

Danijel Damjanić
HEP – ODS d.o.o., Elektroistra Pula
danijel.damjanic@hep.hr

Andrej Subotić
HEP – ODS d.o.o., Elektroistra Pula
andrej.subotic@hep.hr

Gracijano Krajcar
HEP – ODS d.o.o., Elektroistra Pula
gracijano.krajcar@hep.hr

ANALIZA POJAVE I PROBLEMATIKA NAPLATE POVRATNE ENERGIJE NA OBRAČUNSKOM MJERNOM MJESTU

SAŽETAK

Razvojem višefunkcijskih elektroničkih brojila postale su dostupne veće mogućnosti kontrole potrošnje i kvalitete električne energije. Jedna od prednosti elektroničkih brojila u odnosu na elektromehanička brojila je mogućnost dvosmjernog mjerenja.

U ovom referatu opisana je problematika povratne energije kod elektromotornih pogona sa zamašnim masama. Takvi slučajevi registrirani su elektroničkim brojilima u kamenoklesarskim radionicama sa gaterima (pila za kamen). U početnom dijelu pojašnjen je fizikalni princip rada gatera, uzroci nastanka povrata energije te utjecaj na mrežu. U nastavku referata razmatra se problematika obračuna i mjerenja električne energije za takve slučajeve.

Ključne riječi: povratna energija, asinkroni strojevi, električna brojila.

ANALYSES OF APPEARANCE AND ISSUES OF BILLING FOR RETURNED ENERGY ON MEASUREMENT POINT

SUMMARY

Development of multifunctional electronic meters enabled more control over consumption and quality of electric energy. In comparison with electromechanical meters, electronic meters have the possibility of double direction measuring.

This paper describes the problem of returned energy in electromotor drives with fly wheel. Those cases are detected using electronic meters at stone workshops with multiblades gang saws (saws for stone). Opening part deals with some explanations about the physical principle of gang saw, causes of returned energy and the influence on the network. The paper continues with suggestion of billing for those particular cases with returned energy.

Key words: returned energy, induction machines, electricity meters.

1. UVOD

Moderna intervalna brojila sa mogućnošću mjerenja energije i snage u oba smjera pružaju znatne mogućnosti nadzora protoka energije i njezine kvalitete. Zahvaljujući tome, na pojedinim mjernim mjestima sa karakterističnim trošilima je zamijećen značajan iznos povratne energije. Analizom takvih mjernih mjesta, utvrđeno je da su dominantna trošila asinkroni motori sa zamašnim masama. Konkretno, radi se o strojevima za rezanje kamena (gaterima). Gateri, zahvaljujući svojim velikim zamašnim masama i nejednolikim opterećenjem uzrokuju povrat električne energije u distribucijsku mrežu. S obzirom da kod intervalnih brojila postoji mogućnost mjerenja povratne energije, nameće se pitanje da li tu energiju uzeti u obzir kod obračuna i na koji način. Ovaj rad analizira takva trošila, njihov utjecaj na mrežu te problematiku obračuna.

