

## ANALIZA PRELAZNIH REŽIMA U ELEKTROMOTORNOM POGONU ZA PALETIRANJE NA OSNOVU PARAMETARA KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Vladimir Ćuk, Aleksandar Nikolić

*Elektrotehnički institut "Nikola Tesla", Beograd*

**Sadržaj:** U radu je prikazana analiza kvaliteta električne energije sprovedena na osnovu merenja u pogonu za paletiranje Fabrike cementa Lafarge u Beočinu. Rezultati analize su iskorišćeni za detektovanje problema u radu pogona za paletiranje kod koga se javljao problem pri pokretanju zbog prevelikih struja starta motora.

**Ključne reči:** analiza, merenje, elektromotorni pogon, kvalitet električne energije

### 1. UVOD

Analiza rada jednog elektromotornog pogona se može izvršiti preko parametara kvaliteta električne energije, pri čemu se prvenstveno misli na talasne oblike napona i struja kao i sadržaj viših harmonika. Određene promene koje se javljaju pri startu pogona se mogu uspešno detektovati analizom tranzijenata metodologijom koju propisuju standardi iz oblasti kvaliteta električne energije [1]-[3].

U radu su prikazani rezultati ispitivanja prelaznih režima u pogonu za paletiranje džakova u Fabrici cementa Lafarge Beočin. Navedeni pogon podiže i spušta "sto" sa paletom. Sto se pomera pomoću asinhronog kaveznog dvobrzinskog motora snage 6/10 kW koji se direktno priključuje na mrežu preko kontaktora kojim upravlja PLC.

Razlog za ispitivanje je bilo učestalo reagovanje zaštite, koja je isključivala pogon pri povremenim zakasnelim startovima motora koji podiže i spušta sto sa paletom. Kada se dogodi zakasneli start, aposlutni enkoder kojim se detektuje pomeranje stola ne pošalje na vreme signal o polasku (signal se šalje PLC-u), zbog čega PLC prijavljuje grešku i zaustavlja pogon. Usporeni startovi se javljaju pri pakovanju svake palete, ali ne uvek pri pakovanju istog sloja koji čine četiri džaka cementa, tako da ne postoji direktna zavisnost od opterećenja (svaki od 8 slojeva na paleti ima masu od 200kg).

Da bi pomenuti zastoji bili izbegnuti, osoblje održavanja fabrike je u glavni orman pogona ugradilo jedan relej koji pri dovođenju napona na motor PLC-u šalje "lažni" signal o polasku motora, čime se sprečava reagovanje zaštite. Posle izvesnog vremena (malo dužeg od zadatog), motor uspeva da pomeri sto, ali sa znatno većom strujom od nominalne i pogon nastavlja sa daljim radom bez problema u sinhronizovanju pokreta.

Kako bi se utvrdila priroda zakasnelih startova i eventualno sprečili kasniji problemi u pogonu, izvršeno je merenje i analiza parametara kvaliteta električne energije prilikom startovanja pogona.

## 2. ANALIZA KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE

Merni instrument koji se koristi za merenje električnih veličina (napona i struja) i računanje ostalih veličina (snage, faktor snage, faktori izobličenja, viši harmonici napona i struja) na osnovu kojih se određuje kvalitet električne energije prema važećim svetskim standardima [1]-[3] je analizator kvaliteta električne energije.

Za potrebe merenja tranzijenata struje i napona, korišćena je merna oprema firme Chauvin Arnoux sledećih karakteristika [4]:

Analizator kvaliteta električne energije C.A. 8334 sa pripadajućim setom strujnih senzora tipa MN93A i sledećim karakteristikama:

- Merenje napona do 834VAC TRMS sa tačnošću od  $\pm 0.5\%$ ,
- Merenje struja do 3000A TRMS sa tačnošću od  $\pm 0.5\%$ ,
- Određivanje snage sa tačnošću od  $\pm 1\%$ ,
- Određivanje utrošene/proizvedene energije sa tačnošću od  $\pm 1\%$ ,
- Određivanje faktora snage sa tačnošću od  $\pm 0.01\%$ ,
- Određivanje vrednosti harmonika struja i napona do 50-tog reda,
- Određivanje faktora ukupnog izobličenja sa tačnošću od  $\pm 1\%$ ,
- Instrument ispunjava standard EN IEC 61010, 600 V cat. IV, pollution 2, a ulazi i izlazi su dvostruko izolovani.

