

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY
"KHARKIV POLYTECHNIC INSTITUTE"

Institute of Energy, Electronics and Electromechanics

Department of Electric Power Transmission

ELECTRICAL SYSTEMS AND NETWORKS

Study Guide for Practical Classes and Course Project
discipline "Electrical systems and networks"
for foreign students

Specialties - 141 - Electricity, electrical engineering and electromechanics

Kharkiv 2019

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY
"KHARKIV POLYTECHNIC INSTITUTE"

Institute of Energy, Electronics and Electromechanics
Department of Electric Power Transmission

ELECTRICAL SYSTEMS AND NETWORKS

Study Guide for Practical Classes and Course Project
discipline "Electrical systems and networks"
for foreign students

Specialties - 141 - Electricity, electrical engineering and electromechanics

Approved by
Publishing Board
NTU "KhPI», protocol No. 5 2019

Approved at the meeting of the Electric Power Transmission Department of NTU "KhPI"

Protocol number 5 from 10. 12. 2019

Authors:

D.O. Danylchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electricity Transmission of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

S.I. Dryvetskyi, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Department of Electric Power Transmission, National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute"

V.V. Cherkashyna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electricity Transmission of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

S.Yu. Shevchenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Electric Power Transmission of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

Reviewer:

G.A. Senderovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Automation and Cyber Security of Power Systems of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

O.O. Mirosnyk, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Power Supply and Energy Management of Kharkiv National Technical University of Agriculture. P. Vasilenko.

Study Guide for course design in the course "Electrical systems and networks" for students of foreign education specialties - 141 - Electricity, electrical engineering and electromechanics / compiled by D.O. Danylchenko, S.I. Dryvetskyi, V.V. Cherkashyna, S.Yu. Shevchenko - H.: NTU "KPI", 2019. – 88 p. Eng. language.

Designed to clarify the sequence of calculating the course project in the discipline "Electrical Systems and Networks" students of foreign education.

The basic disciplines for successful mastering of the program material during the practical training are: algorithmization and software, theory of automatic control, distribution electrical networks.

These guidelines provide for the formation of the following competencies: the ability to improve existing technological systems and find the best methods for their operation; ability to carry out research by methods of classical sciences, planning, organize and carry out scientific researches in the field of electric power, electrical engineering and electromechanics

© **D.O. Danylchenko, S.I. Dryvetskyi, V.V. Cherkashyna, S.Yu. Shevchenko** 2019.

CONTENT

FOREWORD	
1. Preliminary selection of electrical network options	
2. Calculation of loads of nodes of electric network options	
3. Determination of flow distribution in steady state electric network options	
4. Justification of the rated voltage options of electric network	
5. Selection and verification of wire cross-section lines options of electric network	
6. Selection of substation transformers for options electric network	
7. Characteristics of overhead lines, substations and power supply options for the development of the electric network	
8. The choice of the best option for the electric network	
LIST OF RECOMMENDED LITERATURE	
APPENDIX A. Reference Design high voltage electrical networks	
APPENDIX B. BASIC TERMINOLOGICAL DEFINITIONS	

FOREWORD

The implementation of the course project for the course "Electrical Systems and Networks" is an important stage in the training of electric power specialists, which is due to the need for a comprehensive review and solution in these developments of a large group of technical and technical and economic issues related to the operation of electric networks.

The content of the course project is the design of an electric network of 110 kV, including the development and feasibility study of solutions that provide electricity to consumers at the lowest cost with the fulfillment of technical restrictions on the reliability of electricity supply and the quality of electricity [1].

The guidelines contain information about the order of the course project, the main ratios for performing electrical and technical and economic calculations, recommendations on the use of standard design solutions.

To carry out the project, the appendix contains reference materials compiled on the basis of regulatory documents and literature.

1 PRELIMINARY ELECTRIC NETWORK OPTIONS

1.1. Development of options for the designed electrical network.

The development of initial options for the development of the designed electric network is carried out on the basis of the requirements and recommendations of the "Norms for the technological design of energy systems and electric networks of 35 kV and higher" (NTD ES and EN) [1].

According to the original data (load units, the scale reference plan) from table. A.1 it follows that the designed network is most likely to have a rated voltage of 110 kV (transmitted power 13–45 MVA, average distance between neighboring substations is 25 km).

Initial options for the development of the electric network are developed on the basis of the recommendations of the NTD ES and EN given in table. A.2; it is taken into account that according to the design assignment all load nodes have consumers of the first category of reliability of power supply [2], for which uninterrupted power supply should be provided.

The initial options for the development of the electric network are given in Fig. 1 explanatory note (EN).

Of the planned initial options for the development of the electric network that satisfy the requirements of reliability of power supply, the two most relevant to the requirements of efficiency are selected, that is, having the smallest length of lines (in single-circuit design) and the smallest number of cells of high-voltage circuit breakers on open switchgears of high voltage substations (outdoor switchgear HV SS) and power sources (PS).

1.2. Calculation of the length of the lines of electric network options

The calculation of the length of the lines of the initial options for the development of the electric network is carried out according to the following relationships.

