

MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE
UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
FACULTATEA DE INGINERIE MECANICĂ ȘI ELECTRICĂ
DEPARTAMENTUL DE INGINERIE MECANICĂ, INDUSTRIALĂ ȘI
TRANSPORTURI

TEZA DE DOCTORAT

**MODERNIZAREA SISTEMELOR DE COMANDĂ
A EXCAVATOARELOR CU ROTOR UTILIZATE
ÎN EXPLOATĂRILE LA ZI**

**THE MODERNIZATION OF BUCKET WHEEL
EXCAVATOR COMMAND SYSTEMS USED ÎN
OPEN PIT MINING**

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:
PROF.UNIV.DR.ING. NAN MARIN-SILVIU

DOCTORAND:
ING. DANDEA LIVIU-DAN

Petroșani
2014

CUPRINS

INTRODUCERE.....	5
CAPITOLUL I	
CONSIDERAȚII PRIVIND CONSTRUCȚIA ȘI FUNCȚIONAREA	
EXCAVATOARELOR CU ROTOR.....	7
1.1 Considerații generale	7
1.2 Extragerea mecanizată a lignitului din cariere.....	10
1.3 Prezentarea constructiv-funcțională a Excavatorului EsRC-1400-30/7X630.....	15
1.4 Concluzii	26
CAPITOLUL II	
STADIUL ACTUAL ȘI TENDINȚE ÎN MODERNIZAREA EXCAVATOARELOR CU	
ROTOR.....	28
2.1 Considerații generale	28
2.2 Tendințe în automatizarea elementelor componente ale unui sistem de extragere a	
lignitului.....	29
2.3 Studii de caz.....	35
2.4 Concluzii	51
CAPITOLUL III	
MODELAREA, SIMULAREA ȘI CERCETĂRI EXPERIMENTALE ÎN SITU	
ASUPRA SISTEMULUI DE CONDUCERE AUTOMATĂ A EXCAVATOARELOR	
CU ROTOR.....	53
3.1 Considerații generale	53
3.2 Schema sistemului de reglare a debitului de material excavat	53
3.5 Rezultatele simulării	66
3.9 Cercetări experimentale privind consumul specific de energie la dislocare.....	77
3.10 Concluzii	83
CAPITOLUL IV	
CERCETĂRI PRIVIND UTILIZAREA SISTEMELOR DE INSPECȚIE VIZUALĂ	
LA MODERNIZAREA EXCAVATOARELOR CU ROTOR.....	85
4.1 Considerații generale	85
4.2 Camerele de inspecție vizuală DVT	85
4.3 Descrierea modului de funcționare	93
4.4 Interfața software Intellect	105
4.5 Realizare practică.....	108
4.5.1 Conceperea sistemului de control a dinților cupelor de excavator	108
4.5.2 Conceperea unui sistem de calcul a poziției brațului excavatoarelor cu rotor	115
4.6 CONCLUZII	120
CAPITOLUL V	
CONCLUZII FINALE, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI DIRECȚII DE	
CERCETARE	122
5.1 Concluzii finale.....	122
5.2 Contribuții personale.....	126
5.3 Direcții de cercetare viitoare.....	126
BIBLIOGRAFIE.....	128
ANEXA 1	134

INTRODUCERE

Una din problemele principale ale creșterii eficienței mecanizării extragerii materialelor neomogene la modul general și a stratelor de lignit respectiv a rocilor sterile din descoperta acestora, în special o reprezintă modernizarea sistemului de tăiere-încărcare a excavatoarelor cu rotor, ținând seama de condițiile concrete de exploatare și de dotarea tehnică a carierelor.

Este cunoscut faptul că la extragerea cărbunelui brun și a lignitului, atât la noi în țară cât și pe plan mondial se utilizează liniile tehnologice în care utilajul conducător îl reprezintă excavatorul cu rotor (mai rar excavatorul cu lanț-portcupe).

În lucrarea de față s-au studiat și s-au soluționat o serie de probleme legate de modernizarea excavatoarelor cu rotor prin introducerea unor sisteme de automatizare moderne care să aibă la bază tehnologia informației în vederea creșterii performanțelor în exploatare la extragerea lignitului din carierele din Bazinul Olteniei.

1. CONSIDERAȚII PRIVIND CONSTRUCȚIA ȘI FUNCȚIONAREA EXCAVATOARELOR CU ROTOR

În cadrul carierelor de lignit din România excavatoarele cu rotor folosite sunt relativ mici (SRs 2000 cu o masă de 3200 t, EsRc 1400 cu o masă de 2050 t) față de excavatoarele de 7500-13000 t, care funcționează în carierele din Germania.

