

# Koncept navidezne elektrarne razvit v Evropskem raziskovalno-razvojnem projektu FENIX

Ivan Lorencin, Nejc Andlovic, Marko Kompare, Boštjan Strmčnik

KORONA d.d.

Cesta v Mesti log 88a, Ljubljana

E-mail: [ivan.lorencin@korona.si](mailto:ivan.lorencin@korona.si), tel. 01 2803 500

**Povzetek** – V referatu je predstavljen koncept navidezne elektrarne (angl. Virtual Power Plant – VPP) razvit v sklopu evropskega razvojno-raziskovalnega projekta FENIX (Flexible Electricity Networks to Integrate the eXpected “energy evolution”). Navidezno elektrarno tvori množica razpršenih virov in vodljivih porabnikov električne energije, ki so združeni zaradi enotnega nastopa na trgih električne energije in sistemskih storitev kot so regulacija napetosti ter razbremenjevanje elementov omrežja. Prednosti združevanja razpršenih virov v navidezno elektrarno se kažejo predvsem v optimizaciji in izboljšanju napovedljivosti proizvodnje ter obvladovanju tveganj izpada oziroma nestalnosti proizvodnje. Poleg funkcij in značilnosti navidezni elektrarn je predstavljen tudi informacijsko-komunikacijski sistem brez katerega združevanje v navidezno elektrarno ni možno.

## Virtual power plant concept developed in European research and development project FENIX

**Abstract** – The paper presents concept of a virtual power plant developed within the European research and development project FENIX (Flexible Electricity Networks to Integrate the eXpected “energy evolution”). Virtual power plant consists of a number of distributed production sources and controllable loads which are virtually united for the purpose of unified presentation on the markets of electric energy and ancillary services like voltage regulation and congestion management. Advantage of unification of distributed resources is seen mainly in optimization and improvement of production forecasting and risk management of intermittent production. Beside functions and characteristics of virtual power plant the paper presents also information-communication system without which this unification is not possible.

### I. UVOD

Poraba energije v Evropi se je v zadnjem desetletju močno povečala. Glede na napovedi organizacije Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) je mogoče pričakovati, da se bo poraba do leta 2035 podvojila. Z naraščanjem porabe narašča tudi proizvodnja električne energije, ki je trenutno eden glavnih virov emisij CO<sub>2</sub>, saj prispeva okrog tretjino vseh emisij.

Kjotski protokol obvezuje evropske države k zmanjševanju emisij toplogrednih plinov za 8 % v letu 2012, glede na nivo emisij leta 1990. Hkrati pa promovira energijsko učinkovite tehnologije ter uporabo obnovljivih virov energije, ki bodo zmanjšali emisije ogljikovega dioksida.

Glede na predmetno literaturo [1][2] lahko vire električne energije opredelimo kot vire oziroma

generatorje električne energije, ki imajo nekaj skupnih značilnosti:

- niso vključeni v sistem centraliziranega načrtovanja proizvodnje s strani elektroenergetskih podjetij,
- niso vključeni v sistem daljinskega nadzora in vodenja,
- nazivna moč posamezne enote je običajno manjša od 50 MW in
- so običajno priključeni na distribucijsko omrežje.

Pri tem je distribucijsko omrežje definirano kot omrežje na katerega so priključeni odjemalci električne energije in obsega napetostne nivoje med 230 V in 110 kV (v tujini lahko tudi več, npr. 145 kV). Definicija porazdeljenih virov se razlikuje od države do države in je torej urejena z nacionalno zakonodajo.

## II. VKLJUČITEV PORAZDELJENIH VIROV V ELEKTROENERGETSKI SISTEM

Za vključitev (in ne samo priključitev) večjega števila razpršenih virov in tudi prevzem večje količine električne energije iz le-teh bo potrebno temu prilagoditi načrtovanje, obratovanje in vodenje elektroenergetskega sistema. Z večanjem števila porazdeljenih virov in večanjem njihove proizvedene količine električne energije se bo večal vpliv tovrstne proizvodnje, tako s stališča proizvedene energije, kot tudi s stališča moči oziroma vpliva na omrežje. Poleg tega bo potrebno nadzorovati vpliv proizvodnih virov na preobremenitve in podobremenitve posameznih elementov omrežja, na pretoke moči, na napetosti in ostale parametre obratovanja ter te škodljive vplive tudi ustrezno omejevati. Potrebno bo tudi bolj natančno načrtovati in voditi proizvodnjo iz porazdeljenih virov. Aktivneje bo treba izvajati tržne aktivnosti, v katere spadajo prodaja električne energije, napovedovanje voznih redov ter izravnava in poravnava odstopanj.

