

**PREMOTAVANJE STATORSKOG NAMOTA TROFAZNOG
ASINHRONOG MOTORA**

**WINDING OF THE STATOR WINDING OF A THREE-PHASE
ASYNCHRONOUS MOTOR WINDING**

Stručni članak

Doc. dr. Hamza Šehović*

Anel Ikanović MA*

Damir Bajramović dipl.ing. elek.*

Sažetak

Asinhroni motori su postali dio svakodnevnice u našem životu. Ima ih raznih vrsta i oblika, a sreću se u svim mašinama koje služe za obradu materijala. Ti motori su u zadnje vrijeme uglavnom upravljani frekventnim regulatorima, odnosno elektronikama koje iz njih izvlače željene performance. Ne rijetko, gabariti ovih motora su smanjeni do krajnjih granica, iz razloga da bi se mogli uklopiti u zahtjeve mašina. Kao takvi podložni su i kvarovima, a vrlo često smo u situaciji da trebamo dosta vremena za njihovu nabavu i zamjenu. Ovo izaziva vrlo visoke troškove u proizvodnji, pa da bi se isti smanjili pribjegava se premotavanju asinhronih motora. U kontekstu ovog, cilj rada je bio da se ispita da li premotavanje, koje je urađeno po svim tehničkim principima, utiče na kvalitetu motora, odnosno da li će takav motor moći i dalje obavljati namjenjene funkcije. Glavna ideja je bilo tačno izračunati potrebni presjek žice i taj izračunati presjek žice zamijeniti sa dva druga presjeka žice koja su približna izračunatom. Zamjena je urađena iz razloga što se to najčešće dešava u centrima za premotavanje gdje nemaju izračunati presjek žice, već izračunati presjek zamjenjuju sa presjecima koje imaju na stanju. Nakon ovog smo izvršili snimanja opterećenja pojedinih dijelova motora pomoću termovizijske kamere i donijeli potrebne zaključke.

* Visoka škola „CEPS – Centar za poslovne studije“ Kiseljak, e-mail: hamza.sehovic@gmail.com

* Rudnici mrkog uglja “Banovići” d.d. , e-mail: anel.ikanovic@hotmail.com

* JU Mješovita srednja škola Banovići, e-mail: damir.bajramovic.2018@gmail.com

Ključne riječi: motor, statorski namot, utor, zavoj, jaram, pol

Abstract

Asynchronous motors have become part of everyday life. There are various types and shapes, and they are found in all machines that are used to process materials. Recently, these motors have been mainly controlled by frequency regulators, that is, electronics that extract the desired performance from them. Not infrequently, the dimensions of these engines are reduced to the extreme, for the reason that they could fit into the requirements of the machines. As such, they are subject to breakdowns, and very often we are in a situation where we need a lot of time to procure and replace them. This causes very high costs in production, so in order to reduce them, winding of asynchronous motors is resorted to. In this context, the goal of the work was to examine whether rewinding, which was done according to all technical principles, affects the quality of the motor, that is, whether such a motor will still be able to perform its intended functions. The main idea was to accurately calculate the required wire cross-section and replace that calculated wire cross-section with two other wire cross-sections that are close to the calculated wire cross-section. The replacement was made for the reason that this most often happens in rewinding centers where they do not have the calculated cross-section of the wire, but replace the calculated cross-section with the cross-sections they have on hand. After this, we recorded the loads of individual parts of the engine using a thermal imaging camera and made the necessary conclusions.

Keywords: motor, stator winding, slot, turn, yoke, pole, step, wire

1. UVOD

Dakle, cilj je ispitivanje izvršiti na konkretnom motoru, koji je bio na obradnoj mašini a koji je zbog kvara prestao da radi. U ovom slučaju su nam poznate karakteristike tog motora, ali nećemo mjeriti prečnik već korištene žice, već ćemo na osnovu tehničkih preporuka, dimenzija konkretnog motora i njegovih tehničkih karakteristika izračunati poprečni presjeka žice. Kao što je ranije napomenuto, tako izračunati presjek žice će se zamijeniti sa dva

druga presjeka žice. Dimenzije: širina, dubina, visina, duljina utora se lako mogu dobiti mjerenjem i kao takve će se koristiti za izračun potrebnih površina, koje su potrebne za pravilan izračun i reparaciju konkretnog motora. Nakon ovog će se izvršiti daljnja ispitivanja kvaliteta urađenog posla.