Excavatorul EsRc 1400-30/7×630 (fig. 1.1) se constituie în obiectul de studiu al prezentei teze de doctorat. În acest sens, în parte a capitoului sunt prezentate câteva date generale privind proveniența acestui tip de excavator. Sunt prezentate principalele subansambluri care intră în componența excavatorului cu rotor, respectiv sistemele: de deplasare pe șenile, de rotire, acționare a roții cu cupe, de ridicare, de acționare a cabinei de comandă, macaraua rotitoare de 10 t, sistemul de ridicare și de translație a căruciorului.

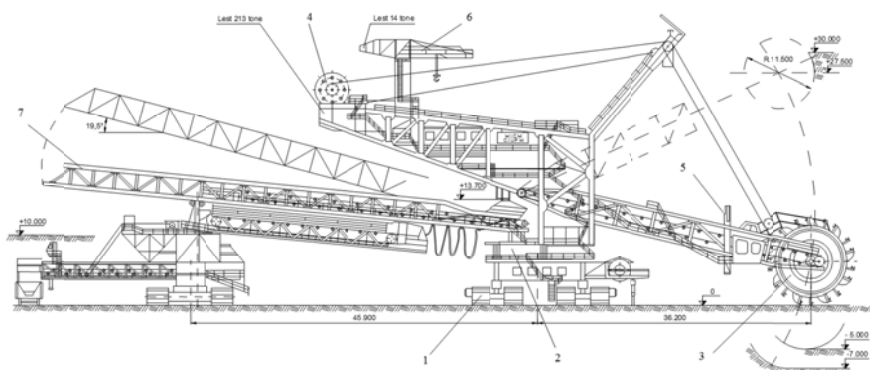


Fig. 1.1 Vedere generală a excavatorului EsRc-1400 30/7×630

Sunt prezentate soluțiile constructiv-funcționale pentru sistemele de tăiere-încărcare ale

excavatoarelor cu rotor EsRc 1400·30/7·630.

2. STADIUL ACTUAL ȘI TENDINȚE ÎN MODERNIZAREA EXCAVATOARELOR CU ROTOR

Modernizarea echipamentelor utilizate în mineritul de suprafață asigură dezvoltarea unor noi capacități cum ar fi: acționarea cu viteză variabilă a motoarelor electrice sau posibilitatea de a transmite date la distanță prin protocoale performante. Utilizarea receptorilor GPS a deschis calea obținerii în timp real a profilului topografic al carierei.

Principalele direcții de modernizare din punct de vedere electric și de automatizare ale excavatorului cu rotor sunt:

- utilizarea acționărilor cu viteză variabilă;
- sisteme integrate de control și automatizare;
- infrastructura de comunicații.

Avantajele majore ale utilizării echipamentelor și a conceptelor moderne de automatizare nu rezidă numai în faptul că au o fiabilitate mult mai bună ci mai ales în faptul că permit operații ce înainte erau greu de realizat. Integrarea tuturor utilajelor, comanda și controlul acestora de la dispeceratul central poate asigura până și obținerea unor calități controlate de cărbune prin utilizarea eficientă a datelor din modelul geologic al zăcămintului. Toate acestea pentru îndeplinirea dezideratului major actual: obținerea unei calități controlate a cărbunelui cu o productivitate maximă în condiții de costuri minime.

3. MODELAREA, SIMULAREA ȘI CERCETĂRI EXPERIMENTALE ÎN SITU ASUPRA SISTEMULUI DE CONDUCERE AUTOMATĂ A EXCAVATOARELOR CU ROTOR

Reglarea vitezei de tăiere, respectiv de pivotare în vederea obținerii unui debit excavat de material aproximativ constant, fapt ce conduce la menținerea puterii de acționare a utilajelor poziționate în aval la o valoare apropiată de cea nominală, reprezintă un domeniu în care în prezent pe plan mondial se fac ample cercetări.

Pentru analiza sistemului de reglare a debitului excavat există în literatura de specialitate metodologii de calcul bine structurate și care țin seama atât de caracteristicile constructiv-funcționale ale excavatorului cât și de tehnologia de extragere.

