

REGULISANI POGON RADNOG TOČKA BAGERA

J.Radaković, K. Plankoš, P. Miković, P. Cvejić*, N. Banjac*

ATB SEVER, Subotica, e-mail: jradakovic@sever.co.yu

*JP Površinski kopovi Kostolac, Kostolac, e-mail: direktorjp@pkkostolac.co.yu

Sadržaj: Na površinskom kopu Kostolac je jedan od električnih rotacionih bagera sa tipskom oznakom SRs 1300. Projektnim rešenjem pogona radnog točka je bio predviđen sledeći koncept: niskonaponski asinhroni kavezni motor snage 1100 kw; statički poluprovodnički pretvarač snage 1200 kw i napona 690 V i suvi transformator 1600 KVA 6/0,95/kV D/d/z; $u_k=6\%$. Bager je sagrađen i pušten u rad u decembru 2004. god. i od tad do danas se nalazi u eksploataciji. U radu su opisani detaljnije zahtevi za rad ovog pogona, elementi rešenja, kao i neka od dosadašnjih iskustava stečena u eksploataciji.

Ključne reči: bager, regulisani pogon, frekventni pretvarač (regulator), motor

1. UVOD

Tehnički podaci o bageru SRs – 1300

Projektnim zahtevima za bager sa rotacionim točkom SRs – 1300 je bilo predviđeno da isti od početka njegovog rada pa do kraja svog životnog veka, obuhvati mogućnosti kopanja jalovine i kopanja uglja. Glavni elektromotorni pogoni i njihove osnovne tehničke karakteristike za ovaj složeni tehnički sistem su:

- radni točak jednomotorni pogon 1100 kW,
- vožnja 3x2 gusenice; 6 motora 55 kW,
- kružno kretanje 2x55 kW,
- strela 2x90 kW,
- utovarna traka 2x200kW,
- međutraka 200 kW,
- istovarna trakea 200 kW.

Među napred nabrojanim pogonima, specifičnu ulogu ima pogon radnog točka. Ova specifičnost proizilazi iz različitosti tvrdoće materijala koji bager treba da otkopava (jalovina ili ugalj), a njoj se udovoljava uvođenjem funkcije regulacije za ovaj pogon.

2. OPIS POGONA RADNOG TOČKA

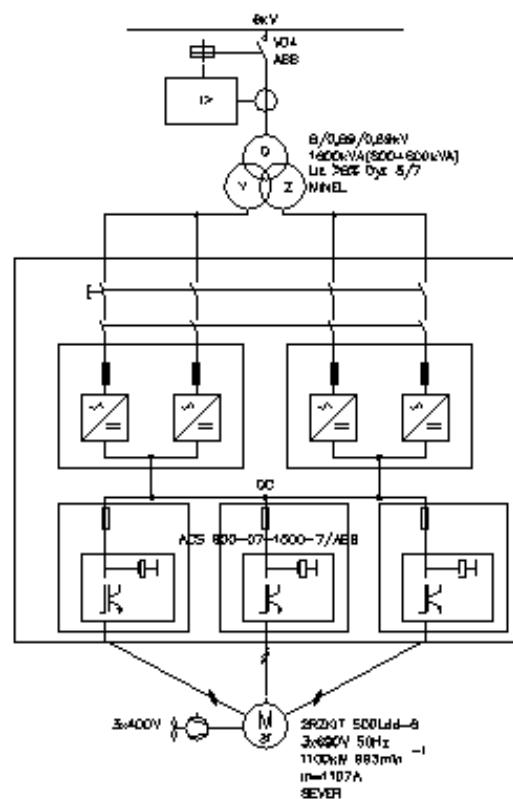
Pogonski sistem radnog točka ovog bagera je dimenzionisan u skladu sa sledećim zahtevima:

- prečnik radnog točka i broj kofica: 9 m i 21 kom
- brzina rezanja 2,76 m/s (3,37 m/s)

- nom /max. tangencijalna sila 260/340 kN
- nominalna snaga radnog točka 800 kW
- kapacitet kopanja 4200 m³/h
- visina kopanja 26 m
- dubina kopanja 5 m

Osnovnu elektro opremu za pogon radnog točka bagera čine: transformator, frekventni pretvarač i elektromotor.

Jednopolna šema ovog pogona je prikazana na sl. 1.



Sl. 1. Jednopolna šema pogona radnog točka

Projektno rešenje ovog pogonskog sistema kao i aplikativni softver realizovala je ekipa sa ETF – Beograd.

2.1. Transformator

Za ovaj pogon je predviđen suvi transformator. Primarni napon transformatora je 6 kV, a snaga ovog pogona je nametnula potrebu da sekundarni napon bude 0,69 kV. Iz razloga smanjenja valovitosti napona međukola frekventnog pretvarača, kao i smanjenja povratnog uticaja frekventnog pretvarača na mrežu definisan je zahtev po kojem je transformator izveden kao tronamotajni. Bitno je naglasiti da su snage i grupe namotaja transformatora takve da oba sekundara imaju jednake snage (2 x 800 kVA) i da je fazni stav između vektora napona jednog i drugog sekundara 30° (električnih). Napon kratkog spoja transformatora je prema definisanom zahtevu $U_k \geq 6\%$. Po vrednosti je veći nego što je uobičajeno za grupu energetskih transformatora, a to je sa ciljem obezbeđenja povoljnih komutacionih procesa koji se javljaju u radu frekventnog pretvarača. Za ovaj konkretan predmet transformator je iz proizvodnog programa MINEL-a.