2. TEORIJA ASINKRONOG STROJA

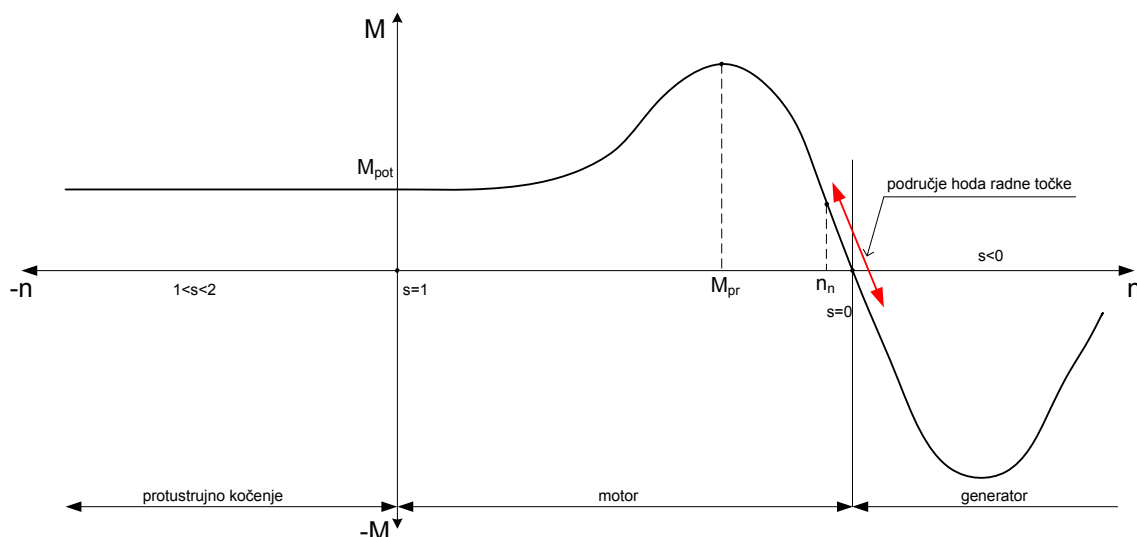
Asinkroni stroj je vrlo raširen kao motor, dok je kao generator daleko manje zastupljen. Razlog leži u činjenici da je kao motor vrlo pouzdan i jednostavan, sa niskim troškovima održavanja i visokim stupnjem iskoristivosti. U industriji, najrašireniji je trofazni asinkroni motor, o kojem je i riječ u ovom referatu. Osim već navedenih prednosti, glavna mana takvih motora je potreba za induktivnom strujom magnetiziranja što pogoršava $\cos\phi$ mreže.

Princip rada zasniva se na indukcijskom djelovanju rotora i statora. Rotor asinkronog motora je kratko spojen, dakle nema uzbude. Statorski namoti su spojeni na mrežu, odakle se uzima djelatna i jalova energija, dok u generatorskom režimu rada djelatnu energiju vraća u mrežu. Statorske struje svih triju faza uzrokuju magnetska polja koja se superponiraju u jedno okretno magnetsko polje. Brzina vrtnje tog ukupnog magnetskog polja naziva se sinkrona brzina n_s i ovisi samo o frekvenciji f i broju pari polova statora p . Okretno magnetsko polje statora inducira napone u vodičima rotora koji uzrokuju protjecanje struje kroz kratko spojene vodiče rotora. Te struje prouzrokuju svoje vlastito magnetsko polje koje se suprotstavlja svom uzroku, dakle okretnom polju statora, što dovodi do zakretanja rotora. Smjer vrtnje rotora i statorskog magnetskog polja su dakle istovjetni.

Postoje 3 režima rada koja su grafički prikazana na slici 1.:

- a) Motorski režim u kojem stroj uzima djelatnu i jalovu energiju te je pretvara u mehaničku energiju na rotoru
- b) Generatorski režim nastupa kad se rotor zbog nekog vanjskog momenta zavrti preko sinkrone brzine pa stroj počne vraćati djelatnu energiju u mrežu, uzimajući i dalje iz mreže jalovu energiju potrebnu za magnetiziranje
- c) Protustrujno kočenje je režim rada pri kojem su smjer vrtnje rotora i okretnog polja statora suprotni, stroj uzima djelatnu i jalovu energiju te se sva preuzeta energija disipira na rotoru uzrokujući zagrijavanje. Ovo je jedini privremeni režim rada, jer bi u suprotnom došlo do trajnog oštećenja rotora.

Brzina rotora n je u motorskom režimu rada nešto manja po iznosu od sinkrone brzine n_s . Upravo je ta razlika neophodna kako bi se ostvario okretni moment, a time i vrtnja rotora. Kada bi brzina okretanja rotora bila jednaka sinkronoj brzini, rotor više ne bi presijecao magnetske silnice, ne bi postojala inducirana elektromotorna sila, a posljedično ni mehaničke sile na rotor. Zato ovaj stroj uvijek radi u asinkronom režimu rada, po kojem je i dobio ime. Relativna razlika tih dviju brzina u odnosu na sinkronu brzinu zove se klizanje s . Prilikom starta klizanje iznosi 1, i smanjuje se kako rotor ubrzava. Kad je brzina rotora jednaka sinkronoj brzini, klizanje je 0, dok je u generatorskom režimu rada negativnog iznosa. Prilikom protustrujnog kočenja klizanje iznosi više od 1.