Simularea procesului ce urmează a fi automatizat se bazează pe relația de calcul a capacității momentane de excavare:

$$Q_{ma} = 3600 \cdot \frac{h_0}{2 \cdot \pi} \cdot (1 - \cos(\alpha_0)) \cdot \frac{v_p \cdot v_t}{n_c} \quad (1.1)$$

Schema de simulare a sistemului de reglare automată (SRA) a debitului excavat la excavatoarele cu rotor, conceput și propus a fi folosit, figura 3.1

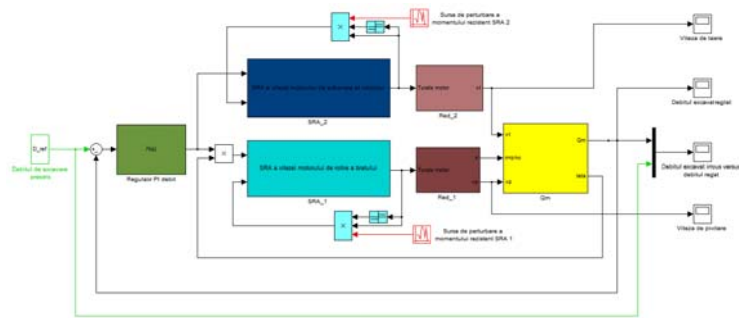


Fig. 3.1 Schema de simulare a SRA a debitului de cărbune excavat la excavatoarele cu rotor

În urma realizării procesului de simulare pentru reglarea debitului excavat s-au obținut diagramele de variație ale parametrilor reglați (respectiv viteza de tăiere, viteza de pivotare și debitul excavat), care oferă informații despre dinamica sistemului de reglare a procesului simulat. Pentru a se evidenția comportamentul sistemului, în blocul D_ref s-au considerat trei debite de referință: $1500\text{m}^3/\text{h}$, $2000\text{m}^3/\text{h}$ și $3100\text{m}^3/\text{h}$. Timpul de simulare a fost stabilit la 1000 secunde. În figura 3.2 se prezintă rezultatul simulării.

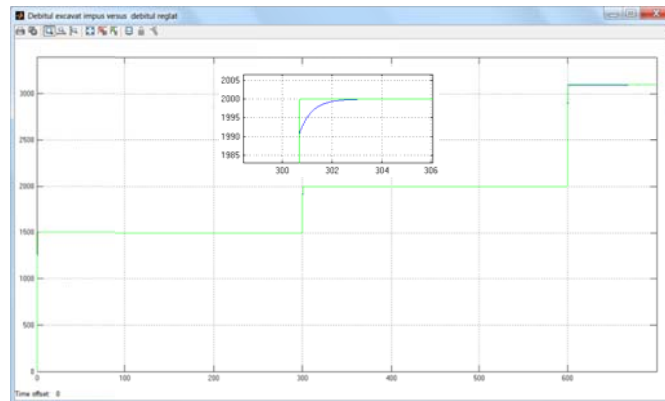


Fig. 3.2 Variația în timp a debitului prescris (verde) și a debitului reglat (albastru)

În partea a doua a capitolului s-au prezentat rezultatele măsurătorilor în situ a variației în timp a: curentului absorbit de motorul de acționare al rotorului, puterii active P , puterii reactive Q și factorului de putere $\cos\phi$. Cu aceste date s-a calculat consumul specific de energie la dislocare.

Comparând valorile rezultate în urma măsurătorilor efectuate în condiții reale cu valorile din metodologia prezentată, a rezultat faptul că: consumul specific de energie la dislocare este în medie de $0,368\text{ kWh}/\text{m}^3$ pentru o putere medie absorbită de către motorul de acționare de 292 kW în cazul măsurătorilor și valori mai mici cu maxim 6% în cazul condiției de funcționare la debit constant și putere absorbită apropiată de puterea nominală considerată în metodologia de calcul anterior prezentată.

4. CERCETĂRI PRIVIND UTILIZAREA SISTEMELOR DE INSPECȚIE VIZUALĂ LA MODERNIZAREA EXCAVATOARELOR CU ROTOR

În cadrul acestui capitol se analizează posibilitățile de utilizare a sistemelor de inspecție vizuală la modernizarea sistemelor de comandă a excavatoarelor cu rotor.

Metoda propusă în lucrare se consideră că reprezintă o modalitate precisă de determinare momentană a stării fizice a fiecărui dinte care echipează roata cu portcupe.

În acest sens sau stabilit instrumentele de măsurare, respectiv camera de verificare montată în imediata apropiere a rotorului portcupe. Această configurație transmite informația(fig. 4.1) privind starea dinților către perifericele montate în cabina operatorului uman.

