

TRŽIŠNI ASPEKTI REGULACIJE NAPONA I KOMPENZACIJE JALOVE SNAGE



Doc. dr.sc. Nijaz Dizdarević
Prof. dr.sc. Mislav Majstrović
Mr. sc. Davor Bajš
Mr. sc. Goran Majstrović

Energetski institut Hrvoje Požar

www.eihp.hr

C5-07 Pogon i vođenje sustava, HO CIGRE 2005

SADRŽAJ



Uvod

Fizikalne karakteristike i troškovi

**Sadašnja praksa određivanja cijene proizvodnje
jalove snage**

**Kako generatorima nadoknaditi troškove
proizvodnje jalove snage?**

Dileme

Tržišna moć

Zaključak

Literatura

REFERENTNI PROJEKTI I DOKUMENTI



1. **Određivanje optimalnog položaja preklopki transformatora 400/220 kV i 400/110 kV u prijenosnoj mreži HEP-a s obzirom na očekivane naponske prilike u kratkoročnom razdoblju, EIHP studija, 2005**
2. **Analiza potreba ugradnje kompenzacijskih uređaja u prijenosnoj mreži HEP-a za planirani razvoj mreže u kratkoročnom i srednjoročnom razdoblju, EIHP studija, 2003**
3. **UCTE Priručnik za vođenje pogona, 2004**
4. **Mrežna pravila elektroenergetskog sustava, 2005**

MOTIVACIJA



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.

Nužno je 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 dobavu iz najpouzdanijih i najjeftinijih izvora.

UVOD – OSVRT NA MREŽNA PRAVILA



OPS, u okviru pružanja **usluga sustava**, osigurava dobavljačima pridjeljivih pomoćnih usluga naknadu u skladu s ugovorenim cijenama pomoćnih usluga.

Ako elektrana prema zahtjevu OPS-a isporučuje snagu s faktorom snage manjim od 0.95 (ind ili kap) ima pravo na **naknadu troškova** zbog povećanih gubitaka djelatne snage (I^2R).

100 MW; 32.9 Mvar

UVOD – OSVRT NA UCTE PRIRUČNIK



UCTE **PRIRUČNIK** ZA VOĐENJE POGONA

(UCTE OPERATION HANDBOOK)

- Ažurirana **kolekcija** principa pogona i pravila za operatore prijenosnog sustava u kontinentalnoj Europi.
- **P3 Sigurnost pogona**
 - A. (N-1) sigurnost (planiranje pogona i pogon u realnom vremenu)
 - B. Regulacija napona i upravljanje jalovom snagom

UVOD – PREPOZNATI PROBLEMI



Obzirom na sadašnju svjetsku praksu, prepoznato je **više problema** obzirom na:

- dobavljanje jalove snage
- određivanju njezine cjenovne politike

Standardna pravila priključenja na mrežu od novih proizvodnih jedinica zahtijevaju standardizirani faktor snage (0.85ind – 0.9kap).

Lokalne potrebe često odstupaju od standarda.

UVOD – PREPOZNATI PROBLEMI



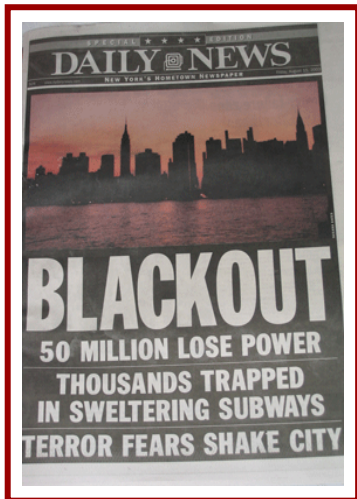
Kriteriji planiranja izvora jalove snage i postupci njezine dobave **nisu transparentni**.

Mnogi sudionici na tržištu koji mogu iskazivati dodatnu sposobnost proizvodnje jalove snage imaju **vrlo male poticaje** da to zaista i čine.

Cjenovni signali koji mogu ohrabriti dodatne investicije imaju **ograničenu narav**.

Odziv i investicije **na strani tereta** mogu umanjiti potrebe za jalovom snagom.

