

**MODELE MATEMATICE
PENTRU DETERMINAREA
PIERDERILOR DE PUTERE ȘI
ENERGIE LA DETERIORAREA
PARAMETRILOR CALITATIVI
AI ENERGIEI ELECTRICE**

Evtim Kurtzelin *Assos. Prof. Dr*
Vasile Cozma *Prof.*
Nikolai Minekov *Dipl.Eng*
Rumen Istalianov *Dipl.Eng*
Ioana Mladenova *Dipl.Eng*

Rezumat: *Modelele matematice prezentate sunt realizate pentru pierderile suplimentare de putere și energie la variația indicatorilor de calitate ai energiei electrice: variația tensiunii față de tensiunea impusă, apariția asimetriei și forme nesinusoidale a tensiunii.*

Cuvinte cheie: pierderi de putere și energie, variația tensiunii, asimetrie și forma nesinusoidală a tensiunii.

INTRODUCERE

Unul dintre principalii factori care determină competitivitatea unei companii moderne este legat de utilizarea proceselor tehnologice cu consum redus de energie. Pe acest criteriu, oricum, majoritatea proceselor tehnologice din domeniul minier sunt estimate ca fiind procese cu consum extrem de ridicat de energie.

Acest fapt face astăzi ca cercetările privind consumul de energie în toate unitățile și elementele proceselor tehnologice din industria minieră să fie foarte actuale.

Pentru dezvoltarea unor soluții concrete de reducerea a consumului de energie într-o companie industrială, este necesară cunoașterea tuturor pierderilor de energie din rețeaua de distribuție a energiei electrice și din consumatorii companiei. Analiza situației existente din cadrul companiilor arată că departamentele responsabile cu funcționarea

**MATHEMATICAL MODELS FOR
DETERMINATION OF LOSSES IN
POWER AND ENERGY AT
DETERIORATED QUALITATIVE
INDICATORS FOR QUALITY OF
ELECTRICITY**

Evtim Kurtzelin *Assos. Prof. Dr*
Vasile Cozma, *Prof.*
Nikolai Minekov *Dipl.Eng*
Rumen Istalianov *Dipl.Eng*
Ioana Mladenova *Dipl.Eng*

Abstract: *Mathematical models are presented for determining the additional losses of power and energy at deviation of the quality indicators of the electricity: deviation of the voltage from the rated voltage, occurrence of asymmetry and unsinusoidity of the voltage.*

Keywords: additional losses of power and energy, deviation of voltage, asymmetry and unsinusoidity of the voltage.

INTRODUCTION

One of the main factors that determine the competitiveness of a modern industrial enterprise is related to the use of technological processes with low energy consumption. On this criterion, however, almost all technological processes in the field of the mining industry are estimated as processes with extremely high energy consumption.

This objective fact today makes the task of conducting researches for the energy consumption in all units and elements of the technological processes in the mining industry a very actual one.

For the development of concrete solutions for reducing the consumption of electricity in an industrial enterprise, it is necessary above all a quantitative balance of power losses in the electrical-distributing network and in the

întregului sector de alimentare cu energie electrică și cu participarea la planificarea distribuției energiei electrice, nu au nici o informații cu privire la ponderea pierderilor de energie electrică (în elementele rețelei de distribuție a energiei electrice și a consumatorilor electrici) în bilanțul energetic global al companiei.

Principalul motiv pentru această situație este lipsa unei metode accesibile de calcul a pierderilor de energie din elementele rețelei de distribuție și din consumatorii electrici.

Această problemă nu este rezolvată nici în procesele de monitorizare a eficienței energetice a proceselor tehnologice din companiile industriale, unde sunt reglementări legislative speciale pentru fiecare consumator energetic important.

Dezvoltarea unei metodologii de organizare a analizei și reducerii pierderilor de energie în sistemele de alimentare cu energie electrică a companiilor industriale este de mare importanță teoretică și practică. Baza analizei și reducerii pierderilor de putere, inclusiv metode și algoritmi de determinare și statistică-probabilistică sunt prezentați în [1].

