak se i pri jediničnom faktoru snage javljaju odstupanja iznosa napona što je problem nedostatne sposobnosti mreže. Dodatna podrška jalovom snagom korisnicima sa slabo promjenjivim opterećenjem u nadležnosti je operatora prijenosnog sustava. Ako se razmatraju korisnici s izrazito fluktuirajućim opterećenjem, nadležnost postaje složenija. Kratkospojni omjer, (razina kvara prema maksimalnom opterećenju) kojim se procjenjuje postizanje prihvatljivih uvjeta u mreži, većeg je iznosa kod fluktuirajućih opterećenja nego kod slabije promjenjivih. Stoga je intuitivno prihvatljivije razliku troškova pružanja naponske potpore više naplatiti fluktuirajućim korisnicima nego slabije promjenjivima (za isti MW iznos u određenom rasponu faktora snage). Međutim, pružatelj usluga u prijenosu mora kompenzirati jalovu snagu priključenom korisniku i tijekom poremećenih stanja, odnosno stanja hitnosti. Ukoliko pružatelj usluga u prijenosu plaća vlastitim ili pridruženim generatorima proizvodnju jalove snage također mora platiti i ostalim priključenim dobavljačima.

Operatori sustava koriste široki spektar metoda za nadoknadu troškova generatorima zbog proizvodnje jalove snage. Većinom se generatorima plaća na osnovi raspoloživog kapaciteta. Štoviše, neki operatori sustava plaćaju generatorima za izgubljenu mogućnost proizvodnje, kada proizvodnja jalove snage zahtijeva smanjenje proizvodnje djelatne. Konačno, neki operatori sustava koriste kaznene odredbe za generatore koji ne ispunjavaju obvezu proizvodnje jalove snage, a neki nemaju kazni.

U nekoliko zemalja gdje operatori sustava ne raspolažu s vlastitim proizvodnim objektima, operator sustava nadoknađuje generatorima troškove za proizvodnju jalove snage. Među tim su zemljama Engleska i Wales, Australija, Indija, Belgija, Nizozemska te određene provincije Kanade. Švedska slijedi drugačiju politiku. Jalovu snagu u Švedskoj generatori proizvode na obvezujućoj osnovi, i bez nadoknade troškova. U Alberti, jednoj od provincija Kanade, generatore se kažnjava zbog neispunjavanja naloga za proizvodnju/potrošnju jalove snage, a u Argentini se takve kaznene odredbe ne primjenjuju samo na generatore već i na operatore prijenosnog sustava, operatore distribucijskog sustava te velike terete. Konačno, u Japanu, Tokyo Electric Power Co. daje svojim klijentima (kupcima) financijske poticaje za poboljšavanje njihovog faktora snage putem popusta na osnovnu cijenu.

Kompanija National Grid Co. koja je istodobno operator sustava i vlasnik prijenosne mreže, šalje generatorima signale koji sadrže iznos djelatne snage i jalove snage unutar raspona definiranog pogonskom kartom generatora. Generator može prihvatiti osnovnu shemu plaćanja za jalovu snagu u iznosu od približno US\$2.40/Mvarh (kapacitivno ili induktivno), ili alternativno može ponuditi ugovorene obveze u minimalnom vremenskom trajanju od jedne godine. Ponuda sadrži tri dijela: cijena u £/Mvar za sinkroniziranu raspoloživost kapaciteta, cijena u £/Mvar za raspoloživi kapacitet te cijena u £/Mvarh za samo korištenje. Mrežna kompanija procjenjuje ponudu, kvalitetu prethodnih izvedbi postavljenih zadaća te efikasnost svakog generatora obzirom na lokacijsko predviđanje potreba unutar približno 20 električnih zona kako bi odlučila koju će ponudu prihvatiti. Na taj se način generatorima daju poticaji kako bi formirali ponude čak i iznad postavljenih zahtjeva u cilju umanjivanja investicijskih zahtjeva na prijenosni sustav.

U Švedskoj, većina je proizvodnih izvora (prvenstveno hidro) smještena na sjeveru, a snaga se prijenosnim sustavom prenosi na jug gdje se većinom nalaze središta potrošnje. Jalova snaga, koja je većinom proizvedena na jugu, isporučuje se na obvezujućoj osnovi te bez nadoknađivanja troškova. Cilj je održavati tok jalove snage kroz prijenosni sustav u blizini nulte vrijednosti, posebice na nekim poveznicama. Neki se veliki generatori rijetko koriste za regulaciju napona i u pogonu su s konstantnom

izlaznom jalovom snagom. Od hidro i termo jedinica se zahtijeva održavanje sposobnosti injektiranja jalove snage u iznosu od jedne trećine od injektirane djelatne snage (faktor snage približno 0.90). Operator sustava treba pri tome koristiti statičke izvore jalove snage što je to više moguće.