FIZIKALNE KARAKTERISTIKE I TROŠKOVI



Jalova snaga ne samo da je neophodna za **pouzdan** pogon već i značajno poboljšava dobavu djelatne snage.

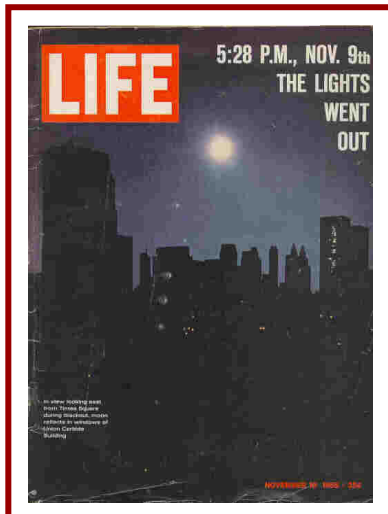
Jalova snaga **zauzima** prijenosnu sposobnost voda, a ako se naruši termička opteretivost povećava se provjes.

Jalova snaga se **ne prenosi** zbog previsokih gubitaka i prevelikog pada napona.

Jalova snaga se uobičajeno dobavlja iz izvora koji se nalaze **u blizini mjesta** iskazane potrebe.

Geografsko područje tržišta jalovom snagom je **ograničeno** kao i broj dobavljača i razina natjecanja.

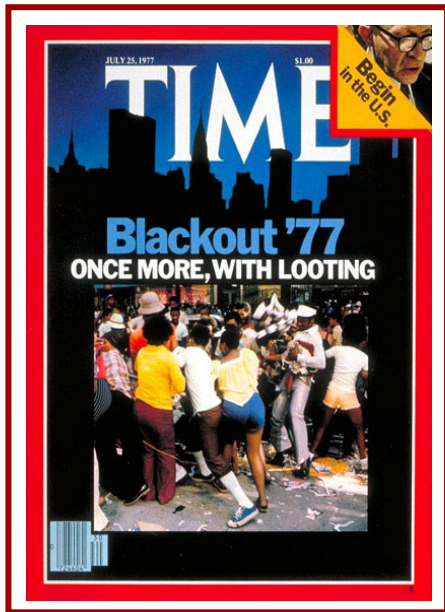
FIZIKALNE KARAKTERISTIKE I TROŠKOVI



Izvori jalove snage mogu biti **statički** i **dinamički**.

- Kondenzatorske baterije i prigušnice **statički** proizvode i troše jalovu snagu.
- Statički izvori **ne mogu** upravljati izlaznom jalovom snagom u uvjetima promjene napona u čvorištu priključenja na mrežu.
- Sinkroni generatori, sinkroni kompenzatori i FACTS uređaji su **dinamički** izvori jalove snage.
- Dinamički izvori **upravljaju** izlaznom snagom u uvjetima promjene napona u čvorištu priključenja.

FIZIKALNE KARAKTERISTIKE I TROŠKOVI



Fiksni i varijabilni troškovi proizvodnje jalove snage iz statičkih izvora znatno su **niži** od troškova koji se odnose na dinamičke izvore.

Ako bi troškovi bili jedini aspekti, pružatelj usluga u prijenosu bi u svakom trenutku **najprije** iskoristio **statičke** izvore jalove snage, a tek zatim **dinamičke**.

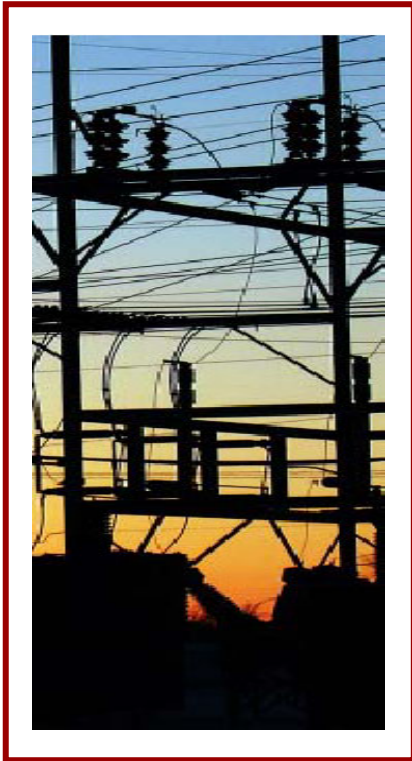
Skuplji izvori moraju ponekad biti primijenjeni čak i ako su jeftiniji izvori spremni za pogon, jer su

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.