În condițiile actuale de funcționare a sistemelor de alimentare cu energie electrică a companiilor industriale, unde frecvența și tensiunea nu rămân constante, și frecvent depășesc limitele stabilite de standarde, foarte importantă și funcțională este determinarea pierderilor suplimentare de energie ce apar în astfel de condiții.

Identificarea pierderilor de putere și energie rezultate din deteriorarea indicatorilor de calitate a energiei electrice, în condițiile unei economii de piață, este crucială pentru multe companii. Pierderile cauzate de furnizarea unei energii electrice având parametrii calitativi deteriorați trebuie suportate de furnizorul de energie. Mai mult, bazându-se pe analiza acestor pierderi, companiile vor fi capabile să ia decizii bine întemeiate privind limitarea și reducerea lor.

Lucrarea prezintă modele matematice pentru determinarea pierderilor de putere și energie la deteriorarea parametrilor calitativi ai

power consumers within the enterprise to be developed. The analysis of the existing situation in the enterprises shows that the departments in the companies, responsible for the operation of the entire power sector, and participating in the planning the delivery of electricity, have no information on the share of losses of electricity (in elements of the electrical-distributing network and electrical consumers) in the overall energy balance of the enterprise.

The main reason for this situation is the lack of widely accessible method for calculating the losses of electricity in the elements of the electrical-distribution network and in the electrical consumers.

This problem is not also solved in the process of observing the energy efficiency of the technological processes in the industrial company, which today is under a law and special regulation is made for each powerful electrical consumer.

The development of a methodology for organizing the analysis and reducing the losses of electricity in the power-supplying system of the industrial enterprises is of great theoretical and practical importance. The basis for analysis and reduction of losses of power and energy, including determination and probability-statistical methods and algorithms, are exposed in [1].

In the contemporary operating conditions of the power-supplying systems of the industrial companies, where frequency and voltage do not remain constant, and often go beyond the limits, set by the standard, extremely active and important is the task of determining the additional losses of power and energy, that occur under these conditions.

Identifying the additional losses of power and energy, resulting of the deteriorated indicators for quality of electricity in the conditions of a market economy, is crucial to any industrial enterprise. Realized losses in the industrial company, due to the reason of delivered electricity with deteriorated indicators, must be on the account of the supplier. Moreover, based on the analysis of

energie electrice.

1. PIERDERI DE PUTERE DETERMINATE DE VARIAȚIA TENSIUNII

1.1. MOTOARE CU INDUCȚIE (MI)

La variația tensiunii la bornele MI, frecvența de rotație a rotorului, cuplul, pierderile de putere activă și puterea reactivă consumată se schimbă [3, 4].

Costurile anuale ajustate diferă față de cele în regim normal al tensiunii și sunt definite de expresia următoare:

$$\Delta 3_a = \kappa \cdot \delta(Q_T) + \beta \cdot [\delta(\Delta P_T) + \delta P(\Delta n)] + Y(\Delta n) + Y_H \quad (1)$$

unde $\delta(Q_T)$, $\delta(\Delta P_T)$ - valorile crescute ale puterii reactive consumate și ale pierderile active în raport cu cele cu valorile normale ale tensiunii;

β - prețul pe 1kWh de electricitate;

$\delta P(\Delta n)$, $Y(\Delta n)$ - valorile crescute ale puterii active consumate și ale costurilor, asociate modificării turației;

Y_H - costuri suplimentare, apărute datorită rezistenței izolației;

k - valoarea relativă a puterii reactive a sursei.

Dependența $\delta(\Delta P_T)$ în majoritatea cazurilor poate fi aproximată printr-un polinom cubic:

$$\delta(\Delta P_T) = \Delta P_H \left[a^m (\delta U)^3 + b^m (\delta U)^2 + c^m \delta U \right],$$

unde coeficienții a^m , b^m , c^m - depind de tipul motorului și de sarcină.

