



DALJINSKI NADZOR I UPRAVLJANJE REGULISANIM POGONOM SISTEMA TRAČNIH TRANSPORTERA

**Borislav Jeftenić, Milan Bebić, Leposava Ristić, Dragan Jevtić,
Ilija Mihailović, Neša Rašić, Saša Štatkić**
Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu

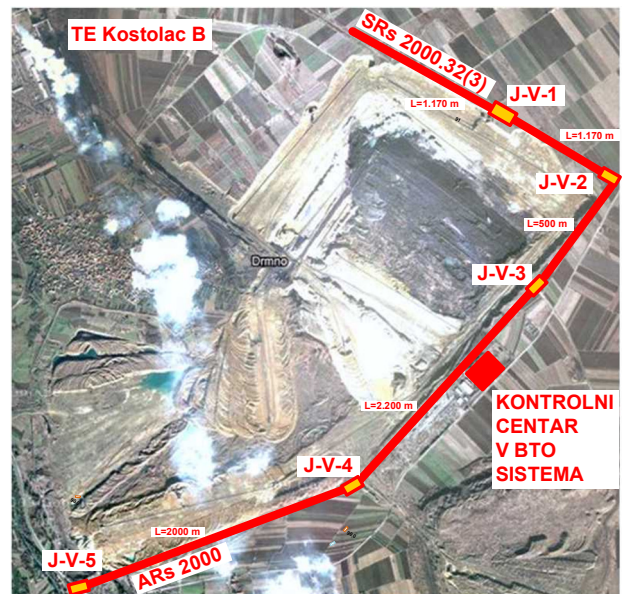
Sadržaj: *Transport materijala na površinskim kopovima uglja vrši sistemom tračnih transportera, koji ove količine materijala prenose na razdaljine i po nekoliko kilometara. Zbog potreba za neprekidnim radom sistema, sa maksimalnim vremenskim i kapacitivnim iskorišćenjem, u toku projektovanja novog V BTO sistema na površinskom kopu „Drmno”, odlučeno je da se koristi sistem daljinskog nadzora i upravljanja. Sistem upravljanja i nadzora, koji je ovde predstavljen, je modularnog tipa. Poboljšana dijagnostika svih modula, dostupna u kontrolnom centru omogućuje kratko trajanje zastoja prouzrokovano otkazima opreme, a servis se na licu mesta obavlja jednostavnim i brzom zamenom modula. U radu je prikazano jedno rešenje daljinskog upravljanja sistemom tračnih transportera, primenjeno u praksi na površinskom kopu. Ovo rešenje predstavlja pionirski poduhvat na površinskim kopovima u našoj zemlji.*

Ključne reči: SCADA, kontrolni centar, nadzor, upravljanje, tračni transporter

1. UVOD

Tehnologija procesa vađenja uglja na površinskim kopovima uključuje kopanje velikih količina jalovine u cilju otkrivanja ugljenog sloja i njen transport na odlagalište a zatim kopanje uglja i njegov transport do drobilane ili utovarnih mesta u zavisnosti od organizacije samog površinskog kopa. U oba slučaja, transport materijala se vrši sistemom tračnih transportera, koji ove količine materijala prenose na razdaljine i po nekoliko kilometara. Za kopanje se uvek koriste bageri koji mogu biti različitih kapaciteta i konstrukcija, a vrsta postrojenja na kraju sistema je određena zavisno od toga da li se radi o BTO sistemu (Bager Traka Odlagač), BTD sistemu (Bager Traka Drobilana) ili BTU sistemu (Bager Traka Utovarno mesto). Bager i odlagač su fizički odvojene mašine u odnosu na sistem tračnih transportera ali su funkcionalno integrisane sa sistemom čineći složen tehnološki lanac [1]. Zajednička karakteritika svih pomenutih sistema je potreba za neprekidnim radom, 24h dnevno, 365 dana godišnje. Na površinskom kopu „Drmno” realizovan je novi V BTO sistem, koji se sastoji od bagera SRs2000, odlagača ARs2000 i sistema

od pet tračnih transportera maksimalne dužine 2,5 km po transporteru, sa regulisanim pogonima snage 4x1,2 MW na svakom transporteru, a u čije su projektovanje, nadzor i puštanje u rad, kako elektro, tako i upravljačkog dela, bili uključeni autori ovog rada. Dispozicija BTO sistema sa označenim dužinama tračnih transportera nakon puštanja sistema u rad, septembra 2009. godine, prikazana je na slici 1.