FIZIKALNE KARAKTERISTIKE I TROŠKOVI



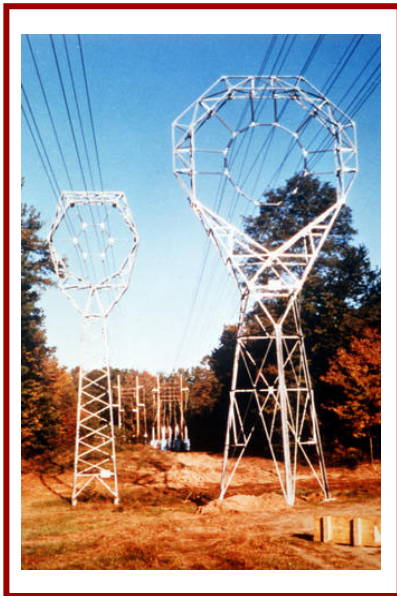
Omjer između statičkih i dinamičkih izvora jalove snage u sustavu određuje se u studijama planiranja.

Analitički je potrebno odrediti ili opravdati primjenu dinamičkih izvora u određenoj regiji.

Statički izvori znatno su **jeftiniji** od generatora i koštaju približno 1% do 3% od kapitalnog troška proizvodnje jalove snage iz generatora.

Koristiti generatore za dinamičku podršku uz zadovoljavanje većine potreba stacionarnog stanja putem statičkih izvora.

FIZIKALNE KARAKTERISTIKE I TROŠKOVI



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 iz **generatora** znatno je vrijednija od sposobnosti iz statičkih izvora

EMF podržana i ne nestaje s propadanjem napona

SADAŠNJA PRAKSA ODREĐIVANJA CIJENE PROIZVODNJE JALOVE SNAGE



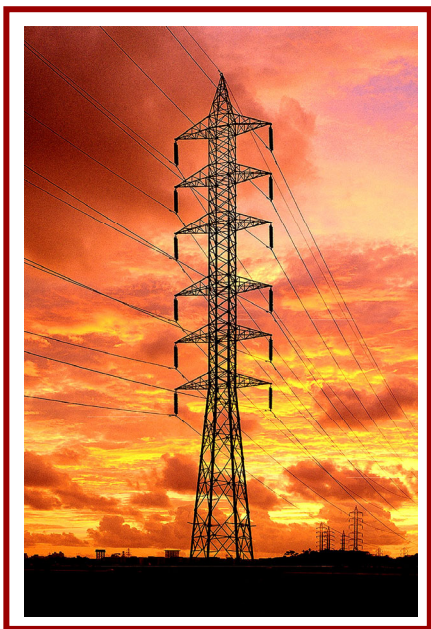
NA POČETKU:

Investicijski troškovi elemenata za proizvodnju jalove snage uključeni su **u osnovnu tarifu**, dok su troškovi re-dispečiranja smješteni unutar okvira određenog **cijenom goriva** s povratom od strane potrošača.

S RAZDVAJANJEM DJELATNOSTI:

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).

SADAŠNJA PRAKSA ODREĐIVANJA CIJENE PROIZVODNJE JALOVE SNAGE



Dva su osnovna načina kompenzacije jalove snage i regulacije napona:

- (1) Ugradnja opreme koja je sastavni dio prijenosnog sustava

*(troškovi se **nadoknađuju** iz dijela troškova osnovnih usluga u prijenosu i stoga ne predstavljaju odvojenu pomoćnu uslugu)*

- (2) Korištenje proizvodnih elemenata

*(troškovi se razmatraju odvajanjem **pomoćne usluge** od osnovnih usluga u prijenosu)*

SADAŠNJA PRAKSA ODREĐIVANJA CIJENE PROIZVODNJE JALOVE SNAGE



Na početku su generatori nadoknađivali 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.

