

# **Eksploatacija EES-a**

**Osnovni problemi eksploatacije  
dereguliranih elektroenergetskih  
sistema**

# Decentralizacija upravljanja

- U strukturno reorganizovanom elektroenergetskom sistemu, jasno su raspregnute tri nezavisne celine (ili podsistemi):
  - proizvođači,
  - prenosni podsystem i
  - kupci (direktni potrošači, distribucije, trgovci na veliko, preprodavci itd).
- Otuda i ideja da se stabilna i efikasna eksploatacija takvih sistema može obavljati preko **decentralizovanog sistema upravljanja**, sa funkcijama koje su u uslovima vertikalno integrisanih elektroenergetskih sistema u najvećoj meri bile spregnute sa centralizovanom automatskom (sekundarnom) regulacijom proizvodnje (AGC).
- U novoj, decentralizovanoj organizaciji elektroenergetskog sektora **kohezioni deo sistema je podsystem prenosa (TransCo)**, jer fizički povezuje prodavce i kupce, koji na slobodnom tržištu ugovaraju kupoprodaju i sve transakcije vezane za električnu energiju, u čijoj realizaciji prenosni podsystem igra nezaobilaznu ulogu.

# Decentralizacija upravljanja

- Alokacija funkcija upravljanja može se sprovesti podelivši ih između proizvođača, prenosa i distribucije sa potrošačima, na osnovu sledećih pet principa:
  - Osigurati tržišnu neutralnost prenosnom preduzeću u odnosu na druge učesnike, dodelivši mu funkcije sigurnosti i ekonomije rada sopstvene mreže, bez interferencije sa proizvođačima, koje u svemu mora ravnopravno tretirati u zajedničkom poslu snabdevanja potrošača električnom energijom.
  - Uskladiti upravljačka ovlašćenja učesnika sa finansijskom odgovornošću.
  - Donošenje upravljačkih odluka locirati na izvore informacija.
  - Eliminirati dupliranje birokratije ili hijerarhije u procesu donošenja odluka. Jasno definisati pravila rada, ulogu i odgovornosti svakog učesnika.
  - Kod raspodele funkcija, koristiti fizičke prednosti, kad god je to moguće (na primer, za minimizaciju prenosnih gubitaka zadužiti operatora prenosne mreže).

# Upravljačke funkcije

- U tradicionalnoj, vertikalno-organizovanoj strukturi elektroprivrede, sve funkcije upravljanja bile su centralizovane.
- U deregulisanom okruženju, mnoge centralizovane funkcije mogu postati neefikasne i neizvodljive.
- U ovom slučaju proizvođači i distribucije sa potrošačima električne energije su u boljem položaju da se nose sa sopstvenim odgovornostima, nego da to u njihovo ime čine prenosna preduzeća.
- Realizovani su principi izvodljive decentralizovane šeme upravljanja deregulisanih sistema, u kojoj se fizička realizacija upravljačkih akcija na proizvodnim agregatima vrši od strane vlasnika elektrana, dok su praćenje potrošnje i ostale upravljačke akcije u nadležnosti distribucija i potrošača.
- U svakom konkretnom slučaju, **direktne upravljačke akcije na proizvodnim agregatima**, a u nekim slučajevima i na postrojenjima korisnika, **razdvojene su od upravljačke odgovornosti**, koja je na operatoru prenosnog sistema, kao deo njegove globalne nadležnosti nad specifičnim akcijama upravljanja.

# Centralizovane, sistemski orijentisane funkcije

- Ove funkcije su povezane sa održavanjem pouzdanog i sigurnog rada prenosne mreže.
- One se ne mogu pripisati pojedinačnim tržišnim transakcijama, već su opšteg karaktera, koje utiču na globalnu efikasnost elektroenergetskog sistema, pa je **logično da budu u nadležnosti TSO**, koji ih izvršava direktno, ili ugovaranjem odgovarajućih usluga na tržištu, sa proizvodnim preduzećima.
- U ovu grupu spadaju sledeće funkcije upravljanja:
  - **Regulacija učestanosti**, koja u sebe uključuje kompenzaciju gubitaka prenosa i permanentno održavanje striktno ravnoteže između proizvodnje i potrošnje, putem izravnavanja grešaka između stvarnih potreba potrošača i programa rada elektrana.
  - **Kontrola sigurnosti pogona**, preko nadzora nad radom sistema u slučaju pojave definisanih smetnji ili zagušenja u prenosnoj mreži, održavanja adekvatnih nivoa raznih tipova rezervi proizvodnih kapaciteta i brzo obnavljanje sistema pri delimičnim ili totalnim raspadima.
  - **Optimizacija korišćenja prenosne mreže**. Ova funkcija upravljanja sada je u začetku, ali se očekuje da će u budućnosti sa širom primenom energetske elektronike i FACTS uređaja, igrati značajnu ulogu.