Sl. 1. Dispozicija V BTO sistema na površinskom kopu Drmno, nakon puštanja sistema u rad 2009. godine

2. OPIS UPRAVLJAČKOG SISTEMA

Zbog potreba za neprekidnim radom sistema, sa maksimalnim vremenskim i kapacitivnim iskorišćenjem, u toku projektovanja V BTO sistema odlučeno je da se koristi sistem daljinskog nadzora i upravljanja. Prema svetskim iskustvima u radu takvih sistema [2], daljinski nadzor i upravljanje povećavaju kapacitivno i vremensko iskorišćenje sistema. Oprema koja je korišćena i rešenja koja su primenjena, izabrani su sa ciljem da se smanje vremena polaska sistema i trajanja zastoja, kao i da se smanji njihova učestanost.

Monitoring rada sistema tračnih transporterera, kao i upravljanje, vrši se daljinski, iz kontrolnog centra, u kome su sve relevantne informacije za rad sistema trenutno dostupne kvalifikovanom osoblju. Na ovaj način se postiže brže dijagnosticiranje i otklanjanje kvarova, kao i za angažovanje manjeg broja zaposlenih, jer je moguć pristup svim procesnim veličinama od interesa, kao i stanju svih hardverskih komponenata u sistemu.

Kontrolni centar je smešten u upravnoj zgradi kopa i povezan je optičkim kablom sa njemu najbližim transporterom. Tračni transporteri su na međusobnoj udaljenosti od 500m do 2200m i njihove trase su iskorišćene za postavljanje optičkih kablova, koji zajedno sa optičkim kablom iz centra i modularnim industrijskim svičevima čine Ethernet mrežu.

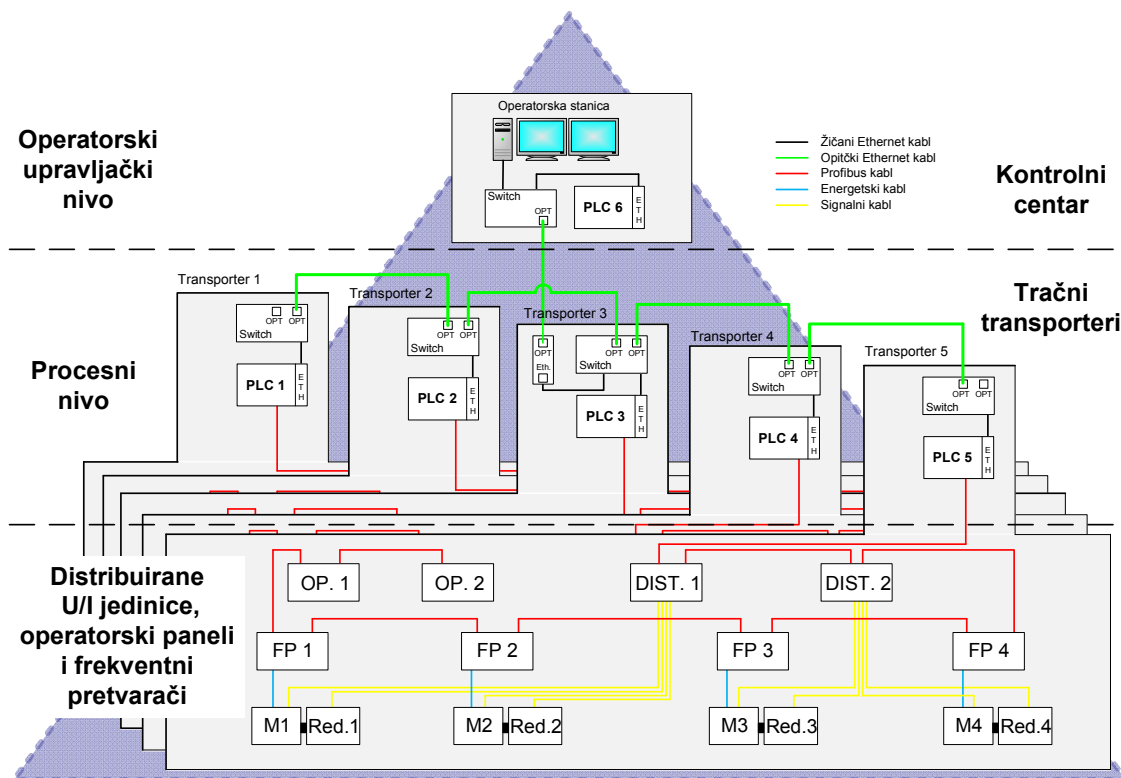
Sistem za upravljanje i sistem za daljinski (video) nadzor su funkcionalno odvojeni. U okviru sistema daljinskog nadzora ugrađene su i mrežne (IP) video kamere predviđene za snimanje svih tehnološki kritičnih mesta, koje je potrebno neprekidno nadgledati iz kontrolnog centra.

