

## REZUMAT

**Teza de doctorat „CERCETĂRI PRIVIND FUNCȚIONAREA SISTEMELOR HIDRAULICE PENTRU POMPAREA APELOR DIN EXPLOATĂRILE MINIERE ÎN VEDEREA ÎMBUNĂȚIRII EFICIENȚEI LOR ENERGETICE”,  
elaborată de ing. Rada Andrei Cristian, sub conducerea științifică a prof.univ.dr.ing. Florea Carmen**

## CUPRINS

<b>Cuprins.....</b>	<b>3</b>
<b>Lista prescurtărilor, lista figurilor, lista tabelelor .....</b>	<b>6</b>
<b>Introducere .....</b>	<b>13</b>
<b>I Motivația și obiectivele cercetării .....</b>	<b>19</b>
<b>II Situația actuală în domeniul energiei pompelor centrifugale, cadrul legislativ și normativ, pe plan internațional și național .....</b>	<b>23</b>
<b>III Parametrii hidraulici și energetici ai pompelor centrifugale .....</b>	<b>40</b>
<b>IV Eficiența energetică - beneficiile aduse de turația variabilă în circulația fluidelor .....</b>	<b>46</b>
<b>V Analiza energetică a sistemelor hidraulice pentru pomparea apelor din exploatarea miniere .....</b>	<b>57</b>
<b>VI Concluzii generale, contribuții personale, propuneri și direcții viitoare de cercetare .</b>	<b>103</b>
<b>Bibliografie .....</b>	<b>109</b>

În mediul industrial sunt întâlnite echipamente care necesită realizarea unor turații de antrenare variabile; de asemenea, există și echipamente pentru care posibilitatea asigurării acestor turații variabile conduce la îmbunătățirea condițiilor de funcționare sau la creșterea randamentului utilizării energiei. Explorând potențialul de economisire a energiei electrice, una din aplicațiile cu potențialul cel mai ridicat este în acționările pompelor.

Analizând componentele sistemului energetic industrial se observă că o pondere considerabilă în procesele din sistem, o au pompele. Acționările electrice ale instalațiilor de pompare utilizează circa 20% din energia electrică produsă într-o țară. În cazul exploatărilor miniere ponderea pompelor în balanța energetică ajunge la 35%. Această constatare a condus la căutarea de măsuri capabile să producă diminuarea energiei utilizate în acest domeniu.

Instalațiile de antrenare a fluidelor funcționează cu debit variabil în timp ce pompele, ventilatoarele, compresoarele sunt antrenate de motoare electrice care funcționează la turații constante. Reglarea debitului este asigurată de sisteme mecanice, hidraulice sau electromagnetice care disipă o mare parte a energiei mecanice furnizate de motor. Reducerea energiei utilizate care poate fi obținută prin folosirea unui variator electronic de turație se situează între 10 și 50%. De exemplu, dacă debitul trebuie redus cu 20%, un sistem de reglare clasic va pierde circa 50% din energia furnizată de motor.

O măsură cu potențial deosebit este utilizarea acționărilor cu turația variabilă, pentru reglarea debitelor. Pentru aceasta se folosesc motoarele asincrone și convertizoarele de frecvență. Ele sunt din ce în ce mai atractive din punct de vedere al prețului de cost, datorită scăderii continue a prețului componentelor electronice de putere.

Teza de doctorat se aliniază preocupărilor mondiale curente vizând domeniul energetic. Ea se focalizează asupra problemelor de operaționalizare a sustenabilității unui sistem de pompare a apei din lucrările miniere. În lucrare se prezintă situația actuală și reglementările sectoriale la nivel internațional, național și local, precum și problematica de interes. Aceasta este dezvoltată într-un demers de cercetare multidisciplinar. Demersul integrează abordări conceptual-metodologice și instrumente de bază din domeniul mașinilor, rețelelor hidraulice, energeticii instalațiilor industriale, managementului energetic în spiritul ISO 50001 și dezvoltării durabile. Nucleul tezei îl constituie sistemul energetic aferent unei instalații de pompare a apelor subterane din lucrările miniere. Lucrarea își propune identificarea, analiza componentelor majore a fluxurilor energetice și a performanțelor acestui sistem. Instrumentarul metodologic utilizat include în principal

două direcții. Prima constă în modalitățile de operaționalizare a exploatării durabile a sistemelor de pompare a apei. A doua componentă o constituie metodele de cuantificare a performanțelor sistemelor energetice (metode de analiză energetică/exergetică și economică). Pe aceste baze se diagnostichează starea actuală a sistemului. Astfel, sunt simulate regimuri de funcționare și se stabilesc zonele de exploatare corespunzătoare unui indicator de performanță acceptat pentru costul energetic, costul economic și costul ecologic. Prin aceasta se identifică măsuri/soluții de îmbunătățire în perspectivă, compatibile cu dezvoltarea durabilă.