2.2. Frekventni pretvarač

Struktura i izvedba frekventnog pretvarača koji je za ovaj pogon specifikovan kao proizvod firme ABB je sledeće tipske oznake ACS 800 – 07 – 1500 - 7. Sa svakog od sekundara transformatora je realizovan priključak na dve paralelno vezane diodno – ispravljачke grupe na čijim ulazima se nalaze mrežno komutacione prigušnice. Izlazi ovih grupa su međusobno vezani na sabirnice jednosmernog međukola. Na te sabirnice je predviđeno priključenje tri invertorska modula koji su realizovani sa IGBT prekidačkim elementima. Izlazi sva tri invertorska modula se u smislu paralelnog vezivanja spajaju u priključnoj kutiji motora. Ova modularnost obezbeđuje funkcionalnost pogona i u slučaju eventualnog ispada jednog modula iz rada, ali uz odgovarajuće podešavanje redukcije raspoložive snage.

Osnovne tehničke karakteristike frekventnog pretvarača:

- nazivna i maksimalna struja $I_n / I_{max} = 1258 / 1874$ A (vreme za I_{max} je 180 sek.),
- nazivni napon 690 V,
- poseduje mogućnost za prigradnju FIELD BUS modula,
- poseduje mogućnost za prigradnju komunikacionog modula za vezu sa I / O proširenje; frekventni pretvarači (paralelan rad više regulatora) i PC uređaji,
- poseduje EMC i du / dt filter,
- korisnički uređaj za programiranje
- poseduje mali PLC uređaj koji obezbeđuje realizaciju petnaest logičkih funkcija,
- poseduje mogućnost za prigradnju modula koji podržava elektro – dinamičko kočenje.

2.3. Elektromotor

Ulazni zahtevi za projektovanje ovog motora su zasnovani na pretpostavci napajanja istog iz industrijske mreže i stvarnog napajanja iz frekventnog pretvarača. U varijanti napajanja iz industrijske mreže osnovni podaci

motora su: $P_n = 1100$ kW; $U_n = 690$ V; $I_n = 1094$ A; $n_n = 994$ min⁻¹; $\cos \varphi = 0,87$; $\eta_n = 96,7\%$; $M_m / M_n = 2,6$

Za slučaj napajanja ovog istog motora iz frekventnog pretvarača podaci motora na frekvencijama 50 i 30 Hz su dati u tabeli 1.

Tabela 1. Podaci motora za 50 i 30 Hz

f (Hz)	P _n (kW)	U _n (V)	I _n (A)	n _n (min ⁻¹)	cos φ	η %	M _m / M _n
50	900	690	891	995	0,85	96,1	3,4
30	540	414	897	595	0,85	95,4	3,2

Motor je realizovan kao asinhroni kavezni sa spregom statorskog namotaja – trougao. Njegovo hlađenje je vazdušno sa sopstvenim ventilatorom (oznaka hlađenja prema standardu je IC 411).

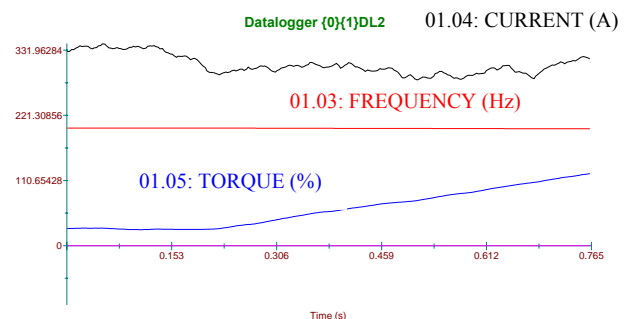
Isolacioni sistem namotaja je u klasi F. U cilju zaštite motora od pregrevanja u isti su ugrađeni termički senzori tipa Pt – 100. Zahvaljujući izabranom tipu frekventnog pretvarača (ACS800 – 07 – 1500 – 7) kao i njegovom modu upravljanja (DTC), motor je realizovan bez prigradenog davača brzine, odnosno pozicije. Ovaj motor je iz proizvodnog programa ATB SEVER.

3. NEKI REZULTATI MERENJA O RADU POGONA

Od puštanja bagera u rad pa do danas, isti se nalazi u režimu otkopavanja jalovine. Struktura tla koje se otkopava je rastresita što predstavlja relativno nizak nivo opterećenja za rad radnog točka, a to se može videti na sl. 3. Za dobijanje niže prikazanih izmerenih rezultata korišćene su komunikacione mogućnosti frekventnog pretvarača i softverski paket za PC (Drive Ware), koji nudi ABB.

