

Uticaj naponsko frekventne regulacije CNC brusilice na rad drugih uređaja u električnoj instalaciji niskog napona

Ninoslav Simić¹, Jovan Mrvić¹

¹Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“, Koste Glavinića 8a
11000 Beograd, Srbija
ninoslav.simic@ieent.org

Kratak sadržaj: U radu je prezentovano jedno od zapažanja koja su prikupljena tokom dugogodišnjeg ispitivanja električnih instalacija. Obraden je karakterističan slučaj iz industrijskog pogona u kome su primenjeni potrošači sa U/f regulacijom. Predložen je jednostavan način da se merenjem frekvencije napona u objektima utvrdi postojanje eventualnih neregularnosti u radu pojedinih uređaja i analiziran je uticaj oblika strujnog i naponskog signala jednog potrošača na rad ostalih potrošača u pogonu. Naglašena je potreba za verifikacijom električne instalacije odmah po prijemu i instaliranju električne opreme i preporučena je primena najnovijih standarda tokom projektovanja i odabira opreme, u cilju izbegavanja neplaniranih troškova.

Ključne reči: električna instalacija, verifikacija, frekvencija, frekventna regulacija.

1. Uvod

Verifikacija električne instalacije prema važećem standardu [1] i pravilniku [2], a u zavisnosti od tipa, vrste, veličine, namene objekata i sl, se obavlja pre tehničkog prijema novih objekata, ili za stare objekte prema dinamici preporučenoj u standardu [1]. Verifikaciju obavezno treba obaviti nakon prijema, ugradnje i zamene električne opreme, preporučuje se u što kraćem roku kako bi se u potpunosti iskoristila garancija za opremu i radove. Prilikom provere definisanih koraka koje je neophodno sprovesti u cilju verifikacije električne instalacije [1], u praksi se uočavaju problemi koji nastaju kao posledica primene U/f regulacije rada asinhronih motora i neodgovarajućih filtera. Iako je verifikacijom predviđeno merenje frekvencije, činjenica je da u standardu [1] ne postoji opis merila frekvencije niti njegove osetljivosti, već se samo navodi svima poznata vrednost frekvencije naponskog signala od 50Hz. U praksi, to znači da ispitivač može primetiti odstupanje od naznačene

frekvencije u mreži, ali i ne mora, što najviše zavisi od mernog uređaja i od tehničkih uslova u trenutku merenja. Pri tome, skoro svi potrošači u okolini na prvi pogled normalno rade i upravo stoga se pojava promenljive frekvencije teže uočava. Iskustveno, primećeno je da dva merila mogu prikazati različite frekvencije napona. Problem predstavlja i merenje svih drugih električnih veličina sa varijabilnom frekvencijom.

Profesionalna osetljiva merila namenjena za ispitivanje električne instalacije već pri prvom merenju proveravaju vrednost napona i frekvencije u mreži. Ukoliko postoje odstupanja od naznačenih vrednosti 230V/400V, 50 Hz ova merila automatski generišu obaveštenje u vidu alarma i onemogućavaju dalje ispitivanje. Dodatno, harmonijskom analizom i izračunavanjem vrednosti THD i učešća pojedinih harmonika u obliku naponskog signala u mreži, po pravilu nisu prekoračene vrednosti u odnosu na granice koje definiše standard SRPS EN 50160:2012 [3], ali problemi u radu potrošača mogu postojati. Pri ovome treba razlikovati kvalitet isporučene električne energije za napajanje potrošača, od uticaja pojedinih potrošača na oblik naponskog signala unutar objekta.

U ovom radu je opisan konkretan slučaj uticaja potrošača sa poluprovodničkim elementima na rad drugog potrošača u električnoj instalaciji niskog napona. Sa obzirom da je zbog pada cena poluprovodnika dostupnost i primena ovih uređaja u porastu, tokom projektovanja i odabira opreme potrebno je obratiti posebnu pažnju na odabir odgovarajućih filtera, čime će se izbeći posledice odabira neadekvatne opreme i dodatni troškovi.

