

Drago Ban,
Fakultet Elektrotehnike i računarstva
drago.ban@fer.hr

Mario Iličić, Davor Škarić
HEP Proizvodnja, TE-TO Osijek
mario.ilicic@hep.hr; davor.skaric@hep.hr

Davor Grubišić
HEP Proizvodnja,
davor.grubisic@hep.hr



POTENCIJALNE UŠTEDE ENERGIJE U POGONIMA VLASTITE POTROŠNJE, ISKUSTVA IZ TE-TO OSIJEK

SAŽETAK

Upotrebom frekvencijski reguliranih elektromotornih pogona u postrojenjima vlastite potrošnje kogeneracijskih postrojenja i termoelektrana se može ostvariti znatna ušteda energije i istovremeno smanjiti emisija ugljikovog dioksida. Takva je tendencija i praksa u mnogim razvijenim zemljama svijeta. Najbolji kWh je ušteđeni kWh. Takvim se kWh štedi novac i okolina. Pored navedene općenito prihvaćene prakse zamjene dijela nereguliranih elektromotornih pogona reguliranim prisutna je i tendencija zamjene ostarjelih motora niske energetske iskoristivosti modernim motorima visokog energetskeg razreda često klasificiranim i prema normama IEC-a.

U članku su navedeni i komentirani rezultati postignutih ušteda energije i pogonska iskustva iz TETO Osijek nakon ugradnje i tri sezone eksploatacije jednog frekvencijski reguliranog elektromotornog pogona cirkulacijske pumpe u sustavu centralnog grijanja dijela grada Osijeka. Postignute uštede energije za protekle 3 sezone grijanja su oko 2 296 MWh.

Ključne riječi: uštede energije, frekvencijski regulirani elektromotorni pogon, pogonska iskustva, ugljikov dioksid

POSIBILITY OF ENERGY SAVINGS IN ELECTRICAL DRIVES OF THERMAL POWER PLANT, EXPERIENCES FROM TE-TO OSIJEK

SUMMARY

A noticeable energy saving can be accomplished and, at the same time, the emission of carbon dioxide can be reduced, by using of frequency adjustable electric drives in the plants of thermal power plants. This is the tendency and practice in many developed countries. The best kWh is the one that is saved. This saves money as well as saving the environment. Among commonly accepted practice of replacing the part of non speed adjusted electrical drives with adjusted ones (ASD), there is the tendency of replacing old motors of low energy efficiency with modern high efficiency motors from four well defined classes by the EU and IEC standards.

In this article there are above mentioned and commented the results of achieved savings of energy and experiences after embedding in TETO Osijek and three seasons of exploitation one frequency regulative electro motor drives of circulation pump in the system of district heating in Osijek. Energy saved during 3 seasons of heating is about 2 296 MWh.

Key words: energy savings, electric drive, adjustable speed drive, plant experience, carbon dioxide