U Nizozemskoj, mrežne kompanije imaju lokalne zahtjeve obzirom na jalovu snagu. Te kompanije lokalno nabavljaju jalovu snagu putem bilateralnih ugovora s generatorima ili putem razmjene s drugim mrežnim kompanijama. Generatori s ugovorom za pružanje usluge proizvodnje jalove snage plaćeni su samo za njihov kapacitet. Plaćanje se ne obavlja za isporučenu jalovu snagu.

Belgijski operator sustava uspostavio je tarifu za prijenos u dijelu koji se odnosi na jalovu snagu i regulaciju napona na način da je uveden jedan mali cjenovni udjel po MWh unutar specificiranog raspona faktora snage, te znatno veći udjel izvan tog raspona. U rasponu faktora snage između 0.95 kap i 0.95 ind, za snagu veću od 10% od ugovorene djelatne snage, cijena jalove snage promjenjiva je obzirom na napon u čvorištu priključenja na prijenosnu mrežu. U prijenosnoj mreži cijena iznosi 0.21 €/MWh. Na mrežnoj strani transformatora srednjonaponske distribucijske mreže, tarifa iznosi 0.23 €/MWh. Za odstupanje jalove snage izvan raspona faktora snage 0.95 kap/ind, cijena iznosi 6 €/Mvarh. Ako je snaga manja od 10% od ugovorenog iznosa, primjenjuje se manja cijena za jalovu snagu u iznosu do 32.9% od djelatne snage, te 6 €/Mvarh ukoliko je jalova snaga iznad 32.9% od djelatne snage.

U Indiji je državna elektroprivreda često imala izrazite poteškoće s povlačenjem velikih iznosa jalove snage iz visokonaponskog prijenosnog sustava koje je uzrokovalo čak i 20%-tne propade napona na 400 kV razini, izrazite gubitke u prijenosu i značajnu proizvodnju jalove snage generatora. Indijski je regulator uspostavio cijenu (kupovnu i prodajnu) u iznosu od približno US\$1/Mvarh za jalovu snagu u uvjetima kada je iznos napona smanjen ispod 97% od nazivnog. U periodima izvan vršnog opterećenja, cijena se reverzira kada je iznos napona povećan iznad 103%. Sve su poteškoće s niskim naponima nakon toga u potpunosti nestale.

U Japanu, Tokyo Electric Power Company (TEPCO) daje svojim kupcima financijske poticaje za poboljšanje faktora snage. Poticaji dolaze u obliku popusta na osnovnu cijenu. Popust se zasniva na kupčevom faktoru snage. Osnovna cijena ima dva dijela, osnovnu cijenu i cijenu isporučene energije, pri čemu se ti dijelovi određuju na slijedeći način

$$\text{Osnovna cijena} = (\text{Jedinični iznos [Yen/kW]}) * (\text{Ugovorena snaga kW}) * (1.85 - \text{Faktor snage})$$

$$\text{Cijena isporučene energije} = (\text{Jedinični iznos [Yen/kWh]}) * (\text{Ukupno korištenje [kWh]})$$

Jedinični je iznos za osnovnu cijenu približno US\$10/kW, a za cijenu isporučene energije približno US\$10/kWh. Ovaj je pristup rezultirao instaliranjem opreme za povećanje faktora snage te time i sa smanjenjem osnovne cijene. Tim je tarifnim pristupom prosječni faktor snage kupaca podignut na 0.99.

U Argentini su generatori, operatori prijenosnog sustava, operatori distribucijskog sustava, te veliki tereti obvezni proizvoditi jalovu snagu. Od generatora se traži da proizvodi i troši jalovu snagu unutar granica određenih u pogonskoj karti. Od operatora prijenosnog sustava traži se da održavaju napone unutar +/-3% na 500 kV razini te +/-5% na 220 kV i 132 kV razini. Postoje dvije razine sankcija za nepoštivanje zahtjeva. Ukoliko je ispad unaprijed najavljen, tada se plaća prema prethodno uspostavljenoj cijeni za jalovu snagu. Ukoliko je ispad nenajavljen, tada se primjenjuje i dodatna kazna. Osim toga, ukoliko proizvodna jedinica koja nije bila u rasporedu proizvodnje mora ući u pogon zbog nedostatka jalove snage u sustavu, strane koje su odgovorne za nastali nedostatak jalove snage moraju platiti troškove pokretanja generatora. Nadoknada za najavljeni ispad generatora sastoji se od podmirenja troškova pogona i održavanja zamjenske jedinice te od cijene za jalovu snagu koja iznosi US\$0.15/Mvarh. Ukoliko se očekuje da ispad generatora traje duže od jedne sezone, generator može radije izabrati instaliranje poprečnih kondenzatorskih baterija ili prigušnica u cilju izbjegavanja kazne. Ukoliko je ispad najavljen jedan dan ili jedan tjedan unaprijed, kazna iznosi US\$1.50/Mvarh. Ukoliko ispad nije najavljen unaprijed, kazna se primjenjuje za sve sate tijekom kojih je zamjenski generator u pogonu ili na raspolaganju tijekom sezone. Generatorima koji ne ispunjavaju zahtjeve vezane uz jalovu snagu može biti uskraćen pristup sustavu. Kazne su za operatora sustava postavljene na sličan način kao i za generatore, pri čemu se obračunavaju po Mvaru i zasnovane su na konceptu satne kompenzacije izgubljenog opterećenja. Operatori distribucijskog sustava i veliki tereti mijenjaju se na sličan način kao i generatori, na temelju troškova pogona i održavanja zamjenskih elemenata.