Softver za konfigurisanje instrumenta, podešavanje parametara merenja i obradu izmerenih vrednosti je DataView Professional, a snimljeni podaci su preko optički izolovanog RS232 interfejsa prebacivani u računar.

Merenja su izvršena prema metodologiji koju određuju standardi EN 50160 i IEC 61000 (kvalitet električne energije). Vreme odabiranja signala koji se mere je 12.8kHz po kanalu pri učestanosti mreže od 50Hz, a rezultati su snimani u memoriju instrumenta pri svakom prelaznom režimu koji prekorači zadate treshold-e struje ili napona. Za vreme tranzijenata, rezultati su beleženi na svakih 78 $\mu$ s. Zbog potrebe da se priključivanje izvrši direktno na osiguračima dovoda na niskom naponu, korišćeni su strujni senzori za struje do 200A.

## 3. MERENJA U POGONU

U nastavku su dati talasni oblici i maksimalne vrednosti struje pri startovanju motora, sa uključenim i isključenim pomoćnim relejom. Pod pomoćnim relejom se podrazumeva relej sa "lažnim" signalom o polasku stola. Na taj način se mogu uporediti polazne struje u ova dva slučaja.

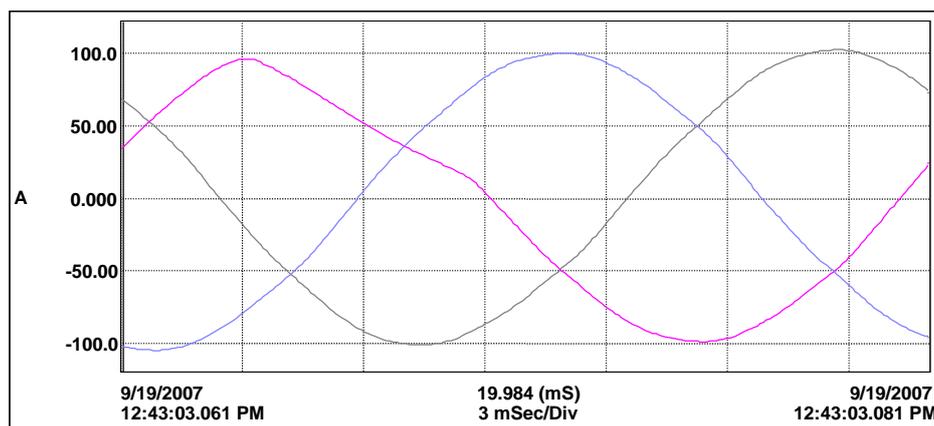
U slučaju rada sa pomoćnim relejom, snimljeni su polasci motora pri svim pokretima u toku pakovanja jedne palete, i polasci se mogu razvrstati po pokretima pogona. Prilikom snimanja rada bez pomoćnog releja zaštita je reagovala pri pakovanju svake palete, tako da je rad morao da se nastavlja ponovnim startovanjem celog pogona.

Zbog obimnosti rezultata u radu su prikazani dijagrami samo za jedan sloj na paleti, jer svaki sloj obuhvata sve radnje koje pogon izvrši:

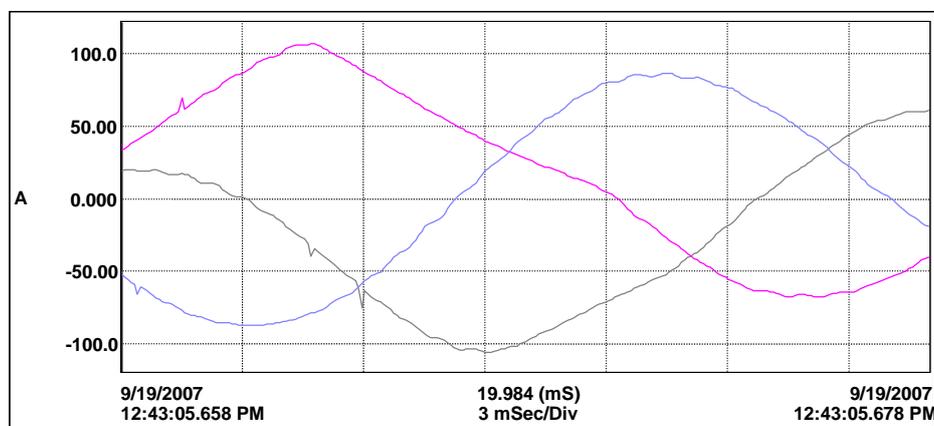
- Podizanje stola,
- Spuštanje stola (rotiranje),
- Podizanje stola (presovanje palete),
- Spuštanje stola (odvajanje posle presovanja).

Uporedo je dato i nekoliko talasnih oblika struja i napona za vreme celog starta motora, do ustaljenog stanja, sa relejom i bez njega. Pomoću ovih talasnih oblika se mogu uporediti struje ustaljenog stanja motora u oba slučaja.

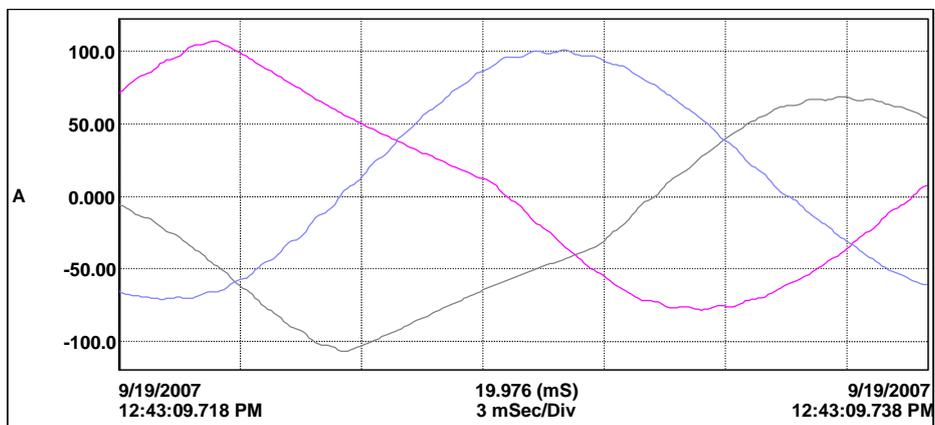
### 3.1. Talasni oblici i maksimalne vrednosti struje u radu sa pomoćnim relejom



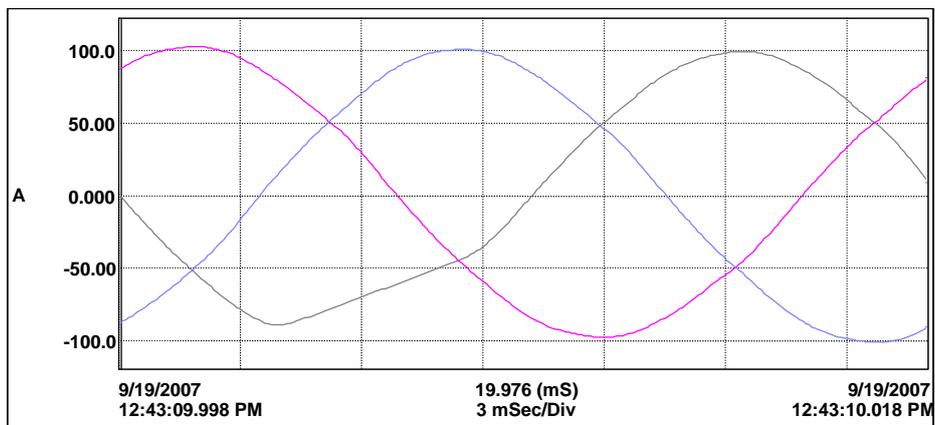
Slika 1 – Podizanje stola, maksimum  $I_1 = 102,2A$