Sistem za upravljanje je konfigurisan u tri nivoa. Najviši nivo je kontrolni centar. Tu je smešten PLC koji obavlja funkcije zajedničke za sve tračne transportere u sistemu, kao što je kontrolisanje i prosleđivanje uslova za rad, sekvencijalno uključenje potrošača na tračnim transporterima, i prosleđivanje referentne brzine. Algoritam za optimizaciju popunjenosti traka će se nakon implementacije izvršavati na ovom PLC-u. U kontrolnom centru nalazi se i operatorska stanica, koja se sastoji od PC računara sa dva monitora visoke rezolucije i SCADA aplikacijom, koja omogućava nadzor i upravljanje sistemom. Grafički interfejs omogućava operatoru uvid u sve tehnološke parametre od interesa za pouzdan i bezbedan rad sistema.

Sledeći nivo u hijerarhijskoj strukturi upravljačkog sistema je procesni nivo, raspodeljen i prisutan na svim tračnim transporterima. Na ovom nivou, na svakom transporteru se vrši kontrola uslova rada, zaštita svih pogona i pod-sklopova, prikupljanje informacija sa senzora na transporteru, njihova obrada i prenos na viši nivo upravljanja i odlučivanja. Upravljanje brzinom i raspodelom opterećenja u višemotornom pogonu tračnog transporterera obezbeđeno je na ovom nivou, sa adekvatnom preciznošću i brzinom izvršavanja.

Treći nivo u hijerarhijskoj strukturi upravljačkog sistema čine frekventni pretvarači i ulazno-izlazne jedinice za obradu diskretnih (digitalnih) i kontinualnih (analognih) signala koji postoje na jednom tračnom transporteru. U diskretne signale ubrajamo potvrde svih kontaktora, prekidača i osigurača, tastera i sigurnosnih elemenata, graničnih prekidača. Analogne signale čine pre svega sila zatezanja trake, koja se mora održavati u određenom opsegu, temperature ulja i ležajeva svih reduktora glavnih pogona, kao i temperature namotaja i ležajeva motora. Pored nabrojanih veličina, sistem omogućuje praćenje 10 veličina iz svakog pogona (izdvajamo momenat opterećenja, struju i napon motora, napon jednosmernog kola i temperaturu hladnjaka frekventnog pretvarača), i veličine vezane za potrošnju svakog pojedinačnog transformatora (struju i napon na primarnoj strani, faktor snage i temperaturu namotaja). Senzor popunjenosti trake nalazi se na prvom transporteru u nizu. Analogni signal sa ovog senzora ima važnu ulogu u algoritmu za upravljanje brzinom sistema tračnih transporterera. [3].