Schema kompenzacije jalove snage u američkom New Englandu uvedena je 2001. godine. Schema ima dvije komponente: plaćanje kapaciteta i nadoknada zbog izgubljene mogućnosti proizvodnje. Kapacitet se plaća kvalificiranim generatorima uz cijenu od US\$1.05/kvar-godišnje. Ova se cijena smanjuje ukoliko je iskoristiva rezervna margina veća od 20%. Nadoknada zbog izgubljene mogućnosti proizvodnje temelji se na iznosu djelatne snage koji je morao biti smanjen da bi se proizvelo više jalove.

Shema kompenzacije jalove snage u američkoj državi New York također se sastoji od prethodne dvije komponente (plaćanje kapaciteta i nadoknada zbog izgubljene mogućnosti proizvodnje). Plaćanje kapaciteta izvodi se u godišnjim obrocima (1/12 se plaća na mjesec) i to svim kvalificiranim izvorima po cijeni od US\$3.919/kvar-godišnje. Nadoknada zbog izgubljene mogućnosti proizvodnje plaća se izvorima koji smanjuju djelatnu snagu kako bi proizveli više jalove snage.

U ranijem su periodu troškovi statičkih izvora iskazivani kroz povrat sredstava iz ukupnog prihoda vlasnika prijenosnog sustava, te su stoga namirivani od potrošača putem cijene usluge. Nasuprot tome, dinamički izvori uglavnom su proizvodne naravi, a najčešće generatori koji istodobno proizvode djelatnu i jalovu snagu, te sinkroni kompenzatori koji proizvode samo jalovu snagu. Različita su svjetska iskustva prema kojima vlasnik tih proizvodnih izvora može biti neovisna elektroprivredna tvrtka ili čak i vlasnik prijenosnog sustava. U pogledu nadoknade troškova takvim generatorima javljaju se polarizirani stavovi.

Prema jednom stajalištu, generatorima ne bi trebali biti nadoknađivani troškovi za proizvodnju jalove snage, barem ne ukoliko izvode pogon unutar prethodno specificiranih granica. Prema tom pogledu bi se od generatora zahtijevalo posjedovanje specificirane minimalne sposobnosti proizvodnje jalove snage kao uvjet za priključenje na sustav, a generatori bi trebali snositi sve troškove održavanja te sposobnosti kao i troškove proizvodnje jalove snage.

Prema drugačijem stajalištu, igrači na tržištu trebaju biti kompenzirani za proizvodnju jalove snage i to u cilju osiguravanja adekvatne, pouzdane i učinkovite dobave jalove snage. Stajalište se temelji na pretpostavci da nije vjerojatno da će bilo koji igrač ponuditi dobavu jalove snage osim ukoliko ne očekuje da će pokriti troškove koji pri tome nastaju te ostvariti profit. Naravno, mnogi generatori su sposobni ostvariti prihod temeljem pogona (poslovanja) koje nije povezano s jalovom snagom, poput prodaje djelatne snage. Stoga bi većina investicija u proizvodne izvore (generatore) trebala biti nastavljena čak i ako generatori ne bi bili plaćeni za proizvodnju jalove snage. Ipak, izostanak plaćanja generatorima za proizvodnju jalove snage može umanjiti iznos investicija u proizvodne izvore obzirom da prihod ostvaren prodajom djelatne snage u nekim projektima ne mora nužno biti dostatan za pokrivanje troškova projekta i ostvarivanje profita. Štoviše, plaćanje generatorima može pospješiti održavanje sposobnosti proizvodnje jalove snage na svim mjestima gdje je to potrebno. Neplaćanje za jalovu snagu može također smanjiti iznos sposobnosti njezine proizvodnje instalirane u novim proizvodnim izvorima. Naime, u razvijanju projekta i pri izboru generatora može se odabrati opcija zadovoljavanja samo minimalno propisane sposobnosti proizvodnje jalove snage ukoliko nema dodatnog prihoda od jalove snage. Također, plaćanje za proizvodnju jalove snage prema nalogu operatora sustava stvorit će poticaje dobavljačima da slijede operatorske naloge.