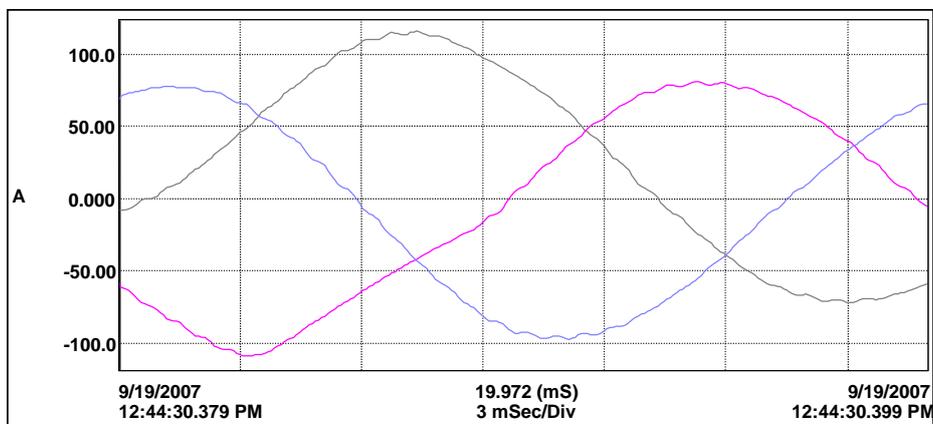
Slika 2 – Spuštanje stola (rotiranje), maksimum  $I_1 = 106,4A$



Slika 3– Podizanje stola (presovanje palete), maksimum  $I_1 = 107,2A$



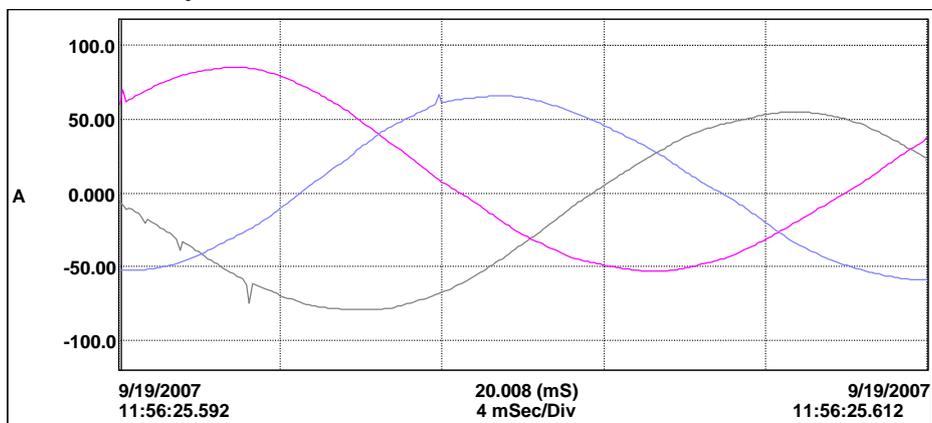
Slika 4 – Spuštanje stola (odvajanje posle presovanja), maksimum  $I_1 = 102,3A$