La un moment constant al motorului, modificarea lui δU este însoțită de modificarea puterii reactive consumate Q .

these additional losses, the industrial company will be able to make well-founded decisions for their reduction and limitation.

The report presents mathematical models for determining the additional losses of power and energy at deteriorated indicators for quality of electricity.

1. ADDITIONAL LOSSES OF POWER, DICTATED BY THE VOLTAGE DEVIATION

1.2. INDUCTION MOTORS (IM)

Upon deviation of the voltage of the terminals of IM, the frequency of the rotor rotation, the torque, the active losses and the consumed reactive power are changed [3, 4].

The adjusted annual costs differ from those in the regime with a nominal voltage and are defined by the following expression:

where $\delta(Q_T)$, $\delta(\Delta P_T)$ - the increased values of the consumed reactive power and the active losses in comparison with those at normal voltage;

β - price of 1kWh of electricity;

$\delta P(\Delta n)$, $Y(\Delta n)$ - increased consumed active power and costs, associated with changing the frequency of rotation;

Y_H - additional costs, coming from the change of insulation life;

k - relative value of the reactive power of the source.

The dependence $\delta(\Delta P_T)$ in most cases can be approximated by a cubic polynomial:

where the coefficients a^m , b^m , c^m - dependent on the type of the motor and its load.

Upon a constant moment of the actuator, the change of δU is accompanied by the respective change of the consumed reactive

power Q .

$$\delta(Q_H) = [d^m \cdot (\delta U)^2 + e^m \cdot (\delta U)] Q_T,$$

unde Q_T - puterea reactivă consumată la tensiunea nominală U_H ;

d^m, e^m - constante ce depind de tipul motorului și de sarcină.

În [4] este propusă o metodă rațională de determinare a pierderilor suplimentare de putere activă ΔP la variația tensiunii δU în domeniul $(0,82 \div 1,15)U_H$, evaluată prin coeficientul de pierderi suplimentare h :

$$h = \frac{\Delta P - \Delta P_H}{\Delta P'_H}, \quad (2)$$

unde ΔP și ΔP_H - pierderi de putere activă în MI și la valoarea efectivă a tensiunii nominale;

$$\Delta P'_H = \Delta P_H \frac{1 - \eta_H}{\eta_H}, \text{ kW}.$$

Având la bază studii analitice și experimentale, s-a propus următoarea expresie de determinare a lui h :

$$h = h_0(\delta U) = \frac{\Delta P_0 - \Delta P_{0H}}{\Delta P_{0H}}.$$

Pentru fiecare tip de motor funcția $h_0(\delta U)$ este aproximată de un polinom cubic de tipul $h_0(\delta U) = a \cdot \delta U^3 + b \cdot \delta U^2 + c \cdot \delta U$ iar coeficienții a, b și c sunt determinați experimental.

$\alpha = \frac{\Delta P_{0H}}{\Delta P_H}$ - coeficient de pierderi active la funcționarea în sarcină;

$\beta = \frac{P}{P_H}$ - coeficient al sarcinii motorului.

where Q_T - reactive power consumed at a nominal voltage U_H ;

d^m, e^m - constant coefficients depending on the type of the motor and its load.

In [4] is proposed a rational method for determining the additional losses of active power ΔP at deviation of the voltage δU within the range $(0,82 \div 1,15)U_H$, assessed by the coefficient of additional losses h :

where ΔP и ΔP_H - active losses of power in IM and the factual and nominal voltage;

Based on analytical and experimental researches, the following expression for determining of h has been proposed:

For each motor type the dependence $h_0(\delta U)$ is approximated by a cubic polynom of the type $h_0(\delta U) = a \cdot \delta U^3 + b \cdot \delta U^2 + c \cdot \delta U$ and experimentally the coefficients a, b and c are determined.

$\alpha = \frac{\Delta P_{0H}}{\Delta P_H}$ - coefficient of active losses at idle running;

$\beta = \frac{P}{P_H}$ - coefficient of motor load.

