

Ugradnja akumulatora topline u TE-TO Zagreb

PROJEKT KOJI ĆE ZNAČAJNO POBOLJŠATI OPSKRBU TOPLINSKOM ENERGIJOM U ZAGREBU

■ Damir BOŽIČEVIĆ, dipl. ing.

Akumulatori topline u kogeneracijskim postrojenjima uvelike mogu smanjiti usku povezanost proizvodnje toplinske i električne energije u njima te tako značajno povećati ekonomičnost cijelog postrojenja. Naime, njihovom se primjenom mogu prilagoditi isporuke električne energije periodičkim dnevnim odstupanjima na tržištu, istodobno s nesmetanom opskrbom toplinskom energijom. Tada se električna energija može proizvoditi kada je njezina tržišna cijena povoljnija čime se povećava isplativost cjelokupnog postrojenja.

Liberalizacija hrvatskog energetskog tržišta, koja je uvjetovana odredbama Trećeg paketa energetskih propisa Europske unije, između ostalog zahtijeva i povećanje fleksibilnosti kogeneracijskih jedinica u sastavu HEP-ovih energetskih postrojenja, kako bi što ekonomičnije opskrbljivale kupce na tržištu električne i toplinske energije te ostale konkurentne i nakon otvaranja tržišta. Naime, spojna ili kogeneracijska proizvodnja nerijetko podrazumijeva proizvodnju električne i toplinske energije kada je tržišna vrijednost jedne od njih razmjerno mala, pa i niža od proizvodne cijene, što izravno uzrokuje smanjenje prihoda.

To je jedan od razloga zašto se u brojnim kogeneracijskim postrojenjima širom svijeta sve više ugrađuju akumulatori topline. Ipak, u Hrvatskoj do danas nije izgrađen nijedan, unatoč tome što su kogeneracijske jedinice spojene na toplinarske sustave već desetljećima u pogonu.

Pogon TE-TO Zagreb danas

Pogon TE-TO Zagreb započeo je s radom 1962. godine, kada su izgrađena dva kogeneracijska bloka s pogonom na ugljen, a nešto kasnije i s pogonom na tekuće gorivo. S vremenom, zbog stalnog porasta potreba za toplinskom energijom i tehnološkom parom, bilo je nužno povećanje kapaciteta pa je 1979. godine u pogon pušten novi kogeneracijski blok 3 (danas je to blok C) i četiri vrelovodna kotla VK3, VK4, VK5 i VK6 (danas: blokovi E, F, G i H) čime je ostvarena zavidna sigurnost opskrbe toplinskom energijom. Godine 1985. u pogon je pušten i dodatni parni kotao PK3 (danas: blok D) čime je i sigurnost opskrbe tehnološkom param dovedena na zadovoljavajuću razinu. S vremenom su blokovi 1 i 2 (kasnije blokovi A i B) djelomično rastavljeni, odnosno rekonstruirani i prebačeni u hladnu rezervu. Danas se oni više ne koriste, proveden je otpis i dekomisija te su kao njihove zamjene 2003, odnosno 2009. godine izgrađeni suvremeni kombi-kogeneracijski blokovi K i L.



Ilustracija 1
Pogled na postrojenja Pogona TE-TO Zagreb

Pogon TE-TO Zagreb danas radi u četiri osnovna načina, odnosno režima (il. 1):

- zimskom: u studenom, prosincu, siječnju i veljači
- ljetnom: u lipnju, srpnju, kolovozu i rujnu
- prijelaznom: u ožujku, travnju, svibnju i listopada
- dodatnom: tijekom dana i noći (70% snage) te vikendom (70% snage).

U zimskom načinu rada rade sve jedinice, u prijelaznom ne radi blok C, a kotlovi VK rade ako je potrebno, dok u ljetnom načinu rada rade samo blokovi K i L.

Što su to akumulatori topline?