# Funkcije upravljanja koje proizvodna preduzeća obavljaju po ugovorima, za račun TSO i potrošača

- Funkcije koje proizvodna preduzeća obavljaju po ugovorima za račun potrošača:
  - Kontrola realizacije ugovorenog baznog opterećenja.
  - Kontrola realizacije ugovorenog promenljivog opterećenja po programu.
  - Kontrola nepredvidivih slučajnih brzih promena opterećenja, u cilju izravnavanja proizvodnje sa potrošnjom.
  - Korekcija faktora snage potrošača (ovu funkciju mogu obavljati i sami potrošači).
- Funkcije koje proizvodna preduzeća obavljaju po ugovorima sa TSO
  - Regulacija učestanosti (sa kompenzacijom prenosnih gubitaka) i korekcija grešaka sinhronog vremena i energije razmene.
  - Obezbeđenje obrtne rezerve proizvodnih kapaciteta.
  - Obezbeđenje dodatne rezerve proizvodnih kapaciteta.
  - Obezbeđenje proizvodnih kapaciteta za obnavljanje sistema posle raspada (Black-start units).
  - Obezbeđenje reaktivnih kapaciteta u cilju regulacije napona i željenog naponskog profila u mreži.

# Decentralizovane funkcije upravljanja koje se obavljaju na osnovu ugovora između krajnjih korisnika

- Svako tržište koje opslužuje neki složeni fizički sistem, kao što je povezani elektroenergetski sistem, mora imati jasno definisan **pravilnik o radu**, koji moraju poštovati svi učesnici na tržištu, obezbeđujući na taj način stabilne i efikasne performanse sistema.
- U ovoj i narednim tačkama daće se opis decentralizovanog upravljanja deregulisanog elektroenergetskog sistema, koji zadovoljava zahteve pouzdanosti i efikasnosti njegovog rada.
- Decentralizovane funkcije upravljanja u razmatranom slučaju su funkcije koje **omogućavaju proizvođačima električne energije da zadovolje zahteve krajnjih korisnika**, uz uvažavanje pouzdanosti i ekonomije.
- Pouzdanost prenosne mreže obezbeđena je na taj način, što je **TSO odgovoran za realizaciju pojedinih funkcija upravljanja vezanih za transakcije na tržištu** električne energije ugovorom sa drugim učesnicima (proizvođači, potrošači), zadržavajući za sebe kontrolu njihovog izvršenja.

# Kontrola transakcija za bazno opterećenje

- U konceptu decentralizovanog upravljanja dereguliranih elektroenergetskih sistema, **isporuka bazne energije korisnicima vrši se shodno ugovorima na slobodnom tržištu u blokovima**, sa konstantnom snagom određenog trajanja i dogovorene brzine promena na početku i kraju ugovorenih perioda svake transakcije.
- **Ugovori sadrže i kaznene odredbe**, pa TSO mora biti tačno obavešten o svim detaljima, jer oni mogu uticati na sigurnost sistema.
- To se posebno odnosi u slučaju kupoprodajnih ugovora između partnera, pod nadležnošću različitih TSO, čija **neprilagođena realizacija može ugroziti dozvoljene nivoe prenosnih kapaciteta** međusistemskih spojnih vodova.



# Kontrola transakcija za promenljiva opterećenja

- U energetske transakcijama sa promenljivim opterećenjem, **sklapaju se ugovori u kojima se definiše dijagram isporuke energije, koji obično prati dnevni dijagram opterećenja kupca**, tako da je ugovorena snaga transakcije promenljiva i može se po dogovoru menjati tokom realizacije.
- U tom slučaju, proizvođači su obavezni da prate te predviđene dijagrame, uz sve usputne modifikacije.