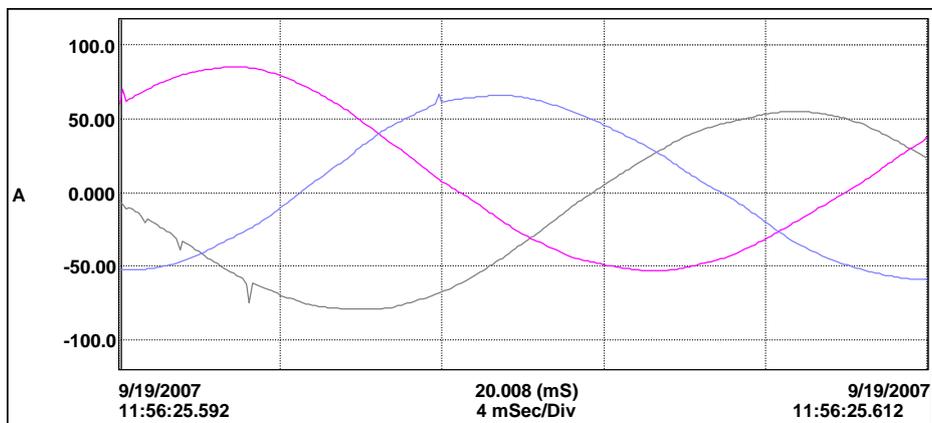
Slika 5 – Spuštanje stola (kraj pakovanja palete), maksimum  $I_1 = 115,5A$

### 3.2. Talasni oblici i maksimalne vrednosti struje u radu bez pomoćnog releja

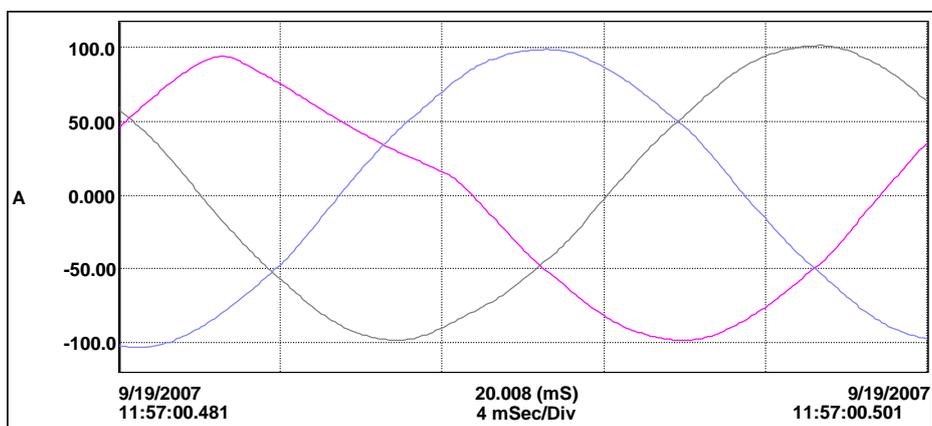
U ovom slučaju startovanja motora nisu razvrstavana po pokretima stola, jer je zbog reagovanja zaštite i ponovnih startovanja bilo teže vremenski sinhronizovati rezultate sa pokretima pogona, tako da su dati vremenski trenuci u kojima su detektovani tranzijenti.



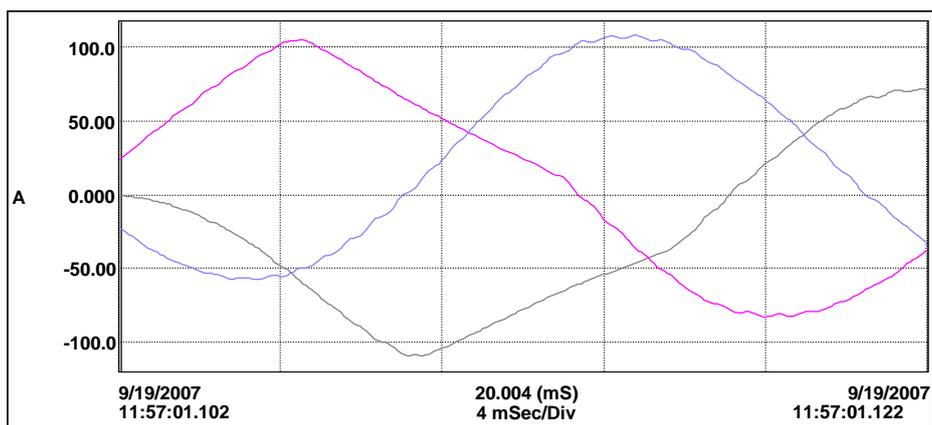
Slika 6 – Tranzijent detektovan u 11:56:25, maksimum  $I = 84,8A$