Razvijen **faktor alokacije** kako bi se godišnji prihodi od tih komponenti razdijelili između proizvodnje djelatne i jalove snage ($Mvar^2 / MVA^2$).

SADAŠNJA PRAKSA ODREĐIVANJA CIJENE PROIZVODNJE JALOVE SNAGE

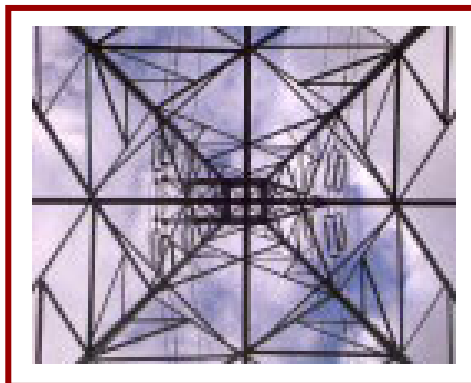


Kasnije su sheme nadoknade evoluirale do stadija u kojem priključenom generatoru **ne trebaju** biti nadoknađeni troškovi za jalovu snagu ako vodi pogon **unutar** određenog raspona faktora snage.

Raspon faktora snage kreće se od **0.95 kap** [generatorska potrošnja] do **0.95 ind** [generatorska proizvodnja], iako pružatelj usluga u prijenosu može definirati i drugačiji raspon faktora snage.

Intuitivno je prihvatljivije razliku troškova pružanja naponske potpore više naplatiti **fluktuirajućim korisnicima** nego slabije promjenjivima (za isti MW iznos u određenom rasponu faktora snage).

SADAŠNJA PRAKSA ODREĐIVANJA CIJENE PROIZVODNJE JALOVE SNAGE



Operatori sustava koriste **različite** metode za nadoknadu troškova generatorima zbog proizvodnje jalove snage.

Većinom se generatorima plaća na temelju **raspoloživog kapaciteta**.

Ponegdje se plaća generatorima za **izgubljenju** mogućnost proizvodnje (ako proizvodnja jalove snage zahtijeva smanjenje proizvodnje djelatne).

Ponegdje se koriste **kaznene** odredbe za generatore koji ne ispunjavaju obveze.

SADAŠNJA PRAKSA ODREĐIVANJA CIJENE PROIZVODNJE JALOVE SNAGE



OPS **nadoknađuje** generatorima troškove za proizvodnju jalove snage u Engleskoj i Walesu, Australiji, Indiji, Belgiji, Nizozemskoj, Kanadi...

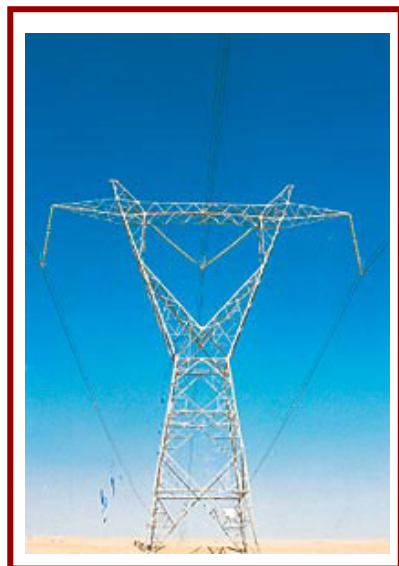
Jalovu snagu u Švedskoj generatori proizvode na **obvezujućoj** osnovi, i **bez** nadoknade troškova.

U Alberti (Kanada) generatore se **kažnjava** zbog neispunjavanja naloga za vezanim uz jalovu snagu.

U Argentini se **kaznene** odredbe primjenjuju na generatore, OPS, ODS te velike terete.

U Japanu, TEPCO daje svojim klijentima (kupcima) financijske **poticaje** za poboljšavanje faktora snage putem popusta na osnovnu cijenu.

