

Doc. dr.sc.Igor Kuzle
FER- Zagreb
igor.kuzle@fer.hr

Planiranje pomoćnih usluga

SAŽETAK

Donošenjem paketa zakona o energiji, tržištu električne energije i regulaciji energetskih djelatnosti u Republici Hrvatskoj 2001. godine započeo je proces otvaranja tržišta električne energije. Razdvajanjem djelatnosti proizvodnje, prijenosa, distribucije i opskrbe električne energije prijenosna mreža je prepoznata kao prirodni monopol, te je kao takva izuzeta iz tržišnih odnosa i podvrgнутa određenom stupnju nadzora i regulacije koju provodi Hrvatska regulatorna agencija. Operator prijenosnog sustava ima centralnu ulogu u koordinaciji osiguravanja normalnog pogona elektroenergetskog sustava uz zadovoljenja zahtijevanog stupnja pouzdanog i sigurnog rada, kao i kvalitete isporučene električne energije kupcima uz minimalne utjecaje na okoliš. Operator prijenosnog sustava pored osiguravanja usluga sustava korisnicima prijenosnog sustava, dobavlja pomoćne usluge sustava od korisnika mreže koji te usluge mogu ili žele pružiti, prema posebnim ugovorima. Glavne pomoćne usluge su: održavanje frekvencije, održavanje napona, rotirajuća rezerva, hladna rezerva, ponovna uspostava napajanja (crni start). Sve te pomoćne usluge treba pomno isplanirati i odrediti njihove troškove radi sigurnog i stabilnog pogona sustava, kao i utvrđivanja razine troškova prijenosa električne energije.

Ključne riječi: Operator prijenosnog sustava, pomoćne usluge, održavanje frekvencije, održavanje napona, rotirajuća rezerva, hladna rezerva, crni start

Planning of Electric Power Ancillary Service

SUMMARY

In accordance with accepted package of Energy laws in 2001 and their harmonization with Directive 2003/54/EC in 2004 beginning the process of opening and liberalization of electric power sector in the Republic of Croatia. The Energy law stipulates next activities of the power sector generation of electricity (apart from electricity generation for eligible customers), transmission of electricity, distribution of electricity, retail supply of electricity (apart from retail supply of electricity for customers free to chose the supplier) as well as organization of the electricity market. Transmission of electricity becomes a natural monopoly and electricity transmission fee are subject to prior approval by the Croatian Regulatory Body. Transmission System Operator (TSO) has the central role in coordination of secure operation of the electric power system including adequate level of electric power quality and minimal influence on environment. The one of the main tasks of TSO is to provide ancillary services required for reliable and safe electric power system operation. The main ancillary services are: frequency control, voltage control, spinning reserve, cold reserve and black start. All necessary ancillary services must be accurately planned, including the determination of their costs, and their influence on electric power transmission price.

Key words: Transmission System Operator, Ancillary Services, Frequency Control, Voltage Control, Spinning Reserve, Black start

1. UVOD

Pomoćne usluge sustava su za kupca sastavni dio opskrbe električnom energijom i kupac ih nema razloga promatrati odvojeno. Bilo koji subjekt spojen na mrežu implicitno je i kupac pomoćnih usluga sustava. Pomoćne usluge na kupca utječu preko kvalitete električne energije i neprekidnosti opskrbe.

Težište rada je na definiranju pojma pomoćnih usluga sustava, iako standardna definicija pomoćnih usluga nije globalno prihvaćena, kao i na ustroju tržišta predmetnim uslugama i kratkoročnom planiranju pružanja predmetnih usluga od strane Operatora prijenosnog sustava (OPS). Osiguranje pomoćnih usluga uglavnom je odgovornost OPS-a, koji ih može nabaviti na sljedeće načine:

- isporuka predmetnih usluga može biti obavezna (mandatorna) za vlasnike proizvodnih kapaciteta u sustavu, pri čemu plaćanje usluga može biti temeljeno na stvarnim troškovima agregata; na unaprijed propisanoj tarifi, pri čemu cijena usluga može biti potpuno neutemeljena na stvarnim troškovima; ili kao u slučaju Hrvatske, usluge se mogu isporučivati bez ikakve odštete,
- bilateralnim ugovorima,
- javnim nadmetanjima ili
- na dinamičkom konkurentnom tržištu.

Nužan uvjet za uspješno funkcioniranje tržišta pomoćnim uslugama je dovoljan broj potencijalnih ponuditelja istih. Ovaj uvjet rijetko je ispunjen pa postoji veliki rizik da pojedini ponuditelji zlouporebave svoj položaj na tržištu. To će neizbjegivo dovesti do nepoželjnih visokih cijena pomoćnih usluga, pogotovo u malom elektroenergetskom sustavu, poput hrvatskog. U takvom slučaju opravdana je mogućnost nabave potrebnih pomoćnih usluga kroz dugoročne bilateralne ugovore.

Neke pomoćne usluge kao mogućnost pokretanja iz beznaponskog stanja i kao podrška jalovom snagom pogodnije su za nabavu kroz dugoročne bilateralne ugovore, dok druge poput pogonske rezerve mogu se osiguravati bez većih poteškoća na odgovarajućem tržištu.

Najrazvijenija konkurentna tržišta pomoćnim uslugama postoje u Nordijskim zemljama, Engleskoj i Wales-u, Španjolskoj i u Kaliforniji.

2. OPĆENITO O POMOĆNIM USLUGAMA SUSTAVA

U svijetu ne postoji jedinstvena definicija pojma pomoćnih usluga sustava. Za potrebe ovog rada uspoređene su definicije iz zakonske regulative: američke savezne energetske regulatorne agencije, UCTE-a, Hrvatske, te bivših Slovenije, Bosne i Hercegovine, Srbije, Crne Gore i Makedonije (Tablica 1.).

Tablica 1. Definicija pojma pomoćnih usluga sustava

Sjedinjene Američke Države

FERC Order 888, 1996

Pomoćne usluge sustava su usluge neophodne kao potpora prijenosu električne energije od isporučitelja do naručitelja, a njihovo osiguranje je obveza operatora regulacijskih područja i prijenosnih kompanija unutar tih područja zbog održavanja pouzdanog pogona interkonekcijskog prijenosnog sustava.

"Ancillary services are services necessary to support the transmission of electric power from seller to purchaser given the obligations of control areas and transmitting utilities within those control areas to maintain reliable operations of the interconnected transmission system".

Europska Unija

UCTE Operation Handbook

Pomoćne usluge sustava su interkonekcijske pogonske usluge prepoznate kao neophodne za osiguranje prijenosa električne energije između naručitelja i isporučitelja (na razini PRIJENOSA), a koje je pružatelj usluge prijenosa dužan uključiti u naknadu za slobodni pristup prijenosnoj mreži.

"Ancillary service are Interconnected Operations Services identified as necessary to effect a transfer of electricity between purchasing and selling entities (TRANSMISSION) and which a provider of TRANSMISSION services must include in an open access transmission tariff".

Republika Hrvatska

Mrežna pravila elektroenergetskog sustava, Narodne novine (NN) 36/2006

"Pomoćne usluge su dobavlje pojedinačne usluge, koje daje korisnik mreže (npr. proizvođač) ili operator distribucijskog sustava (ODS) na zahtjev operatora prijenosnog sustava (OPS) i za čiju dobavu (tehničko rješenje, pogonski troškovi) OPS računa s primjerom naknadom troškova.

Te usluge koristi operator prijenosne mreže za ostvarenje usluga sustava.

Vjetroelektrane s asinkronim pogonom su osobit tip proizvodnih jedinica na koje se u pravilu ne primjenjuju odredbe ovim mrežnim pravila u pogledu pružanja pomoćnih usluga."

Tarifni sustav za prijenos električne energije, bez visine tarifnih stavki, Narodne novine (NN) 143/2006

"Usluge sustava su nepridjeljive usluge namijenjene svim korisnicima prijenosne odnosno distribucijske mreže". Nema definicije pomoćnih usluga.

Internet stranica HEP-OPS d.o.o., <http://www.hep.hr/ops/usluge/default.aspx>

Nema definicije ni usluga sustava ni pomoćnih usluga sustava iako su pojedinačne usluge nabrojane i objašnjene.

Republika Slovenija

Energetski zakon, Uradni list Republike Slovenije Št. 27, od 26.3.2007.

Usluge sustava: su usluge koje omogućuju neometan, pouzdan i kvalitetan pogon energetskih sustava.

„Sistemske storitve: so storitve, ki omogočajo nemoteno, zanesljivo in kvalitetno delovanje energetskih sistemov“.

Sistemska obratovalna navodila za prenosno omrežje električne energije, Uradni list Republike Slovenije Št. 49, od 4.6.2007.

Nema definicije pomoćnih usluga. Pojedinačne usluge su nabrojane i objašnjene.

Republika Bosna i Hercegovina

Zakon o električnoj energiji, Službene novine Federacije BiH, br 41/02

“Pomoćne usluge znače sve usluge neophodne za rad distributivnog sustava.”

Mrežni kodeks, Službene novine Federacije BiH, br 55/06

“Sve usluge koje daju korisnici sustava, osim proizvodnje i prijenosa električne energije, a koje osigurava NOS u svrhu pružanja sustavnih usluga”.

Sustavne usluge nigdje nisu definirane.

Republika Srbija

Zakon o energetici (Закон о енергетици), Službeni glasnik Republike Srbije, br. 84/2004

Usluge sustava – usluge koje su neophodne za osiguranje sigurnog, pouzdanog i stabilnog funkcioniranja energetskog sustava.

“Системске услуге - услуге које су неопходне за обезбеђивање сигурног, поузданог и стабилног функционисања енергетског система”.

Pravila o radu prenosnog sistema za prenos električne energije (Правила о раду преносног система за пренос електричне енергије), Службени гласник Републике Србије, бр. 55/2008

Usluge sustava osiguravaju neophodne preduvjete za normalan rad elektroenergetskog sustava, odnosno brz povratak u normalan ili bar siguran rad nakon nastanka poremećaja. Usluge sustava namijenjene su svim korisnicima prijenosnog sustava.

“Системске услуге обезбеђују неопходне предуслове за нормалан рад електроенергетског система, односно брз повратак у нормалан или бар сигуран рад након настанка поремећaja. Системске услуге намењене су свим корисницима преносног система”.

Republika Crna Gora

Zakon o energetici, Službeni list Republike Crne Gore, br. 39/2003

“Pomoćne usluge su usluge neophodne za rad prenosne i distributivne mreže koje obuhvataju isporuku reaktivne električne energije, regulisanje frekvencije i napona, obrtnie rezerve, hladne rezerve, mogućnosti starta nakon ispada sistema i pokretanja rezervnog sistema, kao i regulisanje oscilacija u opterećenju”.

Privremeni kodeks mreže, od 22.02.2005., http://www.epcg.cg.yu/06_02.html

Jednaka definicija kao i u Zakonu o energetici.

Republika Makedonija

Zakon o energetici (Законот за енергетика), (Службен весник на РМ бр. 63/2006)

Usluge sustava su usluge neophodne za osiguranje sigurnog i pouzdanog pogona elektroenergetske mreže definirane u mrežnim pravilima za prijenos.