Poleg osnovne proizvodnje električne energije je porazdeljene vire možno uporabiti tudi za sistemske storitve znotraj elektroenergetskega sistema, kot so regulacija napetosti in proizvodnje jalove moči, razbremenjevanje elementov omrežja ter podaljšanje časovnih rokov za rekonstrukcije, zamenjave in ojačitve delov omrežij.

Majhnost, prekinjenost dobavljanja energije, slabša napovedljivost proizvodnje ter izključenost porazdeljenih virov iz sistemov vodenja omejujejo možnosti razpršenih proizvodnih enot, da postanejo aktivnejši udeleženci trga z električno energijo. Boljša integracija razpršenih virov v distribucijska omrežja ter v odprt elektroenergetski trg terja odgovore na številna tehnična, ekonomska in regulatorna vprašanja kot so:

- statično obratovalno stanje ter kratkostične razmere,
- vpliv na kakovost oskrbe z električno energijo,
- napetostni profil, jalova moč in regulacija napetosti,
- sodelovanje pri sistemskih storitvah,
- stabilnost ter sposobnost razpršenih proizvodnih enot vzdržanja motenj v sistemu,
- zaščita elektroenergetskega sistema,
- otočno obratovanje,
- sigurnost obratovanja sistema itn.

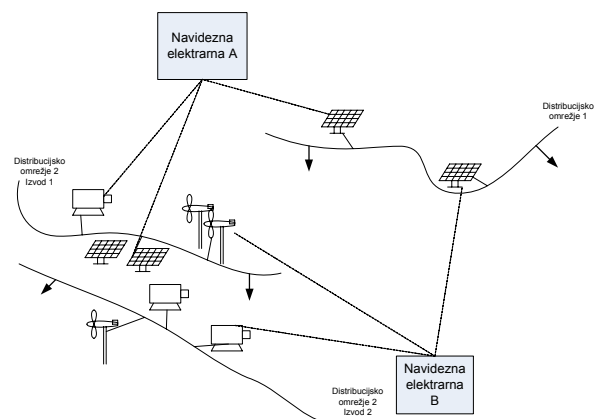
Vključevanje večjega števila porazdeljenih virov v tehnične, ekonomske in regulatorne procese na elektroenergetskem trgu je možno samo ob uporabi sodobnega informacijsko-komunikacijskega sistema, ki omogoča zanesljivo, stabilno in stroškovno učinkovito obratovanje tako posameznih virov kot tudi celotnega elektroenergetskega sistema.

## III. NAVIDEZNA ELEKTRARNA

Koncept navidezne elektrarne ni nov. Patterson in Whitham [2] sta ga predstavila že leta 1998 kot eno od možnosti zunanjšega izvajanja storitev upravljanja proizvodnje električne energije, toplote in hladu v bolnišnicah, tovarnah in na univerzah s strani energetskega podjetja, ki tovrstne dejavnosti izvaja. Leta 2003 sta Dielmann in van der Velden [3] opisala koncept združevanja decentraliziranih proizvodnih enot s pomočjo sistema vodenja EMS (angl: *Energy Management Systems*). Vprašanje, ki je bilo pri tem zastavljeno, se glasi »Ali lahko virtualna elektrarna zagotavlja zanesljivo in okolju prijazno energijo?« Pri tem sta upoštevala naslednje kriterije:

- razvoj EMS sistema, ki omogoča največji izkoristek (angl: *utilization ratio*),
- zanesljiva proizvodnja električne energije, toplote in hladu,
- integracija obnovljivih virov proizvodnje električne energije,
- priključitev porazdeljenih virov na omrežje,
- stroški proizvodnje navidezne elektrarne ter
- emisije toplogrednih plinov.

Navidezno elektrarno lahko definiramo kot množico proizvodnih virov in vodljivih bremen, ki se združijo v namen enotnega nastopa na trgu električne energije in trgu sistemskih storitev. Navidezna elektrarna je namreč prilagodljiva predstavitev množice porazdeljenih virov. Poleg tega, da združuje zmogljivosti proizvodnje iz posameznih virov, je za navidezno elektrarno značilen en vozni red proizvodnje iz množice parametrov, ki opredeljujejo posamezne vire, in hkratnemu upoštevanju ostalih omejitev (npr. omejitve omrežja).[5].



Slika 1: Navidezna elektrarna.