Nadoknada za proizvodnju jalove snage i održavanje sposobnosti njezine proizvodnje također mogu ohrabriti operatore sustava da donose kvalitetne i ekonomične odluke u okviru ograničenja zbog pouzdanosti. Ako se dobavljačima plaća za održavanje sposobnosti proizvodnje jalove snage, operatori sustava trebaju biti više poticani da dobavljaju jalovu snagu iz najjeftinijih izvora te da izbjegavaju održavanje prevelike sposobnosti proizvodnje jalove snage u područjima u kojima to nije potrebno.

Povezano pitanje odnosi se na potrebu plaćanja svih generatora ili samo nekih za jalovu snagu. U nekim područjima upravljanja koja nisu pod nadzorom operatora sustava, generatori koji su u vlasništvu pružatelja usluga u prijenosu plaćeni su za jalovu snagu dok ostali generatori nisu. Takva diskriminacija predstavlja lošu javnu politiku i treba biti tretirana kao nepoželjna. Potrebno je stvoriti takvu opću politiku koja bi promovirala usporedivost u kontekstu jalove snage. To znači da neovisni generatori obzirom na plaćanje za proizvodnju jalove snage trebaju biti na istoj razini usporedivosti kao i generatori koji su u vlasništvu pružatelja usluga u prijenosu.

Međutim, razina nadoknađivanja treba ovisiti o potrebama sustava. U područjima gdje je potrebna dodatna proizvodnja i održavanje sposobnosti proizvodnje jalove snage, cijene trebaju biti dostatne za ohrabrenje dodatnih investicija i dobave. Nasuprot tome, u područjima sa značajnim viškom sposobnosti, potrebno je sniziti cijene tako da se potrošače ne izlaže nepotrebno visokim troškovima i ne ohrabrivati dodatne investicije koje nisu potrebne.

Slijedeći se aspekt odnosi na usporedivost nadoknađivanja troškova vlasnicima statičkih i dinamičkih izvora jalove snage. Sposobnost proizvodnje jalove snage iz statičkih izvora manje je vrijednosti od sposobnosti iz dinamičkih izvora. Dinamički izvori mogu prilagoditi vlastitu proizvodnju ili potrošnju jalove snage znatno brže od statičkih u cilju održavanja iznosa napona i izbjegavanja sloma napona. Stoga, sposobnost proizvodnje jalove snage iz dinamičkih izvora predstavlja različiti proizvod od sposobnosti iz statičkih izvora. Tržišna cijena dinamičke sposobnosti na zadanoj lokaciji i u zadanom vremenu često može biti veća od tržišne cijene za statičku sposobnost. Ipak, jalova snaga koja je stvarno proizvedena ili potrošena na zadanoj lokaciji i u zadanom vremenu ima istu vrijednost neovisno od tome je li dobavljena iz dinamičkih ili statičkih izvora. Ukoliko se jalova snaga kupuje i prodaje u stvarnom vremenu, cijena s kojom se suočavaju svi njezini dobavljači na zadanoj lokaciji i u zadanom vremenu treba biti ista, neovisno o izvoru. Time se doprinosi konzistenciji s politikom cijena djelatne snage, gdje su

izvori sa sposobnošću brzog odziva koji osiguravaju rezervnu djelatnu snagu plaćeni znatno više od sporo-odzivnih, dok djelatna snaga proizvedena na zadanoj lokaciji i u zadanom vremenu ima istu cijenu.

#### 4. KAKO GENERATORIMA NADOKNADITI TROŠKOVE PROIZVODNJE JALOVE SNAGE?

Postoje dva opća načina prema kojima se generatorima nadoknađuju troškovi proizvodnje jalove snage. Prvi način predstavlja opcija plaćanja kapaciteta, pri čemu se generatoru plaća unaprijed za sposobnost proizvodnje ili potrošnje jalove snage. Plaćanje se može izvesti putem bilateralnog ugovora uz općenito primjenjivu tarifu. Nakon prihvata plaćanja, generator se može obvezati na proizvodnju ili potrošnju jalove snage do obvezujućeg ograničenja bez daljnjeg nadoknađivanja troškova prema nalogu operatora sustava. Kako bi se osiguralo da generator zaista slijedi naloge u stvarnom vremenu, može ga se suočiti s kaznenim odredbama za neispunjavanje naloga za proizvodnju ili potrošnju jalove snage. Danas je to najčešća metoda nadoknađivanja troškova proizvodnje jalove snage.

Drugi način predstavlja opcija određivanja cijene u stvarnom vremenu, pri čemu se generatoru plaća u stvarnom vremenu za jalovu snagu koju zaista proizvede ili potroši. Temeljem ove opcije, generatoru se plaća samo za ono što proizvede ili potroši, ali bez kazne za neispunjavanje naloga za proizvodnju jalove snage.

