

Naj Ištvan
SEVER, IRC ERA-Subotica

UPRAVLJANJE I REGULACIJA RADA ROTO BAGERA
POMOĆU MIKRORAČUNARA
MICROCOMPUTER REGULATION AND CONTROL OF
BUCKET-WHEEL EXCAVATORS

Sadržaj

U cilju obezbedjenja dobre geometrije otkopavanja i maksimalnog iskorišćenja snage i kapaciteta roto bagera za ključne pogone, kao što su kružno kretanje, vožnja, dizanje strele i pogon radnog točka sve se više primenjuju regulisani pogoni koji su međusobno sinhronizovani pomoću mikroračunara.

U radu je opisan upravljački sistem koji podržava plansku eksploataciju površinskog kopa. Upravljački sistem je realizovan na bazi mikroračunara koji vrši merenje i upravlja pogonima za podešavanje geometrijskih koordinata kretanja bagera. Maksimalno iskorišćenje kapaciteta bagera u pogledu volumena i ugrađene snage pogona radnog točka takodje se podržava ovim upravljačkim sistemom.

Abstract

In order to provide excavation geometry, maximal power utilization and capacity of bucket-wheel excavators, for their main drives such as rotation drive, travel, winning conveyor lifting and bucket wheel drive, microcomputer aided mutually synchronized drives are being used more and more.

This article describes a control system in open cast minings for planned exploitation. The control system is realized through a microcomputer performing measurement and control operations on drives for geometric coordinate adjustment for bucket-wheel excavator travel. The maximal utilization of bucket-wheel excavator with regard to bucket-wheel volume and built in power of the bucket-wheel are also controlled with this control system.

1. Uvod

Ugalj namenjen termoelektranama danas se pretežno dobija sa površinskih kopova. Za površinsku eksploataciju uglja, karakteristična je vrlo velika masa otkopnog materijala (uglja i jalovine) te se zahteva kontinualan rad otkopavanja, transporta i odlaganja. Najčešće primenjena tehnologija površinske eksploatacije uglja je BTO-sistem (bager-transporter-odlagač). Bager sa rotacionim kopačem vrši otkopavanje i pretovarivanje uglja ili jalovine direktno ili preko samohodne pretovarne trake na stabilne trake BTO sistema. Putem stabilno postavljenog transportnog sistema ugalj se doprema do drobilane i deponije termoelektrane a jalovina se transportuje do odlagača koji vrši trajno odlaganje jalovine na mesta

gde je završena eksploatacija uglja.

Otvaranje i eksploatacija površinskog kopa se vrši po unapred utvrđenim planovima maksimalno vodeći računa o visokom procentu iskorišćenja rezervi uglja i stabilno postavljenih transportnih postrojenja. Planska eksploatacija uglja direktno nameće tehnologiju rada bagera po tačno utvrđenom algoritmu. Upravljački i pogonski sistem bagera mora se koncipirati tako, da maksimalno podržava tehnologiju koju nameće planska eksploatacija uglja.