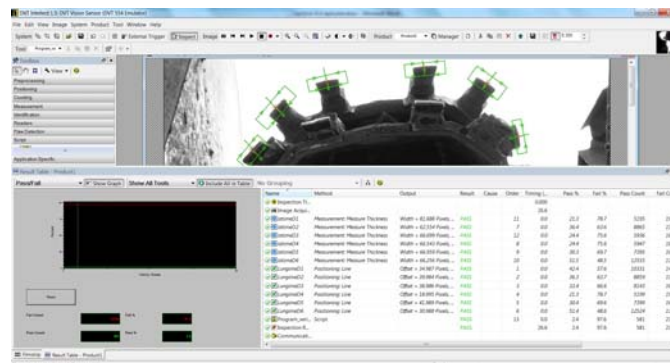


Fig. 4.1 Rezultatul verificării stării de uzură a dinților roților portcupe

Pentru perceperea informației s-a conceput un program care transpune valorile măsurate de instrumentele de măsură în valori inteligibile astfel încât se poate lua o decizie în privința activității de mentenanță.

În continuare se prezintă conceperea unui sistem de calcul a poziției brațului cu ajutorul camerelor de inspecție.

Metodologia propusă permite stabilirea poziției momentane pe verticală a brațului.

Pentru a cunoaște poziția momentană a brațului la deplasarea și pe orizontală este necesar să se aplice un factor de corecție determinat de ecuația de regresie impusă de metoda de măsurare, în principal de eroarea de paralax. Modelul matematic stabilit în programul de calcul a poziției brațului pe orizontală face corecția de perspectivă cu o precizie de $\pm 0,3\%$, ceea ce reprezintă o eroare de model care se consideră a fi nesemnificativă față de situația reală.

5. CONCLUZII FINALE, CONTRIBUȚII PERSONALE ȘI DIRECȚII DE CERCETARE

În acest capitol sunt prezentate concluziile finale, contribuțiile și direcțiile de cercetare.

În urma elaborării lucrării s-au desprins următoarele contribuții personale:

1. Determinarea relației de calcul, respectiv a funcției de transfer, în vederea obținerii debitului instantaneu de material excavat în funcție de necesitățile impuse de fluxul general al carierei.

2. Realizarea simulării sistemului de reglare automată a debitului la excavatoarele cu rotor.
3. Realizarea unor sisteme de reglare SRA1 și SRA2, sisteme de reglare vectorială cu orientare, după fluxul rotoric a vitezei motoarelor de inducție. Puterea motoarelor și viteza motoarelor fiind aleasă în conformitate cu caracteristicile tehnice ale excavatorului.
4. Acordarea parametrilor regulatorului PI (Proportional-Integrator) astfel încât sistemul de reglare să răspundă în mod optim.
5. Determinarea experimentală a consumului specific de energie la dislocarea materialelor cu ajutorul excavatorului EsRc 1400, măsurătorile fiind în concordanță cu rezultatele teoretice, rezultând o diferență de aproximativ 6%.
6. Studiul teoretic al posibilităților de utilizare a camerelor de inspecție digitale la modernizarea excavatoarelor cu rotor.
7. Implementare sistemului de inspecție pentru analiza stadiului de uzură a dinților, pe excavatorul cu rotor.
8. Stabilirea instrumentelor de măsurare a dimensiunilor dinților pe două axe.
9. Stabilirea intervalelor de referință care sunt în strictă interdependență cu valorile prescrise de literatura de specialitate din domeniu.
10. Conceperea unui program care calculează starea de uzură a fiecărui dinte în parte cu influențe benefice asupra stabilirii programului de mentenanță a sistemului de tăiere. Programul oferă date privind, media uzurilor cuțitelor pe ansamblul roții portcupe, ceea ce asigură o imagine de ansamblu asupra stării de uzură a dinților în corelație cu consumul de energie.
11. Utilizarea sistemului de inspecție cu camere pentru stabilirea poziției brațului excavatorului cu rotor.
12. Stabilirea modelului matematic privind corecția erorii de măsurare prin utilizarea camerelor de inspecție la măsurarea unghiului de pivotare.
13. Controlul planeității și înclinării suprafeței de vehiculare a excavatorului cu rotor.

Direcții de cercetare viitoare:

1. Extinderea conducerii automate a excavatoarelor cu rotor prin utilizarea camerelor video în lumină naturală și infraroșu.
2. Cercetări privind conceperea și realizarea unor sisteme de comandă și control a funcționării transportoarelor cu bandă în vederea creșterii gradului de utilizare.
3. Cercetări privind controlul automat al forței de întindere a benzii și a debitului transportat la transportoarele cu bandă.
4. Studiul arhitecturii sistemelor de dispecerizare în concordanță cu condițiile concrete a carierelor de lignit din Bazinul Olteniei.
5. Cercetări privind folosirea sistemului GPS pentru exploatarea eficientă a sistemelor de extragere în condițiile carierelor din Bazinul Olteniei.
6. Cercetări privind realizarea unui sistem integrat și de gestionare a intrărilor și ieșirilor în cadrul întreprinderilor miniere din Bazinul Olteniei.