

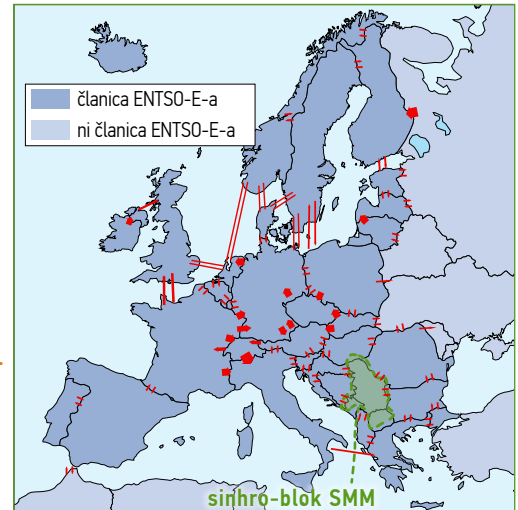
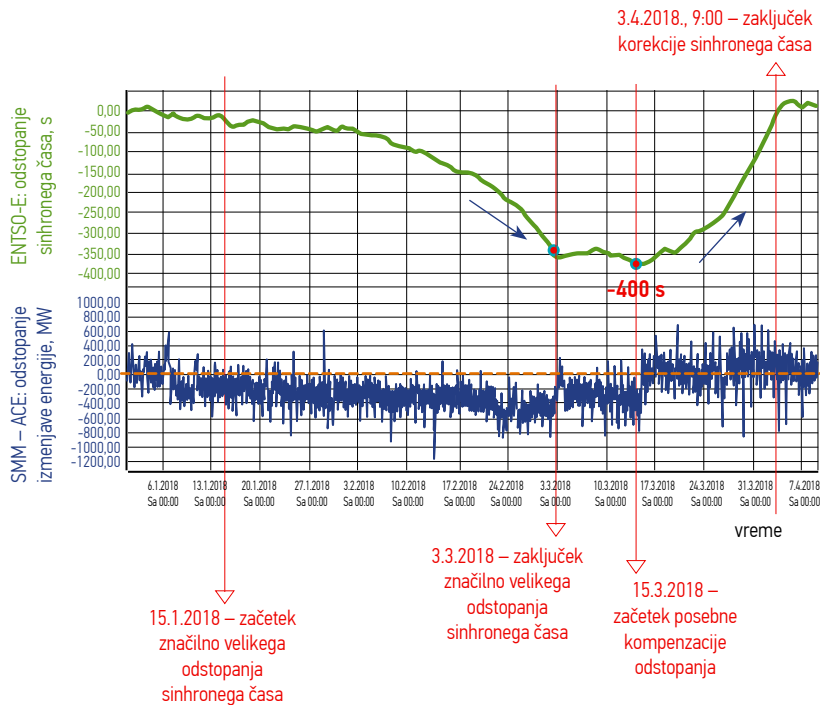
Motnje v elektroenergetskem sistemu

# ZAKAJ JE PRIŠLO DO ODPSTOPANJA ENTSO-E?



**Niko Mandić**  
dipl. inž.

**P**opravek časovne enominutne zamude na ravni ENTSO-E je po ocenah stal 1 milijon evrov! Gre za izreden in nenameren dogodek – veliko zamudo v elektroenergetskem sistemu na dnevni ravni, še posebej na akumulirani ravni, ki se je nabirala že dlje časa. Odstopanje se je začelo sredi januarja letos in je trajalo nekaj manj kot dva meseca. V več desetletni preteklosti tak dogodek ni bil zabeležen v evropskem EES. Skupna akumulirana zamuda je preseгла 6 min in zabeleženo je bilo največje odstopanje ENTSO-E v sinhro-bloku SMM kdajkoli. Med temi motnjami je celotni sistem ENTSO-E deloval brez kakršnikoli težav.



**▲ Slika 1**  
Postopek naključnega odstopanja sinhronnega časa ENTSO-E

Odstopanje v elektroenergetskem sistemu je dejanska razlika v sinhronem času, izražena glede na univerzalni čas (UTC). To odstopanje je posledica pomanjkanja trajnega ravnovesja proizvodnje in porabe v enem sinhro-bloku. Ta se je v regionalni skupini Srednja Evropa (CE) kazala v zamudah vseh sistemov, ki uporabljajo sinhroni čas.

## NASTANEK NEDOVOLJENEGA ODPSTOPANJA

Značilno odstopanje časa v Združenju evropskih sistemskih operaterjev prenosnih omrežij (ENTSO-E) oziroma celotni evropski sinhroni coni je nastalo s kopičenjem vsakodnevnih majhnih prekomernih odstopanj glede na srednjeevropski čas. Seštete dnevne prekoračitve predstavljajo skupno nakopičeno odstopanje. Evropski EES je v času teh dnevnih in mesečnih odstopanj deloval stabilno in normalno ter motnje sinhronnega časa nimajo nobene povezave s spremembo ure zima-poletje niti ne vplivajo na delovanje računalnikov ali mobilnih telefonov.