“Системски услуги се услуги неопходни за обезбедување на сигурно и доверливо работење на електроенергетската мрежа дефинирани во мрежните правила за пренос”.

Mrežna pravila za prijenos električne energije (Мрежни правила за пренос на електрична енергија), Службен весник на РМ, бр. 95/06

Usluge sustava su usluge osigurane od proizvođača/potrošača koje su neophodne za osiguranje sigurnog i stabilnog pogona sustava poput: pogonske rezerve za regulaciju frekvencije, regulacije napona, sposobnosti upuštanja iz beznaponskog stanja i dr.

“Системски услуги се услуги обезбедени од производителите /потрошувачите кои се неопходни за обезбедување на сигурна и стабилна работа на системот како што се: оперативна резерва за регулација на фреквенција, регулација на напон, способност за самостојно пуштање во погон “black-start” и др.”

Definicija pojma pomoćnih usluga sustava iz hrvatskih Mrežnih pravila elektroeneretskog sustava nedorečena je i neprecizna. Nedorečena je utoliko što se taksativno referencira na dobavljače pomoćnih usluga sustava (proizvođač ili ODS), a da se pri tome ne navode OPS koji je isto tako dobavljač/osiguravatelj pomoćnih usluga sustava kao ni potrošač koji također može osigurati pojedine pomoćne usluge sustava. Nadalje, definicija je neprecizna iz dva razloga. Kao prvo, ne navodi se čemu služe pomoćne usluge sustava, a to je osiguranje pouzdanog rada sustava. Kao drugo u dijelu koji se odnosi na naknadu ne kaže se da će se trošak pomoćnih usluga biti uključen u tarifu za korištenje prijenosne mreže, već se kaže da OPS računa s primjerenom naknadom troškova, iako OPS u načelu nije glavni osiguravatelj pomoćnih usluga, već je to proizvodnja, a postoji i mogućnost da pojedini potrošači sami osiguraju pojedine usluge.

Osim toga, u hrvatskim mrežnim pravilima naznačeno je da pomoćne usluge sustava koristi operator prijenosne mreže za ostvarenje usluga sustava. Definicija usluga sustava u mrežnim pravilima ne postoji već su one samo nabrojane.

U definiciji pomoćnih usluga sustava spominju se i vjetroelektrane s asinkronim pogonom što je u potpunosti neprimjereno s obzirom da se radi o definiciji pomoćnih usluga, a i nepotrebno jer se naglašava da se odredbe Mrežnih pravila na njih **u pravilu** ne primjenjuju (što ukazuje da nije isključeno da se predmetna Mrežna pravila na takve jedinice primjene, samo nije napisano po čijoj odluci).

Uvođenje pojma usluga sustava koje se ostvaruju preko pomoćnih usluga sustava samo je dodatno unijelo zbrku u predmetni propis. Radi se o sljedećem: kada OPS angažira elektranu za dodatnu proizvodnju, izvan osnovne proizvodnje električne energije (za kupca s kojim proizvođač ima ugovor), tada su to pomoćne usluge sustava, istovremeno OPS, uz isporuku električne energije kupcima predaje (i prodaje) dopunske usluge, koje se u tom slučaju nazivaju usluge sustava.

U zakonodavnoj regulativi zemalja nastalih raspadom bivše SFRJ (izuzev Mrežnog kodeksa BiH) postoji jasna definicija usluga sustava ili pomoćnih usluga sustava (ta dva pojma se ne razlikuju) kao što je slučaj i u FERC-ovim i u UCTE propisima.

Općenito može se reći da su pomoćne usluge sustava sve usluge koje podržavaju osnovnu funkciju elektroeneretskog sustava, tj. proizvodnju djelatne snage i opskrbu kupaca električnom energijom, a pružaju ih subjekti koji se bave proizvodnjom, upravljanjem i prijenosom električne energije, a pojedine usluge mogu pružati i potrošači. Te usluge su nužne za prijenos električne energije uz odgovarajuću pouzdanost sustava i za održavanje zahtijevane razine sigurnosti i kvalitete.

3. PODJELA POMOĆNIH USLUGA SUSTAVA

3.1 Sjedinjene američke države

Najdetaljnija podjela pomoćnih usluga sustava opisana je u Uredbi američke Savezne energetske regulatorne agencije (FERC) br. 888 (iz 1996. godine) s ukupno 26 usluga (Tablica 2.) [3]. U predmetnom propisu definirane su sistemske usluge neophodne za sigurno funkcioniranje sustava i osiguravanje dovoljno prijenosnih i proizvodnih kapaciteta. U Uredbi 888 također se definiraju komponente troškova otvorenog pristupa prijenosnoj mreži (eng. „open access transmission tariff“). U tablici 2 nazivi pojedinih FERC-ovih pomoćnih usluga sustava nisu prevedeni kako se ne bi izgubilo njihovo značenje.

Tablica 2. FERC-ova podjela pomoćnih usluga sustava [3]

Tko osigurava uslugu	Proizvodnja	Distribucija	Operator sustava	Prijenos
Vrsta pomoćne usluge sustava	Automatic Load Shedding Service	Demand side management	Administrative Service	Transmission maintenance
	Energy imbalance	Local reactive support	Curtailment Management	Transmission reserve
	Frequency regulation	Power quality services	Dynamic scheduling	
	Load following	System reactive support	Dynamic voltage support	
	Non-spinning reserve		Generation dispatch	
	Operating Reserve - Supplemental		Generation scheduling	
	Reactive Supply and Voltage Control		Metering Services	
	Real power loss compensation		Static scheduling	
	Restoration Service			
	Spinning reserve			
	Time error correction			

Iako se u FERC-ovom propisu navodi 26 usluga, u načelu se od operatora sustava (OS) zahtijeva da osigura šest pomoćnih usluga, i to podijeljenih u dvije skupine. U prvu skupinu spadaju usluge koje OS mora osigurati kupcima, dok u drugu skupinu pripadaju pomoćne usluge sustava koje OS mora moći pružiti kupcima, ali ih si kupac može sam osigurati kroz bilateralne ugovore s pružateljem usluge ili ih si može pružiti čak i sam. U prvu skupinu pripadaju sljedeće usluge:

1. regulacija napona i jalove snage,
2. vođenje sustava.

U drugu skupinu spadaju sljedeće četiri usluge:

1. regulacija frekvencije,
2. energija uravnoteženja,
3. rotirajuća rezerva,
4. rezerva – dodatna.

FERC u načelu prepoznaje još jednu pomoćnu uslugu sustava koju OS mora moći pružiti, a to je usluga upuštanja iz beznaponskog stanja (eng. *Black Start*). Ova usluga nije dodijeljena niti jednoj prethodno navedenoj skupini, budući da trošak pružanja iste mora biti uključen u mjesecnu naknadu za prijenos, što znači da se cijena predmetne usluge ne iskazuje odvojeno.

Osim FERC-a definiciju pomoćnih usluga dalo je i Sjevernoameričko vijeće za pouzdanost elektroenergetskih sustava (NERC) [1]. Usluge su podijeljene u tri kategorije.

Usluge nužne za normalni pogon

- Vođenje sustava - Ovo je usluga koju pruža operator sustava i uključuje izradu rasporeda rada pogona elektrana kao i vođenje proizvodnje u realnom vremenu kako bi se održala ravnoteža između proizvodnje i potrošnje.
- Regulacija napona - Proizvodnja ili potrošnja jalove snage u proizvodnim jedinicama ili drugim elementima EES-a s ciljem zadržavanja napona u zadanim granicama.

- Regulacija djelatne snage - Promjena iznosa proizvodnje ili potrošnje s ciljem održavanja trenutne ravnoteže između proizvodnje i potrošnje unutar regulacijske zone.
- Praćenje promjena opterećenja i energija uravnoveženja - Pokrivanje razlike između predviđene i stvarne proizvodnje u vremenu dan unaprijed i sat unaprijed.

Usluge potrebne za sprječavanje raspada EES-a

- Rotirajuća pričuva. Ova usluga osigurava postojanje neopterećenih proizvodnih kapaciteta, tj. generatora koji ne rade punom snagom, a sinkronizirani su na mrežu i mogu trenutno reagirati u slučaju neravnoteže između proizvodnje i potrošnje zbog ispada neke proizvodne jedinice ili elementa prijenosa. Vrijeme u kojem ovi generatori moraju biti u potpunosti raspoloživi je nekoliko minuta.
- Dodatna pričuva - Ova usluga također služi za ispravljanje neravnoteže između proizvodnje i potrošnje, a uključuje proizvodne pričuve i daljinski isključivane potrošače. Mora biti u potpunosti raspoloživa unutar nekoliko minuta, ali, za razliku od rotirajuće pričuve, nije nužno da trenutno reagira.
- Usluge stabilnosti sustava - Održavanje i korištenje posebne opreme (stabilizatori EES-a i otpornici za dinamičko kočenje) u svrhu očuvanja stabilnog pogona elektroenergetskog sustava.

U kategoriju usluga potrebnih za sprječavanje raspada EES-a može se ubrojiti i primarna regulacija napona iz kada ta usluga sprječava značajno opadanje iznosa napona i pojavu naponskog sloma u sustavu. Naravno, pod uslugu vođenja sustava spada i upravljanje uslugama potrebnim za sprečavanje raspada EES-a.

Usluge potrebne za obnovu sustava nakon raspada

- Pokretanje iz beznaponskog stanja - Pokretanje iz beznaponskog stanja je mogućnost da se elektrana dovede u nazivno pogonsko stanje bez dodatnog napajanja iz električne mreže.

Osim ove usluge, za ponovno uspostavljanje pogona sustava nakon raspada potrebne su i druge usluge (vođenje sustava, regulacija napona, regulacija djelatne snage, usluge stabilnosti sustava, praćenje opterećenja itd.).

3.2 Republika Hrvatska

Definiranje usluga (elektroenergetskog) sustava u RH u načelu prati preporuke UCTE Operational Handbooka i prakse članica UCTE-a koje uglavnom prepoznaju sljedeće usluge sustava:

- vođenje elektroenergetskog sustava,
- održavanje frekvencije,
- održavanje napona,
- ponovna uspostava napajanja.

Uz napomenu da predmetne usluge kupcima osiguravaju operatori mreža.

U hrvatskim Mrežnim pravilima elektroenergetskog sustava usluge sustava se dijele i na pridjeljive (prepoznatljiv pružatelj određene pomoćne usluge pa mu se može isplatiti naknada) i/ili nepridjeljive (naknade nisu djeljive, a troškove snose svi korisnici mreže). Općenito, pridjeljive usluge su pomoćne usluge sustava (osiguranje jalove energije izvan dopuštenog faktora snage, osiguranje nestandardnih usluga), a nepridjeljive usluge su već nabrojane usluge sustava.

Postoje i posebne usluge u prijenosnoj mreži (mjerne usluge).