2. Opis proizvodnog pogona

Jedan industrijski pogon za brušenje i tvrdo hromiranje valjaka se sastoji od sledećih prostorno funkcionalnih celina: bazen u kome je smeštena linija za nanošenje galvanskih prevlaka tvrdog hroma, prostorija u kojoj je smešten uređaj za tretman vazduha generisanog u procesu nanošenja galvanskih prevlaka hroma (skruber) i ispravljajući za snabdevanje jednosmernom strujom kade za nanošenje prevlaka hroma, magacin hemikalija, prostor na kome je smeštena brusilica za brušenje valjaka, prostori na kojima se skladište valjci koji se repariraju ili valjci koji su reparirani, administrativni deo u kome su smeštene kancelarije, garderobe, sanitarni čvor, prostor za dnevni boravak radnika, restoran, te elektro sala sa radionicom.

Za razmatranje u ovom tekstu važno je dati sledeće objašnjenje. Vazduh generisan u procesu nanošenja prevlake hroma sadrži hrom i jedinjenja hroma koja se moraju odstraniti pre ispuštanja u spoljnu sredinu. Za tretman vazduha generisanog u procesu hromiranja primenjuje se sistem ispiranja vodom zbog dobre rastvorljivosti hroma i jedinjenja hroma u vodi. Sistem za tretman vazduha se sastoji od eliminatora kapi, skruber, radijalnog eliminatora kapi u potisnom vodu ventilacionog sistema i ventilatora. Voda iz procesa tretmana vazduha se iz skruber transportuje u kadu za hromiranje, kao dopuna rastvora koji, zbog relativno visoke temperature potrebne za odvijanje procesa, isparava.

Ovi elementi čine celinu koju ćemo posmatrati kao jedan potrošač za tretman vazduha. Dozvoljeno vreme pauze u radu ovog potrošača je dva minuta, a ukoliko se za to vreme ventilator ne pokrene, zaposleni moraju napustiti proizvodni pogon koji se isključuje, a prilikom ponovnog pokretanja pogona neophodno je valjke vratiti ponovo u proces galvanizacije što povećava troškove.

Napajanje električnom energijom tehnološke opreme se obavlja iz transformatorske stanice TS 6/0,4kV koja je opremljena sa dva transformatora od po 1000kVA. U transformatorskoj stanici su postavljeni sopstveni razvodni ormani, opremljeni odgovarajućim kompaktnim prekidačima sa dva sistema sabirnica i spojnim poljem. Primenjen je TNC/S sistem zaštite od indirektnog dodira delova pod naponom.

U objektu se nalaze sledeći razvodni ormani većih snaga :

ROR - ispravljač, instalisane snage 445kW

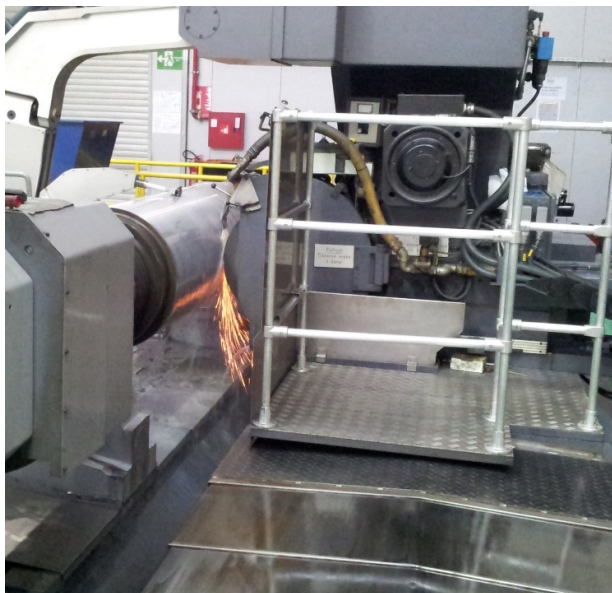
RO DIZ - trojni vod jednovremene snage 275kW

ROCNC– CNC brusilica promenljivog opterećenja 0-180A, 3x 275V-480V, 50 Hz (slika 1)

ROS - tretman vazduha instalisane snage 30kW

ROH - grejači instalisane snage 36kW

Svi upotrebljeni kablovi između razvodnih ormara i potrošača su kraći od 40 metara.



