

Ante Višić
HEP - Operator distribucijskog sustava d.o.o.
ante.visic@hep.hr

Kruno Trupinić
HEP - Operator distribucijskog sustava d.o.o.
kruno.trupinic@hep.hr

Renato Ćucić
HEP - Operator distribucijskog sustava d.o.o.
renato.cucic@hep.hr

PAMETNI UGOVORI ZA AKTIVNE KORISNIKE DISTRIBUCIJSKE MREŽE

SAŽETAK

Zbog prijelaza na gospodarstvo s smanjenim razinama ugljika, obnovljivi izvori postupno zauzimaju sve veći udio u ukupnoj proizvodnji električne energije, što, zbog stohastičke prirode njihove proizvodnje, dovodi do toga da regulacija elektroenergetskog sustava postaje sve kompleksnija zadaća. Aktivni korisnici, koji u distribucijskoj mreži mogu djelovati kao proizvođači i potrošači, često znaju svoj dostupni kapacitet tek neposredno prije realizacije, kao što je dostupnost baterijskog spremnika koji se može koristiti za sudjelovanje u regulaciji predavanjem energije u mrežu. Zbog velikih oscilacija i nepredvidivosti teško ih je integrirati u standardne regulacijske mehanizme. U ovom referatu bit će prikazan model kratkoročnih pametnih ugovora koje sastavljaju sami aktivni korisnici i predaju ih na agregatorovu digitalnu platformu. Zadatak agregatora je da procjeni moguće scenarije potrošnje i da prema tome odabere i iskoristi ponuđene ugovore u svrhu regulacije sustava.

Ključne riječi: pametni ugovori, aktivni korisnici, agregator, regulacija sustava, digitalna platforma

THE MODEL OF INCREASING THE AVAILABILITY OF ELECTRIC VEHICLES TO END USERS

SUMMARY

With the transition to a low-carbon economy, renewables are gradually taking on an increasing share of the total electricity production, which, due to the stochastic nature of their production, makes the regulation of the electricity system an increasingly complex task. Active users, who in the distribution network can act as producers and consumers, often know their available capacity just before realization, such as the availability of a battery container that can be used to participate in the regulation of the transmission of energy to the network. Due to large fluctuations and unpredictability, it is difficult to integrate them into standard control mechanisms. This paper will showcase a model of short-term smart contracts, drawn up by active users themselves and delivered to the aggregator's digital platform. The task of the aggregator is to evaluate possible consumption scenarios and accordingly select and utilize the contracts offered for the purpose of system regulation.

Key words: smart contracts, active users, aggregator, system regulation, digital platform

1. UVOD

1.1. Usporedba pomoćnih usluga u RH i GB

Prema Mrežnim pravilima elektroenergetskog (prijenosnog i distribucijskog) sustava [lit 1, 2 i 3], usluge u distribucijskoj mreži su usluge potrebne za sigurnu opskrbu kvalitetnom električnom energijom. Pružanje tih usluga obavlja Operator distribucijskog sustava (ODS). ODS, vlastitim uređajima i u suradnji s korisnicima mreže koji raspolažu odgovarajućim uređajima i mogućnostima pružanja usluga, osigurava usluge svim korisnicima mreže. Pomoćne usluge za distribucijsku mrežu – nisu izravno definirane.

Trenutno pomoćne usluge nabavlja samo Operator prijenosnog sustava (OPS). Pružatelji su elektrane priključene na prijenosnu mrežu. OPS uobičajeno ne nabavlja pomoćne usluge od korisnika priključenih na distribucijsku mrežu. U budućnosti se planira pružanje pomoćnih usluga od strane korisnika priključenih na distribucijsku mrežu.

Prema Zakonu o energetskej učinkovitosti [lit 4] OPS i ODS s obzirom na tehnička ograničenja svojstvena upravljanju mrežom, dužni su osigurati da pri ispunjavanju zahtjeva za usluge uravnoteženja i pomoćne usluge postupaju prema pružateljima "odziva potrošnje", uključujući agregatore, na nediskriminirajući način i u skladu sa svojim tehničkim mogućnostima. Regulatorno tijelo za energetiku može tražiti od operatora prijenosnog sustava i operatora distribucijskog sustava da, uzimajući u obzir tehnička ograničenja svojstvena upravljanju mrežama, potiču pristup i sudjelovanje u odgovoru na potražnju na način da u suradnji s pružateljima usluge potražnje i potrošačima definiraju tehničke načine sudjelovanja na tržištu uravnoteženja, rezervi i drugih usluga sustava u skladu s tehničkim zahtjevima tih tržišta i mogućnostima odgovora na potražnju. Takve specifikacije uključuju sudjelovanje agregatora. Agregator je pružatelj usluga potražnje koji kombinira više kratkotrajnih opterećenja potrošača za prodaju ili dražbu na organiziranim tržištima energije.