U Mrežnim pravilima elektroenergetskog sustava u Pojmovniku definirane su i pomoćne usluge sustava, a detaljnije su utvrđene i njihove značajke. Međutim, ne navodi ih se na jasan i sustavan način nego se opisuju kroz više poglavљa.

U kontekstu hrvatskih energetskih propisa, propis koji na jedinstven i nedvosmislen način taksativno utvrđuje pomoćne usluge sustava je Tarifni sustav za prijenos električne energije, bez visine tarifnih stavki donesen u prosincu 2006. godine [6]. U Tarifnom sustavu usluge sustava su definirane na jednak način kao i u Mrežnim pravilima elektroenergetskog sustava, a prepoznate su sljedeće pomoćne usluge sustava:

1. sekundarna i tercijarna regulacija,

2. proizvodnja jalove energije,
3. spremnost za otočni rad elektrane, ispadom dijela mreže iz sinkronizma, u pravilu dolazi do promjene opterećenja proizvodnih jedinica. Tada je važno da regulacija agregata tako djeluje da svaki znatniji dio opterećenja iznad vlastitih potreba isto tako sigurno svlada kao opskrbu vlastite potrošnje. Takav otočni pogon mora moći ustrajati više sati.
4. spremnost za rad elektrane na vlastitu potrošnju, je sposobnost agregata da, nakon iznenadnog odvajanja od mreže, postigne pogonsko stanje bez odlaganja, ponovno opskrbi svoju vlastitu potrošnju i bude raspoloživ za ponovni priključak na mrežu.
5. spremnost elektrane za crni start.

Pomoćne usluge pod rednim brojem 3 i 4 nisu uobičajene u literaturi, a spominju se i u Mrežnim pravilima elektroenergetskog sustava.

Nadalje, pojašnjenje usluga sustava kao i pomoćnih usluga sustava te nabranje vrsta pomoćnih usluga dano je i na internetskoj stranici HEP-OPS-a d.o.o. [7]. **Niti usluge sustava niti pomoćne usluge sustava koje su nabrojane na HEP-OPS-ovoj stanici nisu istovjetne pomoćnim uslugama sustava navedenim u Tarifnom sustavu za prijenos električne energije, bez visine tarifnih stavki i Mrežnim pravilima elektroenergetskog sustava.** Dakle, iz rečenog je očigledno da bi se u kontekstu reforme trebale na precizniji način definirati što su pomoćne usluge sustava, koje su to usluge, tko je pružatelj te koliki im je trošak.

3.3 Zemlje nastale raspadom bivše SFRJ

3.3.1 Slovenija

U materijalu Sistemska obratovalna navodila za prenosno omrežje električne energije predviđene su sljedeće usluge sustava:

- regulacija frekvencije i djelatne snage;
- regulacija napona;
- pokrivanje odstupanja snaga razmjene od ugovorenih vrijednosti;
- pokretanje agregata iz beznaponskog stanja;
- pokrivanje tehničkih gubiraka prijenosne mreži;
- rasterećenje sustava.

3.3.2 Bosna i Hercegovina

U Mrežnom kodeksu pomoćne usluge sustava nisu nabrojane ali je državno regulatorno tijelo donijelo Odluku o određivanju tarifa za pomoćne usluge gdje su one i nabrojane:

- primarna regulacija frekvencije;
- sekundarna regulacija frekvencije;
- tercijarna regulacija frekvencije;
- regulacija napona i jalove snage;
- mogućnost pokretanja elektrana bez vanjskog napajanja;
- prekomjerno preuzeta jalova energija.

3.3.3 Srbija

U Pravilima o radu prenosnog sistema za prenos električne energije nabrojane su sljedeće usluge sustava:

- primarna regulacija;
- sekundarna regulacija;
- tercijarna regulacija;
- regulacija napona;
- pokrivanje tehničkih gubitaka u prijenosnoj mreži;
- učešće u ponovnom uspostavljanju elektroenergetskog sustava nakon raspada (ova usluga uključuje dvije podusluge i to:

- beznaponsko pokretanje generatora i
- otočni rad generatora.

3.3.4 Crna Gora

U crnogorskom Privremenom kodeksu mreže pomoćne usluge sustava dijele se na usluge:

- kod Proizvođača - primarna i sekundarna regulacija frekvencije, proizvodnja reaktivne energije, regulacija napona, obezbeđenje obrtne rezerve, ponovno pokretanje nakon raspada sistema i sl.,
- kod Prenosa - regulacija napona, kompenzacija reaktivne snage/energije i sl. te
- kod potrošača - prilagođavanje potrošnje aktivne snage/energije aktuelnim prilikama u EES-u i kompenzacija reaktivne snage/energije.

Pod pomoćnim uslugama u ovom kodeksu se podrazumjevaju:

- regulacija sistemske frekvencije,
- kontrola reaktivne snage i naponskih prilika i
- ponovno uspostavljanje sistema nakon raspada EES-a.

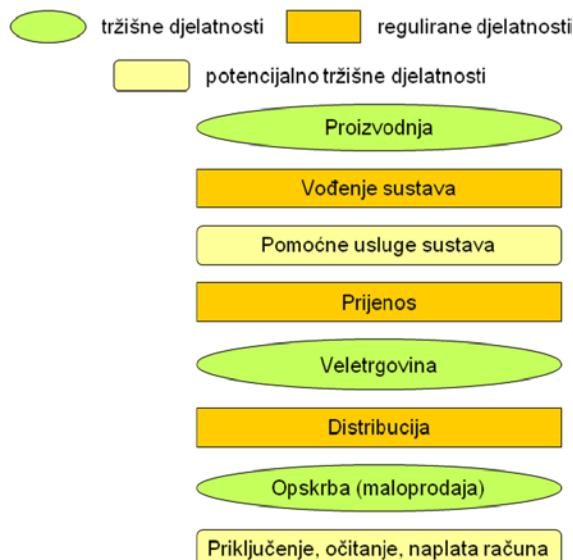
3.3.5 Makedonija

U Mrežnim pravilima za prijenos električne energije usluge sustava dijele se na:

- primarna rezerva – rezerva za primarnu regulaciju;
- sekundarna rezerva – rezerva za sekundarnu regulaciju;
- tercijarna rezerva – rezerva za tercijarnu regulaciju;
- regulacija napona i
- crni start.

4. POMOĆNE USLUGE I TRŽIŠTE

Pomoćne usluge sustava i prije su bile sastavni dio pouzdanog rada EES-a, samo što se njihov trošak uključivao u ukupnu tarifu za krajnje korisnike ili se dodjeljivao nekoj od djelatnosti, npr. prijenosu. Reformom elektroenergetskog sektora, kako je liberalizacija sve više uzimala maha, pojavio se novi izazov, a taj je, izraziti troškove pomoćnih usluga sustava pojedinačno, izdvojene od troškova ostalih djelatnosti (Slika 1.).



Slika 1. Podjela djelatnosti u elektroenergetskom sektoru na regulirane, tržišne i potencijalno tržišne djelatnosti

Naime, jedan od pokretača reforme je omogućavanje pridjeljivanja kupcu troškova koje je izazvao u sustavu na razvidan način, pa tako i troška pomoćnih usluga sustava. Slika 1. prikazuje da je djelatnost pružanja pomoćnih usluga sustava potencijalno tržišna djelatnost. To znači da se cijena pomoćnih usluga sustava može utvrditi na:

1. Regulirani način:
 - a) Uključiti trošak pomoćnih usluga zajedno s ostalim troškovima prijenosa u tarifu za prijenos,
 - b) Izdvojiti trošak pomoćnih usluga i nabavljati ih putem ugovora ili ponuda;
2. Tržišnim načelima:
 - a) Izdvojiti trošak pomoćnih usluga i utvrditi im cijenu na tržišnim načelima kroz ponudu i potražnju na tržištu dan unaprijed ili/i tržištu u stvarnom vremenu.

5. TROŠKOVI POMOĆNIH USLUGA

Troškovi pomoćnih usluga proizlaze iz troškova nastalih tijekom nabavke samih uređaja kojima se pružaju pomoćne usluge sustava i troškova pogona tih uređaja. Predmetni troškovi određuju cijene pojedinih usluga, a mogu varirati od sustava do sustava ovisno o njihovim značajkama, osim toga mijenjaju se u ovisnosti o proizvođaču i trenutnom opterećenju sustava, pa postoje:

- fiksni troškovi,
- varijabilni aktivni troškovi (troškovi goriva, oportunitetni, itd.),
- nepromjenjivi i promjenjivi troškovi održavanja i
- nepromjenjivi i promjenjivi porezi i naknade (npr. troškovi prijenosa).

Jedan od aspekata s kojeg su pomoćne usluge sustava interesantne za istraživanje u kontekstu razvoja tržišta električne energije je njihov trošak, odnosno dodjeljivanje troška pojedinoj usluzi. Postoje razne metode izračuna troška pomoćnih usluga sustava, alokacija troška između fiksnog i varijabilnog dijela te vremena korištenje pojedine usluge. Tablica 3. daje ilustrativni prikaz alokacije troška ovisno o vremenu u kojem je trošak izazvan (dugoročni trošak, dnevni trošak, trošak u realnom vremenu) za četiri pomoćne usluge sustava [8].

Iz Tablice 3. vidljivo je da je trošak primarne regulacije prvenstveno fiksni trošak (95%), tj. trošak instaliranog kapaciteta i ugrađene opreme. Dakle, potrebno ga je predvidjeti još prilikom izrade investicijskog plana, dok je npr. trošak tercijarne regulacije prvenstveno varijabilni trošak u realnom vremenu (90%).

Tablica 3. Alokacija troška pomoćnih usluga sustava

Pomoćna usluga	Udio u ukupnom trošku (%)		
	Instalirani kapacitet (dugoročni trošak)	Rezerviran kapacitet (dnevni trošak)	Korištenje kapaciteta (u realnom vremenu)
Primarna regulacija	95%	5%	0%
Sekundarna regulacija	5%	75%	20%
Tercijarna regulacija	-	10%	90%
Regulacija napona	65%	5%	30%
Uspostava ponovnog napajanja	90%	10%	0%

Kao što je prethodno rečeno cijena pomoćnih usluga može se utvrditi na regulirani i tržišni način. Što se tiče tržišnog načina utvrđivanja cijena, odnosno razvoja tržišta pomoćnih usluga sustava, najdalje su u tome otisle pojedine savezne države u SAD. Tablica 4. prikazuje prosječne cijene pomoćnih usluga na tržištu države New York ostvarene u razdoblju siječanj-lipanj 2002. godine [5].

Procjenjuje se da su godišnji troškovi pomoćnih usluga sustava u Sjedinjenim Američkim Državama (SAD) na razini 12 milijardi \$, odnosno da iznose 10% ukupnih troškova električne energije [4].

Imajući ovu činjenicu u vidu, FERC je predložio da OS-ovi organiziraju tržiste za neke od usluga kako bi se cijena tih pomoćnih usluga sustava utvrđivala na tržišnom načelu i to cijena:

1. regulacije,
2. rotirajuće rezerve,
3. rezerve – dodatne.