Slika 1. Izgled CNC brusilice u pogonu za brušenje valjaka

3. Rezultati ispitivanja u postrojenju 0,4kV

3.1. Opis uočene neregularnosti

U toku tehnološkog procesa primećena je pojava slučajnih ispada ventilatora, odnosno uređaja za tretman vazduha u pogonskim prostorijama. Ispadi potrošača su bez prethodnih naznaka, bez uočenog pravila, a prilikom ponovnog uključjenja potrošač startuje i radi normalno do sledećeg ispada, koji je vremenski nezavisan u odnosu na vreme provedeno u radu.

3.2. Ispitivanje, snimanje i analiza naponskih i strujnih signala

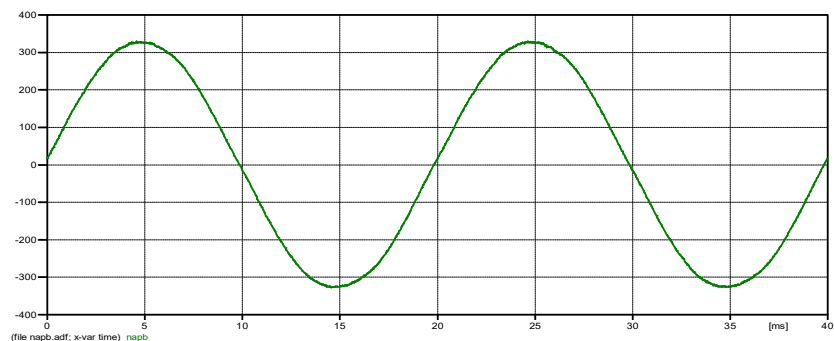
Ispitivanjem električne instalacije u pogonu utvrđeno da na svim razvodnim ormanima i u svim priključnicama sporadično postoji pojava variranja frekvencije od 50-250Hz, u tolikoj meri da ne postoji stacionarno stanje. Detaljnim višednevnim istraživanjima utvrđeno je da se ventilator potrošača za tretman vazduha automatski isključuje kada na njegov ulaz dospe naponski signal oblika prikazanog na slici broj 5. Izvor ovakvog naponskog signala je CNC brusilica promenljivog opterećenja, odnosno oblik strujnog signala ovog potrošača. Kao što se vidi na grafikonima, sa povećanjem amplitude struje opterećenja veoma su izražene varijacije struje sa приметnim maksimalnim vrednostima. Zbog blizine energetskog transformatora efektivna vrednost i oblik napona jesu stabilni, ali kratkotrajne česte varijacije napona vremenski odgovaraju promenama struje opterećenja. Harmonijskom analizom signala nije uočen porast koeficijenta THD, niti izraženo učešće pojedinih harmonika napona. Ovakav naponski signal putuje kratkim provodnicima do glavnih sabirnica, čvorišta i onda se odbija nazad provodnicima kojima se napajaju drugi uređaji, na njihove ulaze. Sa obzirom da u transformatorskoj stanici postoje dva sistema sabirnica, kada se potrošači sekcionišu lako je pratiti ovaj naponski signal od CNC brusilice do potrošača u istoj sekciji. Ovakav odbijeni naponski signal utiče na isključenje zaštitnog uređaja u ventilatoru potrošača za tretman vazduha, gde je takođe primenjen asinhroni motor sa U/f regulacijom. Kao jedan od razloga ispada može se usvojiti objašnjenje ispada frekventnog regulatora niskonaponskog motora dato u [4], da kada vrednost napona više puta prolazi kroz neku tačku, u trenutku kada oscilovanje postaje značajno poluprovodnički elementi na ulazu mogu doći u kratak spoj. Zbog toga svaki od frekventnih regulatora ima između ostalog i zaštitu od nesimetrije ulaznog napona. Pri tome je ova zaštita u stanju da prati jako brze pojave na ulazu.