SADAŠNJA PRAKSA ODREĐIVANJA CIJENE PROIZVODNJE JALOVE SNAGE



NGC (Engleska):

- šalje generatorima **signale** koji sadrže iznos djelatne snage i jalove snage unutar raspona definiranog pogonskom kartom generatora (20 električkih zona)
- generator ima dvije mogućnosti:
 - (1) prihvatiti osnovnu shemu plaćanja za jalovu snagu u iznosu od približno **US\$2.40/Mvarh** (kap ili ind) ili
 - (2) **alternativno** ponuditi ugovorene obveze u minimalnom vremenskom trajanju od jedne godine
- ponuda sadrži tri dijela:
 - £/Mvar za **sinkroniziranu raspoloživost** kapaciteta,
 - £/Mvar za **raspoloživi** kapacitet te
 - £/Mvarh za samo **korištenje**

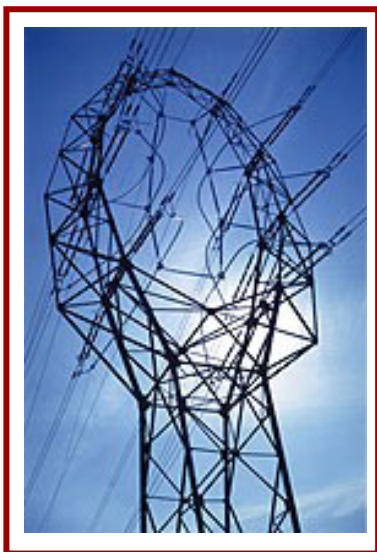
SADAŠNJA PRAKSA ODREĐIVANJA CIJENE PROIZVODNJE JALOVE SNAGE



Elia (Belgija):

- **tarifa** u dijelu koji se odnosi na jalovu snagu i regulaciju napona
- uveden je 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, cijena jalove snage u prijenosnoj mreži iznosi **0.21 €/MWh**, a na mrežnoj strani transformatora SN mreže **0.23 €/MWh**
- za odstupanje jalove snage izvan raspona faktora snage 0.95 kap/ind, cijena iznosi **6 €/Mvarh**

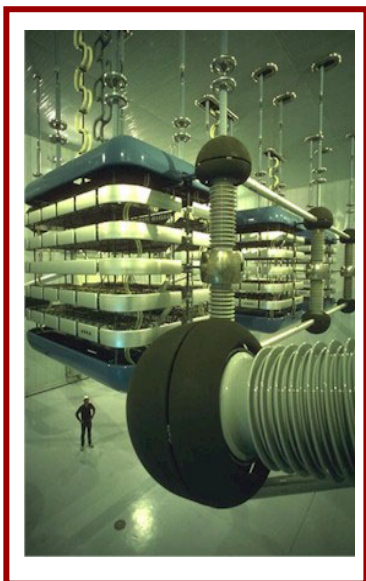
SADAŠNJA PRAKSA ODREĐIVANJA CIJENE PROIZVODNJE JALOVE SNAGE



Indija:

- državna elektroprivreda često je imala izrazite **poteškoće** s povlačenjem velikih iznosa jalove snage
- 20% **propad** napona na 400 kV, izraziti **gubici** u prijenosu i proizvodnja jalove snage generatora
- regulator uspostavlja cijenu od **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**

SADAŠNJA PRAKSA ODREĐIVANJA CIJENE PROIZVODNJE JALOVE SNAGE



Dva prevladavajuća stajališta:

- (1) Generatorima se **ne nadoknađuju troškovi** za proizvodnju jalove snage, barem ne ukoliko izvode pogon unutar granica.

Od generatora se traži posjedovanje specificirane minimalne sposobnosti proizvodnje jalove snage kao **uvjet za priključenje** na sustav, a generatori trebaju snositi sve troškove održavanja te sposobnosti kao i troškove proizvodnje jalove snage.

SADAŠNJA PRAKSA ODREĐIVANJA CIJENE PROIZVODNJE JALOVE SNAGE



Dva prevladavajuća stajališta:

- (2) Igrači na tržištu **trebaju** biti financijski 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.