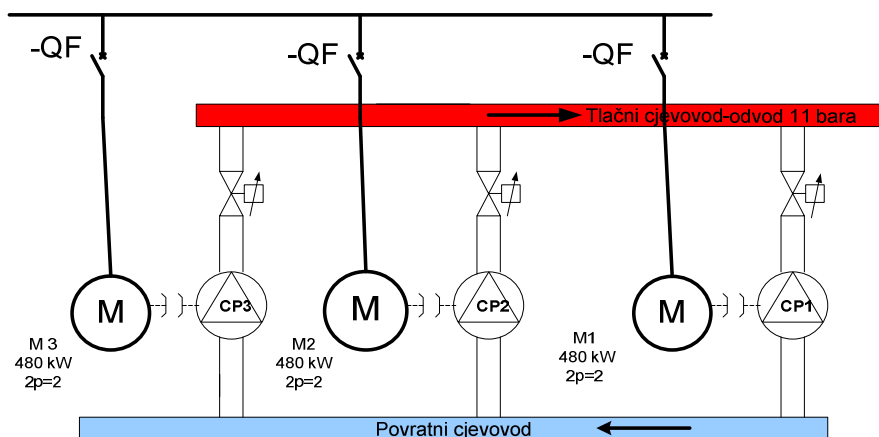
1. UVOD

1.1. Stanje prije ugradnje frekvencijskog pretvarača

U TE-TO Osijek je u počecima rada postrojenja elektromotorni pogon cirkulacijskih pumpi vrelovoda bio izveden s klizno-kolutnim asinkronim visokonaponskim motorima koji su u rotorskom krugu imali ugrađene podsinkrone usmjerivačke kaskade za regulaciju brzine vrtnje pumpnog agregata. Takvo se tehničko-tehnološko rješenje u praksi pokazalo nepouzdanim s učestalim kvarovima i otežanim održavanjem. Na motorskom dijelu problemi su bili u sklopu četkice-klizni koluti, a na podsinkronoj usmjerivačkoj kaskadi neki nedostaci zbog, tada još, nedovoljno zrele tehnologije izrade sklopova energetskog i upravljačkog dijela. Zastoji i popravci su doveli do nepouzdanosti i neraspoloživosti agregata i povećanja troškova održavanja [1],[4].

Podsinkrone usmjerivačke kaskade i kliznokolutni asinkroni motori su zamijenjeni kaveznim asinkronim motorima direktno priključenim na mrežu 6,3 kV. Pogon cirkulacijskih pumpi vrelovoda je time ostao bez mogućnosti regulacije brzine vrtnje a promjene tlaka na polazu vrelovoda se postižu podešavanjem (manipulacijama) tlačnih zasuna na početku vrelovoda. Veličina potrebnog tlaka na polazu cjevovoda ovisi o stanju u vrelovodnoj mreži i mijenja se od sezone do sezone grijanja zbog promjena u vrelovodnoj mreži.

Tlak u vrelovodnoj mreži održavaju dvije od tri instalirane pumpe. Principna shema [4] je prikazana na Slici.1. Jedna je pumpa, CP1, pri tome približno nazivno opterećena a druga, CP2 ili CP3 u "buster funkciji", pomaže-dodaje potrebnu količinu medija, a potrební tlak se postiže podešavanjem tlačnog zasuna na početku vrelovoda. Prema gruboj evidenciji opterećenja ova je pumpa obično opterećena oko 60-70% nazivnog tereta. Treća je pumpa rezervna. Pumpa CP1 (za razliku od druge dvije) nema zaštitu od previsokog tlaka na polazu, a u slučaju pojave takvog tlaka ova pumpa ne ispada iz pogona već ostaje u radu (uz tlak oko 8 bara), čime se znatno smanjuju problemi u odnosu na one koji bi nastali kao posljedica ispada cijelog vrelovodnog sustava, te se olakšava kasnija uspostava traženog režima rada. Ova je pumpa uvijek u pogonu, a njen tlačni zasun je uvijek potpuno otvoren. Jedna od dvije preostale pumpe CP2 ili CP3 je u pogonu a druga u rezervi. Svejedno koja će biti u pogonu, otvorenost njenog tlačnog zasuna se podešava prema uvjetima u vrelovodnoj mreži odnosno prema zahtjevima toplane. Podešavanje otvorenosti tlačnih zasuna je moguće iz komandne prostorije upravljajući elektromotorom ili ručno u strojarnici, što je češći slučaj.



Slika 1. Principna shema pogona 3 cirkulacijske pumpe, prije ugradnje frekvencijskog pretvarača, P1 nazivno opterećena, P2 se tlačnim zasunom regulira protok

Do prije četiri sezone uvjeti u mreži su bili takvi da je i tlačni zasun na drugoj pumpi bio potpuno otvoren. Nakon toga je izvršeno balansiranje mreže čime su se postigli potrebni uvjeti uz znatno prigušeniji tlačni zasun na drugoj pumpi. Važno je napomenuti da na tlačnim zasunima na sve tri cirkulacijske pumpe nije moguće utvrditi kolika je relativna otvorenost tih zasuna. Opisani način postizanja traženog tlaka u vrelovodu moguć je podešavanjem tlačnih zasuna pumpi CP2 ili CP3, ovisno koja je u pogonu. Kako često treba podesiti tlačne zasune ovisi o:

- promjenama temperature na polazu vrelovoda, što ima za posljedicu i promjene tlaka na polazu
- temperatura polaza ostvaruje se prema zadanom dijagramu a u ovisnosti o vanjskoj temperaturi,