TABELA 1. OSNOVNE KARAKTERISTIKE MOTORA

<i>Snaga</i>	<i>Napon Uf</i>	<i>Spoj</i>	<i>Struja</i>	<i>Broj obrtaja</i>	<i>Proizvođač</i>	<i>Frekvencija f</i>
3.6 kW	400V	trokut	7.5A	2800 ob/min	Cukugoku El.com.Ltd	50 Hz

Na osnovu tehničkih preporuka, datih u sljedećoj tabeli II, mogu se izabrati zahtijevane vrijednosti indukcije u zračnom prostoru između statora i rotora na zubu jarma:

TABELA 2. POREĐENJE STARIJIH I NOVIJIH VERZIJA MOTORA [1]

<i>Broj polova</i>	<i>Starije verzija motora</i>	<i>Novije verzije motora</i>
2	0,6 – 0,7 T	0,75 – 0,85 T
4	0,65 – 0,75 T	0,8 – 0,9 T
6	0,65 – 0,75 T	0,8 – 0,9 T
8	0,7 – 0,8 T	0,8 – 0,9 T
10	0,7 – 0,8 T	0,8 – 0,9 T

U sljedećoj tabeli III su prikazane vrijednosti magnetne indukcije, koja se mora ostvariti u zubima i jarmu statora asinhronog motora:

TABELA 3. KARAKTERISTIKE NAMOTAJA STATORA ZA RAZLIČITE BROJEVE POLOVA [1]

<i>Broj polova</i>	<i>Jaram statora</i>	<i>Zubi statora</i>
2	1,6 – 2,1 T	1,0 – 1,6 T
4	1,5 – 2,0 T	1,2 – 1,7 T
6	1,5 – 1,9 T	1,3 – 1,7 T
8	1,5 – 1,9 T	1,3 – 1,7 T
10	1,5 – 1,9 T	1,3 – 1,7 T

I. PRORAČUN ŽICE

Iz podataka motora se vidi da motor ima dva pola i da u tom slučaju vrijednost indukcije u zračnom rasporu između zuba i statora treba da iznosi: $B_{zr} = 0.85 \text{ T}$. (Tabela: II)

Na osnovu odabrane vrijednosti i dimenzija unutar motora, lako se izračunava da je indukcija u zubu jednaka:

$$B_z = B_{zr} \times Q_p / Q_z = 0,85 \times 138 / 72,5 = 0,85 \times 1,9 \approx 1,6 \text{ T} \quad (1)$$

Površina zuba:

$$Q_p = \tau \times l_p = 12,56 \times 11 \approx 138 \text{ cm}^2 \quad (2)$$

Poprečni presjek zuba u motoru :

$$Q_z = (N \times b_z \times l_z) / 2p = (24 \times 0,61 \times 9,9) / 2 \approx 72,5 \text{ cm}^2 \quad (3)$$

Polni korak:

$$\tau = \pi \times D / 2p = 3,14 \times 8 / 2 = 12,56 \text{ cm} \quad (4)$$

Broj zuba kod našeg motora:

$$N = 24 \quad (5)$$

Indukcija u jarmu statora:

$$B_j = B_{zr} \times Q_p / (3.14 \times Q_j) = 0.85 \times 138 / (3.14 \times 17.82) = 117.356 \approx 2.09 \text{ T} \quad (6)$$

Presjek jarma statora:

$$Q_j = h_j \times l_z = 1.8 \times 9.9 = 17.82 \text{ cm}^2 \quad (7)$$

Na osnovu dobijenog vidimo da su izračunate vrijednosti usaglašene sa tehničkim preporukama datim u tabelama. U ovako ostvarenim uslovima može se izračunati magnetni tok između statora i para zubi jarma, a on iznosi:

$$\phi = B_{zr} \times Q_p \times 10^{-4} / 1.57 = 0.85 \times 138 \times 10^{-4} / 1.57 = 0.01173 / 1.57 \approx 0.00747 \text{ Wb} \quad (8)$$

Ovaj tok može da ostvari broj petlji, koji se dobije iz formule:

$$\omega' = 0.22 \times U_f \times a / (\phi \times f \times \epsilon) = 0.22 \times 400 \times 1 / (0.00747 \times 50 \times 0.925) \approx 254.71 \quad (9)$$

gdje su:

- a - visina vratića utora,
- $\epsilon = 0.925$ - faktor namota za konkretan motor, a dobije se iz tehničkih preporuka