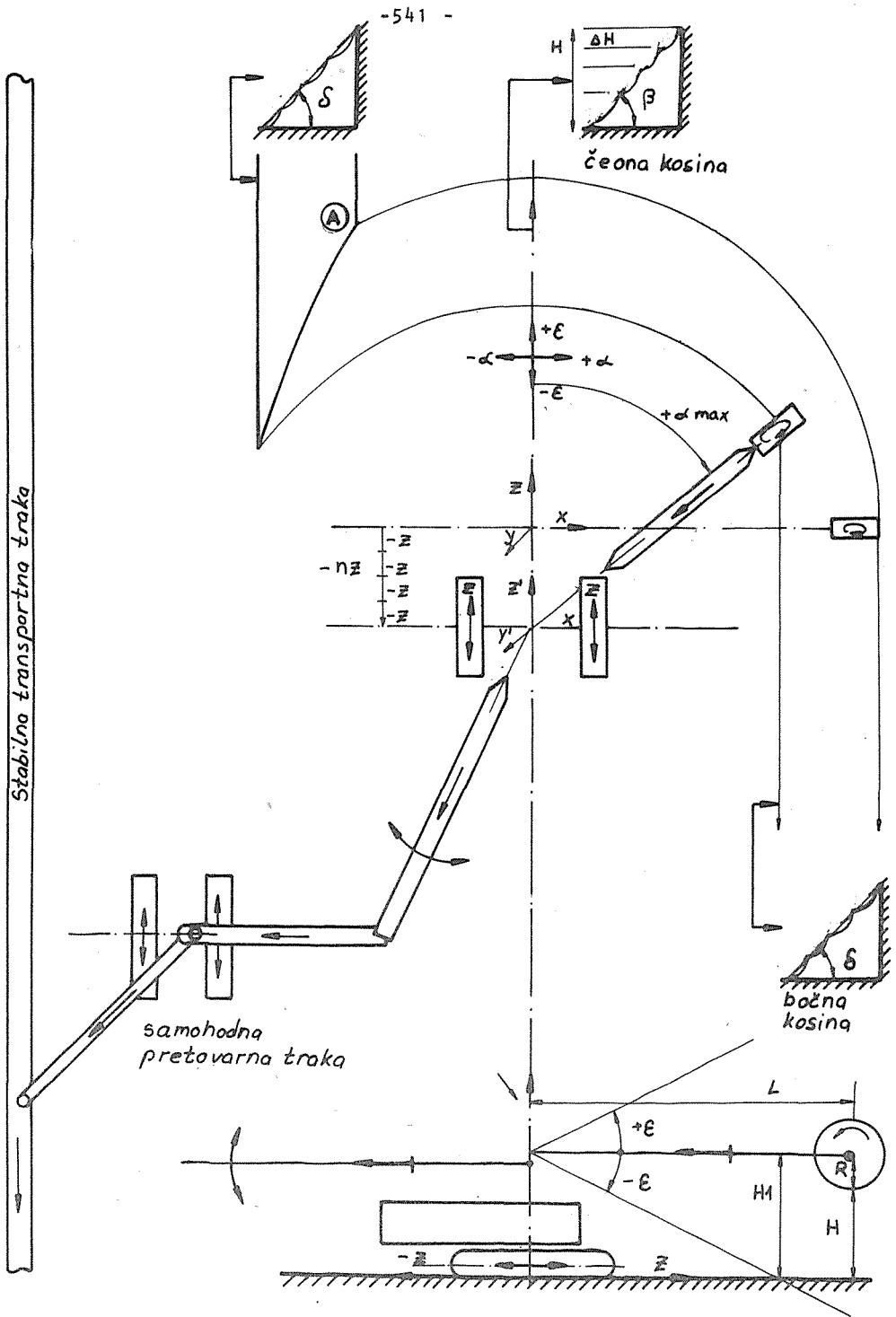
2. Definisanje algoritma upravljanja na bazi tehnoloških zahteva

Rad bagera u planskoj eksploataciji površinskog kopa u sklopu BTO sistema predstavljen je na slici 1. Stabilna transportna traka se postavlja paralelno sa linijom eksploatacije, to jest, sa linijom napredovanja bagera. Kinematika bagera je tako konstruisana da omogućava kretanje kompletnog bagera u horizontalnoj ravni putem pogona vožnje, nadalje dizanja strele radnog točka i okretanje gornje gradnje bagera u odnosu na donju gradnju oko vertikalne ose y putem pogona dizanja i pogona kružnog kretanja.

Parametri koji definišu geometriju kopanja i kretanja bagera su sledeći:

- α - azimut, ugao između horizontalne ose donje i gornje gradnje bagera
- ϵ - elevacija, ugao između horizontalne ravni kretanja bagera i strele radnog točka
- H - visina strele radnog točka
- v - brzina kružnog kretanja
- ΔH - visina etaže
- n - broj etaža
- l - broj prolaza u jednoj etaži
- Δz - dubina rezanja u jednom prolazu
- $-z$ - korak bagera unazad, pri prelazu na nižu etažu
- β - čeonu kosinu
- δ - bočnu kosinu
- γ - uzdužno iskošenje bagera
- ξ - poprečno iskošenje bagera

Rad bagera po planskoj eksploataciji počinje postavljanjem



slika 1: Kinematska šema rada bagera

o opterećenosti motora se uzima na bazi njegove struje što preko regulatora za ograničenje snage deluje na referentnu brzinu pogona kružnog kretanja.