Slika 1. Momentni dijagram asinkronog stroja

Gateri su strojevi za primarnu preradu drveta, kamena ili mramora. Služe za rezanje drvenih trupaca ili kamenih (mramornih) blokova. Dijele se na dvije skupine: horizontalni i vertikalni gateri. Dok su horizontalni gateri uglavnom potisnuti od strane tračnih pila, vertikalni gateri su dosta zastupljeni u industriji. U ovom referatu mjerenja su vršena na vertikalnim gaterima za rezanje kamena, ali suštinski nema bitne razlike, barem ne sa aspekta električne mreže. Na slici 2. prikazan je takav gater u radu. Princip rada je slijedeći; kameni blok stoji na vagonetu, dok se okvir za rezanje na kojem su montirane pile kreće istovremeno horizontalno naprijed-natrag i polako prema dolje. Gaterska pila može imati nekoliko listova, a svi su nazubljeni sinteriranim dijamantima. Mehanizam za rezanje je kruto vezan na zamašnjak koji je preko remena pogonjen asinkronim motorom. Budući da je opterećenje nejednoliko, svrha zamašnjaka je da svojom tromošću smanji oscilacije u broju okretaja. Remen, kao veza između motora i zamašnjaka, osim prijenosa snage ima za cilj i zaštitu motora od preopterećenja.