Samostojna majhna proizvodna enota, povezana na distribucijsko omrežje, običajno ne doseže zahtevanega obsega proizvodnje, da bi lahko bila ekonomsko gledano sposobna preživeti na odprtem trgu. Ne more namreč ponuditi ekonomsko učinkovitega obsega proizvodnje, zanesljivosti, prilagodljivosti ter obvladljivosti na odprtem trgu z električno energijo. Po drugi strani lahko navidezna

elektrarna, ki združuje portfelj razpršenih virov, bolj kakovostno in učinkovito obvladuje tako obratovalna kot tudi finančna tveganja. Podobno kot se zaradi zmanjševanja in obvladovanja tveganj na primer združujejo zavarovanci v vzajemne zavarovalnice, investitorji v vzajemne sklade ali pa vozniki v AMZS, ravnatoko se iz istega razloga porazdeljeni viri združujejo v navidezne elektrarne.

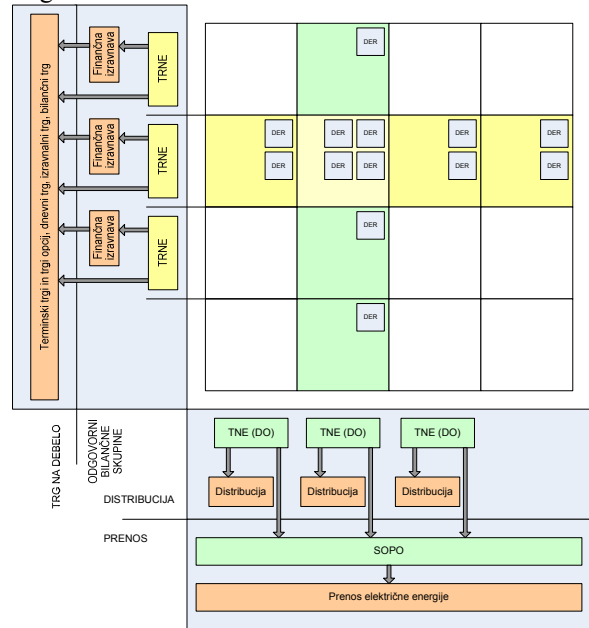
Prednosti navideznih elektrarn v primerjavi s posameznimi samostojnimi distribuiranimi viri so:

- optimizacija proizvodnje električne energije iz različnih med seboj komplementarnih virov,
- zagotavljanje ekonomije obsega in enotnega nastopa na trgu električne energije in trgu sistemskih storitev,
- zagotavljanje zanesljivosti proizvodnje skozi bolj natančno napovedovanje ter vodenje le-te,
- boljše obvladovanje tveganj odstopanj od napovedanih vozni redov,
- optimizacija izpustov toplogrednih plinov itn.

Napovedovanje proizvodnje iz posameznih samostojnih elektrarn, ki izkoriščajo obnovljive vire, majhnih inštaliranih moči (vetrnica, sončna elektrarna itn.) in vodljivih bremen je dokaj nezanesljiva in so obratovalna in finančna tveganja samostojnega nastopa na trgu precej visoka. Če pa se ti viri in ti porabniki združijo v namen skupnega nastopa na trgu, se lahko odstopanja posameznih virov izničijo z nasprotnimi odstopanji drugih virov ali bremen in tako lahko dosežejo zahtevano in pričakovano zanesljivost napovedi proizvodnje. V splošnem je statistično gledano napoved večjega števila enot bolj natančna kot napoved proizvodnje manjšega števila enot.

V sklopu projekta FENIX je navidezna elektrarna gledana iz dveh zornih kotov in sicer iz zornega kota proizvodnje električne energije in njene prodaje na odprtem trgu in zornega kota prenosa električne energije po distribucijskem omrežju, vpliva tega prenosa na omrežje ter sodelovanja v sistemskih storitvah, ki povečujejo kakovost oskrbe z električno energijo. Na sliki 2 sta prikazani dve navidezni elektrarni in sicer tržna navidezna elektrarna (TRNE) in tehnična navidezna elektrarna (TNE). Tržna navidezna elektrarna odkupuje energijo od posameznih proizvajalcev iz porazdeljenih virov in jo prodaja na odprtem trgu. Funkcije tržne navidezne elektrarne so predvsem sklepanje pogodb o odkupu in prodaji električne energije, napovedovanje voznega reda ter izravnavna in poravnava odstopanj. V TRNE so zbrani posamezni viri, ki so priključeni na različna, predvsem pa distribucijska omrežja. Funkcije tehnične navidezne elektrarne so v splošnem zagotavljanje dostopa do omrežja, obvladovanje vpliva virov na kakovost oskrbe, uporabo sistemskih storitev, ki jih posamezni viri omogočajo za zagotavljanje zanesljive oskrbe idr. Na sliki vidimo, da je posamezen vir priključen na eno od omrežij in je del vsaj ene

bilančne (pod)skupine, preko katere energijo prodaja na trgu.