- c) Održavanje konstantne čeone i bočne kosine kopanja

Čeona i bočna kosina pri kopanju se ostavlja radi sprečavanja obrušavanja terena.

Na održavanje čeone kosine se utiče korekcijom koraka unazad pri prelazu na nižu etažu prema matematičkoj formuli:

$$-Z = k \Delta Z + f(\Delta H, \beta, \epsilon) \quad (2)$$

Bočna kosina kopanja se reguliše putem smanjenja ugla azimuta. Ako se uzima da za gornju etažu krajnji ugao elevacije $\alpha = \alpha_{nmax}$, a bočna kosina δ se želi držati na konstantnoj vrednosti, pri prelasku na nižu etažu, krajnji ugao azimuta se mora redukovati prema formuli:

$$\alpha_{(n-1)max} = \alpha_{nmax} + f(\delta, \Delta H, H_i, -Z) \quad (3)$$

- d) Vodoravno skidanje sloja nulte etaže

Vodoravno skidanje sloja nulte etaže po liniji trase vrlo je važno radi obezbedjenja rada bagera bez iskošenja. Veliki bageri sa rotacionim kopačem su po pravilu snabdeveni s uređajem za merenje iskošenja. Meradž iskošenja razdvaja ugao uzdužnog i bočnog iskošenja i vrši pretvaranje merene veličine u električni signal. Informacija o uglovima iskošenja pored signalizacije može da služi i za korekciju stvarne visine radnog točka.

Visina radnog točka od referentne horizontalne ravni može se izraziti funkcijom:

$$H = (\pm L \sin \epsilon) + H_1 - R + \Delta W_H + f(\gamma, \xi) \quad (4)$$

gde je $(\pm L \sin \epsilon + H_1 - R)$ visina radnog točka od sopstvene ravni a ΔW_H korekcija visine bagera u odnosu na nultu kotu.

3. Opis sistema mikroračunarskog upravljanja radom bagera

Merni i upravljački sistem bagera je tako koncipiran da pruža sve potrebne informacije rukovaocu za plansko vodjenje bagera. Stvarne i zadate veličine se obuhvataju mikroračunarskim sistemom preko odgovarajućih ulaznih modula. Ulazni signali se obradjuju po algoritmu koji proizilazi iz ekonomične tehnologije rada bagera i šalju u izlazne module računara. Pored prikazivanja na instrumentima izlazni signali računara se upotrebljavaju i po zatvorenim povratnim spregama, za zadavanje brzine kružnog kretanja, ograničenje ugla azimuta i elevacije i za ograničenje hoda bagera napred i nazad. Tako koncipirani sistem automatizacije se zove "podrška ili pomoć rukovaocu za optimalno vodjenje bagera". Potpuno automatsko vodjenje bagera se ne praktikuje s obzirom da realna konfiguracija terena nije sa čvrstom geometrijom.

3.1 Mikroračunarski sistem za merenje i obradu podataka

Na slici 2 predstavljena je mikroračunarska merno-upravljačka konfiguracija bagera.

Stvarni ugao azimuta (χ_α), elevacije (χ_ξ) i korak bagera (χ_z) se mere inkrementalnim enkoderima brojanjem impulsa. Za obradu podataka sa inkrementalnih davača korišćeni su hardverski brojači koji pored brojanja vrše i prepoznavanje smeru obrtanja i prekoračenje brojača.

Obrada podataka sa hardverskih brojača se vrši programski, a obradjeni rezultati se smeštaju u ulazne registre ${}^u\chi_\alpha$, ${}^u\chi_\xi$ i ${}^u\chi_z$. Za merenje ugla uzdužnog i poprečnog iskošenja bagera primenjen je specijalni davač s kojeg se preko analognih ulaznih modula računara prihvata signale i smešta u ulazne registre ${}^u\chi_\gamma$ i ${}^u\chi_\zeta$. Na sličan način se vrši i prihvatanje referentnih parametara planskog kopanja. Početnu referentnu brzinu W_{v0} zadaje rukovalac sa potencijometra ugrađenog u upravljačku sklopku pogona kružnog kretanja.