# Kontrola nepredviđenih, brzih i slučajnih promena opterećenja (Fringe load control)

- Kontrola ovog tipa promene opterećenja danas se vrši preko AGC – sistema automatske regulacije sa zatvorenim povratnom spregom, čiji je zadatak da kompenzuje fluktuacije opterećenja iznad i ispod dnevnog dijagrama promena.
- Ta kompenzacija zahteva postojanje odgovarajućeg tehničkog sistema upravljanja i regulacione rezerve (ili regulacionog opsega), za koji se mora platiti nadoknada regulacionim elektranama.

# Korekcija faktora snage

- Asinhroni motori i drugi potrošački aparati sa induktivnim faktorom snage, zahtevaju snabdevanje sa reaktivnom energijom iz napojne mreže.
- U vertikalno-organizovanoj, jedinstvenoj elektroprivredi, ta energija se isporučivala kao deo kompletne obaveze snabdevanja potrošača, uz izvesnu nadoknadu za reaktivnu energiju, shodno važećim tarifnim klauzulama.
- Pokazalo se da je snabdevanje potrošača reaktivnom energijom iz prenosne mreže, iz poznatih razloga (gubici, zagušenje prenosnih kapaciteta) neekonomično, **pa se preporučuje da se ona proizvodi u blizini samih potrošača**, ugradnjom kondenzatorskih baterija, priključenih otočno, na strani nižeg napona distributivnih transformatora.
- Na taj način, **nizak faktor snage potrošača, sa gledišta mreže, rešava se lokalno**, od strane samih korisnika, bez da se zahteva učešće TSO i centralne službe pomoćnih usluga.

# Decentralizovane funkcije upravljanja ekonomskog karaktera koje se obavljaju u preduzećima za proizvodnju električne energije

- U konceptu decentralizovanog upravljanja deregulisanih elektroenergetskih sistema, u funkcijama koje imaju ekonomski karakter, nadležnost se daje pojedinačnim preduzećima za proizvodnju električne energije (GenCos, IPPs, NUGs).
- One obuhvataju funkcije angažovanja agregata, ekonomskog dispečinga, izradu plana i realizaciju remonata proizvodnih agregata.
- Zajednički cilj svih tih funkcija je da se minimizuju proizvodni troškovi individualnih proizvodnih preduzeća.

# Angažovanje agregata (Unit commitment – UC) i Ekonomski dispečing (Economic dispatch – ED)

- Interes vlasnika elektrana je da proizvodne troškove svojih agregata svedu na što je moguće niži nivo.
- U deregulisanim sistemima, ovaj problem se seli sa sistemskog, na nivo individualnih proizvođača (GenCo, IPP, NUG), koji imaju slobodu da u ispunjenju ugovorenih transakcija, sami odrede način korišćenja sopstvenih agregata.
- Na osnovu sličnog rezonovanja kao kod angažovanja agregata, isti zaključak važi i za funkciju lokalnog ekonomskog dispečinga unutar proizvodnih preduzeća, koji se ne može zameniti aktivnostima trgovine na tržištu električne energije.

# Izrada plana i realizacija remonata (Maintenance scheduling – MS)

- Izrada plana rutinskih remonata proizvodnih kapaciteta (i njihova realizacija), takođe su u nadležnosti preduzeća za proizvodnju električne energije (GenCos, IPPs, NUGs).
- Slično kao u slučaju angažovanja agregata, vlasnici elektrana imaju interes da ovu funkciju obavljaju, shodno sopstvenim ekonomskim kriterijumima, pa je centralizovano rešavanje i ovog problema, na nivou TSO, nepotrebno.
- Međutim, TSO treba da bude na vreme i sa dovoljno detalja obavešten o preduzetim aktivnostima i njihovim krajnjim rezultatima.