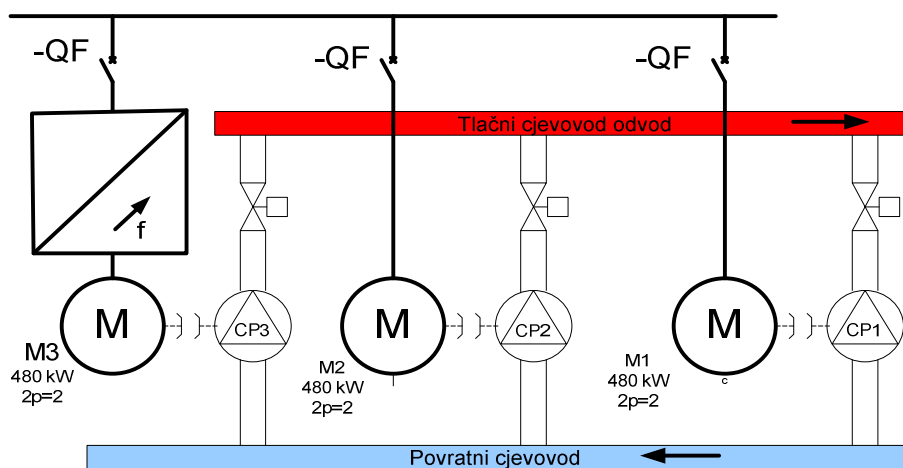
- promjenama tlaka u polster posudi koji se mijenja gotovo stalno i održava odzračnim ventilom,
- promjenom razine u polster posudi, do čega dolazi zbog promjena volumena vode u mreži uslijed zagrijavanja a kao posljedicu ima promjenu tlaka u polster posudi.

Za cijelo vrijeme trajanja sezone grijanja, oko 210 dana godišnje, zasun na tlačnoj strani crpke CP1 stalno je otvoren a struja motora približno jednaka nazivnoj, oko 51 A, a zasun na tlačnoj strani crpke koja je uz CP1 u pogonu je djelomično otvoren, struja tog motora varira između 35-38 A. Svakog je dana potrebno vršiti korekciju tlaka u polazu vrelovoda na način da se manje ili više otvara ili zatvara tlačni zasun na CP2 ili CP3. Konstantno je u planu povećavanje broja indirektnih toplinskih stanica u mreži, čega je posljedica smanjivanje tlaka u vrelovodnoj mreži i češća potreba za održavanjem vrelovoda.

2. POGONSKA ISKUSTVA

2.1. Iskustva nakon uvođenja frekvencijskog pretvarača

Uvođenjem reguliranog pogona jednog pumpnog agregata realiziranog prema principnoj shemi na slici 2. iz [1] ostvarene su slijedeće prednosti:



Slika 2. Regulirani pogon, CP1 nazivni teret, CP3 regulira tlak u cjevovodu, CP2 van pogona

- Automatizirani je proces upravljanjem brzinom vrtnje jednog pumpnog agregata umjesto ručnog podešavanja tlačnim zasunima u svrhu održavanja tlaka na polazu vrelovoda;
- Unaprijeđene su zaštite mreže, motora i radnih mehanizama od stresnih stanja pokretanja i zaustavljanja pumpnog agregata. Komponente pogona (pumpa, motor, sklopne aparature, sabirnice, transformatori) štite se na način da se smanjuju struje pokretanja, dinamičke sile i momenti te zagrijavanja u toku zaleta. U pretvaraču frekvencije su integrirane i električke zaštite motora (kratki spoj, preopterećenje, nesimetrije, ispad jedne faze....);
- Postignute su znatne uštede električne energije i smanjenja emisije CO₂.
- Rasterećeno je pogonsko osoblje dnevnih obaveza upravljanja ventilima u periodu jutarnjeg povećanja polazne temperature vrelovoda te večernjeg snižavanja iste kroz cijelu sezonu grijanja grada.

2.2. Postignute uštede energije

2.2.1. Pogonski podaci prije uvođenja reguliranog pogona- siječanj 2012.

Podaci prikupljeni u TETO Osijek u pogonskim uvjetima rada pumpi u periodu grijanja: Pumpa CP1 radi s punim opterećenjem, struja motora varira oko 51,67 A. Pumpa CP3 u "booster spoju" s prigušenjem, struja opterećenja motora varira oko 36,21 A, napon na sabirnicama oko 6,3 kV, 50 Hz.