Na slici 2. je prikazana struktura upravljačkog sistema sa prikazom sva tri nivoa upravljanja. Povezivanje nivoa upravljanja ostvareno je korišćenjem različitih komunikacionih protokola i načina povezivanja. Povezivanje operatorske stanice u



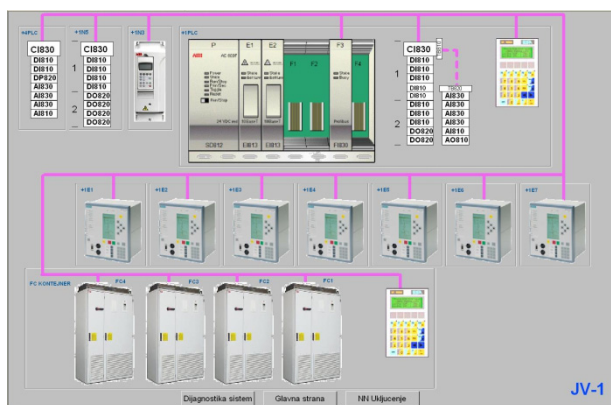
Sl. 2. Kontrolna piramida upravljačkog sistema V BTO sistema

kontrolnom centru, kao najvišeg nivoa i PLC-a tračnih transporterata kao srednjeg nivoa, ostvareno je korišćenjem Ethernet TCP/IP protokola preko optičkih kablova za prenos signala između lokacija na relativno velikoj udaljenosti (do 2,5 km). PLC na tračnom transporteru je sa sledećim nivoom upravljačkog sistema, ulazno–izlaznim modulima, operatorskim panelima i frekventnim pretvaračima povezan PROFIBUS komunikacionim protokolom, realizovanim pomoću bakarnih komunikacionih kablova, jer su dužine kablova između pojedinih elemenata sistema na ovom nivou relativno kratke (do 100 m). Na slici 2 se vide elementi distribuirane strukture upravljačkog sistema, kao i lokacije i raspored navedenih komunikacionih mreža.

3. DALJINSKO UPRAVLJANJE SISTEMOM TRAČNIH TRANSPORTERA

Sistem tračnih transporterata realizovan na površinskom kopu Drmno, je još u fazi projektovanja koncipiran tako da se ostvari rad sa daljinskim upravljanjem. Upravljanje svim elementima sistema je ostvareno pomoću odgovarajućih izlaza na distribuiranim modulima PLC-a, ili se kao u slučaju pogona transporta materijala i zatezanja trake koriste frekventni pretvarači kao aktuatori. Dijagnostika stanja svih zaštitnih elemenata u sistemu je obezbeđena pomoću zasebnih digitalnih ulaza, tako da se informacija o aktiviranju svakog zaštitnog elementa jednoznačno očitava u sistemu i praktično trenutno je dostupna na operatorskoj stanici.

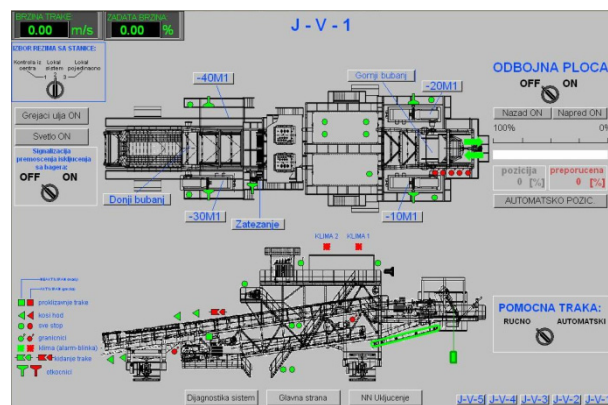
PLC moduli korišćeni za realizaciju ovog sistema imaju integrisanu dijagnostiku, kako pojedinačnih kanala, ulazno-izlaznih modula u celini, do komunikacionog (PROFIBUS) modema zajedničkog za grupu modula. Otkazivanje svake od navedenih komponenti signalizira se operatoru u vidu alarmne poruke. Ekran operatorske stanice sa prikazom dijagnostike svih elemenata upravljačkog sistema jednog tračnog transporterata povezanih PROFIBUS mrežom, prikazan je na slici 3. Na ekranu dijagnostike, element na kojem se javio problem bilo koje vrste trepće crveno, a operator može da dobije više informacija aktiviranjem tastera miša (klikanjem) na slici elementa.