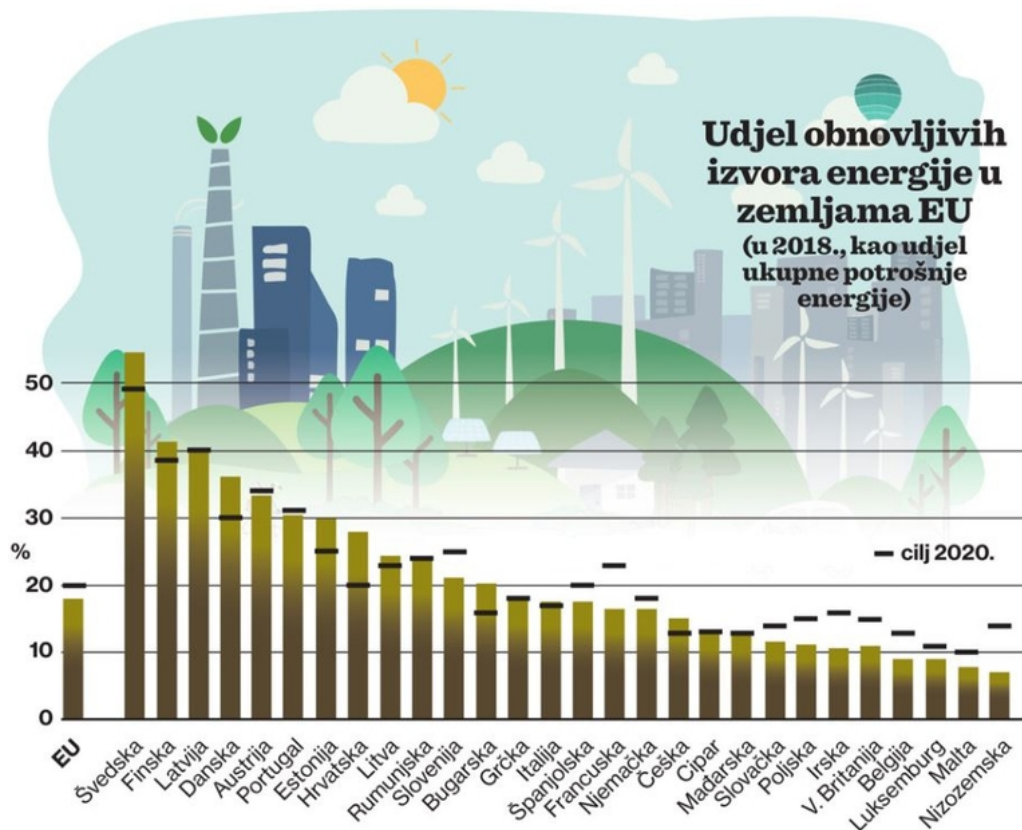
Dok je u Hrvatskoj tržište fleksibilnosti i sudjelovanje agregatora na tržištu još u začetku, u Velikoj Britaniji postoji više komercijalnih agregatora. Neki od njih su Centrica Business Solutions, E.ON Connecting Energies GmbH, EDF Energy, Enel X UK Limited, Energy Pool / Schneider Electric, Engie (previously GDF SUEZ Energy UK), Flexitricity, Gridbeyond Limited, KiWi Power Ltd, Limejump Ltd, Npower Ltd, Open Energi, Origami Energy Limited, Pearlstone Energy Limited, REstore, Stor Generation Ltd, UK Power Reserve Ltd, Vcharge i Upside Energy Ltd.

Flex Assure je shema kodeksa ponašanja (*Code of Conduct scheme* [lit 5]) koja koristi kodeks ponašanja za odziv potrošnje, koji je industrija razvila kako bi postavila standarde prakse za agregatore koji pružaju svoje usluge poslovnim servisima [lit 6]. Tako novi korisnici imaju mogućnost usporediti razne agregatore prema zadanim standardima. Kodeks ponašanja odziva potrošnje je razvila ADA (*The Association for Decentralised Energy*) s potporom vlade i glavnih dioničara u svrhu postavljanja zajedničkih standarda za agregatore. Flex Assure je dobrovoljna shema koja koristi zahtjeve iz sheme kodeksa ponašanja (*Code of Conduct scheme*) u svrhu potvrde zadovoljavanja propisanih uvjeta svih članova sheme. Ovo pomaže da se kupcima osigura da će dobiti usluge dobre kvalitete od registriranih članova sheme.

Ovaj rad je osvrst na prijedlog frameworka za agregatore na tržištu fleksibilnosti pomoću pametnih ugovora koje je razvio Upside Energy u suradnji s Heriot-Watt University [lit 7].

1.2. Obnovljivi izvori energije

Klimatske promjene popraćene visokim cijenama fosilnih goriva, vršne vrijednosti cijene nafte (eng. peak oil) i povećanjem potpore vlada usmjerene su povećanju zakona i propisa, poticanju i komercijalizaciji obnovljivih izvora energije. Obnovljivi izvori energije koriste prirodne cikluse cirkuliranja energija i energenata te pri proizvodnji električne i/ili toplinske energije imaju znatno manji okolišni otisak kao posljedicu rada u odnosu na konvencionalne izvore energije. U obnovljive izvore energije se ubrajaju: hidroelektrane, sunčane elektrane (za pretvorbu u električnu ili u toplinsku energiju), bioelektrane-toplane, vjetroelektrane, geotermalni izvori i mnogi drugi koji koriste prirodne cikluse pretvorbi energije.