# Centralizovane funkcije upravljanja pod nadležnošću TSO

- TSO ima odgovornost da obezbedi ispravno funkcionisanje prenosne mreže, preko koje se obavljaju ugovorene transakcije na slobodnom tržištu električne energije.
- Zato se njemu ostavljaju u nadležnosti sve funkcije upravljanja sistemskog karaktera, koje su po prirodi centralizovane.
- Te funkcije se obavljaju shodno ugovorima, koje učesnici na tržištu sklapaju sa prenosnim preduzećem (odnosno sa TSO), kao izvršiocem.

# Regulacija učestanosti

- Tradicionalni koncept regulacije učestanosti, vezan je za kontrolu iznenadnih i nepredvidivih odstupanja opterećenja sistema od programiranog,
- Odstupanje učestanosti, koja se koriguju regulacijom, ne može se razdvojiti od ovih aktivnosti, pa ostaje da se **moraju zajedno i koordinisano tretirati, kao u klasičnom AGC sistemu.**
- Ovde se sami po sebi nameću i problemi **alokacije troškova gubitaka u prenosnoj mreži**, na pojedinačne tržišne transakcije i nadoknade troškova proizvodnim preduzećima, čiji agregati učestvuju u AGC.
- Prenosni gubici, gledano od strane proizvođača električne energije, predstavljaju potrošnju, koja se u konceptu održavanja ravnoteže između proizvodnje i potrošnje sistema, permanentno mora pokrivati proizvodnjom generatorskih jedinica.
- Kako su tokovi snaga u prenosnim vodovima nepredvidivi, to je njihova analitička alokacija na individualne transakcije, odnosno u krajnjem rezultatu, raspodela na proizvodna preduzeća neprecizna i nepouzdana.



# Regulacija učestanosti

- Međutim, ukupni gubici snage mogu se odrediti i na osnovu odstupanja učestanosti i vrednosti faktora samoregulacije sistema (problem je da on nije konstantan, već promenljiv, kao i opterećenje sistema).
- **Dijagram učestanosti je direktna slika vremenske promene neuravnoteženosti između proizvodnje i potrošnje** (naravno uvažavajući i varijacije međusistemskih snaga razmene u odnosu na ugovoreni program).
- **Izmereni gubici u prenosu**, kao razlika između proizvedene energije injektirane u mrežu i isporučene energije na pragu isporuke na prenosnoj mreži, **pored tehničkih** (Jouleovi gubici u vodovima i transformatorima, gubici na koronu i gubici u gvožđu transformatora) **u sebi sadrže i netehničke, tzv. "komercijalne" gubitke.**

# Kontrola naponskog profila u prenosnoj mreži

- Naponski profil, određen naponima u čvorovima prenosne mreže, uz učestanost sistema, predstavlja skup kritičnih promenljivih koje utiču na efikasnost i sigurnost pogona.
- Upravljačke akcije, koje imaju za cilj održavanje željenog naponskog profila, ne mogu se uspešno sprovoditi samo preko individualnih transakcija na tržištu električne energije, stavljajući ih u nadležnost ugovarača.
- Zato se ova funkcija mora obavljati centralizovano, za celu prenosnu mrežu, pod nadležnošću TSO (jer se mora sprovoditi i u odsustvu bilo kakvih transakcija).
- Naponski profil se kontroliše injektiranjem/apsorpcijom reaktivne snage u čvorovima prenosne mreže.
- Zahtevani nivo injektiranja/apsorpcije reaktivnih snaga zavisi od opterećenja vodova incidentnih posmatranom čvoru.

# Kontrola naponskog profila u prenosnoj mreži

- S druge strane, već je ranije napomenuto da je prenos reaktivne energije nepoželjan, pa se kontrolisana injeckiranja/apsorpcije reaktivnih snaga vrše samo u čvorovima mreže na koje su neposredno priključeni izvori reaktivne snage (sinhroni generatori, kompenzatori, motori, kondenzatorske baterije, reaktori, SVC itd).
- TSO u deregulisanim sistemima mora da obezbedi reaktivne regulacione resurse za sopstvene potrebe, a može obavljati i prodaju reaktivne energije potrošačima, koji je kupuju na konkurentnom tržištu.
- Ponekad je neophodno da TSO direktno kontroliše naponski profil u sistemu, što je moguće korišćenjem uređaja energetske elektronike (Static VAR systems – SVS).

