

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII
AL REPUBLICII MOLDOVA**

Universitatea Tehnică a Moldovei

Facultatea Energetică și Inginerie Electrică

Departamentul Energetică

Admis la susținere

Șef departament:

HLUSOV Viorica, conf. univ., dr.

„_____” _____ 2020

**Analiza comparativă a soluțiilor de valorificare
a aburului din priza industrială a turbinei
PT-80/100-130/13 la Sursa 1 din cadrul
S.A. Termoelectrica, mun. Chișinău**

Teză de master

Student:

**Sîrbu Iliia,
gr. EM-19M**

Conducători:

**Hlusev Viorica,
conf. univ., dr.**

**Tcaci Larisa,
lect. univ.**

Chișinău, 2020

ADNOTARE

Autor – SÎRBU Iliia. **Titlul** – *Analiza comparativă a soluțiilor de valorificare a aburului din priza industrială a turbinei pt-80/100-130/13 la sursa 1 din cadrul sa "termoelectrica", mun. Chișinău.*

Structura lucrării: lucrarea conține o introducere, patru capitole, concluzii, bibliografie din 5 titluri și 6 link-uri utilizate, 2 anexe, 78 pagini, 9 figuri, 23 tabele.

Cuvinte-cheie: eficiență energetică, consum de energie, măsuri de îmbunătățire a eficienței energetice, priză industrială, turbină, efect economic.

Problematica studiului: determinarea măsurilor ce țin de îmbunătățirea eficienței energetice a blocului energetic de la Sursa 1 a întreprinderii SA „Termoelectrica”.

Obiectivele studiului: valorificarea potențialului energetic al turbinei PT-80/100-130/13, prin prelevarea aburului din priza industrială .

Rezultate obținute: în urma studiului s-a demonstrat posibilitatea creșterii eficienței energetice prin prelevarea aburului din priza industrială a turbinei PT-80/100-130/13.

ABSTRACT

Author – SÎRBU Iliia. **Title** – *Comparative analysis of solutions for steam recovery from the industrial turbine outlet IIT-80 / 100-130 / 13 at Source 1 from JSC Termoelectrica.*

Thesis structure: The paper comprises an introduction, four chapters, conclusions, 5 references and 6 links used, 2 annexes, 78 pages, 9 figures, 23 tables.

Keywords: energy efficiency, energy consumption, energy efficiency improvement measures, industrial outlet, turbine, economic effect.

Study issues: determining the measures related to the improvement of the energy efficiency of the energy block from Source 1 of the enterprise JSC "Termoelectrica".

The study's objectives: capitalizing on the energy potential of the PT-80 / 100-130 / 13 turbine, by taking steam from the industrial outlet. .

Result obtained: Following the study, the possibility of increasing energy efficiency by sampling steam from the industrial outlet of the PT-80 / 100-130 / 13 turbine was demonstrated.

CUPRINS

	Pag.
INTRODUCERE	9
1. INFORMAȚII PRIVIND ECHIPAMENTELE ȘI REGIMURILE DE FUNCȚIONARE LA SURSA Nr. 1	11
1.1. Utilajul termoeenergetic instalat la întreprindere. Caracteristicile de bază	11
1.1.1. Cazanul TGM 96-B	11
1.1.2. Turbina PT 80/100-130/13	12
1.1.3. Utilajul auxiliar	16
1.2. Producerea și consumul de energie termică și electrică	17
1.2.1. Bilanțul energetic al cazanului.....	17
1.2.2. Bilanțul energetic al turbinei	20
1.2.3. Variația energiei pe durata anului	21
1.3. Regimurile de bază privind funcționarea sursei Nr. 1	22
1.3.1. Cerințe generale	22
1.3.2. Regimul în condensatie	23
1.3.3. Regimul cu prelevarea aburului industrial, încălzire și servicii proprii	23
1.3.4. Regimul de lucru după curba de sarcină termică	24
1.4. Actualitatea temei de studiu	24
1.4.1. Importanța temei abordate.....	24
1.4.2. Descrierea situației în domeniul de cercetare a tezei.....	24
2. SOLUȚII DE VALORIFICARE A ABURULUI DIN PRIZA INDUSTRIALĂ PENTRU PRODUCEREA ENERGIEI ELECTRICE ȘI ACȚIONĂRI	25
2.1. Dimensionarea turbinei de joasă presiune	25
2.1.1. Parametrii aburului viu	25
2.1.2. Alegerea turbinei de joasă presiune.....	25
2.2. Turboacționarea pompei de alimentare	27
2.2.1. Alegerea turbinei pentru acționarea pompei de alimentare.....	27
2.2.2. Parametri și regim de funcționare a turbinei de acționare a pompei.....	28
2.3. Indicatorii de eficiență privind soluțiile propuse	29
2.3.1. Eficiența funcționării blocului energetic cu folosirea turbinei de joasă presiune	29
2.3.2. Eficiența funcționării în urma distribuirii sarcinii tehnologice din priza industrială	30
2.3.3. Eficiența blocului energetic cu turbopompă.....	31
2.3.4. Eficiența blocului energetic cu turbopompă și alimentarea parțială a turbinei.....	33
3. SOLUȚII DE VALORIFICARE A ABURULUI DIN PRIZA INDUSTRIALĂ PENTRU PRODUCEREA ENERGIEI TERMICE ȘI ELECTRICE	35
3.1. Dimensionarea termocompresoarelor pentru eliminarea proceselor de laminare	35
3.1.1. Aspecte generale privind calculul și dimensionarea dispozitivelor cu jet.....	35
3.1.2. Determinarea coeficientului de injecție.....	39
3.1.3. Determinarea dimensiunilor geometrice ale ejectorului.....	43
3.2. Producerea energiei electrice și termice prin aplicarea unei turbine în contrapresiune ...	45
3.2.1. Calculul producției de energie electrică a turbinei cu contrapresiune.....	45
3.2.2. Calculul energiei termice a aburului de la ieșire din turbina cu contrapresiune.....	47