Slika 1. Udjel obnovljivih izvora energije u zemljama EU-a

Obnovljivi izvori su jedan od bitnih strateških ciljeva razvoja HEP grupe. Budući da i hidroelektrane spadaju u kategoriju obnovljivih izvora energije, a one čine većinu svih proizvodnih kapaciteta u HEP grupi, pojavila se potreba razdvajanja obnovljivih izvora na hidroelektrane i na ostale obnovljive izvore energije (OIE) kako bi se ostalim obnovljivim izvorima dala potrebna važnost i uloga [lit 8].

Tehnologije obnovljivih izvora energije su katkad kritizirane zbog toga što su isprekidane (nekontinuirane), što znatno otežava regulaciju sustava. Unatoč tome tržište još uvijek raste za mnoge oblike obnovljivih izvora energije. Na razini svijeta, snaga vjetera se povećava 30% godišnje uz globalno instalirane kapacitete od 100 GW i široko se upotrebljava u nekoliko država Europske Unije i Sjedinjenim Američkim Državama. Proizvodnja fotonaponske industrije dostignula je više od 2000 MW i fotonaponske elektrane su posebno zatupljene u SAD-u, Njemačkoj, Španjolskoj, a u zadnje vrijeme i Kini. Sunčane termoelektrane se koriste u Sjedinjenim Američkim Državama i Španjolskoj, pri čemu najveća od njih proizvodi 354 MW i nalazi se u pustinji Mohave. Najveća svjetska geotermalna elektrana je Geysers u Kaliforniji te ima kapacitet od 1517 MW [lit 9].

1.3. Aktivni korisnici mreže

Izjesno je da će se udio OIE u ukupnoj proizvodnji povećavati. Njihova isprekidana proizvodnja predstavlja ozbiljan izazov za operatora sustava u smislu regulacije, tj. balansiranja proizvodnje i potražnje. Očito je da u procesu regulacije trebaju sudjelovati svi potrošači neovisno o veličini i vlasnici spremnika energije koji su priključeni na mrežu. Potrošači koji imaju vlastitu proizvodnju ili spremnike energije, imaju mogućnost predavanja energije u mrežu i time postaju aktivni korisnici mreže.

Cilj operatora sustava je iskoristiti opcije već dostupne u mreži za samu regulaciju. Tim načinom se može izbjeći stavljanje u pogon takozvanih „peaker plants“, tj. elektrana zaduženih za rad u vremenu

vršnih opterećenja. Pošto je njihova proizvodnja samo povremena, njihova cijena proizvedene električne energije je mnogo veća od tržišne cijene.

Korištenjem spremnika električne energije, kao što su baterije električnih automobila spojenih na mrežu, kućni baterijski spremnici, te korištenjem opcija smanjenja potrošnje pametnih uređaja u određenim vremenskim razdobljima aktivnih korisnika mreže, moguće je poravnati vršna opterećenja, te sudjelovati u samoj regulaciji sustava. Da bi se to realiziralo, operator sustava mora riješiti kompleksni problem održavanja i kontroliranja brojnih opcija aktivnih korisnika u svrhu efikasne regulacije sustava.