Sl. 3. Dijagnostika svih elemenata upravljačkog sistema jednog tračnog transporterata.

Na svakom od pet tračnih transporterata nalazi se višemotorni pogon [4] transporta materijala sačinjen od četiri regulisana pogona sa kavezim asinhronim motorima napajanim iz frekventnih pretvarača industrijskog tipa [5]. Posebna pažnja je posvećena ravnomernoj raspodeli opterećenja između pojedinačnih pogona na tračnom transporteru [6]. U PLC-u je smešten regulator brzine koji dobija vrednost brzine pogona iz pretvarača, dok pretvarači rade sa direktnom kontrolom momenta. Zbog teških uslova rada i ostvarenja povećane pouzdanosti rada pogona, regulacija je izvedena bez upotrebe senzora brzine na vratilu motora.

Za rad regulisanog pogona tračnog transporterata – pokretanje gumene trake i prenos materijala, potrebna je kontrola brojnih uslova. Pored sigurnosnih pećurki raspoređenih na samom tračnom transporteru, korišćeni su i tasteri za zaustavljanje trake na tračnom transporteru, ali i duž čitave dužine trase transporterata. Graničnici iskošenja trake na povratnom bubnju i na tračnom transporteru, signali sa otkočnika glavnih pogona, kontrola temperature ulja u reduktorima, kontrola pregrevanja ležajeva, ispravno funkcionisanje rashladnog sistema za kontejner u kojem su smešteni frekventni pretvarači, i drugi, pored zadovoljenja uslova rada iz samog elektro postrojenja (zaštite svih strujnih krugova, prisustvo napajanja na frekventnim pretvaračima i dr.) kontrolišu se u upravljačkom sistemu na tračnom transporteru. Gubitak nekih od uslova izaziva različitu reakciju upravljačkog sistema – u određenim slučajevima potrebno je trenutno isključenje pogona tračnog transporterata, i svih transporterata pre njega, kao i bagera, koji je na samom početku tehnološkog lanca otkopavanja i transporta materijala. Sa druge strane, postoje i uslovi kod kojih je moguće dozvoliti rad tračnog transporterata još određeno vreme, tako da se uz pravilnu signalizaciju neki od uslova mogu ponovo obezbediti (intervencijom službe održavanja) u toku tog dozvoljenog vremena. Jedan od ekrana sa grafičkim prikazom uslova za rad tračnog transporterata prikazan je na slici 4.



Sl. 4. Sveobuhvatni pregled pogona i senzora na jednom tračnom transporteru.

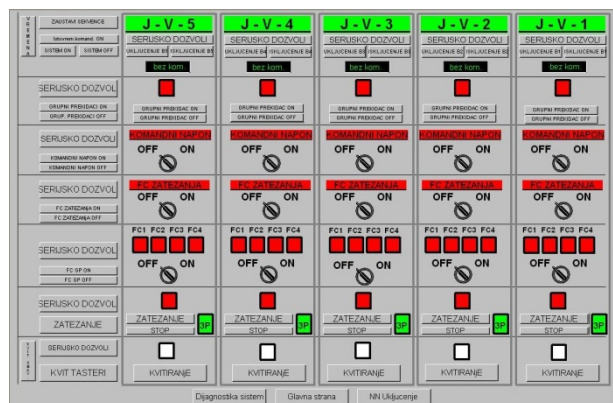
Operatorski paneli su postavljeni na svakom tračnom transporteru da bi se omogućilo upravljanje i praćenje sistema u lokalu. Takođe, preko njih se dobija uvid u stanje svih pogona, funkcija i zaštita

upravljačkog sistema. Na ovaj način je dijagnostika kvarova moguća i na samom tračnom transporteru.