3.3. Indicatorii de eficiență privind soluțiile propuse.....	48
3.3.1. Eficiența blocului prin aplicarea unei turbine în condensatie cu ejectorul	48
3.3.2. Eficiența blocului energetic prin aplicarea unei turbine în contrapresiune.....	51
4. EVALUAREA ECONOMICĂ COMPARATIVĂ A SOLUȚIILOR ȘI A PACHETELOR DE SOLUȚII.....	52
4.1. Prezentarea soluțiilor și pachetelor de soluții.....	52
4.1.1. Soluțiile de producere a energiei electrice.....	52
4.1.2. Soluțiile de producere a energiei termice.....	54
4.1.3. Metodologia de calcul a rentabilității economice a proiectelor de investiții.....	55
4.2. Evaluarea economică a soluțiilor de producere a energiei electrice	59
4.2.1. Determinarea CTA pentru blocul energetic existent.....	59
4.2.2. Determinarea CTA pentru soluțiile propuse de producere a energiei electrice.....	60
4.2.3. Evaluarea rentabilității economice.....	68
4.3. Evaluarea economică a soluțiilor de producere a energiei termice.....	72
4.3.1. Determinarea CTA pentru blocul energetic existent.....	72
4.3.2. Determinarea CTA pentru soluțiile propuse de producere a energiei termice.....	74
4.3.3. Evaluarea rentabilității economice.....	76
CONCLUZII	79
BIBLIOGRAFIE	80
ANEXE	81
A1. Bilanțul energetic al cazanului de abur TGM-96B.....	81
A2. Caracteristica energetică a turbinei PT-80/100-130/13	84

INTRODUCERE

Sursa-1 din mun. Chişinău (CET-2) constituie o parte componentă inserabilă a energiei din Republica Moldova. Prin cele 11 linii de transmisiune electrică cu tensiune de 110 kV ea întreține legătura cu sistemul energetic din Republică. Actualmente, Sursa-1 din mun. Chişinău reprezintă o centrală electrică de termoficare unde sunt instalate: trei cazane energetice de tip TGM-96 B cu productivitatea de 480 t/h de abur; trei turbine de abur PT-80/100-130/13; trei generatoare electrice TVF-120-2 UZ; trei cazane de apă fierbinte PTVM-100; două cazane de apă fierbinte CVGM-180.

Întreprinderea activează pe baza a două tipuri de combustibil: gaz natural și păcură. Gazul este livrat printr-o conductă specială, separată de cea orășanească, iar păcura- pe linie de cale ferată. Sursa-1 dispune de 4 rezervoare a câte 20000 tone fiecare, care asigură cu rezerve de combustibil funcționarea timp de o lună în condiții de puterea nominală al stației.

Producerea combinată de energie electrică și energie termică prin cogenerare oferă întreprinderii un potențial imens de furnizare a aburului industrial (tehnologic). Fiind produs simultan cu energia electrică în aceeași instalație, aburul furnizat contribuie la reducerea costurilor, fapt atractiv atât pentru întreprindere, cât și pentru companii, care astfel diminuează pierderile și reduc costurile de producere, totodată contribuind la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră.