Slika 2: Ortogonalna dualna struktura elektroenergetskega sistema

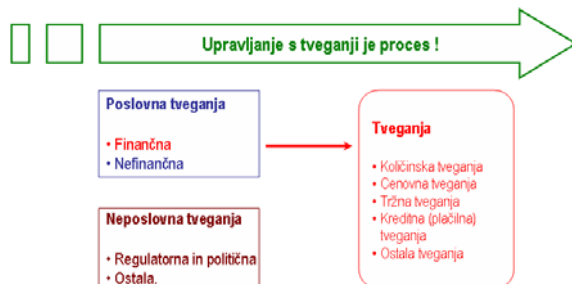
#### IV. NASTOP NAVIDEZNE ELEKTRARNE NA TRGU Z ELEKTRIČNO ENERGIJO

Pri nastopu na trgu z električno energijo je ena najbolj pomembnih aktivnosti natančna, hitra in kakovostna izdelava napovedi proizvodnje električne energije, ker le-ta zagotavlja stabilno obratovanje in minimalna dostopanja od napovedanega voznega reda. Informacijski sistem TRNE mora pri tem omogočati izvajanje naslednjih funkcij:

- zbiranje podatkov o pretekli proizvodnji,
- zbiranje podatkov o vplivnih faktorjih (vremenske razmere, hitrost vetra, temperatura, obsevanje itn.),
- izdelava modela za napoved proizvodnje in porabe,
- kratkoročno in dolgoročno napoved proizvodnje in porabe,
- načrtovanje obratovanja,
- posredovanje voznega reda organizatorju trga itn.

Kot posledica trenutnega stanja na energetskem trgu pridobiva na pomenu področje priprave informacij za potrebe odločanja. Takoj ko postanejo viri omejeni oziroma je njihova zadostnost vprašljiva, prihaja v ospredje potreba po pravočasnih in kakovostnih informacijah za odločanje. V trenutnih razmerah postaja elektroenergetski trg bolj kod kajkoli prej odvisen od pravočasnih in kakovostnih odločitev. Glede na trenutne okoliščine na finančnih in energetskih (tudi plinskih) trgih je priprava informacij za odločanje toliko bolj v ospredju.

Eden najbolj pomembnih procesov pri nastopu na trgu je obvladovanje tveganj. Obvladovanje tveganj je proces ocenjevanja, spremljanja in preprečevanja možnosti za nastanek tveganja in njihovih posledic (izgub).



Slika 3: Proces obvladovanja tveganj.

Osnova za prepoznavanje in vrednotenje tveganj, ki smo jim v danem trenutku izpostavljeni, so napovedi proizvodnje električne energije celotnega portfelja TRNE ter napovedi tržnih cen. Ovrednotiti želimo tveganja, ki so posledica razhajanj napovedane in dejanske proizvodnje posameznega člana TRNE ter razhajanj napovedanih in dejanskih cen električne energije.

Poleg tega je potrebno ob izdelavi napovedi cen ter napovedi proizvodnje vrednotiti tudi njihovo zanesljivost, na tej osnovi pa izdelati oceno potencialnih finančnih izgub s pomočjo scenarijske analize.

Količinska in cenovna tveganja so tveganja izgube zaradi spremembe prodajnih cen ali količin proizvodnje električne energije. Količinska tveganja so posledica predvsem razlike količin med napovedjo proizvodnje in posledično prodajo električne energije ter ponovno dolgoročno ocenjeno količino proizvodnje električne energije.

Cenovna tveganja so posledica:

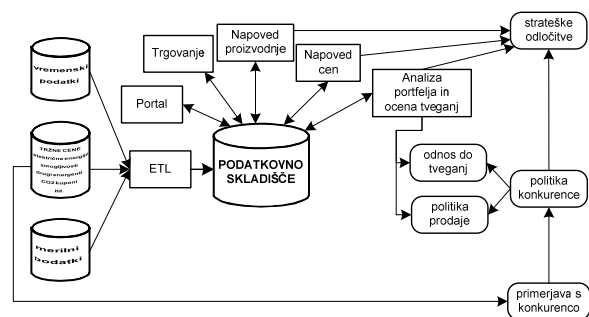
- razlike med ceno realizirane prodaje posameznega produkta električne energije ter trenutno tržno ceno tega produkta,
- razlike med napovedano obliko diagrama cen za proizvajalca ter trenutno obliko diagrama cen,
- razlike med napovedano ceno in trenutno ceno določenega produkta,
- dnevne razlike med ceno dolgoročne oziroma srednjeročne prodaje ter ceno na sprotnem trgu in
- dnevne razlike med ceno dolgoročne, srednjeročne oziroma sprotne prodaje ter ceno na izravnalnem trgu.