SADAŠNJA PRAKSA ODREĐIVANJA CIJENE PROIZVODNJE JALOVE SNAGE



Plaćanje generatorima može **pospješiti** održavanje sposobnosti proizvodnje jalove snage gdje je to potrebno.

Neplaćanje može **smanjiti** iznos sposobnosti njezine proizvodnje instalirane u novim proizvodnim izvorima.

Pri izboru generatora može se odabrati opcija minimalno propisane sposobnosti proizvodnje jalove snage ako **nema** dodatnog prihoda od jalove snage.

Plaćanje za proizvodnju jalove snage prema nalogu OPS-a stvara **poticaje** dobavljačima da slijede naloge.

SADAŠNJA PRAKSA ODREĐIVANJA CIJENE PROIZVODNJE JALOVE SNAGE



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.

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.

SADAŠNJA PRAKSA ODREĐIVANJA CIJENE PROIZVODNJE JALOVE SNAGE



Sposobnost proizvodnje jalove snage iz statičkih izvora **manje** je vrijednosti od sposobnosti iz dinamičkih.

Dinamički izvori **mogu** prilagoditi vlastitu jalovu snagu znatno **brže** od statičkih u cilju održavanja iznosa napona i izbjegavanja sloma napona.

Sposobnost proizvodnje jalove snage iz dinamičkih izvora **različit** je proizvod od sposobnosti iz statičkih.

Tržišna cijena dinamičke sposobnosti na zadanoj lokaciji i u zadanom vremenu često može biti **veća** od tržišne cijene za statičku sposobnost.

KAKO GENERATORIMA NADOKNADITI TROŠKOVE PROIZVODNJE JALOVE SNAGE?



Dva načina:

- (1) **plaćanje kapaciteta** putem bilateralnog ugovora uz općenito primjenjivu tarifu, pri čemu se generatoru plaća unaprijed za sposobnost proizvodnje ili potrošnje jalove snage

Generator se može obvezati na proizvodnju ili potrošnju jalove snage do obvezujuće granice bez daljnje nadoknade troškova prema **nalogu** OPS-a.

Kako bi se osiguralo da generator zaista slijedi naloge u stvarnom vremenu, može ga se suočiti s **kaznenim** odredbama za neispunjavanje naloga.

KAKO GENERATORIMA NADOKNADITI TROŠKOVE PROIZVODNJE JALOVE SNAGE?

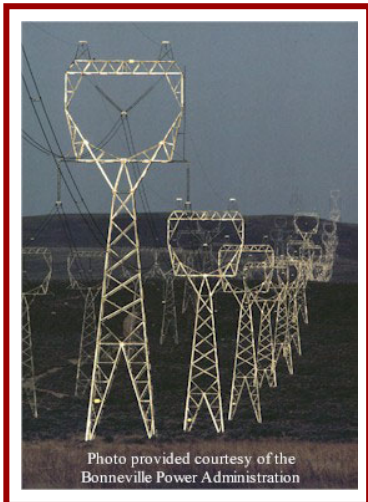


Dva načina:

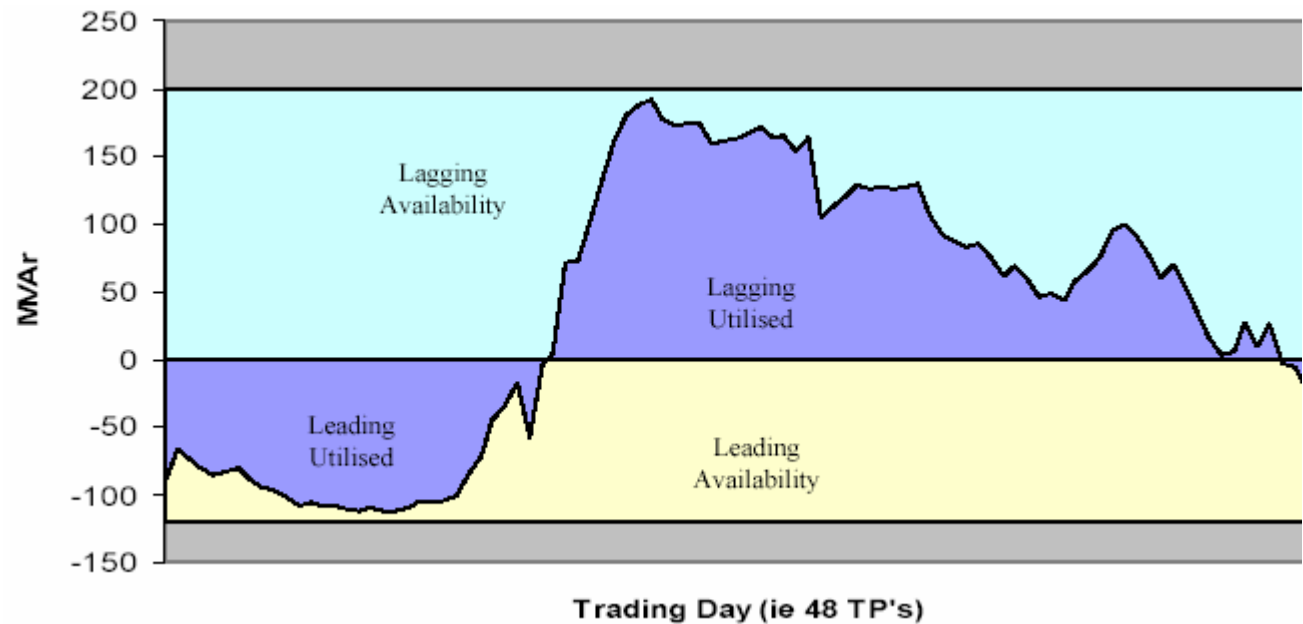
- (2) **određivanje cijene u stvarnom vremenu**, pri čemu se generatoru plaća za jalovu snagu koju zaista proizvede ili potroši.

Generatoru se plaća samo za ono što proizvede ili potroši, ali **bez kazne** za neispunjavanje naloga za proizvodnju jalove snage.

KAKO GENERATORIMA NADOKNADITI TROŠKOVE PROIZVODNJE JALOVE SNAGE?



EIRGRID (IRSKA):



KAKO GENERATORIMA NADOKNADITI TROŠKOVE PROIZVODNJE JALOVE SNAGE?



EIRGRID (IRSKA):

Plaćanje kapaciteta za satnu **raspoloživost**
 €0.247/MVArh

Plaćanje kapaciteta za satno **iskorištenje**
 €1.21/MVArh

	2001	2002	2003	2004	2005
Availability Payment (€m)	5.7	6.5	7.9	8.1	8.1
Utilisation Payment (€m)	6.4	6.2	5.0	4.2	5.0

Table 1 Historic Reactive Power Payments

DILEME



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.

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.

TRŽIŠNA MOĆ



Jalova snaga se prenosi samo na **kratkim udaljenostima** te stoga treba očekivati pojavu ekstremne **tržišne moći** obzirom na njezinu dobavu.

Tržišna moć može dovesti do **neučinkovitosti** tržišta, a javlja se kad sudionici mogu utjecati na cijenu.

Mnogi dobavljači jalove snage imaju tržišnu moć zato što je njihov broj na bilo kojoj lokaciji najčešće vrlo **mali**.

Tržišna moć dobavljača jalove snage trebala bi se **umanjiti** zbog jednostavnijeg ulaska i izlaska na tržište te tehnološkog napretka (manje veličine izgradnje i mobilne izvedbe).

ZAKLJUČAK



Ideja o **spot-tržištu** jalove snage zasnovanom na ponudama sasvim je nova i smatra se da je u ovom trenutku **prerano** vjerovati u njezinu primjenu.

Njezino simuliranje i eksperimentiranje tek treba doprinijeti **razumijevanju** utjecaja na alternativnim aukcijskim tržištima.

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**.

ZAKLJUČAK



Plaćanje se treba utemeljiti prema:

(A) troškovima izgubljene **mogućnosti** proizvodnje djelatne snage

ili

(B) administrativno unaprijed određenim i objavljenim **cijenama**.

Time bi se **ohrabrili** dobavljači da proizvode jalovu snagu tamo gdje je potrebna.