Energia termică sub formă de abur tehnologic este foarte necesară ori solicitată în diverse domenii, datorită proprietăților unice pe care le posedă: puritate, simplitate în utilizare, precum și faptul că nu are nevoie de pompare. În afară de termoficare, acest agent termic poate fi folosit și în instalații cum ar fi: sterilizatoarele, rafinăriile, uscătoriile și multe altele care necesită un control riguros al temperaturii.

La Sursa-1, Termoelectrica S.A. turbinele de abur utilizate în procesul de cogenerare sunt dotate cu priză pentru prelevarea aburului industrial, iar prin intermediul a 5.5 km conducte de abur de capacitate mare, consumatorii existenți și cei potențiali din zona industrială a orașului pot fi aprovizionați continuu cu cantitățile necesare de abur industrial.

Una din problemele principale existente la Sursa 1 este indisponibilitatea livrării aburului industrial către consumatori. Cauza principală este deconectarea întreprinderilor de la priza cu abur industrial. Centrala atinge eficiența maximă în timpul perioadei de încălzire, atunci când sarcina termică este maximă, prelevând aburul din priza de termoficare a turbinelor instalate.

O măsură propusă pentru ridicarea eficienței blocului energetic ar fi mărirea puterii electrice dezvoltate de turbină în baza folosirii aburului din priza industrială pentru necesitățile proprii tehnologice, și anume prin utilizarea unei turbine cu abur de joasă presiune pentru antrenarea pompei de alimentare a cazanului în locul motorului electric existent, unei turbine cu condensatie pentru producerea lucrului mecanic și a energiei electrice, alimentarea boilerelor de vârf prin intermediul ejectoarelor, alimentarea boilerelor de vârf folosind turbine cu contrapresiune.

Rezolvarea problemei este necesară deoarece capacitatea de producție a blocului energetic scade în timp și randamentul global la fel se diminuează.

BIBLIOGRAFIE

1. A. Leca, I. Prisecaru. “*PROPRIETĂȚILE TERMOFIZICE ȘI TERMODINAMICE: solide, lichide, gaze*”, vol. 1, Editura tehnică, București 1994.
2. Книга "Струйные аппараты", Соколов Е. Я., Зингер Н. М., 1989 год
3. V . Arion, V . Hlusev ,C. Gherman, *Bazele calculelor tehnico-sconomice și economico-financiare*. Note de curs la disciplina Economia Energeticii, Chișinău, 2016, 168 p.
4. 3. V . Arion,V . Hlusev ,C. Gherman, *Economia surselor de energie*. Note de curs la disciplina Economia Energeticii, Chișinău, 2016, 152 p.
5. 4. V . Arion, V . Hlusev , C. Gherman, O. Șveț, *Culegere de probleme la disciplina Economia Energeticii*. Aspecte generale ale calculelor tehnico-economice și economicofinanciare. Chișinău, 2013.
6. A. Leca, I. Prisecaru. “*PROPRIETĂȚILE TERMOFIZICE ȘI TERMODINAMICE: solide, lichide, gaze*”, vol. 1, Editura tehnică, București 1994.

Lincuri utilizate:

7. <http://docs.cntd.ru/document/1200068162>
8. https://www.termoelectrica.md/ro_RO/despre/cine-suntem/istoric/
9. https://www.termoelectrica.md/ro_RO/despre/informatii-tehnice/cogenerare/
10. <http://www.power-m.ru/>
11. http://snipov.net/database/c_4003365195_doc_4294817699.html
11. <https://studfile.net/preview/1938109/page:3/>

CUPRINS

Pag.