Ako se pogleda oblik signala na slikama 5 i 6, primećuje se da napon ima kratkotrajne veće oscilacije u trenucima izraženih promena vrednosti struje CNC brusilice.

Objašnjenje u vezi sa slikom broj 2:

- Zelenom bojom predstavljen je fazni napon na priključku CNC brusilice. Vrednost napona [V] je prikazana na ordinati levo.
- Vreme [s, ms] je dato na apscisi.

Na slici je predstavljena jedna faza potrošača, a slični oblici signala uočeni su i na druge dve faze.



Slika 2. Izgled faznog napona na CNC brusilici, kada je brusilica isključena

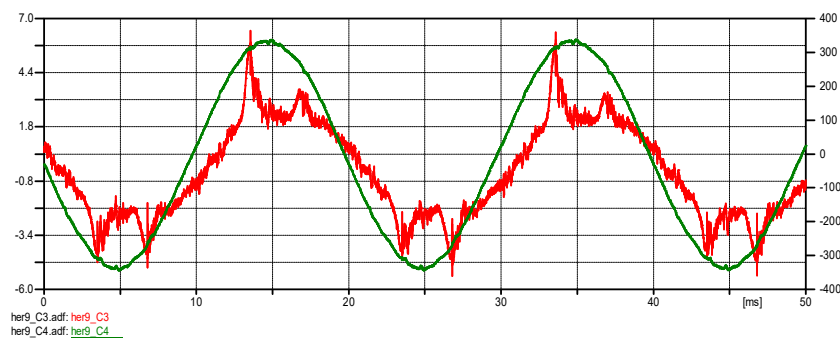
Napon ovakvog oblika je snimljen je i na sabirnicama 0,4kV u transformatorskoj stanici, kao i u ostalim razvodnim ormanima. Izmerena vrednost frekvencije je iznosila 50Hz bez promena u svim delovima pogona.

Na slikama 3 i 4 predstavljeni su napon i struja u režimu bliskom praznom hodu, odnosno potrošač uključen bez opterećenja na vratilu brusilice. Obe slike prikazuju iste veličine, s tim da je na slici 4 uveličan deo snimljenog signala sa slike broj 3, u trajanju jedne periode.

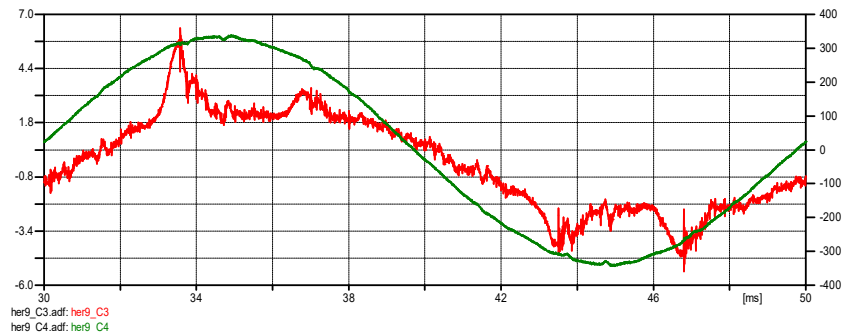
Objašnjenje u vezi slika 3-6:

- Zelenom bojom predstavljen je fazni napon na priključku CNC brusilice. Vrednost napona [V] je prikazana na ordinati desno.
- Crvenom bojom predstavljena je linijska struja na priključku CNC brusilice. Vrednost struje [A] je prikazana na ordinati levo.
- Vreme [s, ms] je dato na apscisi

Na slikama je predstavljena jedna faza potrošača, a slični oblici signala uočeni su i na druge dve faze.