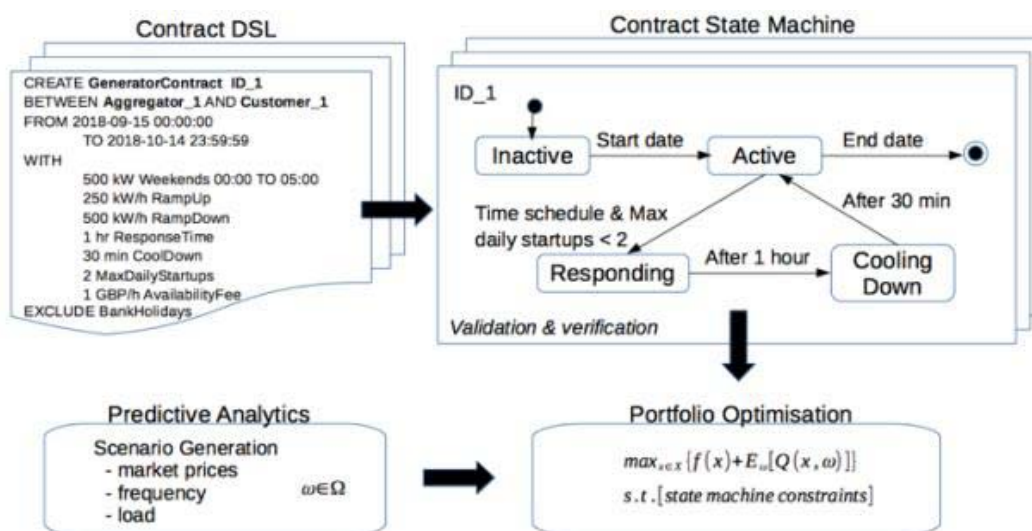
2. UGOVORNI FRAMEWORK

2.1. Pametni ugovori

Korištenje resursa aktivnih korisnika mreže za regulaciju sustava mora se regulirati specifičnim ugovorom za određenu situaciju. Ovi ugovori podliježu operativnim ograničenjima koja su specifična za svaki slučaj, kao što su ugovorom definirane količine energije, gustoća energije, rasporedi raspoloživosti i ograničenja broja nominacija u određenom vremenskom razdoblju. Operator sustava je zadužen za predviđanje pojedinih scenarija potrošnje, kako bi se iskoristile ponude fleksibilnosti aktivnih korisnika u svrhu regulacije sustava. Fleksibilnost aktivnih korisnika je iznimno promjenjiva u realnom vremenu, pa njihova integracija u efikasan sustav regulacije u realnom vremenu predstavlja značajan izazov. Prijedlog rješenja ovog izazova daju kolege iz UK (Heriot-Watt University i Upside Energy Ltd.). Oni predlažu ugovorni framework koji će olakšati proces karakteriziranja ne-standardnih ponuda fleksibilnosti i dostupnih kapaciteta od tih ponuda. Ovaj ugovorni framework sastoji se od:

- domain-specific language (DSL)
- prikaza ugovorne logike i izvršavanja iste bazirane na state-machine matematičkom modelu
- analitičkog modela predviđanja koji vodi optimizaciju izbora ugovora
- modula optimizacije portfelja (optimizacija portfelja – koriste je tržišni sudionici kako bi ispunili njihove obveze na tržištu električne energije uz minimalne troškove korištenjem upravljanja proizvodnje i/ili potrošnje u pojedinim vremenskim razdobljima) za dispečiranje ugovora

Na slici 2. je prikazan ugovorni framework i prikazana je interakcija njegovih većih komponenti.



Slika 2. Veće komponente predloženog ugovornog frameworka

Pretpostavlja se da se kupci mogu pretplatiti na samo jednog agregatora. Također, pretpostavlja se da su potrebne tehnologije za daljinsko mjerenje, kontrolu i komunikaciju postavljene i ispravne.

2.2. Tipovi pametnih ugovora

Razlikuju se dvije vrste pametnih ugovora:

Reakcijski ugovori. Ovi ugovori se izvode automatski čim njihov specifični okidač postane istinit. Na primjer, dogovoreni ugovor koji pruža dinamički frekvencijski odziv se automatski aktivira kada frekvencija izađe iz granica dogovorenih ugovorom. Pošto se ugovori aktiviraju automatski, nije ih moguće optimizirati. Nagradu i penale prethodno određuje agregator.

Opcionalni ugovori. Ovi ugovori su opcionalni i moguće je njihovo upravljanje. Agregatorova digitalna platforma planira njihovo aktiviranje prema potrebi za pružanje usluga regulacije sustava, ali bez kršenja dogovorenih uvjeta. Ugovori ovog tipa mogu se smatrati računskim modelom dostupnih kapaciteta u mreži.

2.3. Ugovorni DSL

Domain-specific language (DSL) je računalni jezik dizajniran da izrazi zahtjeve specifične domene i riješi određene zadatke. Na primjer, *Structured Query Language* (SQL) je zapravo DSL za upravljanje i ispitivanje podataka iz relacijskih baza podataka. U ovom je slučaju DSL dizajniran tako da može izraziti uvjete ugovora o regulaciji sustava na način koji se može računalno obraditi. Štoviše, gramatika predloženog DSL-a ne ovisi o programskom jeziku *hosta*, prema tome, to je vanjski DSL.