Poleg količinskih in cenovnih tveganj je proizvodnja električne energije iz obnovljivih virov in virov priključenih na distribucijsko omrežje zaradi nezrelosti trga in nedorečenosti zakonodaje izpostavljena tudi regulatornim tveganjem.

Kot smo že omenili za kakovostno odločanje potrebujemo predvsem pripravo informacij za

odločanje ter nadzor izvajanja odločitev. Informacijski sistem za podporo odločanju in izvajanju odločitev TRNE je v splošnem sestavljen iz naslednjih sklopov (slika 4):

- centralno podatkovno skladišče,
- zajem podatkov iz notranjih in zunanjih podatkovnih virov (vremenski podatki, cene energije, merilni in obračunski podatki itn.),
- napovedovanje proizvodnje in porabe električne energije,
- napovedovanje cen električne energije,
- podpora trgovanju,
- analiziranje portfelja in obvladovanje tveganj,
- informacijski portal idr.



Slika 4: Načelna shema arhitekture informacijskega sistema TRNE.

Arhitektura informacijskega sistema naj bo modularna in skalabilna.

## V. SODELOVANJE NAVIDEZNE ELEKTRARNE PRI SISTEMSKIH STORITVAH

### A. Uvod

Sistemske storitve so od države do države različno opredeljene. EURELECTRIC je definiral sistemske storitve kot tiste storitve, katere izvajajo naprave za proizvodnjo, prenos in vodenje ter so potrebne za izvajanje transporta električne energije od proizvajalca do odjemalca. Te storitve omogočajo sistemskemu operaterju izvajanje varnega in zanesljivega obratovanja elektroenergetskega sistema [6]. V splošnem se ta definicija lahko nanaša, tako na prenosno kot tudi na distribucijsko omrežje. Sistemske storitve so povezane predvsem z:

- regulacijo frekvence in rezerve delovne moči,
- regulacijo napetosti in proizvodnjo jalove moči,
- stabilnostjo elektroenergetskega sistema in njegove zmožnosti prenašati motnje ter
- vzpostavljanjem normalnega stanja sistema po dogodkih.

V nekaterih državah se izvajajo tudi druge storitve, ki so lahko opredeljene kot sistemske storitve in obsegajo:

- obvladovanje izgub v omrežju,

- obvladovanje faktorja moči ter
- sodelovanje pri preprečevanju zamašitev v omrežju.

Z večanjem števila porazdeljene proizvodnje in elementov energetske elektronike je tudi izboljšanje kakovosti oskrbe ena od možnih sistemskih storitev.

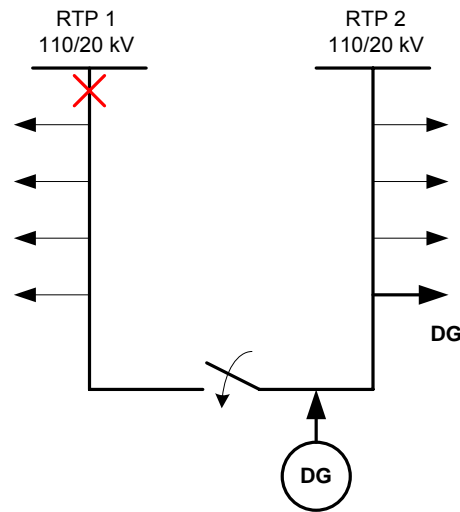
Porazdeljeni viri lahko sodelujejo pri večini zgoraj omenjenih sistemskih storitvah. Sodelovanje le-teh je večinoma lokalno, tako kot so lokalne narave storitve regulacije napetosti, proizvodnje jalove moči, obvladovanje zamašitev na distribucijskem omrežju in storitve povezane s kakovostjo oskrbe.

### B. Obvladovanje zamašitev

Obvladovanje zamašitev (angl: *congestion management*) obsega vsa dejanja in ukrepe, ki so potrebni, da ne pride do zamašitev elementov elektroenergetskega sistema katere posledica je ogrožena zanesljivost delovanja le-tega. Obvladovanje zamašitev lahko jemljemo kot sistemsko storitev zaradi dejstva, da izvajanje teh aktivnosti omogoča transport električne energije po sistemu.