Tablica 4. Prosječna cijena pomoćnih usluga sustava postignuta na tržištu pomoćnih usluga sustava države New York u razdoblju siječanj-lipanj 2002. godine [4]

Pomoćna usluga	\$/MWh
Regulacija frekvencije	0,02
Regulacija napona	0,34
Vođenje sustava	1,95
Energija uravnoveženja	Tržišna cijena
Pogonska rezerva	0,23
10-minutna rotirajuća rezerva	Istok: 2,17; Zapad: 1,98
10-minutna ne rotirajuća rezerva	Istok: 1,56; Zapad: 1,35
30-minutna rezerva	1,15
Crni start	0,01

Kao primjer reguliranog načina utvrđivanja cijena dan je prikaz iskustava iz Republike Hrvatske te Slovenije i Bosne i Hercegovine (BiH) za ostale države nastele raspadom bivše SFRJ nije se moglo doći do podataka.

Republika Hrvatska je tek u početnoj fazi utvrđivanja troška pomoćnih usluga sustava te njihova cijena još nije utvrđena. Tarifnim sustavom za prijenos električne energije, bez visine tarifnih stavki predviđeno je da će trošak pomoćnih usluga biti uključen u tarifu za korištenje prijenosne mreže. Znači, cijene pomoćnih usluga sustava neće se pojedinačno iskazivati. Prijedlog, koji još nije usvojen¹, je da trošak za kupca bude 1,5 Isp/kWh. Metodologija za utvrđivanje ovakvog troška za sada nije javno dostupna niti poznata.

U slovenskom slučaju cijena usluga sustava je dio naknade za korištenje prijenosne mreže te cijena nije iskazana za svaku pojedinačnu uslugu, već je ona kumulativna (osim za prekomjernu preuzetu jalovu energiju) (Tablica 5.) [9].

Tablica 5. Cijena pomoćnih usluga sustava u Sloveniji

Omrežnina za sistemske storitve:			
odjemna skupina		tarifne postavke	
napetostni nivo	vrsta odjema	obračunska moć (EUR/kW/mesec)	prenesena delovna energija (EUR/kWh)
VN, SN, NN		0,17890	
NN	javna razsvjetljiva		0,00127

Omrežnina za posebno sistemsko storitev:	
odjemna skupina	tarifna postavka
napetostni nivo	prekomerno prevzeta jalova energija (EUR/kvarh)
VN	0,00626
SN, NN	0,00835

¹ Prijedlog Plana poslovanja za 2008. godinu HEP-OPSA d.o.o. Prijedlog je Hrvatska energetska regulatorna agencija zaprimila u prosincu 2007. godine

Državno regulatorno tijelo u BiH donijelo je u prosincu 2007. godine Odluku o određivanju tarifa za pomoćne usluge [8]. U istoj Odluci utvrđena je i planska snaga po mjesecima potrebna za pružanje usluga sekundarne i tercijarne regulacije frekvencije i snage, te HE koje pružaju uslugu kao i potrebnu snagu koju svaka HE mora osigurati u sustavu. Na prvi pogled čini se da je ovakav pristup poprilično razvidan. No, isto tako potrebno je napomenuti da je u BiH nezavisan OS zadužen za osiguranje pomoćnih usluga sustava te za sigurnost sustava. Ovakav model iziskuje transparentniji i koordiniraniji rad OS-a i drugih čimbenika u sustavu kao i značajniju ulogu regulatornog tijela u nadzoru nad suradnjom OS-a i prijenosnih poduzeća te u utvrđivanju procedura potrebnih za osiguranje pouzdanog rada sustava.

U Odluci utvrđene su sljedeće pomoćne usluge i njihova cijena:

1. primarna regulacija frekvencije (bez naknade),
2. sekundarna regulacija frekvencije: 5,41 c€/kW,
3. tercijarna regulacija frekvencije: 3,07 c€/kW,
4. regulacija napona i jalove snage (bez naknade),
5. mogućnost pokretanja elektrana bez vanjskog napajanja (bez naknade),
6. prekomjerno preuzeta jalova energija: 0,49 c€/kvarh.

Ukupna tarifa za sekundarnu i tercijarnu regulaciju prebačena u kWh iznosi 0,11 c€/kWh.

6. TRŽIŠTE I PLANIRANJE POMOĆNIH USLUGA

6.1 Regulacija frekvencije i djelatne snage

Usluga regulacije frekvencije podrazumijeva održavanje ravnoteže između proizvodnje i potrošnje djelatne snage u realnom vremenu. Kada u sustavu nastane poremećaj, narušava se ravnoteža između proizvodnje i potrošnje djelatne snage i frekvencija sustava odstupa od nazivne vrijednosti. Na odstupanje frekvencije reagiraju turbinski regulatori gotovo trenutnom promjenom snage proizvodnje i to se naziva primarna regulacija frekvencije. Promjena snage proizvodnje, u kombinaciji s promjenom potrošnje frekvencijski ovisnih potrošača, pomaže u suzbijanju nastalog poremećaja. Ako je primarna regulacija bila uspješna sustav će se stabilizirati, ali s frekvencijom različitom od nazivne što će za posljedicu imati pojavu neželjenih tokova snage te pojavu pogreške regulacijskog područja. Da bi se frekvencija vratila na nazivnu vrijednost, potrebno je promijeniti zadane vrijednosti snaga proizvodnje regulacijskih elektrana, ovisno o novonastaloj ravnoteži između proizvodnje i potrošnje. Potonja radnja spada u sekundarnu regulaciju frekvencije, a može se obavljati automatski (automatska sekundarna regulacija) ili ručno. U većini EES-a sekundarna regulacija obavlja se automatski. Pod tercijarnom regulacijom podrazumijeva se svako podešavanje, automatsko ili ručno, parametara uređaja koji sudjeluju u sekundarnoj regulaciji zbog osiguravanja zahtijevane sekundarne regulacijske pričuve ili gospodarski optimalne raspodjele sekundarne regulacijske snage na proizvodne jedinice koje sudjeluju u sekundarnoj regulaciji. U tablici 6 je prikazana usporedba između tri razine regulacije frekvencije.

Tablica 6 Usporedba između tri razine regulacije

	Primarna regulacija	Sekundarna regulacija	Tercijarna regulacija
Zašto se koristi?	Stabiliziranje frekvencije u slučaju neravnoteže	Vraćanje frekvencije na nazivnu vrijednost	Ponovno osiguranje sekundarne regulacijske pričuve, upravljanje eventualnim zagušenjima, vraćanje frekvencije na nazivnu vrijednost
Kako se izvodi ?	Automatski	Automatski / ručno	Ručno
Gdje se izvodi?	Lokalno	Regionalno	Centralno
Tko šalje regulacijske signale proizvođačima?	Lokalni senzor	TSO - Operatora Prijenosnog Sustava	Proizvođač (Operator prijenosnog sustava u slučaju zajedničkog tržišta)
Kada se aktivira?	Trenutačno		Ovisno o sustavu
Koji izvori se mogu koristiti?	Ovisno o sustavu: djelomično opterećene jedinice, isključivanje potrošnje, brzo upuštajuće jedinice		

Općenito, regulaciju frekvencije moguće je obavljati iz bilo kojeg mesta u sustavu. Pritom treba voditi računa o ograničenjima prijenosnog sustava. Ako neki vod radi blizu granice svojih mogućnosti, potrebno je imati dostatnu regulacijsku pričuvu u dijelovima sustava koje povezuje.

Operator sustava regulaciju frekvencije može osiguravati na tri načina:

- Automatskom kontrolom proizvodnje – proizvođači automatski prilagođavaju proizvodnju trenutnim uvjetima u sustavu, ovisno o svojim regulacijskim karakteristikama.
- Izravnim podešavanjem proizvodnje pojedinih elektrana.
- Upravljanjem opterećenjem – mogućnost smanjivanja potrošnje ili iskapčanja.

Postoje dva ustroja usluge regulacije frekvencije, „otkupni“ i „bilateralni“. U prvom slučaju operator sustava kupuje djelatnu snagu (od proizvođača ili od potrošača) u približno realnom vremenu. Na taj način se u nekim zemljama već provodi regulacija frekvencije, npr. u Skandinaviji. Bilateralni ustroj može se primijeniti u zemljama u kojima operator sustava nema obvezu pružanja usluge regulacije frekvencije, nego kupci sami kupuju uslugu praćenja opterećenja.

Većina operatora sustava u SAD-u i u zemljama članicama UCTE-a koristi automatsku sekundarnu regulaciju frekvencije. Ručna sekundarna regulacija se koristi u Ujedinjenom kraljevstvu i u Zemljama članicama Nordel-a (Skandinavske zemlje, Island i Danska). Ova usluga naziva se još i usluga ravnoteže jer se stalno nastoji uravnotežiti proizvodnja i potrošnja. Operatori sustava u navedenim zemljama zaprimaju od proizvođača ili potrošača (koji nude smanjenje potrošnje) ponude količine (MW) i cijene (\$/MWh). Ponude se zatim slažu uzlazno prema cijeni za svaki sat. Kada se ukaže potreba za regulacijom, operator sustava jednostavno aktivira najisplativiju kombinaciju ponuda. Na kraju svakog sata se u skladu s najskupljom poduzetom mjerom utvrđuje cijena regulacije i ta cijena vrijedi za sve.

Ručna sekundarna regulacija frekvencije pokazala se zadovoljavajućom u zemljama koje ju primjenjuju, ali se smatra da bi na izrazito konkurentnim tržištima moglo doći do situacija u kojima ova metoda zakazuje. Takva tržišta funkcioniraju gotovo u realnom vremenu pa bi dominantni proizvođači bili u mogućnosti postavljati nerealne cijene i na taj način ostvarivati velike dobiti. Ovo bi posebno dolazilo do izražaja prilikom poremećaja u sustavu. Zato se predlaže mehanizam sekundarne regulacije frekvencije koji kombinira ručnu i automatsku regulaciju i koristi signale s tržišta.