# Kontrola sigurnosti sistema

- Suprotno od upravljanja učestanošću i naponima, koji su fizičke merljive veličine, sigurnost je misaoni koncept.
- Ona se definiše kao robustnost sistema u odnosu na potencijalne poremećaje, koji se mere verovatnoćom da će sistem pod dejstvom nekih od definisanih poremećaja preći iz normalnog sigurnog, u neko od abnormalnih stanja (poremećeno, kritično i stanje posle poremećaja).
- Značajan udeo u robustnosti sistema ima nivo raspoloživosti rezervi u proizvodnim i prenosnim kapacitetima.
- Kontrola sigurnosti sistema zahteva uravnoteženje načina eksploatacije sistema i mogućih poremećaja, čija pojava prouzrokuje ispad iz pogona značajnih proizvodnih ili prenosnih kapaciteta, unutar sopstvenog TSO sistema, ili kod suseda sa kojima je povezan.

# Kontrola sigurnosti sistema

- U principu, poremećaji su slučajni i nepredvidivi i zaštita od njihovih štetnih efekata može biti dvojaka:
  - Kontrolom sigurnosti, sa ciljem da se izbegnu rizici od mogućih šteta pri najtežim poremećajima;
  - Kontrolom sigurnosti, uz dozvoljeni rizik.
- Obe forme kontrole sigurnosti su skupe i moraju se definisati na tržištu.
- Procena sigurnosti sistema vrši se u regularnim vremenskim intervalima (na primer, 5 – 15 min, ili na zahtev), uz korišćenje odgovarajućeg softvera, preko kojeg se određuje da li unapred definisani mogući poremećaji izazivaju prelazak sistema, iz aktuelnog normalnog, u neko abnormalno stanje.
- Ove procene, takođe se moraju obavljati i pri ugovaranju nekih transakcija, kao i pri odlučivanju o isključenju pojedinih elemenata sistema radi remonata i opravki.

# Kontrola sigurnosti sistema

- S obzirom na ekstremno veliko povećanje broja mogućih poremećaja, na koje treba proveriti sigurnost sistema, proces procene sigurnosti u velikim sistemima je izrazito dugotrajan, posebno zbog povećanja broja energetske transakcije, koje se moraju proveravati.
- Ta činjenica ističe posebnu važnost **upravljanja zagušenjima** (Congestions) prenosne mreže i njihove naplate preko tarifa prenosa.
- Takođe, procena sigurnosti sistema može biti jako otežana kada se prava prenosa prodaju drugim, na primer proizvodnim preduzećima (koja ih mogu preprodavati).
- **U decentralizovanom okruženju, sigurnost sistema ne može se održavati, ako svi učesnici na tržištu ne poštuju pravilnik o radu sistema (Grid code).**
- TSO, s druge strane, mora imati poslednju reč kod određivanja da neka transakcija zadovoljava uspostavljena pravila i pravo da primenjuje i kaznene odredbe da bi se ona poštovala, koje uključuju i suspenziju transakcija.

# Kontrola sigurnosti sistema

- Drugi važan aspekt kontrole sigurnosti je gazdovanje sa sistemskim rezervama (obrotna i dopunska rezerva proizvodnih kapaciteta).
- Te rezerve posebno su značajne za proizvođače i potrošače električne energije, zato što moraju učestvovati u nadoknadi troškova koji se, shodno ugovorima, plaćaju davaocima tih usluga, prema utvrđenim tržišnim cenama.

# Optimizacija korišćenja prenosne mreže

- Realizacija ovog cilja je posebno otežana, ali je značajna sa gledišta profitabilnosti prenosnog preduzeća (TransCo), koja zavisi od efikasnog korišćenja prenosne mreže.
- Od toga očigledno **imaju koristi svi učesnici na tržištu**, jer će se sa smanjenjem neraspoloživosti smanjiti i troškovi usluga prenosa.
- Zato je stalna modernizacija prenosne mreže i veće iskorišćenje prenosnih kapaciteta zajednički interes TransCo i svih ostalih učesnika na tržištu električne energije.
- Međutim, sama definicija pojma "optimalno korišćenje prenosne mreže" različito tumači od strane pojedinih učesnika (TransCo i TSO, GenCos, potrošači).