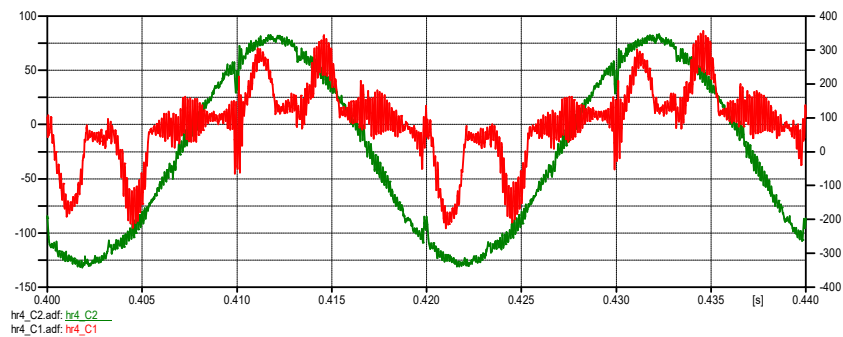
Slika 3. Izgled struje i napona CNC brusilice u praznom hodu



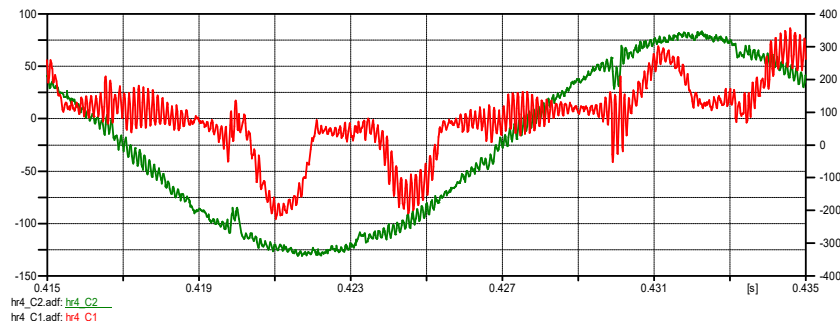
Slika 4. Izgled struje i napona CNC brusilice u praznom hodu (jedna perioda)

Već pri režimu praznog hoda na priključku potrošača frekvencija napona je bila promenljiva u opsegu od 50Hz do 150 Hz (vrednost zabeležena merilom za ispitivanje električnih instalacija). Takođe, promene su se prenosile i do sabirnica 0,4kV u transformatorskoj stanici, a uočene su i nekim razvodnim ormanima u elektrosali.

Na slikama 5 i 6 predstavljeni su napon i struja kada je CNC brusilica opterećena, odnosno kada je brušenje valjka u toku. Obe slike prikazuju iste veličine, kao i u prethodnom slučaju.



Slika 5. Izgled struje i napona CNC brusilice u radnom režimu



Slika 6. Izgled struje i napona CNC brusilice u radnom režimu (jedna perioda)

Identični oblik napona je snimljen kako na sabirnicama 0,4kV u transformatorskoj stanici, tako i na priključcima svih uređaja i razvodnih ormara koji su bili vezani na isti sistem sabirnica kao i CNC mašina. Izmerena vrednost frekvencije napona u mreži, merilom za ispitivanje električnih instalacija, pri radnom režimu CNC brusilice je iznosila od 50Hz do 250Hz, a ove promene frekvencije su bile jasno izražene.

Primećeno je, da što je veći udeo brusilice kao potrošača u ukupnom trenutnom opterećenju u proizvodnom procesu, to je vidljivija promena frekvencije u mreži, čime postoji veća mogućnost za ispad ventilatora za tretman vazduha iz pogona. Takođe je primećeno da se pojedini mali monofazni motori na brusilici pregrevaju i zahtevaju dodatno hlađenje. O nastalim problemima u garantnom roku je obavешten proizvođač brusilice, koji je dopustio mogućnost ove pojave i kao rešenje ponudio bolji filter na ulazu CNC brusilice koji bi bio u stanju da u širokom rasponu opterećenja od 0-180A eliminiše uticaj ovog potrošača na mrežu i rad drugih uređaja.