Lucrarea conține șase capitole, precum și un capitol de referințe bibliografice utilizate în redactarea lucrării la care se adaugă introducerea; concluziile generale contribuțiile personale, propunerile și direcțiile viitoare de cercetare sunt cuprinse în capitolul 6.

În **Capitolul I** intitulat **Motivația și obiectivele cercetării** sunt precizate:

- obiectivul tezei;
- relevanța temei pentru dezvoltarea cunoașterii științifice;
- stadiul actual al activităților de îmbunătățire a eficienței energetice a sistemelor hidraulice pentru pomparea apelor din exploatarea miniere;
- domeniile de aplicare a pompelor.

Obiectivul tezei constă în abordarea și operaționalizarea sinergică a două concepte actuale în evoluția civilizației umane: conceptul de eficiență energetică și conceptul de dezvoltare durabilă.

Relevanța temei constă în cuantificarea în plan energetic, economic și ecologic a soluțiilor de reducere a consumului de energie la sistemele de pompare. Astfel se răspunde dezideratelor impuse pe plan european și național.

La ora actuală preocupările se referă la utilizarea motoarelor eficiente energetic în funcționarea agregatelor de pompare; de asemenea, la utilizarea acționărilor cu turație variabilă și la monitorizarea și controlul parametrilor funcționali - energetici implicați în funcționarea agregatelor de pompare.

**Capitolul II** intitulat **Situația actuală în domeniul energiei pompelor centrifugale, cadrul legislativ și normativ, pe plan internațional și național** prezintă contextul asigurării eficienței energetice a acestor pompe. Sunt incluse următoarele subiecte:

- situația actuală în domeniul energiei pompelor centrifugale, cadrul legislativ și normativ, pe plan internațional și național;
- integrarea eficienței energetice în întregul lanț valoric al energiei;
- eficiența în utilizarea industrială a energiei;
- legislația din România privind energia și eficiența energetică;
- reglementări europene referitoare la pompele centrifugale;
- ponderea pompelor în sistemele energetice industriale din România.

**Capitolul III** intitulat **Parametrii hidraulici și energetici ai pompelor centrifugale** are caracter documentar vizând: caracteristicile, procesele și regimurile de funcționare ale pompelor centrifugale din exploatarea miniere. Capitolul are rol de fundamentare analitică a prelucrării datelor rezultate din determinările experimentale.

**Capitolul IV** intitulat **Eficiența energetică: beneficiile aduse de turația variabilă în circulația fluidelor** este centrat pe soluțiile practice. Acestea vizează majorarea eficienței energetice la pompele centrifugale și la beneficiile aduse de turația variabilă în circulația fluidelor. Sunt prezentate o serie de cazuri practice însoțite de soluții și măsuri care trebuie adoptate.

**Capitolul V** intitulat **Analiza energetică a sistemelor hidraulice pentru pomparea apelor din exploatarea miniere**, include partea aplicativă a tezei făcându-se referire la:

- determinări experimentale și stabilirea, prin metoda regresiei, a ecuațiilor care guvernează procesele din agregatele de pompare;
- exemple de calcul pentru bilanțul energetic al pompelor centrifugale;
- elementele bilanțului energetic pentru pompa MECANEX SD – 100 – 80 de la exploatarea minieră Lonea;
- elementele bilanțului energetic real orar pentru pompa TNS 180 de la exploatarea minieră Livezeni;
- elementele bilanțului energetic pentru pompa JIU 160 –de la exploatarea minieră Livezeni;
- elementele bilanțului energetic pentru pompa KSM 180;
- elementele bilanțului energetic pentru pompa EPET 5,5 kW de la exploatarea minieră Livezeni;
- bilanțul energetic pentru pompa WARMAN 12-10 GAH la diferite încărcări și cuantificarea, în plan energetic;

- măsuri de reglare a debitului prin modificarea turației motorului de acționare;
- cuantificarea energetică a efectelor reglării debitului prin modificarea turației pompelor pe baza determinărilor efectuate la o pompă, înainte și după modernizare;
- evaluarea economică și energetică a rețelelor de evacuare a apelor din lucrările miniere;
- fundamentarea justificativă pentru modificarea ofertei de utilaje la SEAU (Stația de Epurare a Apelor Uzate) din incinta unei exploatare miniere.