Snaga iz mreže na odvodu za pogon motora pumpe CP 1, prosječno kroz 24 sata pogona je:

$$P_{CP1} = \sqrt{3} U I \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 6,3 \cdot 51,67 \cdot 0,95 = 535 \text{ kW}$$

Snaga iz mreže za motor prigušene pumpe CP3 pri mjerenoj struji oko 36,21 A

$$P_{CP3} = \sqrt{3} U I \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 6,3 \cdot 36,21 \cdot 0,95 = 375 \text{ kW}$$

Obje pumpe zajedno trebaju snagu iz mreže iznosa

$$P_{nr} = 910 \text{ kW}.$$

2.2.2. Pogonski podaci nakon uvođenja regulacije pumpe CP3- veljača 2013. – Prva sezona rada

Podaci iz baze podataka o pogonu [3] nakon uvođenja regulacije CP3 su prikazani u Tablici I.

Tablica I. Pogonski podaci pogona regulirane pumpe CP3

Operation	Status	SOP	Faults/Alarms	Networks	Files	Logs	About
Tool	Line Side Data			Motor Side Data (OLVC) Run			
Voltage:	6393.61 Volts			Voltage:	5285.59 Volts		
Current:	20.01 Amps			Current:	27.09 Amps		
Frequency:	50.02 Hz			Motor Speed:	83.47 %		
Power:	218.42 kW			Speed Demand:	83.49 %		
Power Factor:	0.99			Speed Reference:	83.49 %		
Tap Setting:	0.00			Flux Reference:	1.00 %		
				Measured Flux:	1.00 %		
				Speed Rollback:	OFF		
Active Cells:	A	B	C	Spinning Load:	OFF		
	5	5	5	Power Factor:	0.86		
				Over Modulation:	Enabled		

Pumpa CP1 radi s punim opterećenjem, struja opterećenja motora, mjerena na sabirnicama mreže 6,3 kV varira oko 52 A.

Snaga koju motor pumpe CP 1 uzima iz mreže, prosječno kroz 24 sata pogona, je približno

$$P_{CP1} = \sqrt{3} U I \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 6,3 \cdot 52 \cdot 0,95 = 538,5 \text{ kW}$$

Pogonski podaci regulirane pumpe CP3 su prikazani na Tablici II. a izvučeni iz samog frekvencijskog pretvarača pomoću software na nadzor statusa i grešaka koje koristi osoblje održavanja.

Snaga iz mreže za regulirani pogon je prema Tablici II. (pretvarač drži na mreži $\cos \varphi = 0,99$) je

$$P_{CP3R} = 218,42 \text{ kW}$$

i troši se u ispravljačkom transformatoru, pretvaraču i motoru pumpe tj. na sve što obuhvaća regulirani pogon (gubici pri nazivnom opterećenju pretvarača uključujući i transformator su oko 22 kW prema originalnoj dokumentaciji isporučitelja).

Ukupno pogon s jednom reguliranom pumpom uzima iz mreže snagu

$$P_r = 756,92 \text{ kW}.$$

Razlika u ukupnoj snazi uzimanoj iz mreže prije i poslije uvođenja reguliranog pogona CP3 je

$$\Delta P = 910 - 756,92 = 153,08 \text{ kW}$$

2.2.3. Uštede primarne energije – gorivo prirodni plin

Ako se kao primarno gorivo koristi prirodni plin, prosječne ogrjevne vrijednost $1 \text{ Sm}^3 = 9,26 \text{ kWh}$ dobiju se nešto drugačiji rezultati. Računamo li s prosječnom cijenom plina oko 0,4 €/m³ koja se u

razmatranom periodu obračunava za TE-TO Osijek, uštede su u količini plina i u nabavnoj cijeni po sezoni grijanja:

$$\Delta_{pl} = \frac{771523}{9,26 \cdot 0,60 \cdot 0,88} = 157798 \text{ Sm}^3 \quad C_{ugpl} = 135256 \cdot 0,4 = 63120 \text{ €}$$

Ako računamo vrijeme povrata investicije preko cijena ušteđenog primarnog goriva, mazuta i/ili plina koji se kombinirano koriste u TE-TO Osijek, dobijemo slijedeće rezultate:

Gorivo samo mazut

$$t_{po} = \frac{\text{investicija u EUR}}{\text{Godišnja ušteda mazuta EUR}} = \frac{200000}{69075} = 2,9 \text{ godina}$$

Gorivo samo plin

$$t_{po} = \frac{\text{investicija u EUR}}{\text{Godišnja ušteda plina EUR}} = \frac{200000}{63120} = 3,17 \text{ godina}$$

U periodu kada TE-TO Osijek proizvodi samo električnu energiju ukupni je stupanj djelovanja samo oko 30%.