1.2. MOTOARELE SINCRONE (MS)

Momentul electromagnetic maxim pentru MS se modifică proporțional cu tensiunea. Aceasta determină modificarea stabilității statistice a motorului. Componentele pierderilor electromagnetice din MS depind de parametrii regimului:

$$h = h_0(\delta U) = \frac{\Delta P_0 - \Delta P_{0H}}{\Delta P_{0H}}$$

$$\Delta P_{CU_s} = \left[\alpha^2 \cdot t g^2 \varphi_H + \left(\frac{\beta_\mu}{u} \right)^2 \right] D_{3_s}, \quad (3)$$

$$\Delta P_{FE_s} = (\alpha \cdot x_\sigma \sin \varphi_H + u)^2 D_{4_s}, \quad (4)$$

$$\Delta P_f = \alpha \cdot n \cdot D_{1_f} \cdot f + \alpha^2 \cdot D_{2_f} \cdot f + \left(\frac{\beta_\mu}{u} \right)^2 D_{3_f} \cdot f + n^2 \cdot D_{4_f} \cdot f, \quad (5)$$

unde ΔP_{CU_s} , ΔP_{FE_s} , ΔP_f - pierderi din înfășurarea statorică, în miezul statoric și în bobina de excitație;

$$\alpha = \frac{I_s \sin \varphi}{I_{S_H} \sin \varphi_H} \text{ - factorul de încărcare al}$$

MS în curent reactiv;

$$\beta_H = \frac{U_s I_s \cos \varphi}{U_{S_H} I_{S_H} \cos \varphi_H} \text{ - factor de încărcare al}$$

MS în putere activă;

I_s , I_{S_H} - curentul dintr-o fază a statorului și valoarea sa nominală;

U_s , U_{S_H} - valoarea reală și cea nominală a tensiunii în înfășurarea statorică;

x_σ - inductanța de împrăștiere a înfășurării statorice în unități relative;

$D_{1_f} \div D_{4_f}$; $D_{1_s} \div D_{4_s}$ - coeficienți, determinați de parametrii motorului.

Analiza arată că pentru valori date ale lui β_μ și α , creșterea tensiunii de rețea conduce la reducerea pierderilor în înfășurarea statorică,

1.2. SYNCHRONOUS MOTORS (SM)

The maximum electric-magnetic moment of the SM is changed proportionally to the voltage. This causes the respective change of the statistical stability of the motor. The components of the electromagnetic losses in the SM depend on the parameters of the regime:

where ΔP_{CU_s} , ΔP_{FE_s} , ΔP_f - losses in the windings of the stator, the steel of the stator and exciter coil;

$$\alpha = \frac{I_s \sin \varphi}{I_{S_H} \sin \varphi_H} \text{ - load factor of SM in}$$

reactive current;

$$\beta_H = \frac{U_s I_s \cos \varphi}{U_{S_H} I_{S_H} \cos \varphi_H} \text{ - load factor of SM in}$$

active power;

I_s , I_{S_H} - complete current at the phase of stator and its nominal value;

U_s , U_{S_H} - real and nominal value of the voltage of the stator winding;

x_σ - inductance of scattering of the stator winding in relative unit;

$D_{1_f} \div D_{4_f}$; $D_{1_s} \div D_{4_s}$ - coefficients, determined by the parameters of the motor.

The analysis shows that at given values of β_μ and α , the increase of the voltage of the network leads to a reduction of losses in the

dar de asemenea crește pierderile în fierul statorului: $P_s = P_{CU_s} + P_{FE_s}$.

windings of the stator, but also increase of the losses in the steel of the stator: $P_s = P_{CU_s} + P_{FE_s}$.