INTRODUCERE	9
1. INFORMAȚII PRIVIND ECHIPAMENTELE ȘI REGIMURILE DE FUNCȚIONARE LA SURSA Nr. 1	11
1.1. Utilajul termoeenergetic instalat la întreprindere. Caracteristicile de bază	11
1.1.1. Cazanul TGM 96-B	11
1.1.2. Turbina PT 80/100-130/13	12
1.1.3. Utilajul auxiliar	16
1.2. Producerea și consumul de energie termică și electrică	17
1.2.1. Bilanțul energetic al cazanului.....	17
1.2.2. Bilanțul energetic al turbinei	20
1.2.3. Variația energiei pe durata anului	21
1.3. Regimurile de bază privind funcționarea sursei Nr. 1	22
1.3.1. Cerințe generale	22
1.3.2. Regimul în condensatie	23
1.3.3. Regimul cu prelevarea aburului industrial, încălzire și servicii proprii	23
1.3.4. Regimul de lucru după curba de sarcină termică	24
1.4. Actualitatea temei de studiu	24
1.4.1. Importanța temei abordate.....	24
1.4.2. Descrierea situației în domeniul de cercetare a tezei.....	24
2. SOLUȚII DE VALORIFICARE A ABURULUI DIN PRIZA INDUSTRIALĂ PENTRU PRODUCEREA ENERGIEI ELECTRICE ȘI ACȚIONĂRI	25
2.1. Dimensionarea turbinei de joasă presiune	25
2.1.1. Parametrii aburului viu	25
2.1.2. Alegerea turbinei de joasă presiune.....	25
2.2. Turboacționarea pompei de alimentare	27
2.2.1. Alegerea turbinei pentru acționarea pompei de alimentare.....	27
2.2.2. Parametri și regim de funcționare a turbinei de acționare a pompei.....	28
2.3. Indicatorii de eficiență privind soluțiile propuse	29
2.3.1. Eficiența funcționării blocului energetic cu folosirea turbinei de joasă presiune	29
2.3.2. Eficiența funcționării în urma distribuirii sarcinii tehnologice din priza industrială	30
2.3.3. Eficiența blocului energetic cu turbopompă.....	31
2.3.4. Eficiența blocului energetic cu turbopompă și alimentarea parțială a turbinei.....	33
3. SOLUȚII DE VALORIFICARE A ABURULUI DIN PRIZA INDUSTRIALĂ PENTRU PRODUCEREA ENERGIEI TERMICE ȘI ELECTRICE	35
3.1. Dimensionarea termocompresoarelor pentru eliminarea proceselor de laminare	35
3.1.1. Aspecte generale privind calculul și dimensionarea dispozitivelor cu jet.....	35
3.1.2. Determinarea coeficientului de injecție.....	39
3.1.3. Determinarea dimensiunilor geometrice ale ejectorului.....	43
3.2. Producerea energiei electrice și termice prin aplicarea unei turbine în contrapresiune ...	45
3.2.1. Calculul producției de energie electrică a turbinei cu contrapresiune.....	45
3.2.2. Calculul energiei termice a aburului de la ieșire din turbina cu contrapresiune.....	47

3.3. Indicatorii de eficiență privind soluțiile propuse.....	48
3.3.1. Eficiența blocului prin aplicarea unei turbine în condensatie cu ejectorul	48
3.3.2. Eficiența blocului energetic prin aplicarea unei turbine în contrapresiune.....	51
4. EVALUAREA ECONOMICĂ COMPARATIVĂ A SOLUȚIILOR ȘI A PACHETELOR DE SOLUȚII.....	52
4.1. Prezentarea soluțiilor și pachetelor de soluții.....	52
4.1.1. Soluțiile de producere a energiei electrice.....	52
4.1.2. Soluțiile de producere a energiei termice.....	54
4.1.3. Metodologia de calcul a rentabilității economice a proiectelor de investiții.....	55
4.2. Evaluarea economică a soluțiilor de producere a energiei electrice	59
4.2.1. Determinarea CTA pentru blocul energetic existent.....	59
4.2.2. Determinarea CTA pentru soluțiile propuse de producere a energiei electrice.....	60
4.2.3. Evaluarea rentabilității economice.....	68
4.3. Evaluarea economică a soluțiilor de producere a energiei termice.....	72
4.3.1. Determinarea CTA pentru blocul energetic existent.....	72
4.3.2. Determinarea CTA pentru soluțiile propuse de producere a energiei termice.....	74
4.3.3. Evaluarea rentabilității economice.....	76
CONCLUZII	79
BIBLIOGRAFIE	80
ANEXE	81
A1. Bilanțul energetic al cazanului de abur TGM-96B.....	81
A2. Caracteristica energetică a turbinei PT-80/100-130/13	84

INTRODUCERE

Sursa-1 din mun. Chișinău (CET-2) constituie o parte componentă inserabilă a energiei din Republica Moldova. Prin cele 11 linii de transmisiune electrică cu tensiune de 110 kV ea întreține legătura cu sistemul energetic din Republică. Actualmente, Sursa-1 din mun. Chișinău reprezintă o centrală electrică de termoficare unde sunt instalate: trei cazane energetice de tip TGM-96 B cu productivitatea de 480 t/h de abur; trei turbine de abur PT-80/100-130/13; trei generatoare electrice TVF-120-2 UZ; trei cazane de apă fierbinte PTVM-100; două cazane de apă fierbinte CVGM-180.