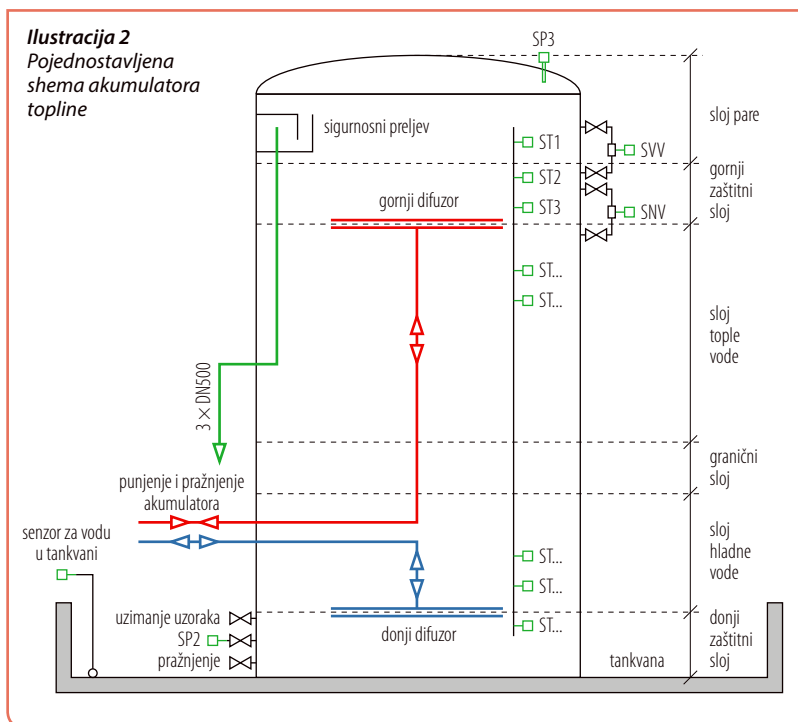
Akumulatori topline su razmjerno jednostavni uređaji koji se najlakše mogu opisati kao veliki spremnici tople vode koji se ugrađuju u sustave zagrijavanja ogrjevnog medija (vode) toplinarskih sustava (il. 2, tablica 1). S obzirom na izvedbu, mogu biti atmosferski ili tlačni. Pri tome valja napomenuti da se veliki akumulatori, kakav se planira ugraditi u Pogonu TE-TO Zagreb, gotovo bez iznimke izvode kao atmosferski. Njihova je značajka da je tlak u njima iznad vodne linije približno jednak atmosferskom, a konstrukcija je takva da su uvijek puni vode, dakle nikada se ne prazne, već se samo mijenja omjer količina tople i hladne vode u njima. Tako topla voda koja pri punjenju ulazi u akumulator istiskuje istu količinu hladne vode iz njega, pri čemu se granični sloj tople i hladne vode pomiče prema dolje. Kod pražnjenja je situacija obrnuta: hladna voda ulazi u akumulator i potiskuje toplu vodu pri čemu se granični sloj zona tople i hladne vode pomiče prema gore.

Ako se promotri raspodjela temperatura po visini akumulatora, može se primijetiti šest slojeva:

- donji zaštitni sloj
- sloj hladne vode
- granični sloj
- sloj tople vode
- gornji zaštitni sloj
- sloj pare.

Donji zaštitni sloj primarno služi za sprječavanje prijelaza topline konvekcijom prema dnu spremnika. Iznad njega je smješten donji difuzor koji omogućava ravnomjernu raspodjelu vode u akumulatoru, bez prevelikog miješanja po okomitoj osi. Granični sloj dijeli sloj hladne i tople vode. Između sloja tople vode i gornjeg zaštitnog sloja nalazi se gornji difuzor koji, kao i donji, omogućava ravnomjernu vodoravnu raspodjelu vode u akumulatoru bez prevelikog miješanja po

Ilustracija 2
Pojednostavljena shema akumulatora topline



okomitoj osi. Gornji zaštitni sloj ima sličnu ulogu kao i donji te služi kao toplinska izolacija prema sloju pare na vrhu akumulatora. Konačno, parni sloj služi za sprječavanje otapanja kisika iz zraka u vodi koja se nalazi u akumulatoru.

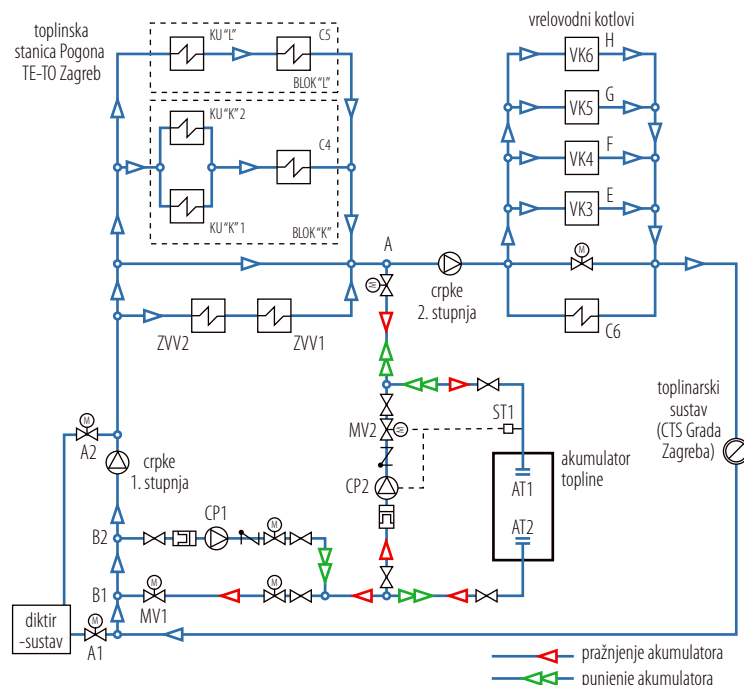
Kako akumulatori topline, zapravo, rade?