2.2.4. Smanjenje emisije CO₂

Računanjem ušteda električne energije uvođenjem reguliranih elektromotornih pogona vrlo je važno razmotriti smanjenje emisije CO₂ zbog smanjene potrošnje primarnog goriva. Prema "100 Top Energy Saving, ABB Publication, 18.10.2002" [2] uzima se da prosječna emisija CO₂ iznosi 0,5 kg/kWh proizvedene električne energije. Tu se radi o modernim proizvodnim jedinicama. Izračunati podaci o proizvodnji CO₂ po MWh električne energije za nekoliko posljednjih godina pogona Bloka 45 MW u TE-TO Osijek su:

- Cijela 2012. (upotreba vrlo malo mazuta) 1,11 t/MWhe
- U 12/2012. i 01/2013. (samo plin, hladnije) 1,04 t/MWhe
- U 11/2012. (samo plin, toplije-više struje) 0,98 t/MWhe

S obzirom da nedostaju precizniji podaci mjerenja za TE-TO Osijek računat ćemo da je emisija CO₂ pri korištenju samo prirodnog plina 1,04 t/MWhe, prema [2].

Smanjenje emisije (proizvodnje) CO₂ ako bi se kao gorivo koristio samo plin bi s naslova ušteda električne energije bi iznosilo

$$\Delta_{co2} = 771,523 \cdot 1,04 = 802 \text{ t / sezoni}$$

Ne proizvedena emisija CO₂ izražena kao bonus u novcu se obračunava 10 € /t pa bi s toga naslova ušteda po sezoni grijanja iznosila:

$$\text{Pogonsko gorivo plin} \quad U_{CO2} = 802 \cdot 10 = 8020 \text{ €}$$

Izračunamo li ukupnu bilancu s naslova ušteda energije uvođenjem frekvencijski reguliranog pogona jedne cirkulacijske pumpe, polazeći od prikaza stvarnih troškova izraženih kroz uštede primarnog goriva i zbog ne proizvedene emisije CO₂ za dvije vrste pogonskog goriva dobijemo slijedeće rezultate:

Ušteda u količini plina	63 120 €,
ušteda u emisiji CO ₂	8 020 €,
ukupno ušteda	71 140 €

2.2.5. Ekonomski efekti – Uštede od puštanja u pogon do danas

Od puštanja u pogon frekvencijski reguliranog pogona do kraja sezone grijanja 2014/2015. broj radnih sati je iznosi približno 15000.

Ukupna ušteda energije nakon uvođenja reguliranog pogona pumpe CP3:

$$W_g = 153,08 \cdot 15000 = 2\,296\,200 \text{ kWh}$$

Pretpostavimo li srednju godišnju cijenu električne energije, na tržištu u našem okruženju, 0,06 EUR/kWh dosadašnji iznos ušteda energije iznosi:

$$C_{ug} = 137\,772 \text{ €}$$

Na godišnjoj razini, ušteda iznosi:

$$C_{ug} = 45\,924 \text{ €}$$

Prema podacima investitora ukupna je investicija s neophodnim rezervnim dijelovima za navedeni pogon iznosila oko 200 000 €. Najjednostavnije računato vrijeme povratka investicije t_{po} , (engleski: Payback time) je

$$t_{po} = \frac{\text{investicija (Eur)}}{\text{godišnja ušteda energije (Eur)}} = \frac{200\,000}{45\,924} = 4,36 \text{ godina}$$

Koliko nam je poznato ovdje se radi o financijskoj opciji-samofinanciranje (engleski self-financing) što je najjednostavniji i najvažniji aspekt ove investicije, sve vrijednosti ušteda energije od modernizacije pogona su odmah na raspolaganju, a na amortizaciju novo ugrađene opreme se ne plaća porez.

Budući da je od puštanja u pogon prošlo oko 3 godine za očekivati je da će povrat investicije u potpunosti biti ostvaren za slijedećih 1,36 godina odnosno tijekom sezone grijanja 2016/2017., što je odličan rezultat s obzirom da agregat radi samo tokom sezone grijanja, nešto malo više od 6 mjeseci godišnje, ovisno o vremenskim prilikama i trajanju sezone grijanja.