Porazdeljeni viri lahko sodelujejo pri obvladovanju zamašitev, če so vodljiv. Ob nastopu zamašitev TNE prerazporedi proizvodnjo posameznih generatorjev in odjem vodljivih bremen tako, da se pretok električne energije čez preobremenjene elemente zniža na dovoljeno vrednost. Pri tem pride do dodatnih stroškov proizvodnje in porabe, saj so le-ti svoje ponudbe na trgu prilagodili svojim karakteristikam stroškov. V temu primeru mora TNE zagotoviti finančna sredstva za plačevanje storitve, saj je posegel v strategijo trgovanja posameznih udeležencev. Ta dejavnost je lahko ena od pravic TNE, ki mu dovoljuje poseg v sklenjene posle s ciljem ohranjanja zanesljivosti obratovanja sistema.

Primer sodelovanja porazdeljene proizvodnje in vodljivih bremen v obvladovanju zamašitev na distribucijskem omrežju je prikazan na sliki 5. Ob prekinitvi napajanja iz RTP 1 se celotno breme na delu distribucijskega omrežja napaja iz RTP 2. V primeru nezadostnih zmogljivosti se v RTP 2 lahko pojavljajo zamašitve oziroma preobremenitve posameznih elementov. Porazdeljeni viri (generatorji in bremena) lahko v tem primeru sodelujejo pri zmanjšanju teh preobremenitve s povečano proizvodnjo generatorjev oziroma zmanjšano porabo bremen.



Slika 5: Sodelovanje porazdeljenih virov pri obvladovanju zamašitev na distribucijskem omrežju.

### C. Regulacija napetosti

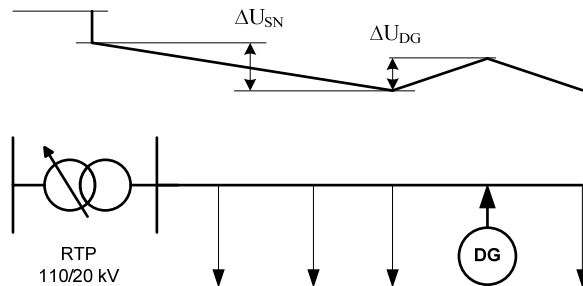
Regulacija napetosti in jalove moči (regulacija napetosti) je v prenosnih omrežjih razdeljena na primarno, sekundarno in terciarno regulacijo. Primarna regulacija napetosti je izvedena z avtomatskimi napetostnimi regulatorji (AVR), ki so vgrajeni v sinhronske generatorje, sekundarna regulacija pa z lokalnim upravljanjem spreminjanja stopenj transformatorjev med obremenitvijo ter s kondenzatorskimi baterijami. Namen terciarne regulacije pa je kratkoročno načrtovanje obratovanja zaradi potrebne koordinacije med sekundarno in primarno regulacijo v skladu z varnim obratovanjem omrežja ter z upoštevanjem ekonomskega vidika napovedovanja obremenitve ter proizvodnje.

Po drugi strani se regulacija napetosti v distribucijskem omrežju običajno izvaja s stopenjskimi transformatorji ter s kondenzatorskimi baterijami. V številnih primerih deluje takšna regulacija nekoordinirano brez medsebojne komunikacije z ostalimi deli omrežja.

Naprave, ki izvajajo napetostno regulacijo in regulacijo jalove moči, večinoma obratujejo ob predpostavki, da se napetost vzdolž vodov zmanjšuje. Posledica lokalne nekoordinirane regulacije napetosti v distribucijskih omrežjih je, da sta napetostni profil in pretok jalove moči daleč od optimuma. Optimalni napetostni profil in pretok jalove moči sta lahko dosežena, če so naprave, ki skrbijo za regulacijo napetosti in jalove moči, medsebojno koordinirane, kot je to v prenosnih omrežjih.

Razpršeni proizvodni viri trenutno niso vključeni v regulacijo napetosti v distribucijskem omrežju, četudi imajo razpršeni viri s sinhronskim generatorjem vgrajeno sposobnost avtomatske regulacije napetosti, s hitrim delovanjem, ki je mnogo hitrejšo od stopenjskega transformatorja oziroma mehanskih preklonov kondenzatorskih baterij. Z vključevanjem

razpršenih virov v regulacijo napetosti bodo postali naprave, ki se bodo hitro odzivale na spremembe napetosti. Še več, razpršeni viri v načinu regulacije napetosti bodo avtomatsko regulirali napetost na sponkah, medtem ko stopenjski transformatorji in kondenzatorske baterije delujejo le, če se napetost zniža pod določeno mejo (slika 6).



Slika 6: Sodelovanje porazdeljenih virov pri regulaciji napetosti.