Načelo rada akumulatora topline podrazumijeva dva potpuno odvojena načina rada. Pri punjenju se akumulator, zapravo, ponaša kao potrošač toplinske energije zbog čega proizvodne jedinice Pogona TE-TO Zagreb tada moraju proizvoditi povećanu količinu toplinske energije. S druge strane, pri pražnjenju akumulatora se on ponaša kao izvor topline, odnosno dodatna proizvodna jedinica pa ostale jedinice proizvode manje toplinske energije. Da bi se takav dvojak način rada akumulatora mogao provesti u stvarnosti, on u sustav mora biti uključen paralelno s proizvodnim jedinicama koje ga opskrbljuju toplinskom energijom, odnosno čiji on rad pri pražnjenju zamjenjuje (il. 3).

Pri punjenju akumulatora voda iz toplinarskog sustava koja je zagrijana u izmjenjivačima blokova C, K i L jednim djelom ide prema potrošačima u sustavu, dok se dio odvaja i vodi prema akumulatoru. Istodobno se jednaka količina vode istiskuje iz akumulatora i miješa s vodom iz povratnog voda toplinarskog sustava neposredno prije ulaska u izmjenjivače blokova C, K i L. Time se zatvara masena bilanca sustava pa potrošači, zapravo, ne primjećuju razliku u radu sustava s

tip akumulatora	atmosferski
energija	750 MW h
snaga punjenja i pražnjenja	150 MW
dimenzije	$\phi 22 \times 47,5$ m
temperatura vode pri punjenju	98 °C

Tablica 1
Osnovni tehnički podaci akumulatora topline čija je ugradnja predviđena u Pogonu TE-TO Zagreb

Ilustracija 3**Funkcionalna shema uklapanja akumulatora topline u sustav Pogona TE-TO Zagreb**

jednaka je količini vode u povratnomvodu toplinarskog sustava. Kao i kod punjenja akumulatora, masena bilanca je s gledišta potrošača uvijek jednaka i oni ponovno ne primjećuju razliku u radu sustava s akumulatom ili bez njega.

Optimalni način rada akumulatora topline

Određivanje optimalnog načina rada akumulatora podrazumijeva određivanje dijela dana u kojem se on optimalno puni, odnosno prazni i određivanje optimalnog trajanja punjenja i pražnjenja.

Svim načinima rada zajednički je vremenski raspored kojim se:

- smanjuje rad vršnih kotlova
- najviše iskorištava razlika u cijeni električne energije tijekom dana
- smanjuje rad jedinica koje koriste skupo i neekološko gorivo (loživo ulje)
- smanjuje broj paljenja i gašenja pojedinih jedinica
- smanjuje rad jedinica s manjim stupnjevima djelovanja.

U skladu s time, kao optimalan način rada akumulatora u Pogonu TE-TO Zagreb odabran je onaj kod kojeg se on puni isključivo noću i prazni danju. Pri tome se nikako ne smije dogoditi da se tijekom noćnog punjenja akumulatora povećava proizvodnja električne energije, a isto tako se mora osigurati da se akumulator nikako ne smije puniti toplinskom energijom proizvedenom u vršnim vrelovodnim kotlovima.

Zašto, dakle, akumulator topline?