2. PIERDERI SUPLIMENTARE DE PUTERE LA ASIMETRIA TENSIUNII

Prezența asimetriei în sistemul electric de alimentare (SEA) este asociată cu apariția a pierderilor de putere și energie electrică (EE), datorită curenților și tensiunilor inverse și de valoare zero. În orice element din rețeaua trifazată fără conductor de nul, pierderile sunt calculate prin expresia:

$$\Delta E_{HCM} = \sum_i T_i \Delta P_{2i}, \quad (8)$$

unde ΔP_{2i} - pierderi de putere activă în elementul i al SEA, produs de o secvență de curent invers

T_i - timpul de funcționare al elementului i pentru o perioadă de raportare.

În calcularea pierderilor, sunt diferite metode ce depind de modul asimetriei. Pentru diverse elemente ale SEA, pierderile sunt determinate ca o funcție de coeficientul de asimetrie al tensiunii - ε_U , după cum urmează.

2.1. MOTOARE CU INDUCȚIE (MI)

Pierderile de putere activă sunt date de relația:

$$\Delta P_{2AII} = 2,41 \Delta P_{M.HOM} I_M \varepsilon_U^2, \quad (9)$$

unde $\Delta P_{M.HOM}$ - pierderi în cuprul statorului la un curent nominal la frecvența fundamentală;

I_{II} - multiplul curentului de pornire la tensiunea nominală la frecvența

2. ADDITIONAL LOSSES OF POWER AND ELECTRICITY AT A VOLTAGE ASYMMETRY

The presence of asymmetry in the electric-supply system (ESS) is associated with the occurrence of additional losses of power and electric energy (EE), driven by currents and voltages with reverse and zero sequence. In any element of the three-phase network without neutral conductor, the additional losses are calculated by the expression:

where ΔP_{2i} - losses of active power in the i element of ESS, dictated by the current with reverse sequence

T_i - time of work of the i kind of equipment for the reporting period.

In the calculation of the losses, there are different methods depending on the asymmetric modes. For the various elements of the ESS, the losses are determined as a function of the coefficient of asymmetry in voltage - ε_U in the assembly of switching in the load, as follows.

2.1. INDUCTION MOTORS (IM)

The additional losses of active power in IM are determined by:

where $\Delta P_{M.HOM}$ - copper losses of stator at rated current for the fundamental frequency;

I_{II} - multiple of the starting current at rated voltage of the fundamental frequency.

Using formula (9) to calculate the aggregate

fundamentală.

Utilizarea formula (9) pentru calculul pierderilor active de putere ale instalațiile din SEA cu un număr mare de MI, de face cu dificultate. În această situație, se utilizează expresia:

$$\Delta P_{2AD} = 2,41k_{AD}P_{HOM}\varepsilon_U^2 \quad (10)$$

Valoarea coeficientului k_{AD} , pentru motoare cu puterea nominală până la 5kW, este în domeniul $3 \div 4$, pentru motoare cu putere între $5 \div 100$ kW – domeniul $0,4 \div 1$. Primele valori din aceste domenii sunt legate de motoarele mai puternice. Valoarea lui k_{AD} pentru un motor cu puterea dată P_{HOM} se poate defini următoarea relație:

$$k_{AD} = k_{AD}^D + k_{AD}^D \frac{(k_{AD}^G - k_{AD}^D)(P_{HOM}^G - P_{HOM})}{P_{HOM}^G - P_{HOM}^D}, \quad (11)$$

unde k_{AD}^D , k_{AD}^G - limitele inferioară și superioară a domeniului lui k_{AD} ;

P_{HOM}^D și P_{HOM}^G - limitele inferioară și superioară a domeniului puterii nominale a MI;

Expresiile simplificate pentru determinarea lui k_{AD} la MI de diferite puteri, obținute din relația (11), sunt următoarele:

$$k_{AD} = 3 + 0,3(5 - P), \quad P < 5 \text{ kW};$$

$$k_{AD} = 1 + 0,021(100 - P), \quad P = 5 \div 100 \text{ kW};$$

$$k_{AD} = 0,4 + 0,0067(1000 - P), \quad P > 1000 \text{ kW}.$$

Pentru MI în număr mare (câteva sute) la diferite puteri nominale, este recomandat calculul coeficientului k_{AD} astfel [6]:

- Scara puterilor nominale a MI se

additional losses of active power in the ESS with a large number of IM, is associated with difficulties. In this connection, a simple expression for such calculations is given:

The value of the coefficient k_{AD} for motors with a rated power up to 5kW ranges within $3 \div 4$, for engines with power up to $5 \div 100$ kW – ranges within $0,4 \div 1$. The first values of these ranges relate to the more powerful engines. The value of k_{AD} for a motor with given power P_{HOM} can be defined as follows:

where k_{AD}^D , k_{AD}^G - respectively lower and upper limit of the range of k_{AD} ;

P_{HOM}^D and P_{HOM}^G - respectively lower and upper limit of the range for the nominal power of IM;

Simplified expressions for the determination of k_{AD} for IM with different power, obtained under (11) have the following type:

IM in a large number (several hundred) of different nominal power, it is recommended the coefficient k_{AD} to be determined as follows [6]:

împarte în câteva domenii;

- Pentru fiecare domeniu este calculată puterea nominală a MI;
- Pentru fiecare domeniu este calculată valoarea medie a coeficientului k_{AD} ;
- Valoarea coeficientului k_{AD} pentru puterea nominală totală a MI (tabelul 1) se calculează prin:

$$k_{AD} = k_{AD,1} \frac{P_{HOM,1}}{P_{HOM,\Sigma}} + k_{AD,2} \frac{P_{HOM,2}}{P_{HOM,\Sigma}} + \dots + k_{AD,n} \frac{P_{HOM,n}}{P_{HOM,\Sigma}}, \quad (12)$$

unde n - numărul de domenii în care este împărțită scara puterilor nominale ale MI.

2.2. MOTOARE SINCRONE (MS)

Pierderile suplimentare de putere activă din rotorul MS, determinate de trecerea unui curent în secvența inversă, se calculează folosind formula:

$$\Delta P_{2CD} = \Delta P_{DII} \frac{I_2^2}{I_{HOM}^2}, \quad (13)$$

unde ΔP_{DII} - pierderi de putere suplimentare la o secvența inversă, echivalentă cu cea nominală;

I_2 - curentul în secvența inversă pentru MS;

I_{HOM} - curentul nominal în MS.

În [6] este prezentată o expresie pentru calcularea lui ΔP_{2CD} în funcție de coeficientul de asimetrie:

$$\Delta P_{2CD} = k_{CD} P_{HOM} \varepsilon_U^2, \quad (14)$$

unde k_{CD} - coeficientul calculat pentru diferite tipuri de MS, obținut din valori medii (Tabelul 1).

- The scale of nominal powers of IM is divided into several ranges;

- For each range is determined the total rated power of IM;

- For each range is determined the average value of the coefficient k_{AD} ;

- Value of the coefficient k_{AD} for the total rated power of IM (table 1.1) is determined by:

-

where n - number of the ranges, within which the scale is divided for the nominal powers of IM.

2.2. SYNCHRONOUS MOTORS (SM)

Additional active power losses in the rotor of SM, dictated by the conduct of current in the reverse sequence, is determined by the formula:

where ΔP_{DII} - additional power losses in the reverse sequence, equivalent to nominal;

I_2 - current in the reverse sequence for SM;

I_{HOM} - nominal current in SM.

In [6] an expression is given for calculating of ΔP_{2CD} depending on the coefficient of asymmetry:

where k_{CD} - calculating coefficient for different types of SM, obtained on averaged data (Table 1).