Iz tega lahko pričakujemo, da bo vključevanje razpršene proizvodnje v distribucijsko omrežje predvsem zmanjšalo število operacij stopenjskih transformatorjev.

Z vključevanjem razpršenih virov v koordinirano regulacijo napetosti bi lahko bila regulacija napetosti v distribucijskem omrežju podobna koordinirani regulaciji napetosti v prenosnem omrežju. Primarna regulacija je izvedena z razpršenimi proizvodnimi viri. Sekundarna regulacija je izvedena z lokalno vodenimi stopenjskimi transformatorji ter kondenzatorskimi baterijami. Medtem pa naj bo terciarna regulacija izvedena z daljinskim nastavljanjem razpršenih proizvodnih virov, stopenjskih transformatorjev in kondenzatorskih baterij v razdelilnih postajah, če je le-to potrebno, za doseganje optimalnega napetostnega profila in pretoka jalove moči.

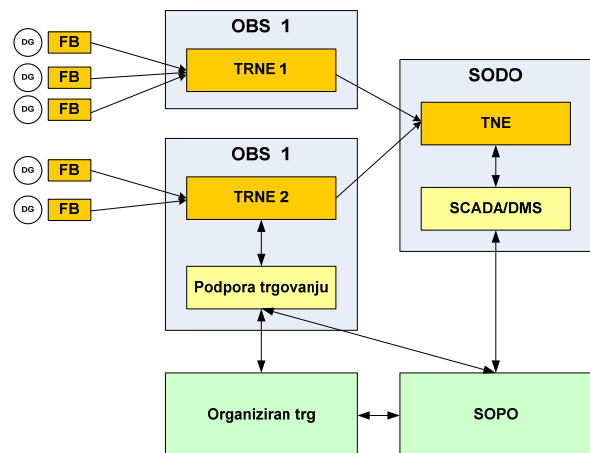
Medtem ko razpršeni viri obratujejo v načinu napetostne regulacije (hitro delovanje), pa je kondenzatorska baterija v bremenskem vozlišču regulirana z napetostnim regulatorjem (počasno delovanje). Zato kondenzatorska baterija ne bo delovala, razen v primerih ko bodo razpršeni viri dosegli oziroma preseгли svoje meje. Torej ni bila porabljena vsa razpoložljiva jalova moč baterije. Po drugi strani pa je jalova moč kondenzatorskih baterij znatno cenejša od jalove moči razpršenega vira ob neupoštevanju naložbe v baterije.

## VI. INFORMACIJSKO-KOMUNIKACIJSKI SISTEM NAVIDEZNE ELEKTRARNE

Kot smo videli v poglavju III sta avtorja sistem vodenja oziroma informacijski sistem postavila na prvo mesto pri vzpostavitvi navidezne elektrarne. Brez informacijskega sistema namreč ni možna agregacija porazdeljenih virov za potrebe skupnega nastopa na trgu električne energije in trgu sistemskih storitev.

Načelna shema arhitekture informacijskega sistema za obvladovanje navidezne elektrarne projekta FENIX (slika 7) je sestavljena iz:

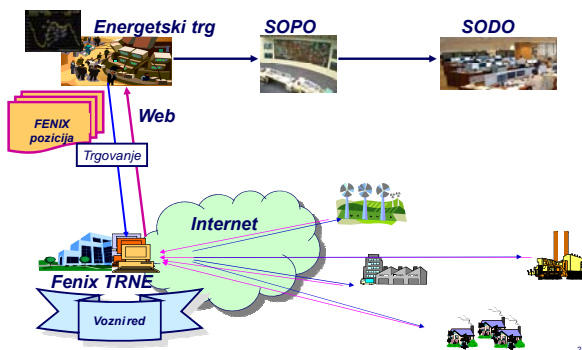
- Naprave vodenja, regulacije, zaščite in meritev – t.i. FenixBox (FB).
- Informacijski sistem TRNE.
- Informacijski sistem TNE.
- Sistem za izmenjavo podatkov na elektroenergetskem trgu.



Slika 7: Načelna shema arhitekture informacijskega sistema, ki omogoča širšo vključitev porazdeljenih virov v elektroenergetski sistem.