U nastavku je prikazan dio DSL koda koji su razvili kolege iz UK-a.

```
(*** BEGIN - DSL grammar fragment ... ***)
CONTRACT = CREATE_CONTRACT | ALTER_CONTRACT | DROP_CONTRACT;
(* Main commands *)
CREATE_CONTRACT = 'CREATE', ('REACTIVE' | 'OPTIONAL'), CONTRACT_TYPE, PARTIES, VALIDITY, TERMS_OF_SERVICE;
ALTER_CONTRACT = 'ALTER', CONTRACT_ID
DROP_CONTRACT = 'DROP', CONTRACT_ID
CONTRACT_TYPE = ('GENERATOR' | 'BATTERY' | 'LOAD'), 'CONTRACT';
PARTIES = 'BETWEEN', CUSTOMER_ID, 'AND', AGGREGATOR_ID;
VALIDITY = 'FROM', DATETIME, 'TO', DATETIME;
TERMS_OF_SERVICE = CASE, {CASE}, [OTHER];
(* Terms of service *)
CASE = 'WHEN', TRIGGER_EXPR, TERMS;
OTHER = 'OTHERWISE', TERMS;
TRIGGER_EXPR = ['NOT'] OBSERVABLE, REL_OP, QUANTITY, { BIN_BOOL_OP, TRIGGER_EXPR};
OBSERVABLE = 'FREQUENCY' | 'MARKET PRICE FORECAST' | 'TEMPERATURE';
REL_OP = '<' | '>' | '=' | '!' | '<=' | '>=';
BIN_BOOL_OP = 'AND' | 'OR';
QUANTITY = ['-'], NONZERO_DIGIT, {DIGIT};
TERMS = {TERM};
TERM = QUANTITY, UNIT, CONCEPT, [INTERVAL];
UNIT = 'kW' | 'MW' | 'kWh' | 'MWh' | 'kW/h' | 'MW/h' | 'GBP' | 'GBP/h' | 'h' | 'hr' | 'minutes' | 's' | ' '; (* etc *)
CONCEPT = 'RESPONSE' | 'RESPONSE TIME' | 'RAMP UP' | 'RAMP DOWN' | 'COOL DOWN' | 'MAX STARTUPS' | 'AVAILABILITY FEE' |
'RESPONSE FEE' | 'STATE OF CHARGE' | 'SOC';
INTERVAL = ['EXCLUDE'], DAY_NAMES, [['FROM'], TIME, 'TO', TIME];
DAY_NAMES = 'BANK HOLIDAYS' | 'WEEKDAYS' | 'WEEKENDS' | 'MONDAYS' | 'TUESDAYS' | 'WEDNESDAYS' | 'THURSDAYS' |
'FRIDAYS' | 'SATURDAYS' | 'SUNDAYS' | 'ALL DAYS' | ' ';
(* Data types *)
CONTRACT_ID = IDENTIFIER (* combination of valid chars *)
CUSTOMER_ID = IDENTIFIER (* combination of valid chars *)
AGGREGATOR_ID = IDENTIFIER (* combination of valid chars *)
DATETIME = DATE, [' ', TIME];
DATE = (YEAR, MONTH, DAY) | (YEAR, '-', MONTH, '-', DAY);
TIME = (HOUR, MINUTE, [SECOND]) | (HOUR, ':', MINUTE, [':', SECOND]);
NONZERO_DIGIT = '0' | '1' | '2' | '3' | '4' | '5' | '6' | '7' | '8' | '9';
DIGIT = '0' | NONZERO_DIGIT;
YEAR = '20', DIGIT, DIGIT;
MONTH = ('0', NONZERO_DIGIT) | ('1', ('0' | '1' | '2' ));
DAY = ('0', NONZERO_DIGIT) | ('1', DIGIT) | ('2', DIGIT) | ('3', ('0' | '1' ));
HOUR = (('0' | '1', DIGIT) | ('2', ('0' | '1' | '2' | '3' ));
MINUTE = (('0' | '1' | '2' | '3' | '4' | '5'), DIGIT);
SECOND = MINUTE;
(***) END - DSL grammar fragment ... ***)
```

Sljedeći primjeri prikazuju dvije skripte ugovora, po jedan od svakog tipa, čije je uvjete i odredbe lako isčitati.

Primjer reakcijskog ugovora:

Stvori ugovor o bateriji
Između kupca_1 i agregatora_1
Od 2019-01-01 00:00:00 do 2019-01-31 23:59:59
Kada je frekvencija <49,7 Hz
 500 kW pražnjenje svih dana od 13:00 do 19:00
Kad je frekvencija > 50,3 Hz
 250 kW punjenje vikendom od 00:00 do 06:00
Kada je frekvencija > = 49,7 Hz i frekvencija <= 50,3
 50% stanje naboja

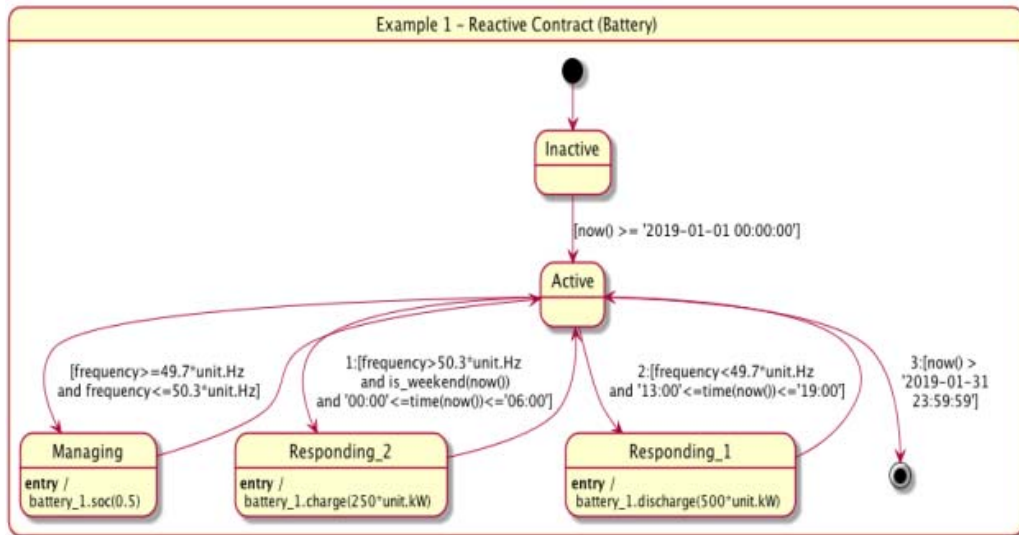
Primjer opcionalnog ugovora:

Stvorite opcionalni ugovor o generatoru
Između kupca_2 i agregatora_1
Od 2019-01-01 00:00:00 do 2019-01-03 23:59:59
 Kada se prognoziraju tržišne cijene > 100 GBP
 1 MW odziv vikendom od 00:00 do 16:00
 500 kW odziv radnim danima od 00:00 do 06:00
 750 kW / h rampa gore
 500 kW / h rampa dolje
 5 minuta vrijeme odziva
 15 minuta period hlađenja
 2 max pokretanja
 10 GBP / h naknada za odziv
 1 GBP / h naknada za dostupnost