Referentni parametri:

- ΔW_H - korekcija visine bagera
- $W_{\Delta H}$ - željena visina etaže
- $W_{\Delta z}$ - željena dubina rezanja
- W_λ - željeni broj prolaza u jednoj etaži
- W_β - željena čeonu kosina
- W_δ - željena bočna kosina

se zadaju decimalno preko dip šaltera. Računar skaniranjem ulaza

prihvata informacije, pretvara u binarni kod i smešta u odgovarajuće ulazne registre.

Algoritam za obradu podataka direktno proizilazi iz opisane tehnologije kopanja (vidi tačku 2).

Brzina posmaka to jest, brzina motora kružnog kretanja se računa po obrascu(1). Ugao azimuta i stvarni korak bagera se računaju brojanjem impulsa a visina strele radnog točka se računa na osnovu izmerenih uglova prema obrascu(4). Operateru se nadalje signalizira broj etaže na kojoj se nalazi i broj aktuelnog prolaza u toj etaži. Izlazni signali $^I\alpha_{max}$, $^I\Delta H$, $^I\Delta Z$ i ^I-Z su binarnog karaktera i imaju sledeće značenje:

- $^I\alpha_{max}$ - postignut ugao azimuta koji odgovara bočnoj kosini prema obrascu(3)
- $^I\Delta H$ - postignuta sledeća etaža
- $^I\Delta Z$ - postignuta željena dubina rezanja
- ^I-Z - postignut korak bagera unazad koji odgovara čeočnoj kosini prema obrascu(2)

Ovi signali u automatskom radu bagera vrše zaustavljanje odgovarajućih pogona (kružnog kretanja, dizanja i vožnje). Ako je dati pogon izveden sa regulacijom broja obrtaja računar može da vrši i automatsku regulaciju pozicioniranja po datoj osi.

3.2 Upravljanje elektromotornim pogonima bagera

Standardna upravljačka logika bagera kao što su sledovi uključenja, isključenja, blokade i signalizacija izvedeni su na bazi programabilnog sekvencijalnog automata.

Pogon kružnog kretanja na roto bagerima po pravilu je uvek regulisan. Funkcionalna šema takvog jednog pogona predstavljena je na slici 3. Dva motora jednosmerne struje koji su mehanički spregnuti preko zupčastog venca napajaju se paralelno iz jednog tiristorskog regulisanog ispravljača. Tiristorski regulator je prilagodjen za potpuni četvorokvadrantni rad pogona. Ispravljački deo regulatora brzine je izveden u trofaznoj antiparalelnoj mosnoj spregi bez kružne struje. Osnovna regulacija je izvedena kaskadno sa podređenim adaptivnim strujnim regulatorom i nadređenim regulatorom brzine obrtanja motora. Referentna brzina motora W_v se zadaje iz računara po algoritmu volumenskog iskorišćenja bagera.

U cilju automatske zaštite bagera i motora radnog točka od preopterećenja, izvedeno je ograničenje brzine kružnog kretanja putem regulatora težine i nadređenog regulatora za ograničenje snage motora radnog točka.

Pogon vožnje kod bagera manjih kapaciteta izvodi se sa kliznokolutnim asinhronim motorima, a kod većih bagera motorima jednosmerne struje sa tiristorskom regulacijom. Pogon dizanja kod manjih bagera je hidraulički, a kod većih izveden je sa regulisanim pogonima. Ostali pogoni na bagerima po pravilu su sa konstantnim brojem obrtaja sem kod jako velikih bagera, gde se za pogon radnog točka primenjuje visokonaponski kliznokolutni motor regulisan sa podsinhronom tiristorskom kaskadom.

4. Zaključak

Primenom mikroracunarskog upravljanja i regulisanih pogona u značajnoj meri može da se poveća efikasnost rada bagera. Upravljački sistem pruža podršku rukovaocu za optimalno vodjenje bagera u pogledu pravilnog oblikovanja terena i u pogledu iskorišćenja raspoloživog volumenskog kapaciteta i snage pogonskog motora rotacionog kopača. Mikroracunarski sistem nadalje pruža mogućnost promene programa upravljanja, merenja i signalizacije što je naročito značajno pri puštanju u rad postrojenja.

5. Literatura

Tehničke podloge, uputstva i projekti od firmi:
AEG, KRUPP, SIEMENS-SR Nemačka,
SEVER-Subotica.