**Capitolul VI este intitulat Concluzii generale, contribuții personale propuneri și direcții viitoare de cercetare.**

Utilizarea turației variabile a motorului de acționare pentru reglarea debitului refulat de pompă permite o reducere semnificativă a puterii necesare pe un anumit palier de sarcină zilnică. Este o soluție capabilă să majoreze eficiența energetică a pompelor centrifugale, utilizate la evacuarea apelor de mină.

Eliminarea vanelor de reglare a debitului maxim aduce cu sine cazul în care pompa este supradimensionată. Funcționarea pompei la turație redusă permite evitarea pierderilor de energie datorate de o vană de limitare a debitului.

Diminuarea zgomotului și a vibrațiilor se datorează utilizării unui variator de turație ce permite evitarea funcționării prelungite a pompei la o turație particulară, ce poate determina apariția rezonanțelor în conducte.

Pentru reducerea riscului „loviturii de berbec” și a cavitației, fenomene legate de variațiile rapide ale turației, se folosește pornirea progresivă lentă a pompei controlată de regulatoarele de turație.

Prin utilizarea regulatoarelor de turație se elimină motoarele ce au un randament mediu, motoarele cu două viteze sau dispozitivele de variație a turației ieșite din uz.

Variația turației permite funcționarea la randament maxim, crescând durata de viață a rulmenților și a îmbinărilor.

Durata de viață a rotoarelor este legată de viteza lor periferică astfel, reducerea turației va ameliora fiabilitatea.

**Contribuțiile personale** incluse în această lucrare le-am sintetizat astfel:

- am analizat documentația de sinteză în domeniul analitic și experimental referitor la sistemele de transport și distribuție a apei;

- am prezentat sintetic, pe baza observațiilor “in situ” corelate cu informațiile din literatura de specialitate, a avantajelor și dezavantajelor reglării turației pentru creșterea eficienței energetice a exploatării pompelor utilizate la EM Livezeni și EM Lonea.
- am efectuat măsurători experimentale vizând performanțele funcționale pentru tipurile de pompe utilizate pentru evacuarea apelor din exploatări miniere carbonifere;
- am realizat calculul performanțelor energetice cantitative și calitative, pe baza bilanțurilor energetice și a consumurilor specifice de energie, evidențiind nivelul eficienței energetice pentru pompele analizate în capitolul 5.
- am utilizat metoda regresiei pentru stabilirea unor ecuații care guvernează caracteristicile pompelor centrifugale explorate, utile pentru simularea diferitelor regimuri de funcționare întâlnite în exploatare și analizate în capitolul 5.
- am verificat practic avantajele și dezavantajele reglării debitului pompelor centrifugale prin variația turației motoarelor de acționare, cu precizarea plajei de eficiență energetică a acestei metode, situată în intervalul de încărcare 25% - 80%.
- am stabilit măsuri tehnico-organizatorice (MTO) pentru majorarea eficienței energetice a sistemelor de transport și distribuția a apei;
- am conceput o metodă grafică de determinare a performanțelor energetice (randament și consum specific de energie) comparative pentru electropompele centrifugale, utilă decidenților în adoptarea soluției optime de echipare a stațiilor de pompare.

Direcțiile viitoare de cercetare le-am sintetizat astfel:

- Pe baza soluțiilor tehnice din teză corelate cu studii referitoare la motoarele de acționare și la convertizoarele statice de frecvență, se poate stabili situația concretă în care metoda de reglare a debitului pompei se face prin variația turației motorului de acționare.
- Completarea și verificarea metodei practice de determinare a randamentului unui convertizor static de frecvență și a randamentului general al grupului de pompare. Acesta constă în convertor static de frecvență - motor asincron - turbopompă.
- Realizarea unui soft capabil să determine, pe baza achiziției datelor experimentale, componentele bilanțului energetic al grupului de pompare. Bilanțul este determinat pentru diferite regimuri de funcționare al grupului de pompare impuse de procesele tehnologice specifice.

Cele mai importante măsuri tehnice, rentabile din punct de vedere economic (timp de recuperare a investiției maxim 36 de luni), pentru majoritatea aplicațiilor industriale viitoare ale sistemelor hidraulice, sunt:

- perfecționarea motoarelor (motoare cu eficiență ridicată; motoare cu turație variabilă);
- perfecționarea pompelor;
- utilizarea sistemelor de monitorizare și control;
- reducerea pierderilor hidrodinamice;
- exploatare și mentenanță corecte (majorarea duratei de funcționare a pompelor, diminuarea numărului defectelor).