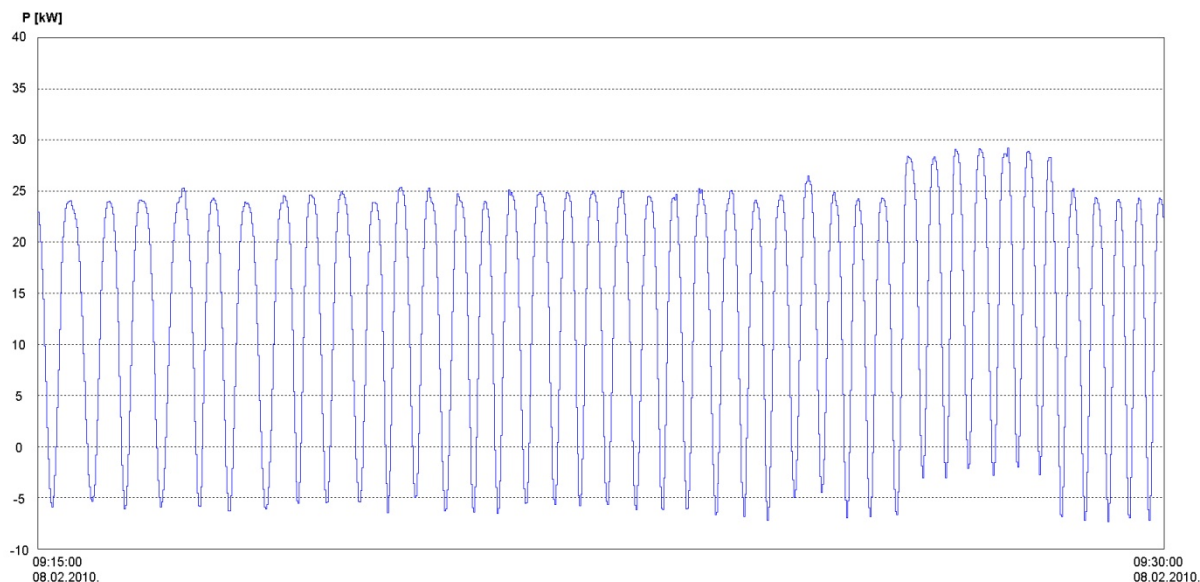


Slika 2. Gater za kamen prilikom rada

3. POVRATNI UTJECAJ NA MREŽU

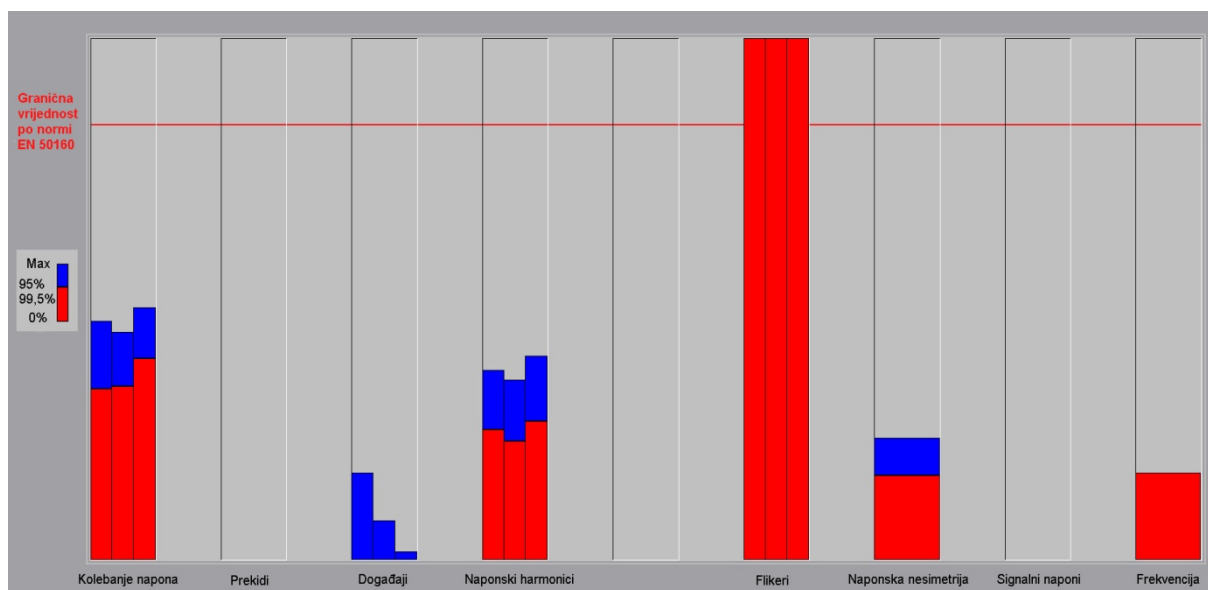
Prilikom rada gatera, tj. tijekom prolaska gaterske pile kroz kameni ili mramorni blok dolazi do neravnomjernog opterećenja koje se preko cijelog mehanizma prenosi natrag sve do asinkronog motora. Zamašnjak sa svojim momentom tromosti ovdje služi kako bi umanjio te promjene momenta tereta, tj. smanjio oscilacije u brzini rotacije, a u tome mu dodatno pomaže masa okvira za rezanje sa svom opremom koja je montirana na njega. Asinkroni motor, kada je nazivno opterećen, ima radnu točku na padajućem, tzv. stabilnom dijelu momentne karakteristike. U tom slučaju, svaki porast opterećenja dovodi do pada broja okretaja rotora, povećanja klizanja i u konačnici povećanja okretnog momenta motora. Za kretanje radne točke u suprotnom smjeru, prema dolje, dovoljno je da se smanji moment tereta. Ukoliko moment tereta svojim smanjenjem po iznosu dozvoli da vanjski moment ubrza rotor preko sinkrone brzine, motor će jednostavno prijeći u generatorski režim rada. Upravo se to i događa kod gatera. Kada opterećenje motora naglo padne, akumulirana energija u vidu rotacije zamašne mase ubrza rotor motora, on prijeđe sinkronu brzinu i postane generator. U tom trenutku moment koji razvija asinkroni stroj postaje suprotnog karaktera, smjer djelatne energije se mijenja i ta se energija predaje u mrežu. To je pojava koja se pojavljuje periodično i traje kratko, samo dok moment tereta ponovo ne poraste i dok zamašnjak malo ne uspori. Na slici 3. može se vidjeti oscilacije djelatne snage mjereno instrumentom Fluke Logger 1745.

Iako je glavna zadaća zamašnjaka minimizirati oscilacije cijelog sustava, do promjena u brzini okretanja rotora ipak dolazi u maloj, ali dovoljnoj mjeri da radna točka asinkronog stroja "klizi" po momentnom dijagramu iz motorskog u generatorski režim rada i natrag. Važno je napomenuti da tok jalove energije ostaje isti jer asinkroni stroj nije u mogućnosti proizvoditi jalovu energiju ni pod kojim uvjetima rada.