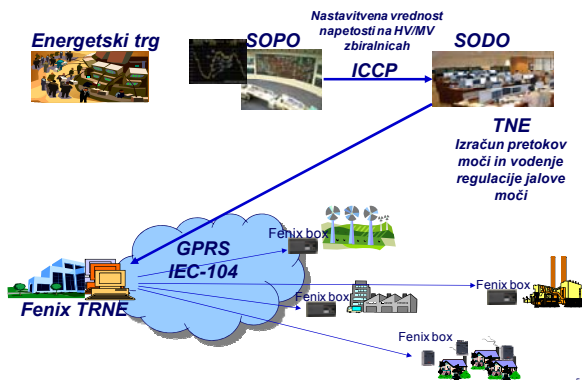
Osnovna cilja informacijskega sistema FENIX sta informatizacija in avtomatizacija dostopa porazdeljenih virov na trg z električno energijo in izvajanje sistemskih storitev na distribucijskem omrežju.

**Cilj 1:** Omogočiti dostop porazdeljenih virov na trg električne energije čez TRNE. Ob tem je naloga elektrodistribucije zagotovitev dostopa do omrežja in usklajenosti proizvodnje z lokalnimi fizičnimi in obratovalnimi pogoji distribucijskega omrežja (slika 8). Pri nastopu na elektroenergetskem trgu TRNE zbira napovedi proizvodnje posameznih virov in/ali izvaja lastno napoved za celotno skupino. Po koncu trgovanja morata sistemska operaterja spremeniti vozne rede posameznih virov glede na trenutno stanje omrežja. Končne vozne rede obratovanja TRNE posreduje posameznim virom.



Slika 8: Načela shema arhitekture informacijskega sistema, ki omogoča bolj učinkovit nastop porazdeljenih virov na trg z električno energijo.

**Cilj 2:** Omogočiti porazdeljenim virom izvajanje sistemskih storitev za potrebe distribucijskega omrežja. Naloga distributerja (TNE) je določiti kako posamezni porazdeljeni viri lahko sodelujejo v sistemskih storitvah in pomagajo zagotavljati kakovostno oskrbo. Sistemska operaterja nastavljata zahtevane vrednosti za potrebe regulacije napetosti oziroma jalove moži. TNE, katerega upravlja SODO, izvaja izračun pretokov moči in načrtovanje nastopa posameznih virov v regulaciji. Razporeditev potrebne proizvodnje jalove moči TNE sporoča TRNE, ki posamezne nastavitve posreduje virom.



Slika 9: Načela shema arhitekture informacijskega sistema, ki omogoča bolj učinkovito sodelovanje porazdeljenih virov pri sistemskih storitvah.

## VII. SKLEPI

Leta 2006 je konzorcij različnih družb iz Avstrije, Francije, Nemčije, Nizozemske, Romunije, Slovenije, Španije in Velike Britanije začel z delom na raziskovalno-razvojnem projektu FENIX (Flexible Electricity Networks to Integrate the eXpected “energy evolution”), ki ga delno financira Evropska komisija. Namen projekta je raziskava možnosti vodenja in obratovanja porazdeljenih virov električne energije na distribucijskem omrežju. Predlagan informacijski sistem omogoča bolj učinkovit nastop virov na elektroenergetskem trgu in sodelovanje le teh pri izvajanju sistemskih storitev. Porazdeljeni viri nastopajo združeni v virtualno elektrarno, ki v svojem

portfelju združuje celo paleto razpršenih proizvodnih virov. V modelu omrežja so v ta namen vključeni vsi tipi razpršenih proizvodnih virov ter pogodbeno bremena, ki v projektu FENIX tudi spadajo med tako imenovane DER (Distributed energy resources).

## VIII. REFERENCE

- [1] N. Jenkins, R. Allan, P. Crossley, D. Kirschen, G. Strbac, »Embedded Generation«, IEE Power and Energy Series 31, London, 2000.
- [2] W.D. Patterson, J.W. Whitham, »The Virtual Power Plant«, Standard & Poor’s Utilities & Perspectives, Special Technology Issue, McGraw-Hill Companies, November 30, 1998, dostopno na: [http://www.encorp.com/wp\\_sp1999.pdf](http://www.encorp.com/wp_sp1999.pdf).
- [3] K. Dielman, A. van der Velden, »Virtual Power Plants (VPP) – A new perspective for energy generations?«, Modern Techniques and Technologies, Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference of Students, Post-graduates and Young Scientists, April 2003.
- [4] G. Eason, B. Noble, and I.N. Sneddon, “On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions,” *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, vol. A247, pp. 529-551, April 1955.
- [5] Pudjianto, D., C.Ramsay, G.Strbac, »The FENIX vision: The Virtual Power Plant and system integration of distributed energy resources«, FENIX project deliverable D1.4.0, Imperial College, December 2006.
- [6] EURELECTRIC, Connection rules for generation and management of ancillary services, report ref. 2000-130-0003, May 2000.