Uključenje transformatorskih ćelija za tro-namotajne transformatore za napajanje frekventnih pretvarača, ispravljača frekventnih pretvarača i ostalih niskonaponskih potrošača neophodnih za sam rad transportera, odnosno transport materijala može se vršiti lokalno i daljinski. Izbor mesta upravljanja vrši se ključ prekidačem na samom transporteru. U slučaju servisnih intervencija službe održavanja, obezbeđenje od neželjenog daljinskog uključivanja postiže se okretanjem ključa u položaj „lokalno upravljanje“. U tom slučaju, upravljanje svim funkcijama transportera se vrši sa lokalnog mesta upravljanja, postavljenog u elektro sali. Svi pogoni se mogu uključivati i isključivati ravnopravno i sa lokalnog i sa daljinskog mesta upravljanja, u zavisnosti od položaja ključ prekidača. Vraćanjem ključ prekidača na položaj „daljinsko upravljanje“, mesto upravljanja se premešta na operatorsku stanicu u kontrolnom centru.

Za startovanje sistema posle pauze u radu, potrebno je uključiti ispravljače svih frekventnih pretvarača na svim tračnim transporterima u sistemu, komandne napone na svim transporterima, kao i niskonaponski prekidač pomoćnih pogona (sopstvene potrošnje) transportera, pretvarač pogona zatezanja trake, a zatim, pre polaska i dotegnuti traku na svakom transporteru u sistemu. Ovaj skup operacija zahtevao bi izvesno vreme da se sprovede ručno, uz veliku mogućnost pojave greške operatora koji vrši toliki broj sekvencijalnih radnji. Mogućnost automatizacije ovog postupka nametnula se kao rešenje, ne samo zbog potrebe da se rukovaocima sistema olakša posao, već i zbog toga što se na taj način može ostvariti značajno skraćivanje vremena potrebnog za postizanje pogonske spremnosti transportera. Na osnovu iskustava autora sa površinskih kopova u Srbiji, ali i u svetu, na ovaj način se može postići povećanje vremenskog iskorišćenja sistema tračnih transportera od 2 – 5%.

Izgled ekrana operatorske stanice na kojem su prikazane komande za automatsko sekvencijalno uključivanje frekventnih pretvarača i niskonaponskih potrošača potrebnih za dovođenje sistema tračnih transportera u stanje spremno za rad je prikazan na slici 5.



Sl. 5. Daljinska kontrola uključivanja frekventnih pretvarača i nisko-naponskih potrošača – zajednička strana za sve transportere u sistemu

Primena regulisanih pogona na tračnim transporterima omogućila je regulisanje brzine pogona transporta materijala po kriterijumu optimalne popunjenosti trake, čime se povećava energetska efikasnost postrojenja. Kako je momenat tračnih transportera približno konstantan, (ne menja se mnogo u funkciji brzine) rad sa smanjenom brzinom trake dovodi do smanjenja trenutne aktivne snage pogona. U PLC-u koji se nalazi u kontrolnom centru, predviđen je i nadređeni regulator brzine sistema, koji prosleđuje odgovarajuću referentnu brzinu svakom PLC-u na tračnim transporterima u sistemu.

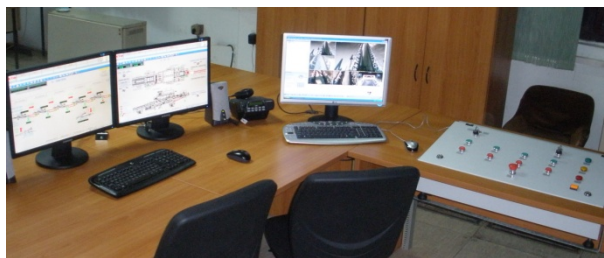
4. OSTVARENI REZULTATI

Projekat izgradnje V BTO sistema na površinskom kopu „Drmno“ je ušao u završnu fazu realizacije tokom 2009. godine. Nakon realizacije svih pet transportera sa regulisanim pogonom 4x1,2 MW, stekli su se uslovi za puštanje u rad sistema za daljinski nadzor i upravljanje. Postavljeni su optički kablovi, razvijeni softver za daljinski nadzor i upravljanje je pušten u rad i detaljno testiran.