## FREKVENČNOST IN SINHRONO DELOVANJE EES

Frekvenca je eden od najpomembnejših kazalcev kakovosti skupnega delovanja posameznega sinhro-bloka in skupnega sistema. Ko govorimo o frekvenci EES, hkrati govo-

rimo tudi o njeni vzajemni vrednosti - sinhronem času sistema. To je skupni pomen z enako vrednostjo v celotni sinhroni coni in se šteje za eno od pomožnih storitev EES.

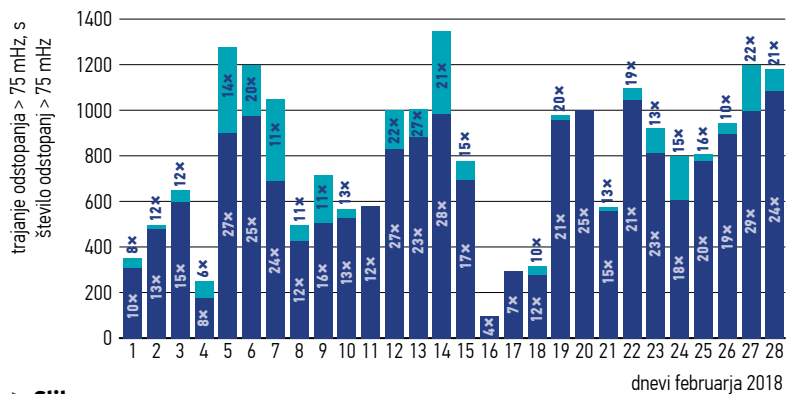
Spremembe frekvence EES oziroma izmenjave energije za vsako uro, dan, mesec in leto so normalen pojav. Odstopanje skupne frekvence ENTSO-E je med letom najpogostejše v mejah 0,1 Hz. Vsako trenutno odstopanje, večje od 20 mHz, ni dovoljeno in ga samodejno odstrani primarni nadzor. Če pa nakopičeno odstopanje sinhronnega časa v relativno dolgem obdobju nenehno raste, postane nesrečen pojav (slika 1).

## REDKA MOTNJA MREŽNEGA ČASA V SINHRONI CONI

Motnje v delovanju EES so ponavadi rezultat več prepletenih vzrokov, ki niso v zadostni meri prepoznavni, in značilni podatki niso dostopni v času predhodne analize. Poleg tega se sinhroni čas razmeroma redko omenja v strokovnih krogih in tudi tam ga včasih napačno sprejemajo kot nekaj, kar obstaja samo po sebi.

Motnja in pojav dolgotrajnega odstopanja časa nastaneta z vsakodnevnim pomanjkanjem vzdrževanja ravnotežja proizvodnje in porabe v enem sinhro-bloku evropskega EES, pri čemer so dovoljena minimalna urna prehodna kratkotrajna odstopanja zadnjega

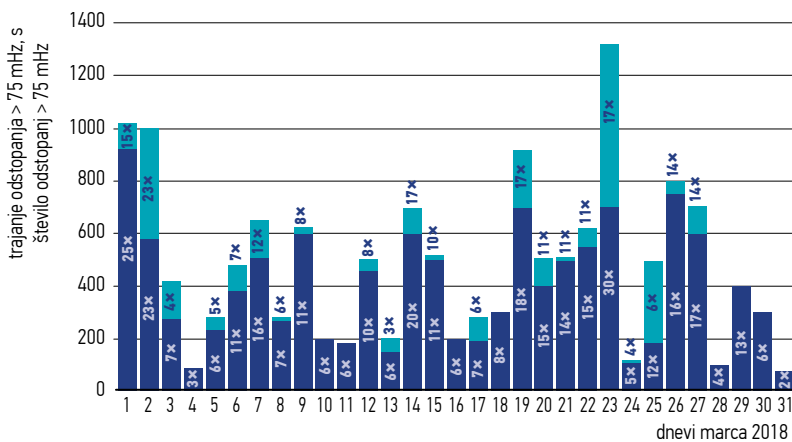
**Zahvala**  
Grafikoni odstopanj frekvenc so nastali na podlagi materialov, predstavljenih na strokovnih sestankih v Berlinu (SPD Meeting, 22. marca 2018) in v Rimu (46th RGCE Plenary Meeting, 10. aprila leta 2018), s soglasjem avtorja predstavitev. Zato jim je avtor članka izrazil hvaležnost za predstavljena dejstva - predstavitev odstopanja sinhronnega časa, še posebej za dovoljenje za njihovo uporabo v tem članku.