Na osnovu gore dobijene vrijednosti određuje se broj vodiča u utoru, po sljedećoj formuli:

$$S_n' = 6 \times \omega' / N = 6 \times 254.71 / 24 = 63.67 \quad (10)$$

Broj vodiča mora biti cijeli broj, pa se usvaja da je broj vodiča u utoru jednak:

$$S_n = 64 \quad (11)$$

time se dobija da je stvarni broj petlji u fazi jednak:

$$\omega = S_u \times N / 6 = 64 \times 24 / 6 = 256 \quad (12)$$

Na osnovu dobijenih rezultata i veličine utora sada se može odrediti presjek žice, tako da vodiči stanu u utor našega motora:

$$q_v' = Q_u \times f_u / S_u = 204.34 \times 0.426 / 64 = 1.36 \text{ mm}^2 \quad (13)$$

gdje su:

- Q_u – poprečni presjek utora,
- $f_u = 0.426$ – faktor punjenja utora.

Za konkretni motor ovo je računski dobijen poprečni presjek žice koja treba da zadovolji uslove navedene u tehničkim preporukama. Ideja je bila da se dobijeni presjek zamijeni sa druga dva presjeka žice, ali koja će zadovoljavati tehničke norme i da se vidi kako ova promijena utiče na kvalitetu obavljenog posla. Pa zamijenimo dobijeni prečnik žice sa dva druga prečnika: 0, 85mm i 1, 0mm. Novi ekvivalentni prečnik će biti:

$$q_v = 1 \times 0.5675 + 1 \times 0.7854 = 1.3529 \text{ mm}^2 \quad (14)$$

A vrijednost odnosa dvaju prečnika je: $q_v / q_v' = 1.3529 / 1.36 = 0.995$
(15)

Dobijeni rezultat se nalazi unutar dozvoljenih granica 0, 98 – 1, 02 (Tehničke preporuke). Slijedeći opisani način rada dobili smo da je težina upotrebljenog bakra oko 10% veća od količine bakra koju bi upotrijebili da smo koristili jednu žicu, jedan prečnik. Otpornost faze 20°C je $\approx 2 \Omega$.

II. ISPITIVANJE I PROVJERA

Samo ispitivanje je izvedeno termovizijskom kamerom, tako što smo izvršili snimanje novog motora i snimke uporedili sa snimcima koje smo dobili snimanjem repariranog motora. Napomenimo da je reparacija motora izvedena korištenjem predložena dva presjeka.

Sa slika (Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3.) se vidi da postoje odstupanja temperatura unutar statorskog namota, ali su odstupanja mala tako da se mogu zanemariti (ispod 10%). Prilikom oprećivanja motora mjerene su i ostale karakteristike motora, tako da se ustanovilo da je razlika unutar 1%, što se ne smatra negativnim faktorom. Samo da napomenemo da kod oba testirana motora temperature se ne približavaju dozvoljenoj granici od 150°C.

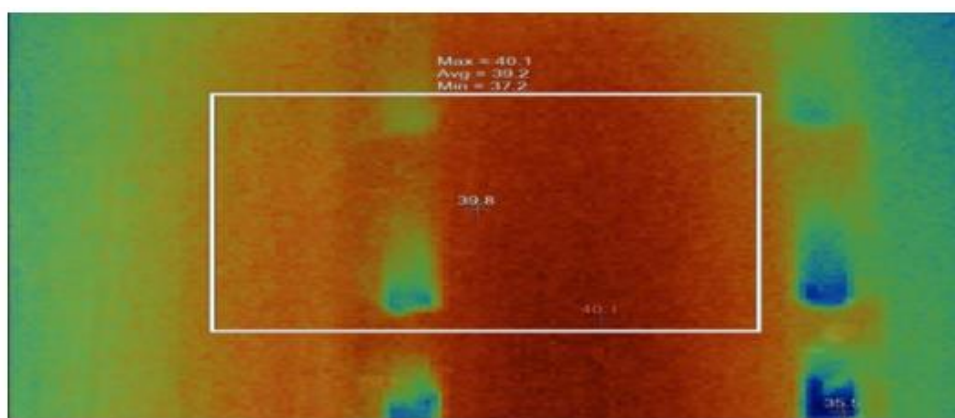


Fig. 1. Raspored temperatura kod nerepariranog motora, neopterećeno stanje. Izvor slike: autorski prikaz