Također je moguće kombinirati neke od karakteristika obje opcije. Primjerice, generator može prihvatiti plaćanje kapaciteta unaprijed umjesto prihvaćanja obveze da proizvodi ili troši jalovu snagu unutar specificiranog raspona faktora snage prema nalogu operatora sustava, ali također može i prihvatiti trenutnu cijenu na spot-tržištu za proizvodnju ili potrošnju dodatnog iznosa jalove snage izvan specificiranog raspona.

U okviru opcije plaćanja kapaciteta, postoje barem četiri metode za određivanje načina plaćanja:

1. **Plaćanje na osnovi troškova** – zasniva se na bilo kojoj od troškovnih metoda.
2. **Tržišno plaćanje kapaciteta.** Obveze temeljem instaliranog kapaciteta generatora uključuju obvezu dobave jalove snage unutar specificiranog raspona faktora snage, a nadoknađivanje generatora povezano je s plaćanjem kapaciteta.
3. **Plaćanje prema aukcijskim cijenama.** Operator sustava održava aukciju za sposobnost proizvodnje jalove snage, a pobjednici na aukciji prihvaćaju isključnu cijenu na tržištu.
4. **Nema plaćanja** – zasniva se na stajalištu da svaki generator treba biti obvezan proizvoditi jalovu snagu, što predstavlja uvjet za priključenje na sustav.

U okviru opcije određivanja cijene u stvarnom vremenu, također postoje barem četiri metode:

1. **Nema plaćanja** – Jalova se snaga proizvedena unutar specificiranog raspona faktora snage ne plaća. Ova je opcija najprihvatljivija ako generator unaprijed prihvaća plaćanje kapaciteta za sposobnost proizvodnje unutar određenog raspona.
2. **Plaćanje prema specifičnim troškovima.** Plaćanje prema specifičnim troškovima koji nastaju kao posljedica izgubljene mogućnosti proizvodnje djelatne snage zbog povećane potrebe za proizvodnjom jalove snage (za svaki iznos jalove snage ili samo za onaj njezin iznos koji se proizvodi izvan specificiranog raspona faktora snage) treba uskladiti s plaćanjem kapaciteta koje je generator prihvatio unaprijed.
3. **Plaćanje prema isključnoj aukcijskoj cijeni.** Određuju se cijene u realnom vremenu na temelju aukcije jalove snage na spot-tržištu. U aukciji svi prihvaćeni ponuđači na određenoj lokaciji mogu prihvatiti istu isključnu cijenu zasnovanu na najvišoj prihvaćenoj ponudi.
4. **Plaćanje prema unaprijed objavljenoj cijeni (ili cjenovnoj formuli).** Ova se metoda trenutno koristi u Velikoj Britaniji i Indiji.

Odabir opcije ovisi o postavljenim ciljevima. Dobro projektiran cjenovni mehanizam može pomoći u ostvarivanju barem dva značajna cilja. Prvi je ohrabriti učinkovito i pouzdano investiranje u infrastrukturu potrebnu za proizvodnju jalove snage i održavanje pouzdanosti prijenosnog sustava. Drugi je ohrabriti učinkovitu proizvodnju i potrošnju jalove snage iz postojeće infrastrukture, uzimajući u obzir troškove zbog izgubljene mogućnosti proizvodnje djelatne snage, kako bi se održavale snižene cijene.

#### 5. DILEME

Konceptualno uzevši, jalova snaga nije proizvod, već usluga. To znači da ne treba biti plaćena prema cijeni po Mvaru. Što je jalova snaga neučinkovitija u regulaciji iznosa napona, to je potrebno proizvoditi više Mvara. Stoga određivanje cijene putem Mvara zapravo ide u pogrešnom smjeru. Jalovu

snagu nije neophodno mjeriti, jer uslugu u stvari čini podrška naponu. Stvarna usluga je regulacija napona koju pružaju generatori ili drugi izvori, te je regulacija napona zapravo ono što treba biti pravilno nadzirano i troškovno nadoknađeno. Imaju li generatori raspored napona (kao što imaju raspored proizvodnje) utemeljen na ugovoru o priključenju? Ukoliko je odgovor pozitivan, takav bi ugovor diktirao generatorima održavanje iznosa napona prema rasporedu sve dok ne bi izašli iz raspona moguće upravljivosti. U tom slučaju, granice maksimalne i minimalne proizvodnje jalove snage generatora treba odrediti temeljem isporučiteljevih krivulja ili verifikiranjem putem testiranja sposobnosti proizvodnje jalove snage. Ukoliko je odgovor negativan, ne bi trebalo očekivati previše od podrške jalovom snagom iz tih jedinica obzirom da ako nema tržišnog nadoknađivanja troškova proizvodnje jalove snage nema niti poticaja za njezinu proizvodnju. Većina jedinica proizvodi djelatnu snagu na način da maksimiziraju vlastite prihode. Ekonomske teorije mogu tretirati kvalitetu javnog dobra (u ovom slučaju iznosa napona) kako bi se definirala cijena robe (u ovom slučaju jalove snage). Indija je postigla veliko poboljšanje kvalitete frekvencije (javno dobro) naplaćivanjem razmjena snage koje izlaze izvan rasporeda (roba).