**Slika 2**

Zamuda časa v februarju leta 2018, za trajanje odstopanja prve skupine > 75 mHz

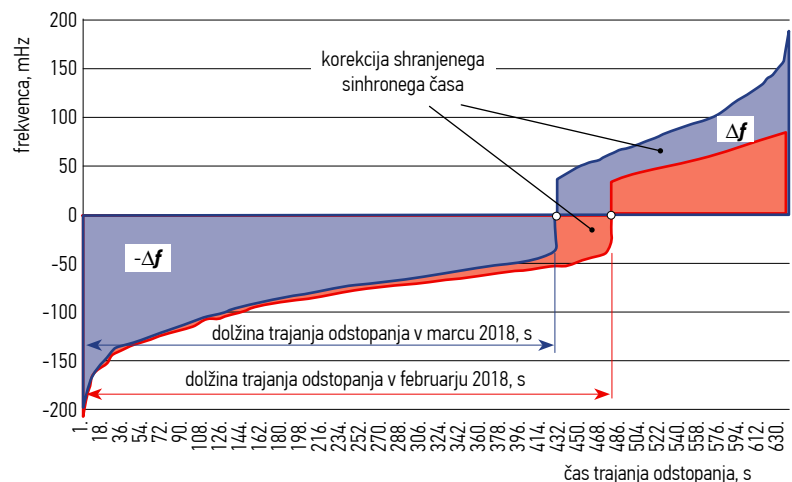
■ samo trajanje odstopanja časa > 75 mHz na področju SMM, s  
 ■ skupno dnevno trajanje odstopanje časa > 75 mHz, s  
 2x oznaka števila ponavljanja odstopanja v teku dneva



**Slika 3**

Popravek časa v marcu leta 2018, za trajanje odstopanja prve skupine > 75 mHz

■ samo trajanje odstopanja časa > 75 mHz na področju SMM, s  
 ■ skupno dnevno trajanje odstopanje časa > 75 mHz, s  
 2x oznaka števila ponavljanja odstopanja v teku dneva



**Slika 4**

Preklopna primerjava urnih trajanj odstopanj sinhronnega časa za februar in marec leta 2018

— dolžina trajanja odstopanja v marcu 2018, s  
 — dolžina trajanja odstopanja v februarju 2018, s  
 (urno izmerjene vrednosti odstopanja časa, 'peak-to-peak')

voznega reda v predpisanih mejah. Vendar pa se je sredi januarja letos zgodila nedovoljena prekoračitev, večja od 20 MHz.

Dinamično spremenljiva poraba električne energije trajno določa njeno proizvodnjo in način delovanja v vsakem EES. Proizvodnja je neposredno povezana z vzdrževanjem izmenjave energije, frekvence in mrežnim časom sistema. Trajno ohranjanje ravnotežja proizvodnje in porabe in s tem predvidene izmenjave energije je osnovni pogoj obstoja vsakega EES. Neuskkljenost med tema dvema spremenljivkama v teku dneva se pokaže z manjšim ali večjim dnevnim shranjevanjem odstopanja frekvence oziroma izmenjavo energije predpisanih vrednosti, kar neposredno vpliva na omrežje - sinhroni čas. Shranjena dnevna odstopanja sinhronnega časa v vsakem EES se vsakodnevno kompenzirajo z aktualnimi postavljenimi vrednostmi frekvence  $f(0) = 49,99$  ali  $50,01$  Hz, vnesenimi v program delovanja v nadzornih centrih.

Na podlagi znanih dejstev je odstopanja februarja in marca letos ustvaril prepoznani sinhroni blok SMM (Srbija, Kosovo, Makedonija, Črna gora).

## DVE SKUPINI PRETIRANIH ODSTOPANJ

Vsa zabeležena odstopanja od konca februarja in v začetku marca letos, se lahko razvrstijo v dve skupini: večjo od 75 mHz in večjo od 100 mHz. V omenjeni motnji je največji delež v shranjenih odstopanjih časa ustvarilo veliko število vsakodnevnih majhnih odstopanj, ki so presegala 20 mHz, medtem ko odstopanja, ki so veliko večja od 200 mHz, teoretično lahko ogrozijo delovanje EES. Pogosto se razpad EES imenuje z angleško funkcionalno različico »blackout« (popolna tema). Glede na količino in vrsto odstopanja časa bi letošnji februar lahko imenovali mesec ekstremnega zamujanja in mesec marce mesec korekcije časa (slike 2, 3 in 4).