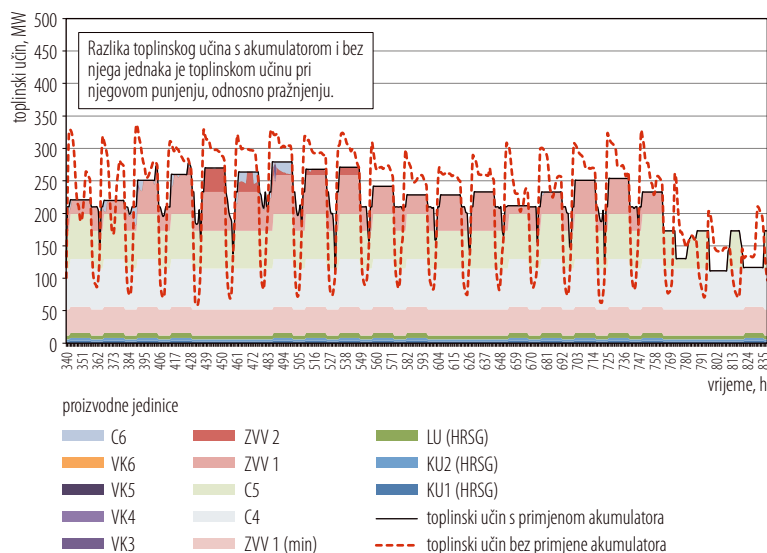
Uštede koje će se ostvariti ugradnjom akumulatora topline osnivaju se na:

- uštedama na tekućem gorivu (zahvaljujući smanjenju rada vršnih kotlova VK)
- smanjenju emisije ugljičnog dioksida
- smanjenju proizvodnje električne energije noću i njezinom povećanju danju.

Uz to, dodatna korist je povećanje pouzdanosti cijelog sustava.

Valja spomenuti da je pokrivanje nesređenog dijagrama potrošnje toplinske energije postojećim jedinicama Pogona TE-TO Zagreb uz primjenu akumulatora razmjerno složen proces jer se neprestano mora voditi računa o raspoloživim kapacitetima pojedinih jedinica, temperaturnim načinima rada i raspoloživom kapacitetu (napunjenosti) akumulatora (il. 4).

Analiza prihoda i rashoda te ostvarenih ušteda na osnovi primjene akumulatora topline temelji se na masenim i energetske bilancama i polaznim predstavkama ekonomskog modela

**Ilustracija 4**

Karakteristični isječak iz nesređenog dijagrama uklapanja jedinica Pogona TE-TO Zagreb uz primjenu akumulatora topline tijekom zimskog načina rada

akumulatom ili bez njega jer je količina vode koja se vodi prema njima jednaka, neovisno o radu akumulatora.

Vrlo slično se događa kod pražnjenja akumulatora. Tada se (hladna) voda iz povratnog voda toplinarskog sustava ispred izmjenjivača blokova C, K i L dijeli pa se dio vodi prema blokovima C, K i L, a dio prema akumulatom. Ta voda potom istisuje toplu vodu i ona se miješa s vodom zagrijanom u izmjenjivačima blokova C, K i L te se potom vodi prema potrošačima. Time se također zatvara masena bilanca i količina vode u polaznom vodu

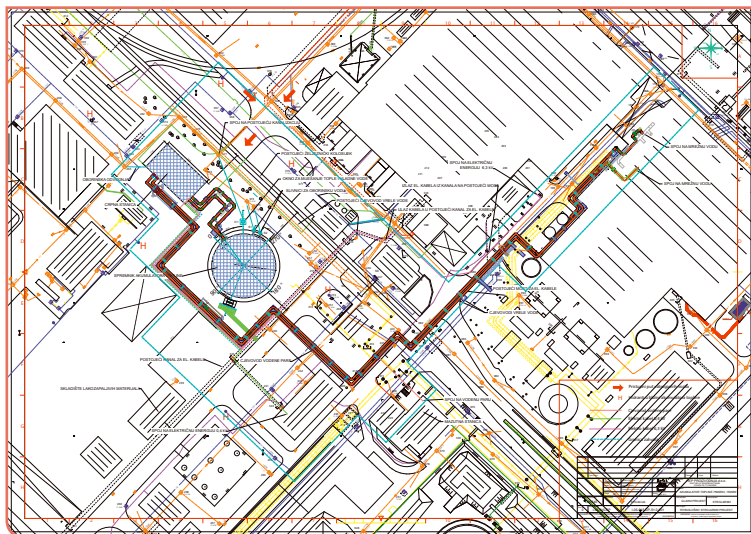
(tablica 2). Pri tome je dobiveno da se cjelokupne uštede na tekućem gorivu ostvaruju kao posljedica smanjenog angažmana vršnih vrelvodnih kotlova VK. Isto tako, povećanje prihoda na osnovi proizvodnje električne energije bit će posljedica smanjenja njezine noćne proizvodnje, kada je tarifa niža (veće oduzimanje radi punjenja akumulatora). Istodobno se danju, kada je tarifa viša, proizvodnja električne energije povećava (oduzimanja su manja jer se dio toplinske energije preuzima iz akumulatora).