Ako se želi, umjesto navedenog pojednostavljenog računanja vremena povratka investicije, provesti preciznije izračune potrebno je raspolagati podacima kao što su kamatne stope za investirani kapital, predvidivi godišnji porast cijena električne energije, očekivana inflacija, troškovi održavanja, stopa i način otpisa (amortizacije) nabavljene opreme, porez na dobit te još neki podaci ovisni o ekonomiji i zakonima pojedine zemlje. U nedostatku takvih vjerodostojnih podataka može se prihvatiti provedeni pojednostavljeni izračun ekonomske vrijednosti investicije. Tome u prilog ide činjenica da je vrijeme povratka investicije računato pojednostavljeno oko 4 godine, pa ga utjecaj kamata, porasta cijene energije i drugih promjenljivih parametara ne može znatnije promijeniti.

2.3. Vlastita pogonska iskustva ušteda energije i perioda povratka uložених sredstava korištenjem frekvencijskog pretvarača

Prema rezultatima izračuna ušteda energije temeljenim na podacima mjerenja u TETO Osijek vrijeme povratka uložених sredstava, može se reći da je investicija u potpunosti opravdana gledajući samo ekonomsku računicu.

Kada k tome dodamo druge objektivne i subjektivne dobiti ostvarene na vlastitom iskustvu, kroz pune 3 sezone dosadašnjeg rada postrojenja, možemo konstatirati da su dodatne uštede ostvarene i kroz manji angažman osoblja, manje trošenje vijeka trajanja cijelog agregata, posebice prilikom pokretanja zbog izbjegnutih velikih struja kratkog spoja, kao i smanjeni broj ispada iz rada, čime se izbjegavaju hidraulički udari u toplinskoj mreži prilikom kojih može doći do pucanja slabih točaka u vrelovodnoj mreži. Troškovi popravka vrelovoda kao i trajanje vremena ne isporuka toplinske energije bitno se smanjuju što znači ostvarenje većih prihoda za isporučenu toplinsku energiju.

U vodovodnim i raznim industrijskim postrojenjima gdje elektromotorni pogoni rade cijele godine, ponekad i do 8000 sati godišnje, period povratka investicija je mnogo kraći pa je stoga u takvim postrojenjima vrlo česta ugradnja novih reguliranih pogona i zamjena starih nereguliranih pogona reguliranim.

3. BUDUĆI KORACI ZA UŠTEDE POTROŠNJE ENERGIJE

Kao buduće planove uzeli smo u razmatranje zamjenu postojećeg motora kupnjom i ugradnjom novog, po energetske pokazateljima korisnost η i faktor snage $\cos \phi$, mnogo boljeg motora. U odnosu na postojeći, relativno zastarjele loše izvedbe motora, novi motori renomiranih proizvođača imaju znatno veću korisnost i bolji $\cos \phi$. Novi motori u odnosu na stari u prosjeku imaju veću korisnost oko 2%. Ako ponovno uzmemo za izračun prosječan godišnji broj radni sati za jednu sezonu grijanja koji iznosi 5000 h možemo doći do slijedećih ekonomskih efekata

Motor cirkulacijske pumpe vrelovoda snage 480 kW, 6,3 kV, 50 Hz, korisnosti 2% veće u odnosu na postojeći motor svaki sat pogona manje potroši odnosno uštedi

$$W_h = 480 \cdot 0.02 = 9,6 \text{ kWh}$$

Ukupna ušteda u jednoj sezoni grijanja, oko 5000 sati rada, iznosi približno

$$W_g = 5000 \cdot 9,6 = 48000 \text{ kWh}$$

Ušteda energije, ako uzmemo prosječnu cijenu u našem okruženju od 0,06 €/MWh, u jednoj sezoni grijanja iznosi:

$$C_{ug} = 48 \cdot 60 = 2880 \text{ Eur/god}$$

Prema prikupljenim ponudama cijena novog elektromotora jednog renomiranog proizvođača iznosi oko 35.000 €, pa bi vrijeme povrata investicije računato pojednostavljeno iznosilo:

$$t_{po} = \frac{\text{investicija (Eur)}}{\text{godišnja ušteda energije (Eur)}} = \frac{35000}{2880} = 12.2 \text{ god}$$

U vrijeme povrata investicije nije uzet u obzir smanjeni trošak održavanja novog elektromotora i manji broj revizija koja uključuju zamjenu ležaja i osnovna električna ispitivanja stanja namota i kaveza gdje se dodatno unutar vremena povrata investicije može uštedjeti i do 10.000 € što dodatno utječe na vrijeme povrata investicije i ubrzava vrijeme povrata investicije na oko 10 g. promatrajući vrijeme otplate investicije nabave novog elektromotora veće korisnosti.