4. Zaključak

Prilikom verifikacije električne instalacije u kojoj postoje potrošači sa naponsko frekventnom regulacijom posebnu pažnju bi trebalo posvetiti ispitivanju frekvencije u mreži. Najjednostavnije je obaviti dva ispitivanja, ukoliko to tehnički uslovi pogona dopuštaju. Prvo ispitivanje bi trebalo obaviti bez uključenih velikih potrošača, a drugo ispitivanje bi podrazumevalo da je proizvodni proces u toku. Ukoliko se uoče promene frekvencije, jedini način da se utvrdi uzrok i veličina poremećaja jeste snimanje i harmonijska analiza struje i napona u električnoj instalaciji. U slučaju da su rastojanja od potrošača do sabirnica postrojenja 0,4kV kratka, pojava varijabilne frekvencije je više izražena. Takođe, ukoliko je udeo snage potrošača koji izaziva neregularnosti veći u ukupnom udelu trenutne potrošnje, to je i lakše primetiti ovu pojavu.

Dosadašnja iskustva pokazuju da se kod nas u zemlji brže ugrađuje nova oprema sa velikom primenom poluprovodnika, nego što se podiže kvalitet

električne energije. Ovo se pogotovo odnosi na rekonstrukcije starih objekata i zamenu opreme, kada se npr. veliki kompresori u industriji koji su nekada startovali preklopkom zvezda-trougao, zamenjuju novim savremenim asinhronim motorima sa U/f regulacijom. Pri tome se projektna dokumentacija radi parcijalno, samo za novu opremu, a mreža se uvek posmatra kao idealna. Neuvažavanje uticaja drugih potrošača u električnoj instalaciji može dovesti do neplaniranih zastoja u proizvodnji i povećanja troškova.

Uočeni problem koji dovodi do ispada ventilatora uređaja za tretman vazduha, izazvanog kratkotrajnim promenama u naponu napajanja i varijacijama frekvencije može se rešiti ugradnjom filtera na samom potrošaču ili na sabirnicama 0,4kV. Takođe, svaki potrošač, u ovom slučaju CNC brusilica, bi morao ispuniti sledeći zahtev standarda SRPS HD 60364-1:2012 [5], tačka 133.4 Sprečavanje štetnih efekata, citat - „Sva električna oprema mora biti tako odabrana da ne utiče štetno na drugu opremu ili napajanje pri normalnom radu...“ .

Stoga se preporučuje da se izbor nove opreme u cilju modernizacije pogona posmatra u celini mreža-konzum, te da se obavezno poštuju procedure o nadzoru i tehničkom prijemu. Poštovanje pravilnika je obavezno, preporučuje se dodatno pozivanje na standarde prilikom izbora dobavljača i izvođača radova. Projektant je dužan da u projektu navede standarde koji ispunjava kako električna instalacija tako i predviđena oprema, a investitor se može zaštititi angažovanjem stručnih savetnika.

Literatura

- [1] SRPS HD 60364 – 6: 2012 „Verifikacija električne instalacije“
- [2] Pravilnik o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona, Sl.list SFRJ 28/95
- [3] SRPS EN 50160: 2012 „Karakteristike napona isporučene električne energije iz javnih električnih mreža“
- [4] N.Simić, J.Mrvić: „Prelazne pojave usled priključenja visokonaponskog potrošača velike snage na mrežu i uticaj na rad frekventnog regulatora niskonaponskog asinhronog motora“, A3, *CIGRE Crna Gora* 2015
- [5] SRPS HD 60364 – 1: 2012 „Električne instalacije niskog napona – deo 1: Osnovni principi, ocena opštih karakteristika, definicije“

Abstract: This paper presents one of the observations that have been collected during the years of testing of electrical installations. A typical case from industrial plant in which are installed loads with variable frequency regulation is analyzed. We propose a simple way by measuring the frequency of the voltage in the objects, to establish the existence of possible irregularities in the operation of the individual units and analyze the influence of the current and voltage signal shape of one load to the work of other loads in the plant. The need for verification of electrical installations immediately upon receipt and installation of

electrical equipment is emphasized and the use of the latest standards in the design and selection of equipment, in order to avoid unplanned expenses is recommended.

Keywords: electrical installation, verification, frequency, variable frequency drive regulation.

The Effect of the Variable Frequency Drive of the CNC Roll Grinding Machine on the Operation of Other Devices in Low-Voltage Electrical Installation

Rad primljen u uredništvo: 06.11.2016. godine
Rad prihvaćen: 06.12.2016. godine