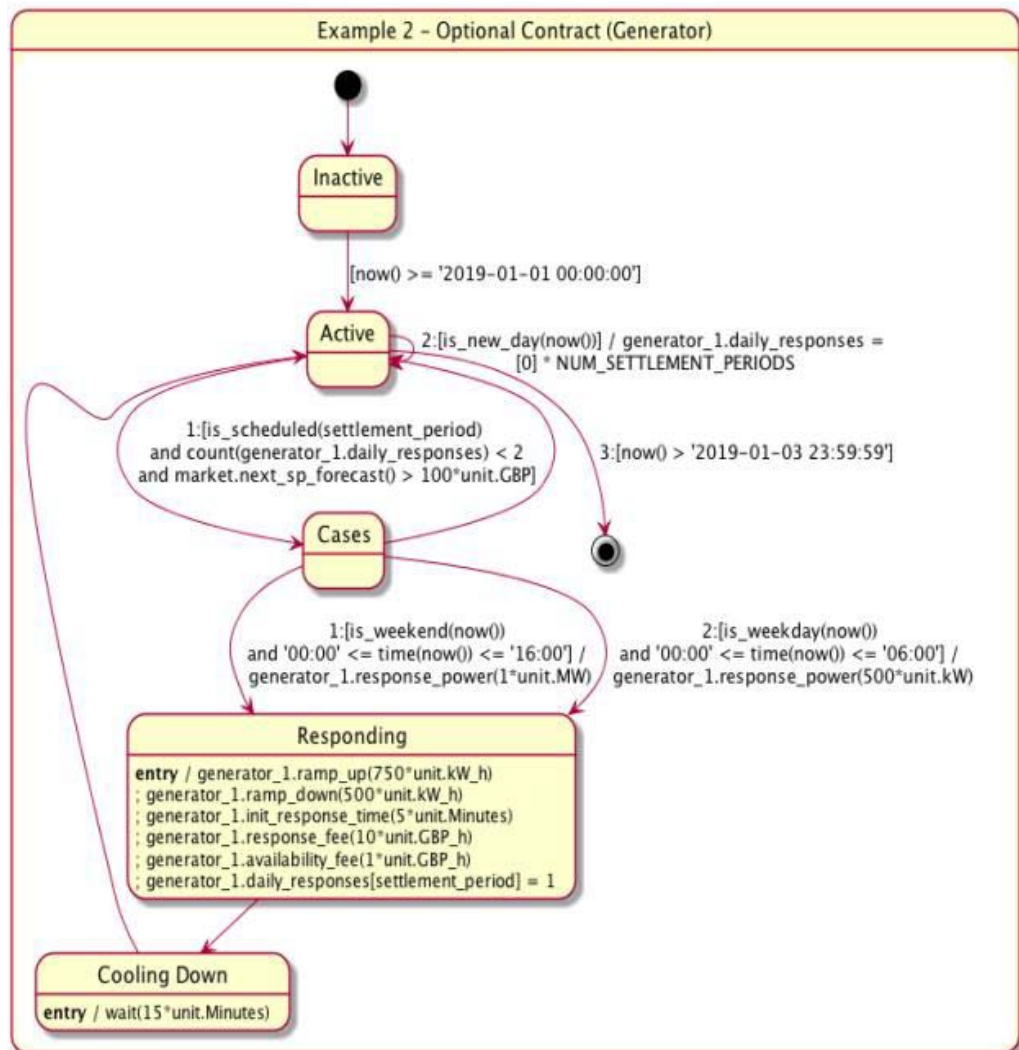
Samo gramatika DSLa nije dovoljna za upravljanje ugovorima. Zbog toga se koriste Harleovi dijagrami stanja kao proračunska metoda. Definirano je pet stanja pomoću kojih se karakterizira logika reakcijskih i opcionalnih ugovora za regulaciju sustava. Da bi ugovor bio aktivan mora imati sljedeća stanja:

- Start: to je inicijalni pokazivač na model proračuna
- Neaktivan: izvršenje ugovora čeka na neaktivnom statusu dok se ne ostvari datum i vrijeme početka. Tada se izvršenje prebacuje na Aktivno stanje.
- Aktivan: u ovom stanju se ugovor nalazi u aktivnom vremenskom periodu zadanom datumom i vremenom i čeka na akciju. Izvršenje se prebacuje na odziv kada je uvjet prorade zadovoljen (uključujući redosljed dispečiranja).
- Odziv: ovo je stanje kada je izvršenje ugovora postavljeno na odziv. Kapaciteti vezani na ugovor moraju reagirati prema zadanim uvjetima. Može biti više od jednog stanja odziva, ovisno o uvjetima ugovora.
- Završetak: stanje koje označava da je ugovor istekao.

Moguće je koristiti pomoćna stanja kako bi se pojednostavila proračunska metoda ili poboljšalo izvođenje programa. Na primjer, na slici 3 postoji *Managing* stanje radi poboljšanja izvođenja programa proračunske metode. Slično tome, na slici 4 nalazi se stanje *Cases*, koje se koristi za uvjete grananja; i postoji stanje hlađenja koje se koristi za poboljšanje izvođenja programa.