4. HRNEN I HRN IEC NORME

Spomenimo također da nova norma HRN EN 60034-30-1:2014 Rotacijski električni strojevi – Dio 30-1 Razredi učinkovitosti izmjeničnih motora koji se napajaju iz mreže, propisuje da svi novi elektromotori snage veće od 200 kW moraju imati korisnost minimalno 94.0% (za dvopolne, četveropolne i šesteropolne motore), odnosno 92.5% za osmeropolne motore i time daje smjernice u cilju energetske učinkovitosti, smanjenja emisija ugljikovog dioksida i naravno za investitora najvažnije, manje troškove za potrošenu energiju.

EU/CEMP sustav klasificira asinkrone motore u 4 klase: IE1, IE 2, IE 3 i IE 4, gdje je IE 1 klasa najniže korisnosti a IE 4 najviše.

Europskom direktivom 2005/33/EC je predviđeno da na tržištu EU od 1. siječnja 2015. god., osim iznimnih slučajeva, neće biti motora klase IE 1, bit će samo motori klase IE 3, a motori klase IE 2 će se moći upotrebljavati samo u reguliranim pogonima. To se odnosi na sve motore snage 7,5 - 375 kW.

U [5]- [10] su vrlo detaljno opisana stanja i tendencije gradnje elektromotora visoke energetske učinkovitosti, racionalnog korištenja energije za elektromotorne pogona svih namjena, kao i pitanja normiranja učinkovitosti industrijskih elektromotornih pogona.

5. ZAKLJUČAK

Analizom postignutih rezultata, ušteda električne energije i smanjene emisije CO₂, povećanja pogonske pouzdanosti elektromotornog pogona vrelovodnih pumpi i cjelokupnog vrelovodnog sustava isporuka toplinske energije gradu Osijeku, investiranje u ugradnju frekvencijskog pretvarača za regulirani pogon elektromotora cirkulacijske pumpe vrelovoda pokazalo se u potpunosti uspješnim. Vrijeme povrata uloženog kapitala za navedenu investiciju je oko 4 godine što je realan i prihvatljiv rezultat. Budući da je investitor uložio vlastita sredstva (koliko je autorima poznato) a ne bankovno ili slično kreditiranje računato vrijeme povrata investicije je u prihvatljivim granicama točnosti.

Razmatranje zamjene starog motora niske korisnosti s novim motorom veće korisnosti za 2% daje relativno dugi rok povrata investicije i formalno gledano nije naročito isplativo, ali ako se uzme u obzir pouzdanost pogona, troškovi održavanja i troškovi primarne energije takve zamjene treba analizirati od slučaja do slučaja.

Razmatranjem trenda smanjenja cijena frekvencijskih pretvarača i povećanja cijena električne energije, oportuno je pojedinačno analizirati isplativost uvođenja reguliranih pogona vlastite potrošnje u TETO Osijek. Za očekivati je da će u budućnosti energetska učinkovitost kao i gradnja elektromotornih pogona u industriji i elektroprivredi biti regulirana EU normama.

6. LITERATURA

- [1] D. Ban, M. Puzak, Ugradnja reguliranih elektromotornih pogona u TE-TO Osijek, tehničke podloge i ekonomska analiza, elaborat, FER, ZESA Zagreb 2011.
- [2] 100 Top Energy Saving, ABB Publication, 18.10. 2002.
- [3] Izvedbena dokumentacija Siemens E-VV007-11-0-E01-3.
- [4] D. Ban, M. Puzak, Davor Grubišić, Mario Iličić, Davor Škarić, Mogućnosti poboljšanog tehnološkog procesa i ušteda energije primjenom frekvencijski reguliranog pogona, iskustva iz TE-TO Osijek, referat, Cavtat 2013.
- [5] at <http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int>
- [6] <http://energyefficiency.jrc.cec.int/eurodeem/index.htm>
- [7] <http://www.lcc-guidelines.com>
- [8] <http://energyefficiency.jrc.cec.eu.int/motorchallenge/tools.htm>
- [9] <http://www.gefweb.org>
- [10] <http://www.cda.org.uk/megab2/elecapps/casestud/index.htm>