Potrebu za regulacijom frekvencije uzrokuju:

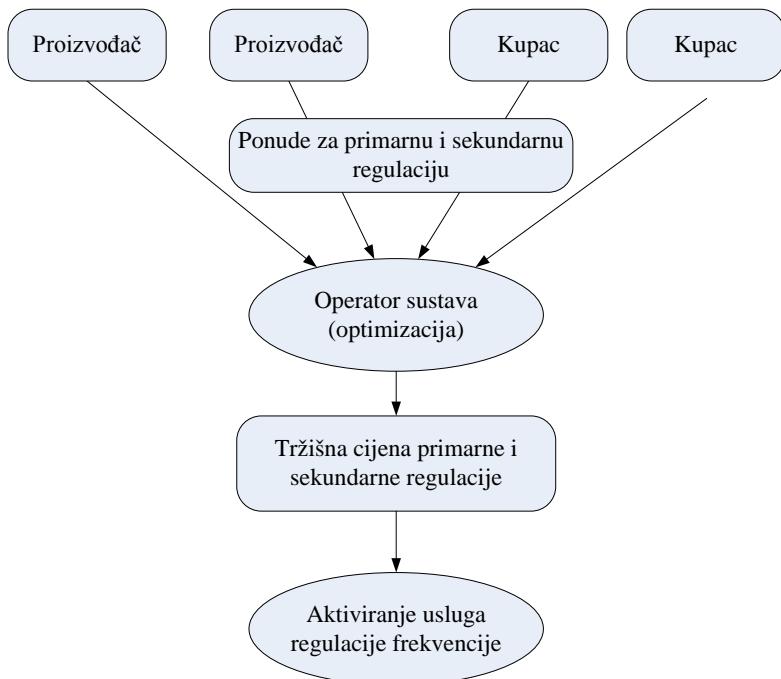
- **Potrošači** – Kvaliteta električne energije koja se isporučuje potrošačima treba biti takva da odgovara njenoj namjeni. Trošila, pogotovo ako imaju elektroničke satne mehanizme, zahtijevaju očuvanje frekvencije u granicama unutar kojih njene promjene neće djelovati štetno na pouzdanost uređaja ili na kvalitetu njegovog rada. Potrošači su također izloženi riziku od isključenja uslijed podfrekvencijskog rasterećenja nad čime nemaju nikakvu kontrolu.
- **Proizvođači** – Oprema za proizvodnju električne energije također zahtijeva očuvanje iznosa frekvencije unutar odgovarajućih granica gdje njene promjene neće štetno utjecati na pouzdanost opreme, kvalitetu rada ili na životni vijek. Osim toga, konstantna frekvencija omogućava raspodjelu opterećenja na aggregate tj. izradu voznih redova.
- **Mreža** – U dijelovima EES-a koji su povezani relativno slabim vodovima, neusklađena djelovanja za korekciju frekvencije mogu uzrokovati ili povećati preopterećenja, nestabilnost ili poteškoće u regulaciji napona. Pogon pri niskoj frekvenciji može također uzrokovati štetu uslijed visokih vrijednosti magnetskih tokova u transformatorima.
- **Tržište** – U tržišnom okruženju postoji rizik povezan s međudjelovanjem promjena frekvencije i funkciranja tržišta. Promjene frekvencije uzrokuju promjene u proizvodnji i potrošnji te stoga imaju utjecaj na tržišne prilike. Neusklađena djelovanja između međusobno povezanih tržišta mogu uzrokovati da iznos energije koja se između njih razmjenjuje odstupa od ugovorenih vrijednosti.

Općenito, vlasnici elektrana ugrađuju zaštitne uređaje kako bi kontrolirali rizik da uslijed većih promjena frekvencije ne dođe do oštećenja opreme u elektranama. Prorada podfrekvencijske zaštite u elektrani uzrokuje njen ispad, što u ekstremnom slučaju može dovesti do raspada cijelog sustava uslijed lančanog pada dijelova mreže. Prema tome, učinak prorade zaštitnih uređaja u funkciji zaštite elektrane je prijenos rizika na ostale sudionike u sustavu.

Osnovni mehanizam za upravljanje spomenutim frekvencijskim rizicima je ustanovljavanje tri odvojena zadatka:

- 1) postavljanje frekvencijskih pogonskih standarda;
- 2) usklađivanje proizvodnje i potrošnje kako bi se frekvencija zadržala u granicama tih standarda i
- 3) kvalitetan vozni red elektrana s obzirom na procijenjenu potrošnju.

Iako su ovi osnovni mehanizmi odavno uspostavljeni unutar okomito organiziranih elektroprivrednih poduzeća, u tržišnom okruženju (slika 2) oni doživljavaju značajne promjene što postavlja nove izazove na prethodno navedenu podjelu zadatka i pripadajuće odgovornosti.



Slika 2 Struktura tržišta regulacije frekvencije

6.2.1 Troškovi regulacije frekvencije

Troškovi regulacije frekvencije u uskim granicama su zapravo dodatni troškovi za osiguranje sposobnosti elektrana da provode regulaciju frekvencije, zatim dodatni troškovi za osiguranje pričuvnih kapaciteta u proizvodnji električne energije te moguće povlastice koje se daju potrošačima u zamjenu za mogućnost isključivanja njihovih potrošača. Svaki od prethodnih troškova iznimno je teško kvantificirati.

Tržište usluge regulacije frekvencije može biti od pomoći prilikom određivanja troškova regulacije frekvencije. Međutim, u tržišnom okruženju, troškovi usluga regulacije frekvencije trebali bi biti određeni na temelju tržišnih cijena usluga prije nego na stvarnim troškovima koje ima pružatelj usluga. Slično bi troškovi isključenja ili pokretanja generatora, u funkciji ostvarenja bolje usluge, trebali biti procijenjeni kao gubitak mogućnosti za bolji plasman energije. Pod pretpostavkom da se ovi troškovi mogu razlikovati u okomito integriranim poduzećima, lakše je predvidjeti buduće stvarne troškove isporuke određene usluge, nego buduće tržišne cijene pomoćnih usluga sustava ili energije. Stoga tržišno okruženje može uzrokovati nesigurnost u procesu određivanja rizika.

U tržišnom okružju u kojima su cijene usluga više slika poslovnih mogućnosti nego stvarnih troškova usluge, tradicionalno razmišljanje da frekvencija treba biti regulirana unutar uskih granica u normalnom pogonu često je pobijano tržišnim troškovima takve regulacije. Čak i dugoročno razmatrano, korisni učinci regulacije frekvencije prevagnu u odnosu na troškove, postojat će razdoblja kada regulacija frekvencije u uskim granicama standarda može prouzročiti troškove koji su visoko iznad očekivanih korisnih učinaka. U nekim slučajevima probabilistička definicija frekvencijskih standarda (održavanje unutar zadanih granica određeni postotak vremena) može osigurati dodatnu fleksibilnost za ostvarenje boljeg ekonomskog učinka. Bolji ekonomski učinak može se ostvariti prikazivanjem učinaka regulacije

frekvencije i uključujući ih u ekonomski dispečerski proces. Na taj se način odgađa određivanje visine troškova dok ne postanu jasniji.

Na tržištu također postoji snažno međudjelovanje između uravnoteženja opskrbe energijom i zahtjeva za energijom i regulacijom frekvencije. Različiti tržišni odnosi snažno utječu na ovo međudjelovanje, ali proces uravnoteženja tržišta električnom energijom ne može dovoljno kvalitetno regulirati frekvenciju u svim uvjetima te su potrebne dodatne mjere za regulaciju frekvencije.

6.2.2 Osiguravanje usluge regulacije frekvencije

Postoji više načina za nabavu usluge regulacije frekvencije u tržišnom okružju:

- Obvezujuće pružanje usluge (npr. kao uvjet priključka ili neki drugi pravno obvezujući ugovor),
- Ugovorno pružanje usluge (npr. periodičkim raspisivanjem natječaja),
- Tržište (npr. isklično tržište pomoćnih usluga).

Na mnogim tržištima pomoćnih usluga sustava kombiniraju se sve tri metode kako bi se pokrili svi vremenski okviri. Obvezujuće pružanje usluge sadrži umjereni rizik da usluga ne bude dosta na za ispunjavanje pogonskih standarda. Veći rizik predstavlja vjerojatnost da previše usluge bude raspoloživo jer to predstavlja nepotrebni trošak. Nasuprot tome, u slučaju ugovornog pružanja usluge i tržišta je puno veći rizik od manjka usluge regulacije frekvencije nego od njezinog viška.

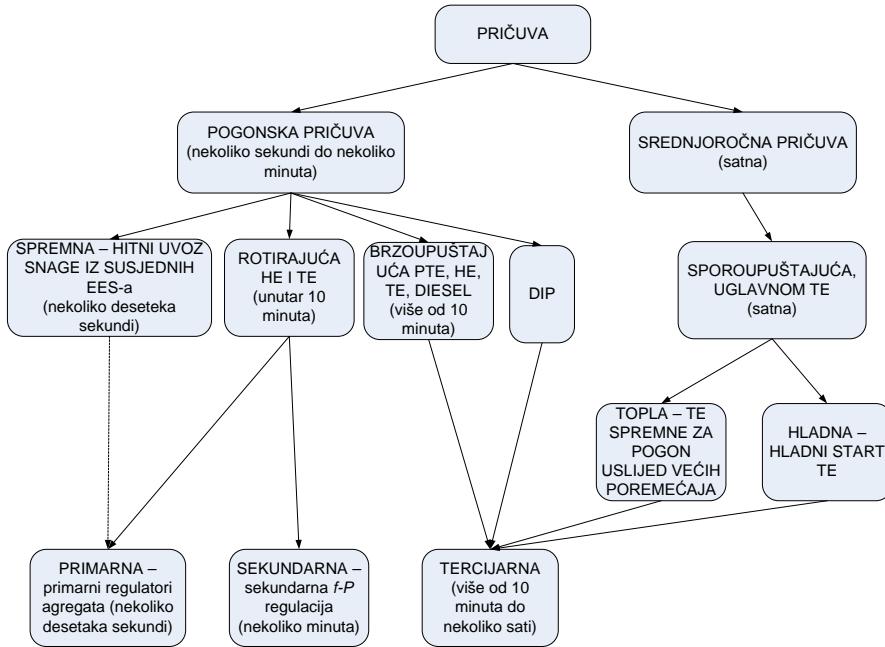
6.2 Pogonska rezerva

Kako bi se naglasile poteškoće povezane s definiranjem pričuve, treba uzeti u obzir široko korišteni termin rotirajuće pričuve. Niz autora koriste taj termin bez njegovog definiranja, zato što pretpostavljaju da je njegovo značenje očigledno i jednoznačno. No djelomičan pregled literature daje jako različite definicije rotirajuće pričuve kao što su [23]:

- Hirst i Kirby: generatori u radu, sinkronizirani na mrežu koji mogu trenutačno povećati svoju proizvodnju kao odgovor na velike ispade i mogu dosegnuti punu snagu unutar 10 minuta;
- Wood i Wollenberg: ukupni sinkronizirani kapacitet, bez gubitaka i opterećenja;
- Zhu, Jordan i Ihara: neopterećeni, sinkronizirani dio, koji je u stanju trenutačno odgovoriti na opterećenje i potpuno je dostupan unutar deset minuta;
- British Electricity International: Dodatna proizvodnja koju djelomično opterećena elektrana može proizvesti i održati kroz 5 minuta. Ova kategorija također uključuje i reverzibilne elektrane koje rade u pumpnom režimu, i čija potrošnja može biti isključena unutar 5 minuta;
- UCTE: tercijarna pričuva dostupna unutar 15 minuta koja je osigurana akumulacijskim, reverzibilnim, plinskim elektranama te u termoelektranama koje ne rade na punom opterećenju;
- NERC: Sinkronizirane i neopterećene elektrane spremne za zadovoljavanje dodatne potražnje.

Budući da se slične višežnačnosti i proturječja pojavljuju i u slučaju drugih vrsta pričuve, poželjno je definirati okvir koji će takva pitanja rješiti eksplicitno. Okvir koji se ovdje koristi temeljen je na načinu na koji se postiže regulacija frekvencije, a ne na tehničkim značajkama pričuva.