Slika 3. Primjer modela proračuna reakcijskog ugovora

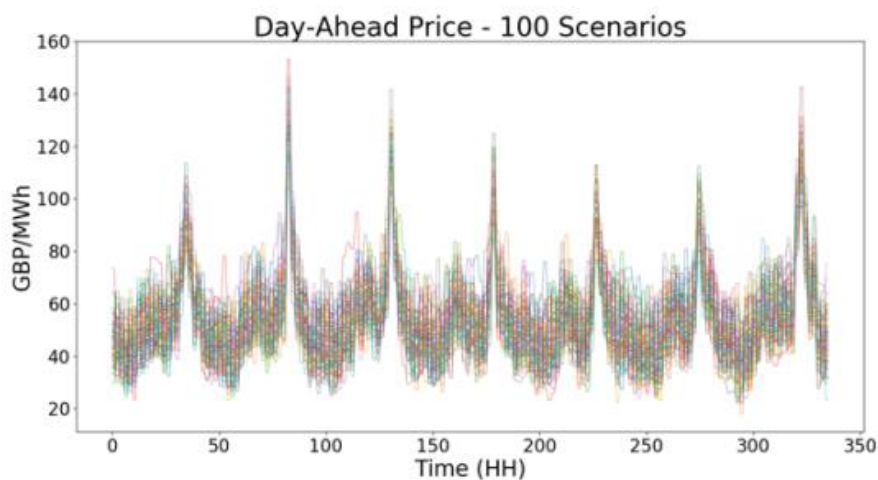


Slika 4. Primjer modela proračuna opcionalnog ugovora

2.4. Analitičko predviđanje mjerljivih veličina

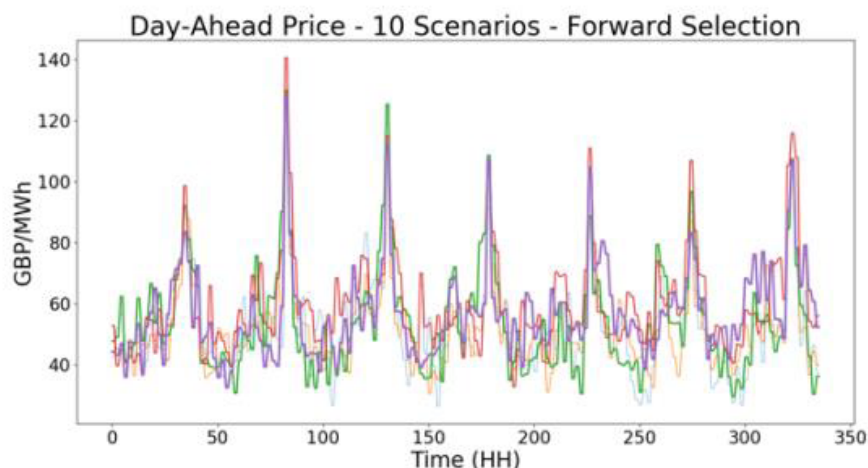
Predviđanje mjerljivih veličina (kao što su frekvencija, temperatura, tržišne cijene) koje pametni ugovori koriste za pružanje fleksibilnosti, predstavljaju veliku nesigurnost. Prati se procedura pomoću koje se generira vjerojatni scenariji predviđanja za postavke ugovornog *frameworka*:

- 1) Koristeći povijesne podatke procjenjuje se model predviđanja za svaku od mjerljivih veličina u kontekstu ugovora za regulaciju. Procjena i izbor modela procjene može ovisiti o svojstvima (trend, sezona,...).
- 2) Predodređeni broj ishoda (npr. 100 scenarija) se generira iz svakog modela predviđanja prema grafu za dan unaprijed. Pojmovi pogreške simulirani su iz $\sim N(0, sd)$, gdje je sd standardno odstupanje u podacima treninga za ciljane varijablu. Svaki scenarij će sadržavati predviđeni set vjerodostojnih mjerljivih veličina.



Slika 5. Simulirane vrijednosti cijena dan unaprijed za tjedan u 2007. godini

- 3) Primjenjuju se tehnike redukcije scenarija tako da se dobije manji broj reprezentativnih scenarija (npr. 10 od početnih 100)



Slika 6. Reducirani scenariji sa slike 5

- 4) Samo se izvodi simulacija za proračunski model reakcijskih ugovora koji su postali aktivni. Utjecaj ugovora postoji samo u simulaciji, pa se stvarni ugovor za regulaciju ne mijenja. Ova procedura se koristi za proračun pozicija prema tim scenarijima.

