

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 izvršenja istih.

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.
- Funkcije regulacije razmene, sa gledišta granica nadležnosti TSO, prirodno proističu iz ugovorene isporuke za bazno i promenljivo opterećenje, bilo da se radi o kupovini ili prodaji električne energije.
- Kada se ugovori transakcija, koja ima karakter međusistemske razmene energije između partnera koji su pod nadležnošću različitih TSO (koji treba da je odobre), za njenu realizaciju odgovoran je isporučilac, a ne TSO.
- Ugovoreni dijagram razmene se onda, u njenoj realizaciji, posmatra kao referentna vrednost, koja se regulacijom odate generatorske snage isporučioaca mora održavati u procesu sopstvene programske regulacije proizvodnje (Load following control).

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

- Kontrola ovog tipa promena 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 dereguliranih 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)

- 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.

Ekonomski dispečing (Economic dispatch – ED)

- 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 (osim što on 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 izvršiocom.

Regulacija učestanosti

- Tradicionalni koncept regulacije učestanosti, vezan je za kontrolu iznenadnih i nepredvidivih odstupanja opterećenja sistema od programiranog, od kojeg se odstupanja učestanosti, koja se koriguju regulacijom, ne mogu razdvojiti, pa ostaje da se i dalje 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.
- Što se problema prenosnih gubitaka tiče, jasno je da oni, 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 (obavljaju se na principu putanje najmanje impedanse između izvora i potrošača), 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 energetskih transakcija, koje se moraju proveravati.
- Ta činjenica ističe posebnu važnosti 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, uprkos činjenici da se sama definicija pojma "optimalno korišćenje prenosne mreže" različito tumači od strane pojedinih učesnika (TransCo i TSO, GenCos, potrošači).