Slika 3. Dijagram djelatne snage

Sa stanovišta kvalitete električne energije zapaženo je da ovakva trošila uzrokuju znatne flikere (slika 4.) čiji iznos ovisi o omjeru snage kratkog spoja električne mreže i snage trošila na mjestu predaje energije. Učinkovito smanjenje flikera može se postići pojačanjem mreže. To podrazumijeva povećanje presjeka vodova, zamjenu postojećeg transformatora sa transformatorom veće snage te prelazak na višu naponsku razinu.



Slika 4. Parametri kvalitete električne energije

4. KONTROLNA MJERENJA

Zbog sumnje da samo brojilo tipa MT851 registrira povratnu energiju kod potrošača sa gaterima, izvršeno je kontrolno mjerenje sa tri različita tipa intervalnih dvosmjernih brojila spojenih u seriju. U tablici I. dani su usporedni rezultati intervalnih brojila za pozitivnu djelatnu snagu (+P) i negativnu djelatnu snagu (-P) u periodu od dva sata. U tablici II. dani su usporedni rezultati za električnu energiju u periodu od 2 sata. Tim rezultatima potvrđeno je da isključivo brojilo tipa MT851 registrira povratnu energiju (-E), i to čak 23% u odnosu na preuzetu energiju dok sva ostala brojila ne registriraju nikakvu povratnu (negativnu) djelatnu energiju.

Tablica I. Rezultati mjerenja 15-minutne snage sa tri različita tipa intervalnih brojila

Datum i vrijeme	+P (kW)	-P (kW)	+P (kW)	-P (kW)	+P (kW)	-P (kW)
	MT831		MT851		ZMG405	
8. 2.2010 9:15:00	12,84	0,00	12,58	4,31	12,84	0,00
8. 2.2010 9:30:00	12,88	0,00	12,57	4,92	12,85	0,00
8. 2.2010 9:45:00	12,28	0,00	12,47	5,10	12,23	0,00
8. 2.2010 10:00:00	19,68	0,00	19,39	2,49	19,62	0,00
8. 2.2010 10:15:00	22,80	0,00	22,74	2,60	22,96	0,00
8. 2.2010 10:30:00	22,76	0,00	22,63	2,69	22,55	0,00
8. 2.2010 10:45:00	14,76	0,00	14,44	4,69	14,68	0,00
8. 2.2010 11:00:00	3,88	0,00	3,90	0,30	3,77	0,00

Tablica II. Rezultati mjerenja potrošnje energije sa tri različita tipova brojila

Kratki opis karakteristike brojila	Tip brojila	+E (kWh)	-E (kWh)
Intervalno, kl.1	MT831-D2A42R52-V22-M3K0Z4	31,4	0,0
Intervalno, kl.1	MT851-D2A41R52-V72L10.1-M3K013Z2	32,6	7,5
Intervalno, kl.1	ZMG310CR4.260b.03	35,5	0,0

5. ZAKLJUČAK

Nije upitno postoji li povrat energije na obračunskim mjernim mjestima kod kojih kao trošila dominiraju asinkroni motori sa zamašnim masama i nejednolikim opterećenjem. Međutim, potrebno je definirati treba li obračunati povratnu energiju ili ne, odnosno po kojem modelu.

Prema prikazanim kontrolnim mjerenjima evidentni su različiti rezultati mjerenja pojedinih tipova brojila na istom mjernom mjestu. Naravno da je to nedopustivo, pa se ukazuje na potrebu detaljnijih analiza uzroka različitih rezultata mjerenja te provjeru točnosti brojila na ovakvim obračunskim mjernim mjestima.

LITERATURA

- [1] L.M. Piotrovski, "Električni strojevi", TK, Zagreb, 1978.
- [2] R. Wolf, "Osnove električnih strojeva", ŠK, Zagreb, 1995.
- [3] R.C. Dugan, M. F. McGranaghan, H. W. Beaty, "Electrical Power Systems Quality", McGraw-Hill, New York, 1996.
- [4] Mrežna pravila elektroenergetskog sustava, Narodne novine, br. 36/06