2.5. Optimizacija izbora ugovora

Budući da se reakcijski ugovori izvršavaju automatski ovisno o promatranim mjerljivim veličinama (npr. frekvencija, temperatura), oni se ne mogu izravno optimizirati zbog pozicije izbora. U ovom slučaju fleksibilnost dolazi od opcionalnih ugovora koji se mogu zakazati prema zadanim uvjetima. Iako proračunski model slijedi svoju logiku izvođenja, nesvjestan je drugih proračunskih modela u *frameworku*. Stoga, centralizirani modul za optimizaciju određuje najpovoljniji raspored za opcionalne ugovore koristeći sljedeći postupak:

- 1) Samo se proračunski model opcionalnih ugovora koji bi postali aktivni tijekom optimizacije vrte u simulaciji (bez utjecaja na stvarni ugovor izvan simulacije). Ovi ugovori se simuliraju na reduciranom setu scenarija generiranom analitičkim modelom predviđanja, dok se prikupljaju tehnička ograničenja od ugovornog proračunskog modela.
- 2) Može se formulirati matematički program koji nudi rješenje za formiranje najekonomičnijeg redoslijeda opcionalnih ugovora prema reduciranom setu scenarija.
- 3) Konačni redoslijed opcionalnih ugovora prema proračunskom modelu se ažurira samo za ugovore koji su aktivni tijekom optimizacije. Prema stvarnim operacijama ako je ugovor zakazan i ispunjeni su ostali uvjeti, ugovor prelazi u stanje odziva.

3. ZAKLJUČAK

Planovi razvoja tržišta električne energije u Europi, pa tako i u Hrvatskoj imaju osnovni cilj održavanja ili povećavanja sigurnosti opskrbe uz povećani prihvata obnovljivih izvora energije. Stavke na koje se stavlja posebna važnost su tržište kapaciteta, uvođenje fleksibilnosti sa strane potrošnje, poticanje nadmetanja opskrbljivača (uparivanje maloprodaje), poticanje obnovljivih izvora energije na uravnoteženje vlastite proizvodnje, stvaranje zajedničkog tržišta električne energije, te agregacija distribuiranih izvora. Uključenjem distribuiranih izvora na tržište električne energije pomoću pametnih ugovora, postiže se dodatna fleksibilnost sustava, te korisnici ostvaruju dodatni profit. Ovakav model zahtjeva minimalna dodatna ulaganja, te minimalne promjene u zakonodavstvu. Važnu ulogu u ovom modelu ima agregator (tržišni sudionik) posrednik/preprodavač koji djeluje u ime i na račun većeg broja DP i kupaca (potrošača) nudeći "fleksibilnost" OPS/ODS-u. Uslugu fleksibilnosti nabavlja (kupuje) od svojih klijenata.

Za uspješan rad agregatora, predložen je model pametnih ugovora i ugovornog *frameworka* koji prenosi ponude za regulaciju u digitalne ugovore, tako da je moguće upravljati uvjetima i odredbama ugovora. Upotreba takvog *frameworka* pruža nekoliko prednosti agregatorima i aktivnim korisnicima. DSL ne samo da omogućuje dinamičnije stvaranje ugovora o fleksibilnosti za prilagođene slučajeve upotrebe (npr. korištenje 50% baterije od 1 MW samo sljedeći tjedan 4-6 sati), već omogućuje i prenošenje specifikacija ugovora aktivnim korisnicima. Prikaz ugovora prema proračunskom modelu kreirani ugovornim DSL-om, omogućava računalnu obradu svakog slučaja i precizno izvještavanje o statusu usluge. Računska analiza matematičkog modela može pružiti povratne informacije vlasnicima dostupnih kapaciteta u mreži koji pišu ugovore, kako bi se provjerilo očekivano ponašanje ugovora u određenim simuliranim uvjetima. Mapiranje od matematičkog modela na problem optimizacije omogućuje agregatorima automatizaciju dijela regulacije kako bi se brže prilagodili promjenjivim uvjetima u mreži. Problem optimizacije izbora ugovora može se proširiti analitikom predviđanja kako bi se optimizirali predviđeni uvjeti, što rezultira učinkovitijom uporabom dostupnih kapaciteta u mreži. Ovaj *framework* bi se mogao koristiti kao testna metoda za generiranje većeg broja ugovora preko DSL-a u svrhu istraživanja skalirane strategije optimizacije.

4. LITERATURA

- [1] https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_08_74_1539.html
- [2] https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2020_04_52_1053.html
- [3] https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_07_67_1585.html
- [4] <https://www.zakon.hr/z/747/Zakon-o-energetskoj-u%C4%8Dinkovitosti>
- [5] https://www.theade.co.uk/assets/docs/about/DSR_Code_of_Conduct.pdf
- [6] <https://www.flexassure.org/about>
- [7] Sergio Elizondo, Stephen Wattam, Valentin Robu, Rachel Jones, Graham Oakes, " A SMART CONTRACTING FRAMEWORK FOR AGGREGATORS OF DEMAND-SIDE RESPONSE", CIRED, Madrid, 3-6 lipnja 2019., rad br. 0870
- [8] <http://www.hep.hr/proizvodnja/obnovljivi-izvori-energije/1395>
- [9] https://hr.wikipedia.org/wiki/Obnovljiva_energija
- [10] <https://novac.jutarnji.hr/aktualno/iznad-prosjeka-europske-unije-iz-obnovljivih-izvora-hrvatska-dobiva-28-posto-energije/9894820/>
- [11] Tomislav Capuder, „Koncept tržišta električne energije na razini distribucijskog sustava“, FER, 11. Svibnja 2017.