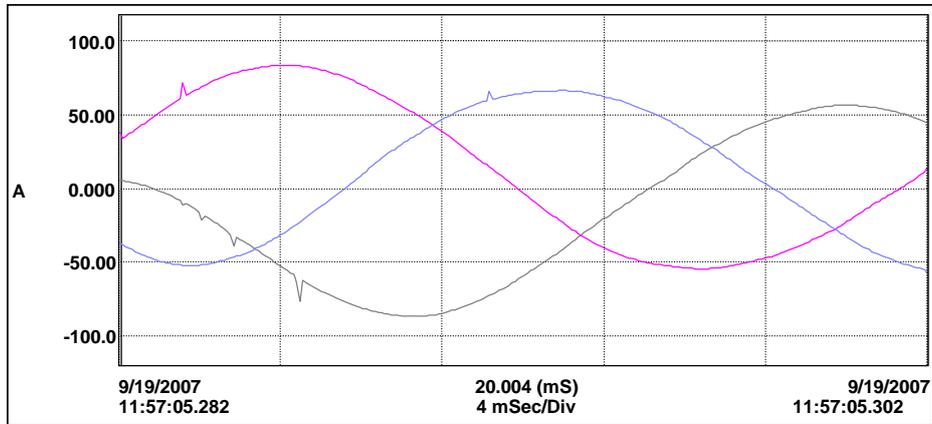
Slika 7 – Tranzijent detektovan u 11:56:28, maksimum  $I = 88,4A$



Slika 8 – Tranzijent detektovan u 11:57:00, maksimum  $I = 101,3A$

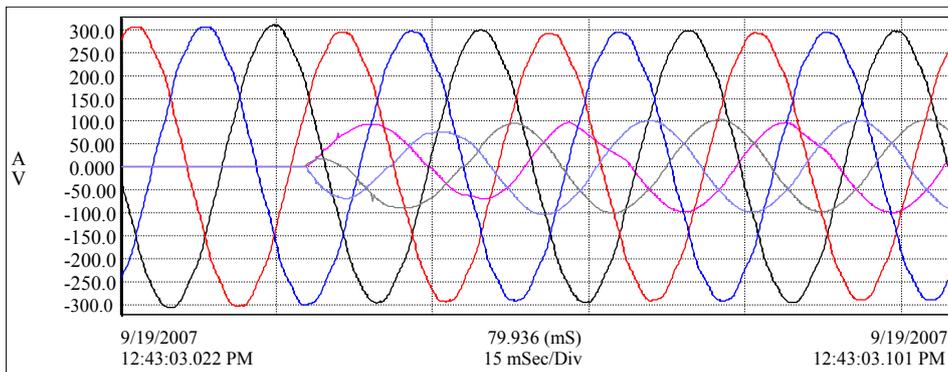


Slika 9 – Tranzijent detektovan u 11:57:01, maksimum  $I = 108,1A$

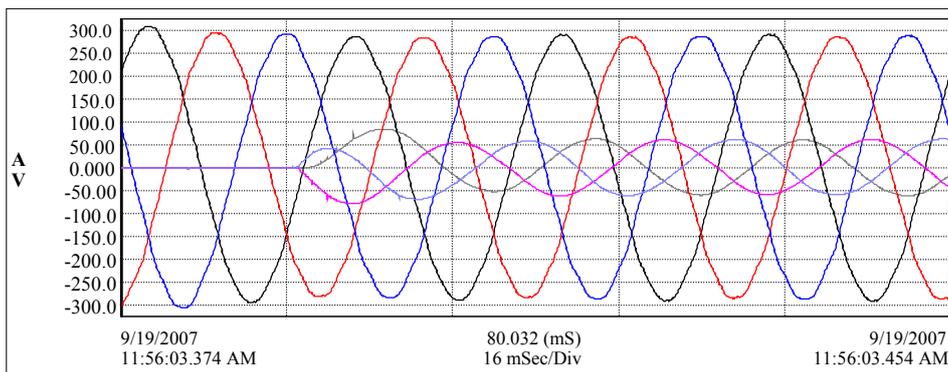


Slika 10 – Tranzijent detektovan u 11:57:05, maksimum  $I = 83,4A$

### 3.3. Poređenje talasnih oblika struja i napona pri startovanju motora



Slika 11 – Talasni oblici napona i struja pri startu motora (sa pomoćnim relejom)