Întreprinderea activează pe baza a două tipuri de combustibil: gaz natural și păcură. Gazul este livrat printr-o conductă specială, separată de cea orășanească, iar păcura- pe linie de cale ferată. Sursa-1 dispune de 4 rezervoare a câte 20000 tone fiecare, care asigură cu rezerve de combustibil funcționarea timp de o lună în condiții de puterea nominală al stației.

Producerea combinată de energie electrică și energie termică prin cogenerare oferă întreprinderii un potențial imens de furnizare a aburului industrial (tehnologic). Fiind produs simultan cu energia electrică în aceeași instalație, aburul furnizat contribuie la reducerea costurilor, fapt atractiv atât pentru întreprindere, cât și pentru companii, care astfel diminuează pierderile și reduc costurile de producere, totodată contribuind la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră.

Energia termică sub formă de abur tehnologic este foarte necesară ori solicitată în diverse domenii, datorită proprietăților unice pe care le posedă: puritate, simplitate în utilizare, precum și faptul că nu are nevoie de pompare. În afară de termoficare, acest agent termic poate fi folosit și în instalații cum ar fi: sterilizatoarele, rafinăriile, uscătoriile și multe altele care necesită un control riguros al temperaturii.

La Sursa-1, Termoelectrica S.A. turbinele de abur utilizate în procesul de cogenerare sunt dotate cu priză pentru prelevarea aburului industrial, iar prin intermediul a 5.5 km conducte de abur de capacitate mare, consumatorii existenți și cei potențiali din zona industrială a orașului pot fi aprovizionați continuu cu cantitățile necesare de abur industrial.

Una din problemele principale existente la Sursa 1 este indisponibilitatea livrării aburului industrial către consumatori. Cauza principală este deconectarea întreprinderilor de la priza cu abur industrial. Centrala atinge eficiența maximă în timpul perioadei de încălzire, atunci când sarcina termică este maximă, prelevând aburul din priza de termoficare a turbinelor instalate.

O măsură propusă pentru ridicarea eficienței blocului energetic ar fi mărirea puterii electrice dezvoltate de turbină în baza folosirii aburului din priza industrială pentru necesitățile proprii tehnologice, și anume prin utilizarea unei turbine cu abur de joasă presiune pentru antrenarea pompei de alimentare a cazanului în locul motorului electric existent, unei turbine cu condensatie pentru producerea lucrului mecanic și a energiei electrice, alimentarea boilerelor de vârf prin intermediul ejectoarelor, alimentarea boilerelor de vârf folosind turbine cu contrapresiune.

Rezolvarea problemei este necesară deoarece capacitatea de producție a blocului energetic scade în timp și randamentul global la fel se diminuează.

BIBLIOGRAFIE

1. A. Leca, I. Prisecaru. “*PROPRIETĂȚILE TERMOFIZICE ȘI TERMODINAMICE: solide, lichide, gaze*”, vol. 1, Editura tehnică, București 1994.
2. Книга "Струйные аппараты", Соколов Е. Я., Зингер Н. М., 1989 год
3. V . Arion, V . Hlusev ,C. Gherman, *Bazele calculelor tehnico-sconomice și economico-financiare*. Note de curs la disciplina Economia Energeticii, Chișinău, 2016, 168 p.
4. 3. V . Arion,V . Hlusev ,C. Gherman, *Economia surselor de energie*. Note de curs la disciplina Economia Energeticii, Chișinău, 2016, 152 p.
5. 4. V . Arion, V . Hlusev , C. Gherman, O. Șveț, *Culegere de probleme la disciplina Economia Energeticii*. Aspecte generale ale calculelor tehnico-economice și economicofinanciare. Chișinău, 2013.
6. A. Leca, I. Prisecaru. “*PROPRIETĂȚILE TERMOFIZICE ȘI TERMODINAMICE: solide, lichide, gaze*”, vol. 1, Editura tehnică, București 1994.

Lincuri utilizate:

7. <http://docs.cntd.ru/document/1200068162>
8. https://www.termoelectrica.md/ro_RO/despre/cine-suntem/istoric/
9. https://www.termoelectrica.md/ro_RO/despre/informatii-tehnice/cogenerare/
10. <http://www.power-m.ru/>
11. http://snipov.net/database/c_4003365195_doc_4294817699.html
11. <https://studfile.net/preview/1938109/page:3/>