Izgled jednog tračnog transportera nakon puštanja BTO sistema u rad prikazan je na slici 6.



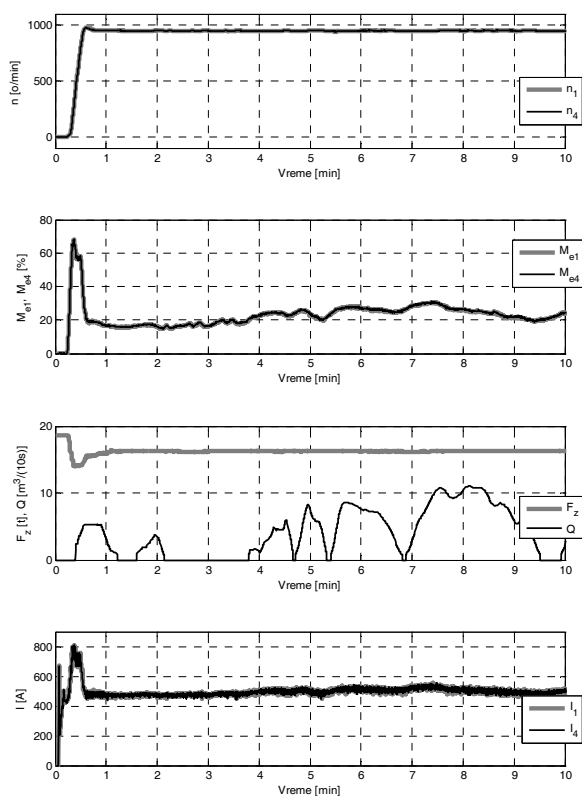
Sl. 6. Izgled jednog realizovanog tračnog transportera sa regulisanim pogonom 4x1,2 MW u sklopu V BTO sistema



Sl. 7. Izgled operatorske stanice u kontrolnom centru

Na slici 7 prikazan je izgled operatorske stanice smeštene u kontrolnom centru. Na levoj strani slike mogu se videti dva monitora visoke rezolucije koji prikazuju pregledni ekran celog sistema (na krajnje levom monitoru) i pregled senzora jednog tračnog transportera (monitor u sredini). Na trecem monitoru (desnom) prati se rad sistema putem mrežnih (IP) video kamera, postavljenih na svakom transporteru. Krajnje desno na slici 7 može se uočiti pult upravljanja sistema tračnih transportera, na kojem se pored tastera i signalnih lampi nalaze i sigurnosna pečurka (sve-stop) i ključ prekidač za zaključavanje komandi na pultu. Računar na kojem se izvršava upravljačko nadzorni softver je standardni PC računar sa grafičkom karticom sposobnom za prikaz na dva monitora u isto vreme.

Pored upravljačkih funkcija koje su realizovane, sistem za daljinski nadzor i upravljanje ima mogućnost snimanja podataka o radu i stanju tračnih transportera u dugom vremenskom periodu. Kao ilustracija ove funkcije može poslužiti snimak prelaznog procesa pokretanja i opterećivanja etažnog tračnog transportera, prikazan na slici 8. Nakon pokretanja transportera na konstantnu referentnu brzinu, 900 o/min, vršeno je postepeno punjenje trake (bager je počeo sa otkopavanjem) što se može videti na dijagramu momenata pogona M_1 i M_4 . Trenutna popunjenost trake (Q) prikazana je na slici 7 zajedno sa dijagramom sile zatezanja u traci. Na donjem dijagramu slike 7 su prikazane struje motora I_1 i I_4 . Debljina linije pojedinih grafika je podešena tako da se može uočiti dobro slaganje, praktično poklapanje vrednosti momenata, struja i brzina u toku snimljenog perioda. U višemotornom pogonu kakav je pogon tračnog transportera, pravilna raspodela momenata opterećenja između pojedinih pogona u svim uslovima je osnovni preduslov ispravnog i energetski efikasnog rada.