Slika 12 – Talasni oblici napona i struja pri startu motora (bez pomoćnog releja)

#### **4. ANALIZA REZULTATA I PREDLOG REŠENJA**

Na osnovu obavljenih merenja i podataka prikupljenih o pogonu i njegovom radu, mogu se izvesti sledeći zaključci:

Polazne struje motora su jako visoke, kreću se u granicama od 77 do 116A, dok je nominalna struja motora 9/15A. U uslovima čestog startovanja motora ovalike polazne struje su opasne za izolaciju motora.

Motor se na mrežu priključuje direktno, a težak start se može videti i vizuelnim posmatranjem, iz čega se zaključuje da otežano startovanje nije posledica lošeg rada upravljačke elektronike.

Postojanje pomoćnog releja ne utiče na vrednost struje za vreme prelaznog režima (što se vidi poređenjem dijagrama i maksimalnih vrednosti iz poglavlja 3.1 i 3.2), dok je u ustaljenom stanju (što se može videti poređenjem dijagrama iz poglavlja 3.3) amplituda struje duplo manja pri radu bez releja. Međutim, relej samo pomera vremensku granicu za polazak stola i rad sa njim nije opasniji za rad pogona od stalnog ponovnog startovanja pogona nakon reagovanja zaštite.

Naponske prilike u pogonu su dobre i ne utiču negativno na rad pogona. Efektivne vrednosti napona, učestanost i THD faktor napona se nalaze u granicama koje propisuje standard IEC 61000.

Prilikom startovanja motora sa jako visokim pikovima struje, u kratkim vremenskim intervalima (reda veličine jedne periode) se javljaju velika izobličenja talasnog oblika struje kao posledica zasićenja magnetskog kola motora. Izobličenja nestaju čim opadne struja motora. Ova kratkotrajna izobličenja nisu opasna sama po sebi, već samo njihov uzrok.

Pri radu bez pomoćnog releja zakasneli start se tokom vremena javljao pri različitim opterećenjima (pri različitom broju slojeva na paleti), a nije otklonjen ni zamenom motora, iz čega se može zaključiti da uzrok nije ni u samom motoru.

Iz svega priloženog donet je zaključak da je smetnja mehaničke prirode i da je neophodno izvršiti detaljnu defektažu mehaničkih sklopova pogona stola sistema za paletiranje.

#### **5. ZAKLJUČAK**

U radu je prikazana analiza rada industrijskog elektromotornog pogona korišćenjem metodologije propisane standardima o kvalitetu električne energije. Primenom savremenog analizatora kvaliteta električne energije na osnovu merenja uz detaljno posmatranje rada samog pogona moguće je u potpunosti analizirati način rada pogona i ustanoviti eventualne probleme u njegovom radu.

#### **LITERATURA**

- [1] Power Quality Standard EN 50160:2000, "Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems", 2000
- [2] Harmonic Emission Standard IEC 61000-3-2
- [3] Harmonic Standard IEEE 519, Revision 1992

- [4] Chauvin Arnoux, “*Three Phase Power Quality Analyzer C.A 8334 User's Guide*”, France 2002

**Abstract:** In the paper the power quality analysis is presented. Analysis is carried out based on the results obtained from measurements in one electrical drive in Cement Industry Lafarge, Beočin. Results of analysis are used for solving the problem during the start of drive when very high currents are detected.

**Key words:** *analysis, measurement, electrical drive, power quality*

**ANALYSIS OF TRANSIENT REGIMES IN PALLETE ELECTRICAL DRIVE  
BASED ON POWER QUALITY PARAMETERS**

Vladimir Čuk, Aleksandar Nikolić