Detaljna podjela rezervi prikazana je na slici 3. U većini sustava pričuva se dijeli na rotirajuću (vruću) i dodatnu (nerotirajuću, hladnu) [24]. Rotirajuću pričuvu predstavljaju agregati u pogonu, koji mogu postići predviđenu snagu unutar 10 minuta. Njena važnost je istaknuta i u ugovorima o zajedničkom radu u nekoj interkonekciji gdje je često predviđeno plaćanje penala za neosiguravanje odgovarajućeg iznosa rotirajuće pričuve. Dodatnu pričuvu najčešće predstavljaju agregati koji nisu priključeni na EES te se na njih ne postavlja zahtjev za trenutnim odzivom. Dodatna pričuva, kao i rotirajuća ima određene fiksne troškove vezane za raspoloživost dodatnih agregata, ali nema troškova za gorivo, a održavanje agregata je rjeđe i jednostavnije. Njen bi iznos općenito trebao biti jednak ili nešto iznad sumarne maksimalne snage dvaju najvećih agregata u pogonu



Slika 3 Detaljnija podjela pričuve u EES-u

Podjela rezerva prema vremenima odziva:

- 1) Rotirajuća rezerva: raspoloživi kapaciteti iznad trenutne potrošnje sposobni povećati snagu u vrlo kratkom vremenu, ograničeni jedino brzinom odziva agregata.
- 2) Brzoupuštajući agregati čije je vrijeme upuštanja vrlo kratko (PTE, diesel agregati, pojedine HE).
- 3) Potrošači s mogućnošću daljinskog isključenja (DIP): neki ugovori omogućuju isključenje pojedinih potrošača u situacijama opasnim za sustav. Oni se napajaju kao potrošači sa smanjenom sigurnošću te zbog toga plaćaju jeftiniju električnu energiju
 - industrijski potrošači koji imaju pričuvnu vlastitu proizvodnju električne energije,
 - industrijski potrošači koji vrlo lako mogu promijeniti proizvodni proces u slučaju nestanka električne energije,
 - kućanstva koja na ovaj način žele plaćati jeftiniju električnu energiju.
- 4) Ugovorena rezerva: dio pričuve osiguran iz susjednih sustava. Takva pričuga može biti rotirajuća i odmah dostupna ili dostupna nakon perioda upuštanja.
- 5) Rezerva sa zatezanjem dostupna tek nakon nekog perioda.

Kada se razmatra raspoloživost rezerve, razmatrani agregat bi trebao biti sposoban razvijati nazivnu snagu u trajanju od barem 4 sata (prihvaćeno u većini elektroprivreda). To za TE podrazumijeva opskrbljivost dovoljnom količinom goriva, a za HE osiguranje dovoljne količine vode u akumulaciji. Za sustav koji radi u izoliranim pogonu i nije povezan s drugim sustavima, preporučljivo je imati svu pogonsku pričugu u vidu rotirajuće pričuve.

6.2.1 Struktura tržišta rotirajućom pričuvom

U strukturi odvojenih tržišta energijom i pričuvom, sudionici tržišta mogu upasti u nepredviđena stanja na tržištu pričuvom. Veća nepostojanost opaža se na tržištu pričuvom nego na tržištu energijom. U Kaliforniji u južnim područjima uspostavljeno je relativno slabo tržište dodatnim uslugama. To je uzrokovalo visoke tržišne cijene, u nekim satnim periodima, za sve pomoćne usluge sustava u srpnju 1998. godine. Cijene rotirajuće pričuve prelazile su 200 \$/MWh. Dana 13.07. ponuda dodatne pričuve postigla je konačnu cijenu od 9999 \$/MW i kao takva potrajala u sljedećih 5 sati. Sljedećeg dana 14.07. OS je postavio graničnu cijenu od 500 \$ za sve pomoćne usluge sustava koju je potom potvrdio FERC, Nakon tako nametnute konačne cijene granica od 500\$ postignuta je u sljedećih nekoliko sati za uslugu regulacije frekvencije, a za dodatnu i nerotirajuću pričugu u tjednu od 24.07.1998. Istodobno cijena energije bila je manja od 75 \$/MWh.

Ubrzo nakon toga Kalifornijska energetska regulatorna komisija zaključila je da pomoćne usluge sustava još uvijek ne rade na način koji bi bio u skladu sa zdravom poslovnom konkurencijom, pa je tržište njima jedno vrijeme bilo ukinuto. Iz navedenog slijedi da treba vrlo pažljivo organizirati tržište pomoćnih usluga sustava. Probni pristup sastoji se u iteracijskom procesu podnošenja ponuda kako bi se odredio dovoljan broj kapaciteta i za tržište energije i za tržišta sistemskim uslugama.

Određene strukture tržišta dozvoljavaju vlasnicima pojedinih agregata istovremeno davanje ponuda na tržištu rotirajuće pričuve i energije. Ako je cijena osiguranja rotirajuće pričuve dovoljno visoka prema krajnjoj cijeni koja se može postići na tržištu energije vlasnici pojedinih agregata će izabrati osiguravanje rotirajuće pričuve umjesto proizvodnje energije. Tržište rotirajuće pričuve i tržište energije međusobno su usko povezana. Kako bi se postigla maksimalna iskoristivost prijenosnih i proizvodnih resursa, potrebno je razmatrati rotirajuću pričuvu u svezi s tržištem energije. Za odabiranje najboljeg rasporeda, uzimajući u obzir ograničenja prijenosa, sigurnosti i same rotirajuće pričuve, koriste se programski paketi za optimizaciju.

6.3 Regulacija napona i jalove snage

Jalova snaga je vrlo bitna za prijenos električne energije te naročito za regulaciju napona. Budući da utječe na iznos napona, ima značajan utjecaj na stabilnost i sigurnost pogona EES-a. Prevelika odstupanja napona od nazivne vrijednosti rezultiraju povećanim gubicima u sustavu, pregrijavanjima motora i druge opreme. Stoga je za pravilno funkciranje EES-a potrebno uravnotežiti proizvodnju i potrošnju jalove snage. Jalova se snaga može proizvoditi generatorima, ali isto tako i sinkronim kompenzatorima te različitim komponentama prijenosnog i distribucijskog sustava (kondenzatorske baterije, prigušnice, uređaji energetske elektronike).

Troškovi regulacije napona tj. troškovi proizvodnje jalove snage ovise o kompenzacijskim uređajima odnosno o prirodi opterećenja. S jedne strane potrošači s opterećenjima koja se sporo mijenjaju zahtijevaju staticku opremu za regulaciju jalove snage (poput kondenzatora i prigušnica). S druge strane potrošači s opterećenjima koja karakteriziraju brze promjene, kao što su elektrolučne peći, zahtijevaju uređaje za regulaciju jalove snage koji mogu pratiti te dinamičke promjene za potražnjom jalove snage (takvi uređaji su SVC uređaji i sinkroni kompenzatori koji mogu pratiti vrlo brze promjene jalove snage te generatori čiji je odziv nešto sporiji).

Troškovi za kompenzaciju jalove snage statičke prirode su puno manji od troškova za zadovoljavanje dinamičkih potreba. Razlog je taj što su kapitalni troškovi opreme za staticku kompenzaciju (poput kondenzatora) za red veličina manji od uređaja za dinamičku kompenzaciju (kao što su sinkroni kompenzatori, generatori, SVC...).

Na troškove usluga vezanih uz jalovu snagu utječe i nekoliko drugih čimbenika:

- Jalovu snagu nije isplativo prenositi na velike udaljenosti pa kompenzacija jalove snage treba biti dostupna po cijelom sustavu. Prijenos jalove snage na velike udaljenosti povećava gubitke djelatne snage u sustavu.
- Budući da sustav sam za sebe troši jalovu snagu, potrebno je kontrolirati napon na cijelom prijenosnom sustavu.
- Zbog promjene prirode opterećenja sustava ponekad je potrebito u istom danu proizvoditi ili trošiti jalovu snagu na nekoj lokaciji u sustavu.
- EES zahtijeva izvore jalove snage koji premašuju očekivane iznose potrošnje jalove snage.

Zbog razlika u učinkovitosti, načinu rada i troškovima različitih uređaja, jalova snaga se obično proizvodi i statičkim i dinamičkim uređajima u sustavu što utječe na troškove usluga vezanih uz jalovu snagu. Također je bitno napomenuti da se optimalna cijena jalove snage određuje iz optimalnih tokova snaga čime se minimiziraju troškovi sustava vezani uz proizvodnju generatora, tokove snaga i napone sabirница. Također, ovi troškovi ovise o vremenu i lokaciji prijenosa pa može doći do značajnih razlika u graničnoj cijeni jalove snage. Uslijed toga su tržišta jalovom snagom geografski vrlo mala pa se lako može dogoditi da pojedini proizvođači imaju veliku tržišnu moć na nekom području.

Tržišno natjecanje u području proizvodnje postavlja imperativ na praktična ugovaranja za postavljanje cijena jalove snage. Jedan takav način je dugoročno ugovaranje s pojedinačnim proizvođačima. Time bi se umanjila tržišna moć strateški lociranih proizvođača te bi se pri tom uskladilo ugovaranje razvoja novih dugoročnih izvora jalove snage.

U SAD-u prema odluci NERC-a, samo vlasnici sinkronih generatora smiju nuditi uslugu regulacije jalove snage na tržištu, dok se za jalovu snagu proizvedenu u ostalim izvorima ne dobiva novčana

naknada. Operator sustava ili prijenosa, upravlja statičkim uređajima za proizvodnju jalove snage. Također se zahtjeva da podsustavi uzbude generatora budu uključeni u sekundarnu regulaciju napona kako prilikom poremećaja u sustavu ne bi nedostajalo kapaciteta jalove snage. Ovo posebno dolazi do izražaja kada generator daje više djelatne snage od nazivne pa je zbog prevelike struje armature ograničena proizvodnja djelatne snage (opportunitetni troškovi).

Upravljanje jalovom snagom i mehanizmi plaćanja razlikuju se od države do države. U Ujedinjenom kraljevstvu, isto kao i u SAD-u, novčana naknada može se dobiti samo za jalovu snagu proizvedenu u generatorima. U Australiji se ovo odnosi i na sinkrone kompenzatore. U Skandinavskim državama nije predviđena nikakva naknada za proizvođače jalove snage, a pojedina elektroenergetska poduzeća koja prodaju djelatnu snagu su dužna osigurati i dovoljne količine jalove snage. OS jedino je propisao da ne smije biti prijelaza jalove snage između pojedinih naponskih razina. Time se želi postići da regionalne i lokalne elektroenergetske mreže same proizvode potrebnu jalovu snagu.