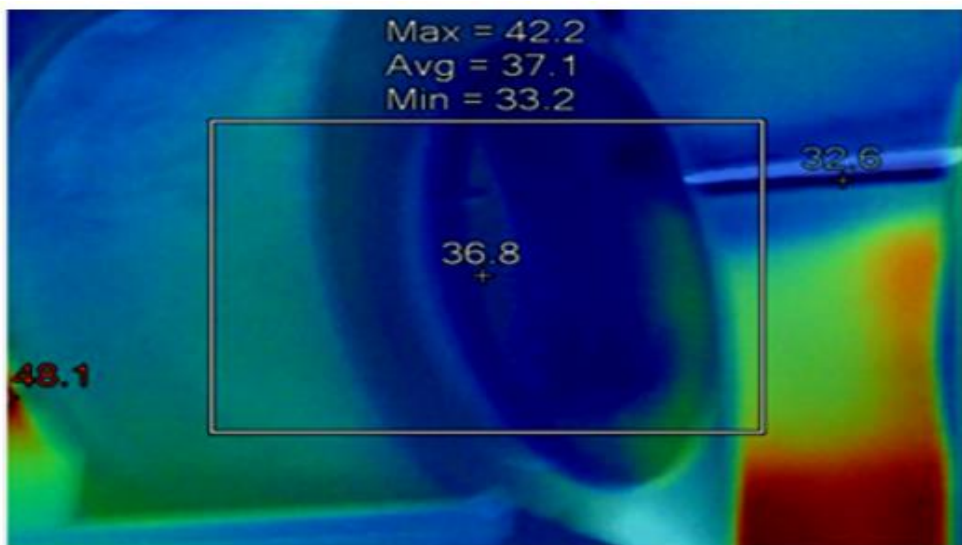


Fig. 2. Raspored temperatura u repariranom motoru, neopterećeno stanje. Izvor slike autorski

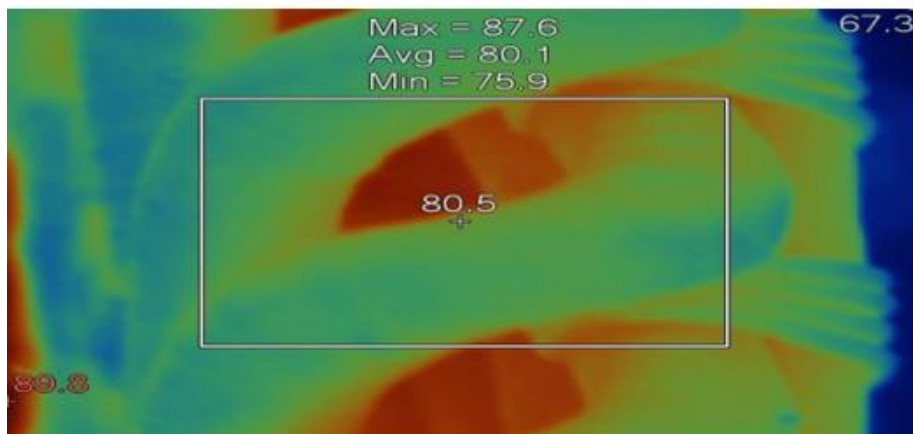


Fig. 3. Raspored temperatura repariranog motora u radu, opterećeno stanje.
' Izvor slike: autorski prikaz

2. ZAKLJUČAK

Na osnovu gore provedenog eksperimenta i dobijenih rezultata može se zaključiti da poštujući tehničke preporuke, može se izvršiti reparacija motora korištenjem kombinacije dva druga presjeka žice, a da se time ne promijene ili veoma malo promijene karakteristike motora. Ovaj reparirani motor je dao dobre rezultate i na obradnom centru gdje je vraćen nakon repariranja. Na ovaj način se može izvršiti reparacija bilo kog asinhronog motora, čime će se sigurno smanjiti troškovi proizvodnje, jer je vrijeme reparacije često dosta kraće od vremena nabavke novog motora. Obzirom da su karakteristike motora ostale u vrlo uskim granicama, ne treba naknadno podešavanje prateće elektronike niti zaštitnih sistema. Dakle dovoljno je samo instalirati reparirani motor i stroj će da radi, ako je razlog zaustavljanja bio motor.

LITERATURA

- [1] Srb, N., 1990. Tehnika namatanja asinhronih motora. Tehnička knjiga Zagreb
- [2] Srb, N., 1988. Smetnje i kvarovi u elektromotornim pogonima. EDZ
- [3] Srb, N., 1981. Tehnika namatanja asinhronih motora. Tehnička knjiga Zagreb
- [4] Petrović, V., 1970. Uput u proračun asinhronog motora. Naučna knjiga Beograd