Ne samo da je jalova snaga neophodna za pouzdan pogon izmjeničnog prijenosnog sustava, već može značajno poboljšati efikasnost isporuke djelatne snage potrošačima. Povećanjem proizvodnje jalove snage na određenim lokacijama (uobičajeno u blizini središta opterećenja) moguće je ponekad izbjeći ograničenja u prijenosu i omogućiti isporučivanje jeftinije djelatne snage u području opterećenja. Regulatornim pristupima moguće je značajno utjecati na proizvodnju jalove snage prema kriterijima ekonomičnosti. U sustavima kod kojih ograničenja nastaju zbog stabilnosti napona, pravilnom se podrškom jalovom snagom može povećati prijenosna moć do zagušenog područja. Mehanizam nadoknade u tom slučaju (sa ili bez tržišta u vidu) treba uzeti u obzir i povećanje prijenosne moći djelatne snage koji je ostvaren podrškom jalovom snagom. Kao jedna od posljedica javlja se i sniženje lokalne proizvodnje djelatne snage zbog povećanja lokalne proizvodnje jalove snage, što dovodi do povećanja toka djelatne snage uzduž zagušene putanje.

Zabrinutost se javlja i zbog izbora metode za dobavljanje jalove snage i nadoknađivanje pripadnih troškova. Na primjer, sadašnja pravila tretiraju generatore različito od ostalih proizvođača jalove snage. Vlasnici prijenosnih elemenata koji imaju sposobnost proizvodnje jalove snage prihvaćaju plaćanje temeljem troškova usluge putem rutinskog postupka naplate. Međutim, od vlasnika generatora se ponekad očekuje sposobnost proizvodnje jalove snage unutar određenih raspona i to bez nadoknađivanja troškova, kao uvjet za priključenje na sustav. Štoviše, regulatorni postupak neovisnim generatorima često oteža situaciju više nego vlasnicima generatora koji su pridruženi vertikalno integriranim mrežnim kompanijama i koji primaju nadoknadu troškova u rutinskom postupku. Među zahtjevima za priključenjem nalaze se i oni koji specificiraju da sposobnost proizvodnje jalove snage neće biti nadoknađivana na određenim lokacijama, što zamagljuje poticanje razvoja ove sposobnosti. Metodologija određivanja plaćanja za sposobnost proizvodnje jalove snage treba biti definirana posebice obzirom na njezin utjecaj na poticanje investicija. Nadalje, time se utvrđuje i postupak za prikupljanje sredstava namijenjenih neovisnim generatorima. Regulatorni postupak koji neovisni generatori moraju slijediti kako bi dobili nadoknadu znatno je složeniji od postupka za generatore koji su pridruženi vertikalno integriranoj tvrtki. Utvrđivanje regulatornog postupka koji bi bio jednako jednostavan kako za nezavisne tako i za pridružene generatore uvelike bi olakšao ovaj problem.

Na tržištima ugovora može se dozvoliti igračima da unaprijed definiraju uvjete trgovine i optimiraju rizik. Na razvijenim spot-tržištima jalove snage, vođenim od strane operatora sustava, može se dozvoliti igračima da prilagođavaju buduće pozicije prema promjenama stanja na tržištima, čineći svoj položaj manje riskantnim. Spot-tržišta također mogu pomoći u dobavljanju jalove snage iz najjeftinijih izvora koji su trenutačno raspoloživi. Cijene na spot-tržištima (u uvjetima nepostojanja tržišne moći) čine signale za poboljšanje efikasnosti sustava. Na primjer, neki igrači na tržištu koji raspolažu poprečnim kondenzatorskim baterijama ne žele ih propisno dispečirati. Cjenovni signali im mogu pomoći da taj posao obave na pravilan način. Potpunije razmatranje jalove snage na spot-tržištima sukladno razmatranjima tržišta djelatne snage mogu potencijalno smanjiti ukupne troškove opskrbe potrošača.