Potpuno konkurentno tržište regulacije jalove snage kao ni idealan mehanizam naplate usluge jalove snage još se nisu razvili u niti jednoj državi. Neke od prepreka u stvaranju takvog tržišta su:

- Usluga regulacije jalove snage mora se pružati lokalno pa vrijednost jednog Mvar-a nije jednaka svuda u sustavu. Kada bi tržište regulacije jalove snage bilo organizirano jednako kao tržište djelatne snage, moglo bi se dogoditi da operator sustava bude primoran sklopiti ugovore s proizvođačima jalove snage koji su smješteni na neodgovarajućim lokacijama (sa stajališta sigurnosti sustava), ali nude najpovoljnije cijene.
- Niti u jednom od do sada dereguliranih elektroenergetskih sustava pod pomoćne usluge sustava ne spada jalova snaga proizvedena u statičkim uređajima za kompenzaciju. Kada bi se vlasnicima kondenzatorskih baterija, prigušnica, SVC i FACTS sustava omogućilo pružanje usluge regulacije jalove snage, povećala bi se konkurenca i time i učinkovitost tržišta.
- Dugoročni ugovori o opskrbi jalovom snagom mogli bi značajno smanjiti pojavu tržišne moći i spriječiti proizvođače da jalovu snagu prodaju po cijenama većim od graničnih.

6.4.1 Uspostavljanje tržišta jalovom snagom

Potreбно је definirati dva pojma:

- *EPF* funkcija očekivanog plaćanja (eng. expected payment function): proizvođači čiji generatori proizvode jalovu snagu za tržište izlažu se različitim troškovima ovisno o režimu rada. Pojedine od predmetnih troškova teško je grupirati, a pojedine je vrlo teško odrediti koliki su. U slučaju uvođenja tržišta mora postojati prikidan financijski mehanizam za kompenziranje ovih troškova. *EPF* je matematička formulacija komponenti troškova vis-à-vis ("klinom na klin") odnosno očekivanja proizvođača za nadoknadu ovih troškova.
- Troškovi gubitaka: su jedna od komponenti *EPF*-a. Jalova snaga proizvedena ili potrošena generatorom povećava gubitke djelatne snage u njihovim namotima te su ovi gubici snage nelinearna funkcija jalove snage. Iako je ova komponenta bitno manja u usporedbi s drugim gubicima u sustavu, mora se s njom računati.

U procesu stvaranja tržišta jalovom snagom polazi se od sljedećih pretpostavki:

- Operator sustava nadzire i vodi tržište uslugama sustava te ugovara prodaju jalove snage neposredno s ponuđačima. Tako je tržište monopsonične strukture.
- Tržište se temelji na dugoročnim ugovorima, tako da kratkoročne fluktuacije (promjene) u potražnji, stanja rezerve ili "spice" tržišne cijene djelatne snage nemaju utjecaj na trendove ponude jalove snage. Pretpostavlja se da će funkcionirati skoro savršeno uz korektne odnose između subjekata koji u njemu sudjeluju.
- Tržište se temelji na modelu aukcije. To znači da svi odabrani ponuđači u konačnici dobivaju istu cijenu koja je najveća prihvaćena cijena od svih ponuda. Ovo ostavlja sudionicima dovoljno poticaja da ponude stvarne troškove.

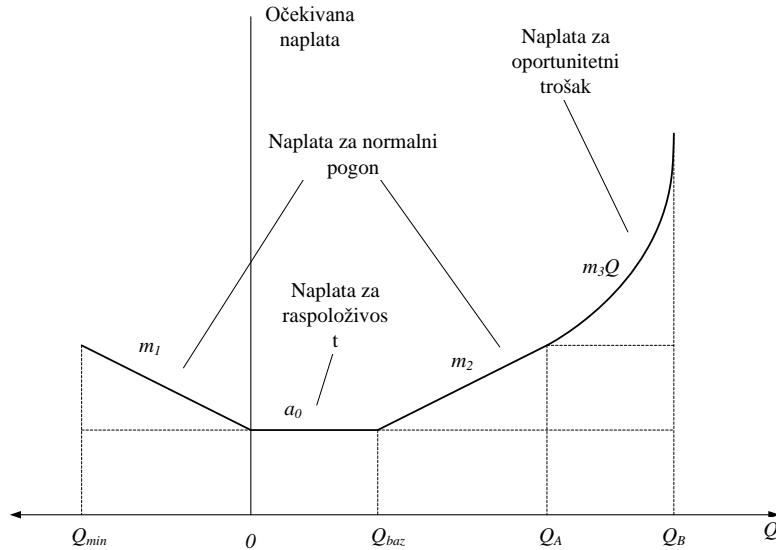
Struktura tržišta jalovom snagom temelji se na *EPF* funkciji proizvođača za njihove usluge. Prema dijagramu na slici 4, ako radna točka leži unutar dozvoljenog područja rada, npr. u području 1 (P_A , Q_{bazno}), agregat može povećati proizvodnju jalove snage na Q_A (radna točka A) bez zahtijevanja

podešavanja snage P_A . Ovo će, međutim, rezultirati povećanim gubicima u namotima i tako povećanim troškovima proizvodnje.

Ako generator radi na graničnoj krivulji, svako povećanje proizvodnje jalove snage Q će rezultirati smanjenjem proizvodnje djelatne snage P prema krivulji ograničenja uslijed zagrijavanja namota. Oportunitetni trošak je, prema tome, značajan čimbenik. Oportunitetni trošak se može izraziti kao:

$$OT = \mu(P_A - P_B) - [C(P_A) - C(P_B)] \quad (1)$$

U jednadžbi (1) je μ tržišna cijena djelatne snage, a $C(P)$ je trošak proizvodnje izražen kao funkcija djelatne snage. Funkcije troškova gubitaka i oportunitetnih troškova nisu uvijek poznate i zato je korisno uspostaviti sustav u kojem proizvođači i ostali sudionici tržista prijavljuju ponude za jalovu snagu, a operator sustava ih prema navedenim cijenama i količinama jalove snage prihvata ili odbija.



Slika 4 Troškovi generatora u ovisnosti o količini proizvedene jalove snage

S obzirom na proizvodnju jalove snage područja rada agregata mogu se podijeliti na tri područja (slika 4):

- Područje 1 – ($0 - Q_{bazno}$):** Jalova snaga proizvedena u ovom području potrebna je za namirivanje vlastite potrošnje elektrane pa se ne može smatrati pomoćnom uslugom i proizvođač ne može za tu jalovu snagu tražiti naknadu. Iznos Q_{bazno} operator sustava teško može odrediti za neku elektranu. Zato se unaprijed mogu izračunati potrebe za jalovom snagom prema nazivnim podacima opreme i odrediti standardni Q_{bazno} za koji se ne dobiva naknada.

$$EPF = 0 \quad (2)$$

- Područje 2 – ($Q_{bazno} - Q_A, 0 - Q_{Min}$):** u ovom području postoje realni troškovi proizvodnje jalove snage i stoga proizvođač, u slučaju rada u tom području, može očekivati naplatu za pružanje usluge regulacije napona i jalove snage. EPF mu se sastoji od dvije komponente u ovom području; komponenta dostupnosti i komponenta troškova gubitaka. Proizvođač u ovom području ne mora smanjivati proizvodnju djelatne snage pa ne postoji oportunitetni trošak.

$$EPF = \text{dostupnost} + \text{troškovi gubitaka} \quad (3)$$

- Područje 3 – ($Q_A - Q_B$):** Kad agregat proizvodi jalovu snagu u ovom području, proizvođač je ovlašten za naplatu oportunitetnih troškova zbog smanjenja proizvodnje djelatne snage zajedno s naplatom svih ostalih troškova.

$$EPF = dostupnost + troškovi gubitaka + oportunitetni troškovi \quad (4)$$

Na liberaliziranom tržištu, operator sustava nije u mogućnosti procijeniti EPF proizvođača. Pogodnija opcija je da operator sustava prikupi sve ponude za jalovu snagu od proizvođača temeljenih na EPF strukturi. Općenita EPF funkcija, a time i struktura ponude se može izraziti formулом

$$EPF = a_0 + \int_{Q_{\min}}^0 m_1 dQ + \int_{Q_{\text{bazno}}}^{Q_A} m_2 dQ + \int_{Q_A}^{Q_B} (m_3 \cdot Q_3) dQ \quad (5)$$

Gdje je a_0 ponuda za cijenu dostupnosti; m_1 ponuda cijene troška za rad u radnom području B; m_2 ponuda cijene troška za rad u radnom području C i m_3 ponuda cijene oportunitetnog troška za rad u radnom području D.

Slična razmatranja vrijede i za sinkroni kompenzator. Jedina razlika je što se u ponudi sinkronog kompenzatora ne može nalaziti komponenta oportunitetnog troška jer on ne proizvodi djelatnu snagu.

Naplata za raspoloživost zapravo predstavlja dio početne investicije u generator zbog koje je u mogućnosti proizvoditi jalovu snagu. Jasno je da je taj dio jako teško razlučiti od ukupne početne investicije, ali se tom naplatom ionako pokriva samo mali dio početnih ulaganja. Naplata za normalni pogon uključuje pogonske troškove generatora nastale zbog pružanja usluge regulacije jalove snage i uglavnom predstavlja gubitke djelatne snage u generatoru.

Važno je napomenuti da se u slučaju proizvodnje jalove snage sinkronim generatorima treba pronaći mjera u određivanju naknade za raspoloživost i naknade za isporučenu jalovu snagu. Mogla bi se dogoditi situacija da vlasnik agregata na početku godine pokupi naknadu za raspoloživost i da tijekom godine ističe vrlo visoku cijenu jalove energije s namjernom da nikada ne bude izabran za proizvodnju iste, te da istovremeno cijeli kapacitet agregata koristi za proizvodnju djelatne snage.

6.4 Sposobnost pokretanja iz beznaponskog stanja

Upuštanje iz beznaponskog stanja je postupak vraćanja sustava u normalno pogonsko stanje iz stanja potpunog ili djelomičnog raspada. Općenito, elektrane trebaju napajanje (za pokretanje raznih pumpi, motora, rad informatičke opreme itd.) da bi pokrenule proizvodnju električne energije. U normalnim uvjetima elektrana se pri pokretanju napaja iz distribucijske ili prijenosne mreže. Nakon raspada EES-a prve se pokreću elektrane koje imaju mogućnost pokretanja iz beznaponskog stanja, a koje se napajaju iz vlastitih pomoćnih izvora smještenih u samoj elektrani.

Ti pomoćni izvori napajanja su obično dizel ili plinski agregati, ovisno o veličini same elektrane. Kada se pokrene, elektrana može napajati dio mreže i tako omogućiti pokretanje ostalih elektrana u tom području. Elektrane sposobne za upuštanje iz beznaponskog stanja potrebno je strateški rasporediti kako bi se cijeli EES mogao vratiti u normalno pogonsko stanje nakon raspada.

Situacije u kojima je potrebno koristiti uslugu upuštanja iz beznaponskog stanja nastaju vrlo rijetko, ali su ekonomski i socijalne posljedice raspada EES-a iznimno velike pa je opravданo ulagati sredstva u mјere koje se poduzimaju ako se raspad ipak dogodi. Detaljne norme za planiranje i ispitivanje upuštanja iz beznaponskog stanja ne postoje. U prošlosti je za ovu uslugu bilo odgovorno okomito integrirano poduzeće. Takva poduzeća bi zadužila operatora sustava za upravljanje proizvodnim i prijenosnim kapacitetima u slučaju raspada EES-a i za odlučivanje između rizika od uništenja opreme i štete nastale prekidom napajanja potrošača.