Uz to, provedena analiza osjetljivosti pokazuje da ni u jednom slučaju interna stopa profitabilnosti ne pada na vrijednosti manje od ponderiranog prosječnog troška kapitala (tablica 3).

Zaključak

Gradnja akumulatora topline u sklopu Pogona TE-TO Zagreb za cilj ima omogućiti unaprjeđenje načina upravljanja cijelim sustavom, što bi trebalo rezultirati određenim uštedama (il. 5). One bi prvenstveno trebale proizaći iz smanjenja broja ulazaka, odnosno izlazaka iz pogona vršnih kotlova VK i smanjenja njihovog ukupnog rada. Dodatne, značajne uštede proizlaze iz same proizvodnje električne energije jer se ugradnjom akumulatora očekuje smanjenje proizvodnje jeftinije noćne, uz istovremeno povećanje proizvodnje skuplje dnevne električne energije. Kako bi se predviđene uštede postigle, kao što je ranije naglašeno, akumulator treba raditi tako da se puni isključivo noću i prazni danju te pri tome izbjegavati povećanje proizvodnje električne energije tijekom noćnog punjenja i njegovo punjenje toplinskom energijom iz vršnih vrelvodnih kotlova. ■

Ilustracija 5
Prikaz obuhvata projekta na tehničkom crtežu



HEP PROIZVODNJA d.o.o.

Sektor za termoelektrane
Pogon TE-TO Zagreb

Kuševečka 10/A, 10 000 Zagreb
tel: 01 / 613 19 97, fax: 01 / 613 19 94
www.hep.hr/proizvodnja

Tablica 2
Ekonomska razmatranja

pretpostavke ekonomskog modela	
diskontna stopa	7,0%
inflacija	2,0%
amortizacija u 20 godina	5,0%
razlika cijene električne energije po danu i noći ('peak' / 'base')	20,0 EUR/(MW h)
cijena plinskog goriva za 33,34 MJ/m ³	41,0 EUR/(MW h)
cijena tekućeg goriva (loživog ulja) za 40,0 MJ/kg	54,0 EUR/(MW h)
emisija CO ₂ iz tekućeg goriva (loživog ulja)	77,9 t/TJ
cijena za emisije CO ₂	9,20 EUR/t
razdoblje promatranja	20 godina
osiguranje imovine	0,5%
specifični nepredviđeni troškovi i troškovi investitora	8,0%
ostali specifični troškovi	4,0%
tečaj HRK/EUR	7,50
godišnja eneregetska i količinska bilanca	
razlika potrošnje plina s akumulatorom i bez njega	0 m ³ godišnje
vrijednost uštede potrošnje plina s akumulatorom i bez njega	0 EUR godišnje
ušteda na potrošnji loživog ulja s akumulatorom i bez njega	890 t godišnje
vrijednost uštede na potrošnji loživog ulja s akumulatorom i bez njega	534 000 EUR godišnje
smanjenje emisije CO ₂ s akumulatorom	2852 t godišnje
vrijednost razlike smanjenja emisija CO ₂ s akumulatorom	26 238 EUR godišnje
razlika u proizvodnji električne energije s akumulatorom i bez njega po danu ('peak', 60 - 75 EUR/(MW h)) i noći ('base', 40 - 55 EUR/(MW h))	2145 MW h godišnje
vrijednost razlike proizvodnje električne energije s akumulatorom i bez njega po danu i noći ('peak' / 'base')	42 900 godišnje
ukupna ušteda s akumulatorom	603 138 EUR godišnje
investicijska vrijednost akumulatora topline	7 333 400 EUR
interna stopa rentabilnosti	
neto sadašnja vrijednost investicije (NPV)	3 709 983 EUR
interna stopa rentabilnosti (IRR)	11,19%

Tablica 3
Analiza osjetljivosti

promjene parametara	interna stopa rentabilnosti (IRR), %
povećanje investicije za 20%	13,1
promjena prodajne cijene električne energije: snižavanje dnevne na 70 EUR/(MW h) i povišenje noćne na 60 EUR/(MW h)	12,6
nema razlike u tarifnim stavkama za noćnu i dnevnu proizvodnju električne energije	8,3