Međutim, ideja o spot-tržištu jalove snage zasnovanom na ponudama sasvim je nova i vjeruje se da je u ovom trenutku prerano vjerovati u njezinu primjenu. Njezino simuliranje i eksperimentiranje tek treba doprinijeti razumijevanju utjecaja na alternativnim aukcijskim tržištima. Pored toga trebaju biti razmotreni i troškovi programske podrške kao i ostali troškovi razvoja aukcijskog tržišta jalove snage. U sadašnjem stanju, iako se postavke aukcijskih spot-tržišta vrlo detaljno istražuju, uglavnom se preporučuje plaćanje cijena u stvarnom vremenu za stvarno proizvedenu jalovu snagu temeljem troškova izgubljene mogućnosti proizvodnje djelatne snage ili temeljem administrativno unaprijed određenih i objavljenih cijena. Time bi se ohrabрили dobavljači da proizvode jalovu snagu tamo gdje je potrebna.

U okviru otvorenog pristupa također je značajno pitanje kako pridijeliti gubitke snage proizvođačima i potrošačima, jer tokovi jalove i djelatne snage proizvode gubitke djelatne i jalove snage. To se postiže definiranjem marginalnih koeficijenata djelatne i jalove snage za alocirane njihovih

gubitaka. Potrošačima i generatorima ekonomski se obračunavaju troškovi povećanja ili smanjivanja ukupnih gubitaka u sustavu. Ti se faktori mogu dobiti za zadanu točku pogona na temelju konvergentnog rješenja proračuna tokova snaga ili rješavanjem problema optimalnih tokova snaga. Na tržištu svi proizvođači nadoknađuju svoje troškove temeljem isključne tržišne cijene, a primjena marginalnih cijena djelatne i jalove snage (kao 'tarifno korištenje mreže') ohrabruje efikasnost i smanjivanje gubitaka u sustavu, uz bolji profil napona. Međutim, ti okviri ne govore ništa o dodatnoj naponskoj podršci. Funkciju troška proizvodnje jalove snage može se postaviti kao funkciju cilja problema optimalnih tokova snaga.

Tržište jalove snage može biti jedan od načina rješavanja navedenih problema. Međutim, na jalovu se snagu gleda kao na proizvod, što ona nije. Riječ je prije o usluzi, te bi sve investicije u naponsku podršku zapravo trebale biti nadoknađene u kontekstu tržišta pomoćnim uslugama. Moguće je i primijeniti marginalnu cijenu jalove snage (kao 'tarifu za korištenje mreže') u cilju alociranja gubitka djelatne snage u sustavu i alociranja troškova podrške jalovom snagom čiji je izvor u vlasništvu mrežne kompanije.

## 6. TRŽIŠNA MOĆ

Potrebno je postaviti još jedno relevantno pitanje: postoji li uopće tržište jalovom snagom? Obzirom da nema niti jednog koje je u ovom trenutku funkcionalno, za razvoj budućih tržišta jalovom snagom korisna je samo informacija o cijeni jalove snage. Međutim, cijena ne daje sve odgovore na pitanja o planiranju potrebne jalove snage. Sa cjenovnog stajališta, lokacijsko određivanje marginalne cijene (*eng. Locational Marginal Pricing, LMP*) može se proširiti na način da uključi lokacijsko određivanje cijene za jalovu snagu. Do sada se to činilo starim i provjerenim načinom – diobom plaćanja generatorima za proizvodnju jalove snage putem postojeće cjenovne strukture i diobom naplate potrošačima. Međutim, jalova snaga se prenosi samo na kratkim udaljenostima te stoga treba očekivati pojavu ekstremne tržišne moći obzirom na njezinu dobavu.

Tržišna moć može također dovesti i do neučinkovitosti tržišta. Tržišna moć se javlja kada sudionici na tržištu mogu utjecati na cijenu. Tržišnu moć imaju prodavatelji u uvjetima pojave manjka robe kada podižu cijene na tržištu. Tržišnu moć imaju kupci kada kupuju manje robe u cilju snižavanja cijene na tržištu. Tržišna se moć također javlja i kada vlada daje monopolističku franšizu kojom legalno zabranjuje natjecanje kao što je to slučaj kod operatora sustava i elektroprivreda. Na mnogim se tržištima jalova snaga dobavlja temeljem monopolističkih franšiza.