Tabelul/Table 1

Valori ale lui k_{CD} pentru MS/ Values of k_{CD} for SM

Turbo-Generatoare/ Turbo-generators	Generatoare și motoare cu poli deschiși/ Open-polar generators and motors		Compensatoare sincrone/ Synchronous compensators
	Cu înfășurarea de stabilizare/ stabilizing winding	de With Fără înfășurare de stabilizare/ Without stabilizing winding	
1,856	0,681	0,273	1,31

CONCLUZII

Din rezultatele obținute, se poate concluziona că în companiile industriale cea mai semnificativă componentă ce formează pierderi suplimentare de putere și energie datorită deteriorării parametrilor calitativi ai energiei electrice este dată de regimul asimetric și nesinusoidal și de variația tensiunii. De aceea, în analizele următoare, trebuie luate în considerare pierderile cauzate acești trei factori importanți. În cazurile în care este vorba de consumatori cu sarcini importante, intrând în fluctuații mari de tensiune, este necesar să se țină cont și de acest al patrulea factor.

Modelele matematice obținute fac posibilă utilizarea lor de către specialiști pentru a face o evaluare obiectivă a influenței parametrilor calitativi ai energiei electrice în indicatorii economici ai companiei și pe această bază să se ia deciziile de management.

Contractele de furnizare de electricitate nu trebuie să fie doar clauze declarate de furnizare de energie electrică, menționând standardele cerute, ci și o metodologie aplicabilă, în care să se facă identificarea și evaluarea pierderilor în alimentarea cu energie electrică cauzate de deteriorarea parametrilor calitativi.

BIBLIOGRAFIE

1. Pospelov G. E., Such N. M. Loss of power and energy in electrical networks. Moscow, Energoatomizdat, 1981;
2. Petelin D. P. Dynamics of synchronous

CONCLUSIONS:

From the results obtained, it can be concluded that in the IE the most significant part for formation of additional losses of power and energy from the deteriorated qualitative indicators of electrical energy (QIEE) form the asymmetric and unsinusoidal regimes and the deviation of the voltage. Therefore, in the further analysis, will be considered the losses caused by these three major factors. In cases where there are users with impact loads, entering large fluctuations in voltage, it is necessary to consider the influence of this fourth factor.

The obtained mathematical models make it possible for the specialists to make an objective evaluation for the influence of the qualitative indicators of electric energy on the economical indicators of the industrial enterprise and on that basis to accept well-found management decisions.

The contracts for supply of electricity should be not only a declaratory clause for supply of electricity, meeting the requirements of the standard, but applied methodology, on which to be made identification and evaluation of losses in the supply of electricity with deteriorated qualitative indicators.

BIBLIOGRAPHY

1. Pospelov G. E., Such N. M. Loss of power and energy in electrical networks. Moscow, Energoatomizdat, 1981;
2. Petelin D. P. Dynamics of synchronous morors reciprocating compressor

- morors reciprocating compressor installations. Moscow, Mashinostroenie, 1976;
3. Vorotnitskiy V. E., Zhelezko J. S. Loss of electric energy in electric networks of energy systems. Moscow, Energoatomizdat, 1983;
4. Sinev V. S. Effect of the level of voltage on energy loss in IM. Moscow, Electricity, 1978;
5. Vershinin, P. P., Hashper L.Y. Application of synchronic electric network in metallurgy. Moscow, Metallurgy, 1974;
6. Shidlovskii A. K., Kuznetsov V. G. Increase of power quality in electrical networks. Kiev, Naukova Dumka, 1986;
7. Guide on electricity and electrical equipment. Moscow, Energoatomizdat, 1986;
- installations. Moscow, Mashinostroenie, 1976;
3. Vorotnitskiy V. E., Zhelezko J. S. Loss of electric energy in electric networks of energy systems. Moscow, Energoatomizdat, 1983;
4. Sinev V. S. Effect of the level of voltage on energy loss in IM. Moscow, Electricity, 1978;
5. Vershinin, P. P., Hashper L.Y. Application of synchronic electric network in metallurgy. Moscow, Metallurgy, 1974;
6. Shidlovskii A. K., Kuznetsov V. G. Increase of power quality in electrical networks. Kiev, Naukova Dumka, 1986;
7. Guide on electricity and electrical equipment. Moscow, Energoatomizdat, 1986;