Takav princip ne može funkcionirati i nakon restrukturiranja. Pokretanje iz beznaponskog stanja zahtijeva koordinirano djelovanje operadora sustava, prijenosnog sustava i elektrana sposobnih za pružanje usluge upuštanja iz beznaponskog stanja. Prije je bilo dovoljno utvrditi učinkovitost ukupne usluge, a sada je potrebno ustanoviti da li svi sudionici ispunjavaju svoje dužnosti i svakome od njih dodijeliti određenu odgovornost, odnosno dio krivnje za neuspjelo upuštanje iz beznaponskog stanja. Također je svim sudionicima potrebno nadoknaditi sve troškove koji nastaju zbog pružanja ove usluge, kao i osigurati određenu novčanu naknadu za preuzetu odgovornost.

Odobir elektrane za pokretanje iz beznaponskog stanja ovisi ne samo o tipu elektrane, nego i o lokaciji. Te elektrane moraju biti dovoljno blizu ostalih elektrana kako bi ih mogle napajati prilikom pokretanja. Također, moraju imati dovoljnu snagu i brzinu porasta proizvodnje kako bi mogle isporučiti dovoljno snage za pokretanje ostalih elektrana. Operator sustava određuje koliko elektrana u nekom

kontrolnom području mora imati sposobnost upuštanja iz beznaponskog stanja, gdje moraju biti smještene i kako će ih se koristiti. Najčešće su u uporabi tri tipa elektrana sposobnih za upuštanje iz beznaponskog stanja. Kada je moguće, koriste se hidroelektrane. One mogu brzo pokrenuti proizvodnju, neke je moguće pokrenuti i daljinski i općenito su se pokazale vrlo stabilnima u regulaciji. Zbog navedenih svojstava NERC preporučuje da sve hidroelektrane u SAD budu osposobljene za upuštanje iz beznaponskog stanja. Često se u sklopu elektrane ugrađuje mala turbina (snage oko 1 MW) koja napaja pomoćne sisteme i omogućuje pokretanje glavne turbine.

Plinske elektrane i elektrane kojima je pogonski agregat motor s unutrašnjim izgaranjem također su često osposobljene za upuštanje iz beznaponskog stanja. Takvi agregati mogu brzo startati (neke i daljinski upravljane) i mogu provoditi preciznu regulaciju.

Neke termoelektrane, iako nemaju mogućnost pokretanja iz beznaponskog stanja, mogu vrlo brzo odbaciti opterećenje. Ova metoda temelji se na identifikaciji nadolazećeg raspada sustava pa se elektrana odvaja od EES-a, a proizvodnja joj se smanjuje na razinu dovoljnu za pokrivanje vlastite potrošnje (i eventualno nekih važnih potrošača u blizini). Ova razina proizvodnje zadržava se sve dok operator sustava ne zatraži njeno spajanje na mrežu i time se zapravo postiže isti učinak kao s elektranama osposobljenim za upuštanje iz beznaponskog stanja.

Ispitivanja elektrana za pružanje predmetne usluge provode se zbog tri razloga:

- Utvrđuje se da je oprema odgovarajuće održavana i sposobna ispuniti svoju zadaću.
- Trenira se osoblje (ovo je posebno važno jer se stvari raspadi dešavaju vrlo rijetko pa je teško steći praktično iskustvo).
- Testira se primjenjivost i kvaliteta samog plana.

Nakon testiranja i simulacije provodi se analiza rezultata i utvrđuju potrebna poboljšanja u elektrana, opremi, komunikacijskom sustavu, uvježbavanju osoblja i samom planu.

6.4.1 Komponente troškova

Navode se četiri vrste troškova povezanih uz uslugu upuštanja iz beznaponskog stanja [26]:

- Troškovi vezani uz same elektrane. Uključuju troškove investicije, ispitivanja, edukacije, sanacije šteta prouzročenih pružanjem ove usluge i troškove goriva tijekom pokretanja iz beznaponskog stanja.
- Troškovi prijenosnog sustava koji uključuju troškove investicije (u komunikacijsku opremu, mogućnost sinkronizacije, regulacije i vanjskog napajanja prekidača itd.), planiranja, edukacije i prekovremenog rada osoblja u slučaju raspada.
- Troškovi regulacije koji uključuju troškove investicije i pogonske troškove za planiranje, testiranje i edukaciju.
- Troškovi elektrana koje nisu osposobljene za upuštanje iz beznaponskog stanja, ali brzo pokreću proizvodnju. Uključuju troškove nastale štete na opremi (npr. oštećenja turbine zbog rada pri frekvencijama različitim od nazivne).

Navedene troškove teško je procijeniti, a u prošlosti se oni nisu točno bilježili. Također je teško jednoznačno odrediti neke troškove operatora sustava ili prijenosnog sustava usluži upuštanju iz beznaponskog stanja. Iako je mnogo ljudi uključeno u upuštanje iz beznaponskog stanja, oni su svima zaposlenici tvrtki uključenih u ovu uslugu i to im je dio posla. Nije lako ni odrediti investicijske troškove potrebne za pružanje usluge ove usluge. Pričuvno napajanje upravljačkih centara potrebno je za slučaj da ostanu bez glavnog napajanja. To se može dogoditi (i najčešće se događa) i u slučaju da ostatak sustava normalno funkcioniра. Isto vrijedi i za pomoćna napajanja u ostatka sustava. Kumunikacijski i upravljački sustavi moraju imati pričuvno napajanje i ostati u pogonu u slučaju gubitka glavnog napajanja. Prekidači u prijenosnom sustavu moraju bez glavnog napajanja biti u stanju nekoliko puta obaviti sklopne operacije. Niti jedan od ovih troškova ne nastaje isključivo kao posljedica usluge upuštanja iz beznaponskog stanja. Ipak, postoje određeni investicijski troškovi koji se mogu pripisati samo ovoj usluzi (npr. u uređajima za sinkronizaciju kojima se ugrađuju na pojedina mjesta u EES-u).

Nešto je lakše odrediti troškove generatora, ali još uvjek nedostaju detaljni podaci i analize troškova samih proizvođača. Troškovi generatora koji ne mogu pokrenuti proizvodnju iz beznaponskog stanja su još manje jasni, ali ne i zanemarivi. Prema podacima tvrtke „Houston Lightning and Power“,

mogućnost upuštanja iz beznaponskog stanja zahtjeva dodatnih milijun američkih dolara prilikom gradnje elektrane na fosilna goriva vrijedne 100 milijuna američkih dolara [26].

7. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Liberalizacijom tržišta električne energije uvodi se i tržište pomoćnim uslugama sustava koje operatori prijenosnih sustava moraju osigurati pod značajno drugačijim okolnostima nego što je to bilo u prošlosti. Pri tome se javljaju problemi određivanja načina mjerena i naplate predmetnih usluga.

Uspostavljanje mjerena za svaku pomoćnu uslugu sustava dozvoljava određivanje njene vrijednosti prema tržišnoj cijeni. Na temelju podataka o sustavu, predviđenim pogonskim okolnostima te cijene pomoćnih usluga OPS bi trebao napraviti kratkoročni plan pomoćnih usluga sustava. S obzirom da se radi o vrlo složenom modelu mogućnost pogreške je vrlo velika, rizik za sustav može se umanjiti dugoročnim bilateralnim ugovorima za pružanje porebnih pomoćnih usluga sustava.

8. LITERATURA

- [1] I. Štritof: „Sposobnost OIE za pružanje pomoćnih usluga sustava“, Seminarski rad iz predmeta Regulacija u energetici, Zagreb, 2008.
- [2] Mrežna pravila elektroenergetskog sustava, NN 36/2006
- [3] FERC, Order 888, 1996
- [4] UCTE Operational Handbook, <http://www.ucte.org/publications/ophandbook/>
- [5] Ancillary services – Issue Paper, Energy Regulators Regional Association, Tariff and Pricing Committee, Budapest, 2003
- [6] Tarifni sustav za prijenos električne energije, bez visine tarifnih stavki, NN 143/2006
- [7] <http://www.hep.hr/ops/>
- [8] Energetski zakon, Uradni list Republike Slovenije Št. 27, od 26.3.2007.
- [9] Sistemska obratovalna navodila za prenosno omrežje električne energije, Uradni list Republike Slovenije Št. 49, od 4.6.2007.
- [10] Sklep o določitvi omrežnine za uporabo elektroenergetskih omrežij in korekcijskega faktorja za izravnavo prihodka iz omrežnin, Uradni list RS 111/2007
- [11] Odluka o određivanju tarifa za pomoćne usluge, Službeni glasnik BiH, br. 100/07
- [12] Zakon o električnoj energiji, Službene novine Federacije BiH, br 41/02
- [13] Mrežni kodeks, Službene novine Federacije BiH, br 55/06
- [14] Закон о енергетици, Службени гласник Републике Србије, бр. 84/2004
- [15] Правила о раду преносног система за пренос електричне енергије, Службени гласник Републике Србије, бр. 55/2008
- [16] Zakon o energetici, Službeni list Republike Crne Gore, br. 39/2003
- [17] Privremeni kodeks mreže, od 22.02.2005., http://www.epcq.cg.yu/06_02.html
- [18] Законот за енергетика, Службен весник на РМ бр. 63/2006
- [19] Мрежни правила за пренос на електрична енергија, Службен весник на РМ, бр. 95/06
- [20] I. Kuzle, S. Tešnjak, T. Tomiša: „Rotirajuća pričuva u uvjetima tržišta električnom energijom“, Peto savjetovanje HK CIGRE, knjiga - Pogon i vođenje EES-a, Cavtat, 21-25.10.2001., str. 115-125, R 39-12
- [21] I. Kuzle, S. Tešnjak, M. Klarić: „Otvoreno tržište jalovom snagom“, Šesto savjetovanje HK CIGRE, knjiga - Pogon i vođenje EES-a, Cavtat, 09-13.11.2003., str. 51-58, C2-04
- [22] M. Klarić, I. Kuzle, S. Tešnjak: „Potrošači jalove snage u uvjetima otvorenog tržišta“, 12. Forum: Dan energije u Hrvatskoj – Potrošači energije u uvjetima otvorenog tržišta, Zagreb, 28.11.2003., str. 145-153
- [23] I. Kuzle, S. Tešnjak, D. Bošnjak: „Pogon i vođenje elektroenergetskog sustava“, Osmo savjetovanje HRO CIGRE, Cavtat, 04-08.11.2007., str. 1-10, C2-04
- [24] J. Zhu, G. Jordan, S. Ihara: "The Market for Spinning Reserve and Its Impacts on Energy Prices," PES Winter Meeting, Singapore, 23th-27st Jan. 2000
- [25] M. Lively: "Metrics for Operating Reserves," Quarterly Bulletin, Vol.19, No. 1, pp. 109-117
- [26] G. Strbac: "Trading Electricity and Ancillary Services in the Reformed England and Wales Electricity Market", Proceeding of the IEEE PES Winter Meeting, Columbus, Ohio, 28th January – 1st February, 2001