Mnogi dobavljači jalove snage imaju tržišnu moć zbog toga što je njihov broj na bilo kojoj lokaciji najčešće vrlo mali. Stoga je potrebno uvesti regulatorne pristupe kako bi se ograničila tržišna moć dobavljača jalove snage. Nema jednoglasnog zaključka o najboljem načinu izbjegavanja tržišne moći dobavljača jalove snage. Nekoliko je opcija potrebno razmotriti. Dvije su opcije ovdje već spomenute, ali se i druge mogu pojaviti. Naravno, standardna metoda ograničavanja tržišne moći zasniva se na regulaciji troška usluge. Međutim, ona ne samo da nije jedina koju treba razmatrati, već ne mora biti niti najbolja. Regulacija troška usluge može zamagliti poticaje dobavljačima da minimiziraju svoje troškove, posebice stoga što smanjenje troškova ne povećava profit već umjesto toga smanjuje dobavljačeve prihode. Slijedeća je opcija postupak koji koristi operator sustava na spot-tržištu za djelatnu snagu – ograničiti ponude dobavljača te dozvoliti svim kvalificiranim dobavljačima prihvaćanje isključne cijene na spot-tržištu koja se odnosi na najvišu prihvaćenu ponudu. Ova opcija može potaknuti dobavljače na smanjenje troškova, posebice ukoliko dobavljač ne postavlja uvijek isključnu cijenu na tržištu. Smanjenje troškova ne smanjuje uvijek prihod, te stoga može povećati profit.

Tržišna moć operatora sustava također može biti jedan od problema za neke prodavatelje jalove snage. Obzirom da su potrebe za jalovom snagom prvenstveno prepoznate i određene od strane operatora sustava, moguće je utvrditi sustav poticaja za dobavu jalove snage putem kojeg operator sustava može ostvariti financijsku korist zahvaljujući ekonomičnom poslovanju. U taj je sustav poticaja potrebno uključiti kriterije ekonomičnosti i nediskriminiranja dobavljača kako bi operator sustava mogao dobavljati jalovu snagu iz najekonomičnijih izvora.

U buduću bi ipak tržišna moć dobavljača jalove snage mogla postati manjim problemom, posebice u svjetlu jednostavnijeg ulaska i izlaska na tržište. S napretkom novih tehnologija uređaji za proizvodnju jalove snage projektiraju se i isporučuju u manjim veličinama izgradnje te u mobilnim izvedbama (na primjer, montirani na kamione). Te karakteristike mogu dozvoliti jednostavniji i brži ulazak na tržište jalovom snagom na različitim mjestima u sustavu te uz manje investicijske troškove i otpise opreme. Trenutno su ipak pravila o ulasku na tržište jalovom snagom ograničavajuće naravi po nove tehnologije. Neophodno je provesti još puno diskusija o načinu na koji pravila utječu na politiku kreiranja tržišta.

## 7. ZAKLJUČAK

Namjera autora ovog članka jest otvoriti diskusiju o regulatornim pristupima koji utječu na dobavljanje jalove snage u elektroenergetskom sustavu. Uvođenje promjena u tim pristupima na temelju ove diskusije zasigurno bi bilo vremenski vrlo zahtjevno, ali ne treba zaboraviti da pri tome postoje i one promjene koje je moguće uvesti znatno jednostavnije i brže od ostalih. Primjerice, više načina promoviranja usporedivosti moguće je uvesti relativno lagano, te se uglavnom i preporučuje rad na njihovoj primjeni u kratkoročnom razdoblju. Ti načini uključuju (1) pojašnjavanje zahtjeva i pravila za nadoknađivanje troškova proizvodnje jalove snage kao i definiranje tih zahtjeva i pravila, (2) stvaranje sustava poticaja koji bi ohrabivali željeno vladanje igrača, (3) fokusiranje postupka na nadoknađivanje troškova neovisnim generatorima za sposobnost proizvodnje jalove snage na način koji je usporediv s generatorima koji su pridruženi vertikalno integriranim tvrtkama, te (4) transparentnija pravila dobave jalove snage, primjerice putem izračunavanja i objavljivanja proizvodnje jalove snage, potrošnje i cijena na osnovi koja je usporediva s djelatnom snagom. Ostale promjene u regulatornom pristupu uključuju znatno složenija pitanja i traže znatno više vremena za razmatranje. Promjene u pristupu koje uključuju potpuni redizajn tržišta mogu se očekivati samo u dugoročnom periodu. Krajnji cilj treba biti integrirani skup međusobno usklađenih i optimiranih tržišta s bilateralnim tržištima koja bi bila relativno slobodna od regulacije. Ovaj cilj traži ulaganje istraživačkih napora, razvoj programske podrške, edukaciju i testiranje, te se uglavnom procjenjuje da će do njegovog punog ostvarenja proći još barem 5 do 10 godina.

## 8. LITERATURA

- [1] FERC, Principles for Efficient and Reliable Reactive Power Supply and Consumption, Staff Report, Washington, D.C., February 2005
- [2] Preuređena diskusija "On Criteria for quantity of capacitive VAr support as Dynamic VAr support " održana na PowerGlobe listi, <http://powerglobe.powerquality.com>, rujan 2004
- [3] M. M. Adibi, "Reactive Power Consideration" prepared for EPRI, 2000.
- [4] PJM, Reactive Services Working Group Report, September, 2001.
- [5] P. W. Sauer, "What is Reactive Power?" Power Systems Engineering Research Center, Department of Electrical and Computer Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign, September 16, 2003.