Na sl. 2 se vidi da je vreme uspostavljanja stacionarnog stanja relativno kratko i da je ovaj proces relativno stabilan, a na sl. 4 se vidi prelaz rada radnog točka iz zahvata kopanja u rad u praznom hodu, pri čemu su promene brzine i napona u međukolu, kao posledično izazavane rasterećenjem, zanemarljive.

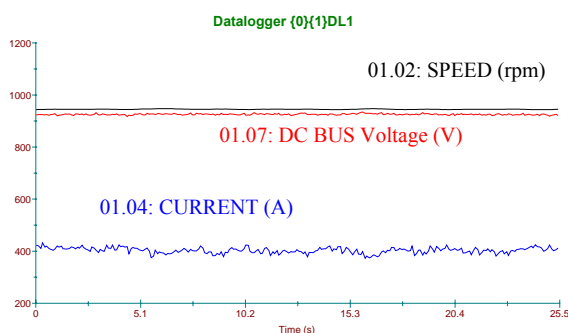
01.04: CURRENT (A) 1.00 *x + 0.00 Triged by interval 3mS
01.03: FREQUENCY (Hz) 4.00 *x + 0.00
01.05: TORQUE (%) 10.00 *x + 0.00



Sl. 2 Početak kopanja / za t = 0.5 s

01.04: $I_m = 284$ A
01.03: $f = 49$ Hz
01.05: $M = 8\% M_n$ (690 Nm)

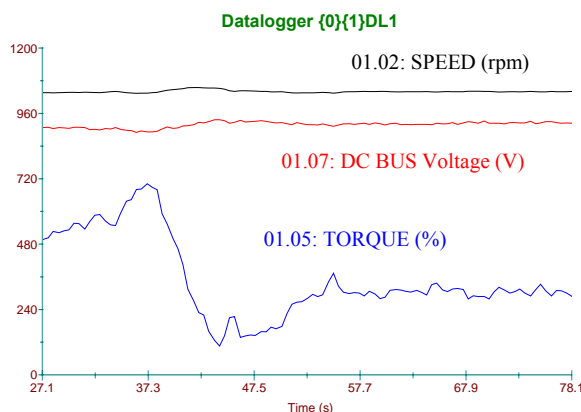
01.07: DC BUS Voltage (V) 1.00 *x + 0.00 Triged by interval 100 mS
 01.02: SPEED (rpm) 1.00 *x + 0.00
 01.04: CURRENT (A) 1.00 *x + 0.00



Sl. 3 Stationarno stanje / za $t = 10$ s

01.07: $U_d = 925$ V
 01.02: $n = 945$ min⁻¹
 01.04: $I_m = 408$ A

01.02: SPEED (rpm) 1.10 *x + 0.00 Triged by interval 500mS
 01.07: DC BUS Voltage (V) 1.00 *x + 0.00
 01.05: TORQUE (%) 10.00 *x + 0.00



Sl. 4 Prelazno stanje / za $t = 37; 43$ s

01.02: $n = 940; 956$ min⁻¹
 01.07: $U_d = 890; 938$ V
 01.05: $M = 70\%; 10\% M_n$
 (6050; 860 Nm)

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu do sada realizovanih regulisanih elektromotornih pogona naizmenične struje u privredi Srbije i Crne Gore, zaključuje se da je pogon radnog točka, opisan u ovom radu specifičan po sledećem:

- snaga regulisanog pogona 1 MW
- nazivni napon 690 V
- vrsta motora – trofazni asinhroni kavezni

Predmetno rešenje, kako pogonskog sistema, komponentata (motor i transformator) i aplikativnog softvera projektovani su timovi domaćih stručnjaka. Za realizaciju ovog projekta osim domaćih komponentata bitan element predstavlja i frekventni pretvarač, koji je za ovaj pogon nabavljen iz inostranstva.

Dosadašnja iskustva u radu ovog pogona predstavljaju osnovu za verifikaciju opisanog rešenja.

5. LITERATURA

- [1]. ABB, *Users manual ACS 800*, Tehn. dokumentacija
- [2]. ABB, *Firmware manual ACS 800*, Tehn. dokument.
- [3]. ATB SEVER, *AC motori*, Tehnička dokumentacija
- [4]. MINEL, *Transformatori*, Tehnička dokumentacija
- [5]. TAKRAF, *Bager SRs-1300*, Tehnička dokumentacija

ADJUSTABLE SPEED DRIVE FOR EXCAVATOR CAPSTAN

Abstract: On open mine of Kostolac there is one electric rotational excavator type SRs 1300. Project solution of drive working wheel was anticipated the following concept: low-voltage asynchronous squirrel-cage motor power range 1100 kW, semiconductor power converter power range 1200 kw and voltage 690 V and dry transformer 1600 KVA 6/0,95/kV D/d/z; $u_k=6\%$. Excavator was built and commissioned in december 2004. and up to now it is in exploitation. This paper elaborates in detail requests for working, the elements of solutions, as well as the existing experience got in exploitation.

Key words: excavator, adjustable speed drive, semiconductor power converter, motor