Sredi januarja letos so se začela pojavljati občutna odstopanja frekvence oziroma izmenjave energije glede na nastavitvene zneske. Po opravljeni analizi so bili sprejeti trije potrebni ukrepi v smislu prenehanja časovne zamude. Prvi je bil prepoznavanje pogostih vsakodnevnih manjših prekomernih odstopanj časa (neravnovesje porabe in proizvodnje), potem je sledilo takojšnje prenehanje negativnega trenda nevzdrževanja ravnotežja izmenjave energije v enem sinhro-bloku



(SMM) in izveden je bil proces vsakodnevne diskretne dodatne korekcije odstopanja časa. Enkratna korekcija nakopičene zakasnitve časa ni izvedljiva.

Z analizo je bilo ugotovljeno, da se odstopanja zakasnitve frekvence tipa ( $\Delta f$ ) najpogosteje ustvarijo v urah povečane energije, zamude časa tipa ( $-\Delta f$ ) pa v urah zmanjšane porabe energije v EES.

### NEKATERI VZROKI NAKOPIČENIH Odstopanj in tri odprta vprašanja

Lahko zaključimo, da je v sinhro-bloku SMM obstajalo dolgotrajno pomanjkanje moči in energije in je bilo zaradi tega vzdrževanje ravnovesja porabe in proizvodnje pomanjkljivo. To pogosto relativno nizko urno nedovoljeno odstopanje frekvence je vplivalo na celotni evropski EES. Najvišji znesek shranjenega urnega zamujanja časa oziroma izmenjave energije je bil dosežen v bloku SMM dne 23. februarja 2018 ob 12. uri (11 - 12h), kar je ustrezalo urni vrednosti odstopanja izmenjave bloka -755 MW.

Predhodni izračuni stroškov popravkov 1 min zakasnitve časa samo te motnje na ravni ENTSO-E kažejo, da so enakovredni vrednosti 1 milijona evrov! Pri vseh na videz podobnih motnjah je cena drugačna, ker so vsi elementi ocene stroškov različni.

Zamuda časa je trajala od 15. januarja do 3. marca 2018 z vsakodnevno večjo nakopičeno zamudo časa. Nekaj odprtih vprašanj pri tem je:

- Zakaj ni bila pravočasno kupljena dodatna moč in energija v obliki običajne kratkoročne oskrbe z energijo in ne v obliki pomožne storitve EES?
- Zakaj je bila tako pozno uvedena delovna akcija kompenzacije shranjene zamude sinhronega časa sinhro-bloka SMM?

- Zakaj ni bilo izvedeno selektivno zmanjšanje moči in energije v delu sinhro-bloka povzročitelja izjemnih odstopanj, pač pa se je neravnovesje v istem bloku EES ponavljalo vsako uro in dan z nedopustnimi odstopanji izmenjave energije bloka SMM?

### ZAKLJUČEK

Za zanesljivo delovanje ENTSO-E je izrednega pomena stalno vzdrževanje ravnotežja porabe in proizvodnje energije vseh udeležencev v delovanju sinhrona cone. Akumulirana zamuda časa, ki je v skupni količini znašala več kot 6 minut, je povzročila omenjeno motnjo. Dejansko je imela pri tem odstopanju imela največji vpliv politika.

Strogo tehnično gledano, so bili vzroki in realizirana zakasnitev sinhronega časa v ENTSO-E sekundarni pojav, čeprav obstajajo znaki, da taki poznejši pojavi nastopijo v blažji obliki. ■

#### Literatura:

- N. Mandić, M. Skok i M. Rekić: 'Preliminary Analysis of an Accidental Deviation in the Power System Grid Time', Konferencija Medpower 2018, 12.-15. november 2018, Dubrovnik in Cavtat
- ... [www.hops.hr/wps/wcm/connect/a3d1c74e-bd84-443e-9578cfd1daf923af/SOGL\\_hrvatski.pdf?MOD=AJPERES](http://www.hops.hr/wps/wcm/connect/a3d1c74e-bd84-443e-9578cfd1daf923af/SOGL_hrvatski.pdf?MOD=AJPERES), junij 2018.
- N. Dizdarević, M. Majstrovic, N. Mandić in S. Čujčić: 'Blackout From the System Operator's Perspective', Proceedings of the 2004 IEEE PES Power Systems Conference and Exposition (PSCE'04), IEEE, New York, NY, ZDA, 2004.
- ... [www.researchcollection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/119865/eth-49519-02.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://www.researchcollection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/119865/eth-49519-02.pdf?sequence=2&isAllowed=y), junij 2018.
- M. Rekić, N. Mandić i R. Rubeša: 'Može li mrežni sat kasniti?' 13th Symposium on Power System Operation, CIGRE, Rovinj, 5.-7. november 2018.
- ... [www.swissgrid.ch/en/home/operation/regulation/gridstability.html](http://www.swissgrid.ch/en/home/operation/regulation/gridstability.html), junij 2018.
- ... [transparency.entsoe.eu/balancing/r2/imbalance/show?](http://transparency.entsoe.eu/balancing/r2/imbalance/show?), september 2018.