Sl. 8. Prikaz izabranih veličina pri pokretanju transportera i radu pri promenljivoj opterećenju pogona transporta materijala

5. ZAKLJUČAK

Sistem upravljanja i nadzora, koji je predstavljen u radu, modularnog je tipa. Mogućnost dijagnostike svih modula i elemenata sistema iz kontrolnog centra omogućava kratko trajanje zastoja prouzrokovano otkazima opreme, a servis se na licu mesta obavlja jednostavnim i brzom zamenom modula. Unifikacijom opreme postiže se da je potrebno skladištiti relativno mali broj rezervnih delova u magacinu, što je sve češći zahtev u savremenom načinu poslovanja.

Automatizovano i centralizovano puštanje sistema u rad obezbeđuje da vreme pripreme sistema za rad nakon zastoja traje kraće nego u slučaju sistema sa rukovaocima na tračnim transporterima. Mogućnost praćenja i snimanja velikog broja signala iz sistema tračnih transportera na operatorskoj stanici u kontrolnom centru, i analiza tih signala omogućuju preventivno otkrivanje mogućih problema iz domena mašinskog održavanja.

Prikazano rešenje daljinskog nadzora i upravljanja sistemom tračnih transportera, primenjeno je u praksi na površinskom kopu „Drmno“. Ovo rešenje predstavlja pionirski poduhvat na površinskim kopovima u našoj zemlji, i pruža mogućnosti koje nadmašuju malobrojna slična rešenja primenjena u svetu.

6. LITERATURA

- [1] B.Kolonja, D.Ignjatović, B.Jeftenić, „The application of frequency converters for the regulation of belt conveyor drives in surface mining“, International journal „Transport & Logistics“, Number 5, Dec. 2003.
- [2] Dr. Werner Daus, S. Körber, N. Becker, „Raw Coal Loading and Belt Conveyor System at the Nochten Opencast Mine“, translated from Braunkohle Surface Mining 50, No.2 March/April 1998.
- [3] B. Jeftenić, L. Ristić, M. Bebić, S.Štatkić, N. Rašić, , D. Jevtić, M. Gvozdenović, „Razvoj algoritma za regulaciju brzine sistema tračnih transportera“, XV Međunarodni simpozijum Energetska elektronika – Ee 2009
- [4] B. Jeftenić, M. Bebić, „Controlled Multi – Motor Drives“, The International Symposium SPEEDAM 2006, Taormina, Italy
- [5] ABB DTC Tehnical Guide Book
- [6] B. Jeftenić, M. Bebić, M. Gvozdenović, N. Rašić, L. Ristić, D. Jevtić, P. Lučić, D. Slavković, „Load Equalization for High-Power Induction Motors by Speed Control in Limited Range“, The International Symposium SPEEDAM 2008, Ischia, Italy

REMOTE SUPERVISION AND CONTROL OF THE TRACK TRANSPORTER SYSTEM DRIVE

Abstract: Transport of raw material on open pit mines is performed with the system of belt conveyors, transporting large quantities of material over the distances several kilometers long. Due to existing demand for continuous operation of the system, with maximal time and capacitive utilization, it was decided during the design phase of new 5th ECS system on OPM „Drmno“, to implement the system for remote supervision and control. The control and supervision system presented is modular, as it is the necessity for this kind of technological systems. Improved diagnostics of all modules, accessible in the control center, enables short stoppages caused by equipment malfunctions, and service performed on site, with the simple and fast module replacement. The paper presents one solution of remote control and supervision for the system of belt conveyors, implemented on open pit mine. The application represents the pioneering achievement on open pit mines in Serbia.

Key words: SCADA, Control Unit, Supervision, Control, Track Transporter