The conversion factor for the lengths of network sections, measured on the job plan, to the actual lengths of the sections:

$$k_{\text{con}} = M \cdot 10^{-6} \cdot k_L, \quad (1.1)$$

where

M is the scale of the plan of the assignment;

10^{-6} - conversion factor “mm” to “km”;

k_L is the coefficient of increasing the length of the network section in comparison with the air line; according to [1], $k_L \approx 1.25$.

Actual length of the network section, km:

$$L = l \cdot k_{\text{con}}, \quad (1.2)$$

where

l is the length of the network section, measured on the job plan, mm

The given length of the network section, km:

$$L' = L \cdot k_{\text{ch}}, \quad (1.3)$$

where

k_{ch} - coefficient of reduction of the lengths of double-chain lines to single-chain;

for overhead lines of 110 kV on double-circuit reinforced concrete supports,

$k_{\text{ch}} \approx 1.64$.

The results of calculating the length of the lines of the initial options for the development of the electric network are listed in table. 1 EN.

1.3. Determining the number of cells of high-voltage circuit breakers outdoor switchgear HV SS and power sources (PS) options of the electric network

The number of cells of the high-voltage circuit breakers of the outdoor switchgear HV SS and PS of the initial options for the development of the electric network is determined on the basis of the requirements and recommendations of the Norms for the Technological Design of AC Substation with a Higher Voltage of 6-750 kV (NTD SS) [3], the main provisions of which are given in Table. A.3 and A.4.

Note. For power supplies, the ciphers of typical medium voltage outdoor switchgear circuits are not determined in the calculations and the number of circuit breaker cells corresponds to the number of outgoing lines, i.e., $n_{cb} = n_{ol}$.

The results of determining the number of cells of high-voltage circuit breakers outdoor switchgear HV SS and PS of the initial options for the development of the electric network are listed in Table. 2 EN.

1.4. Selection of options for the electrical network that have the best performance

Two options for the development of the electric network, having the best indicators ($\sum L' - \min$ and $\sum n_{cb} - \min$), are accepted for further more detailed and accurate calculation and comparison by condition of the **minimum cost part of the integral effect** Ct.d [4].

The indicators of the initial options for the development of the electric network are listed in table. 3 EN.

Note. When $\sum L'_i < \sum L'_j$, and $\sum n_{cbi} > \sum n_{cbj}$ (or $\sum L'_i > \sum L'_j$, and $\sum n_{cbi} < \sum n_{cbj}$) Comparison of options *i* and *j* should be done by cost indicators using formulas:

$$K_i = \kappa_0 \cdot \sum L'_i + \kappa_{cb\ SS} \cdot \sum n_{cb\ SS\ i} + \kappa_{cb\ SP} \cdot \sum n_{cb\ SP\ i}; \quad (1.4)$$

$$K_j = \kappa_0 \cdot \sum L'_j + \kappa_{cb\ SS} \cdot \sum n_{cb\ SS\ j} + \kappa_{cb\ SP} \cdot \sum n_{cb\ SP\ j}, \quad 1.5)$$

Where

k_0 is the cost of constructing 1 km of a single-circuit line of 110 kV;

$k_0 = 25$ thousand dollars. (table A.5);

$k_{cb\ SS}$ - the cost of the cell switches outdoor switchgear HV SS;

$k_{cb\ SS} = 50$ thousand dollars (table A.12);

$k_{cb\ SP}$ - the cost of the circuit breaker switchgear outdoor switchgear MV SP;

$k_{cb\ SP} = 62$ thousand dollars (table A.12).

2. CALCULATION OF LOADS OF NODES OF INITIAL ELECTRIC NETWORK OPTIONS

The calculation of the loads of the nodes of the initial options for the development of the electric network is performed for the three main steady-state modes according to the following relations:

1. Maximum load mode

$$P_L = S_L \cdot \cos \varphi_L; \quad Q_L = S_L \cdot \sin \varphi_L;$$

$$P_M = S_M \cdot \cos \varphi_M; \quad Q_M = S_M \cdot \sin \varphi_M; \quad (2.1)$$

$$S_H = S_L + S_M; \quad P_H = P_L + P_M; \quad Q_H = Q_L + Q_M,$$

where S_L , S_M , $\cos \varphi_L$, $\cos \varphi_M$ are taken from the source data to the course project;

2. Minimum load mode

$$S_L^{ML} = S_L \cdot k_L; \quad P_L^{ML} = P_L \cdot k_L; \quad Q_L^{VL} = Q_L \cdot k_L;$$

$$S_M^{VL} = S_M \cdot k_M; \quad P_M^{VL} = P_M \cdot k_M; \quad Q_M^{VL} = Q_M \cdot k_M; \quad (2.2)$$

$$S_H^{VL} = S_L^{VL} + S_M^{VL}; \quad P_{HVL} = P_L^{VL} + P_M^{VL}; \quad Q_{HVL} = Q_L^{VL} + Q_M^{VL},$$

where k_L , k_M - load reduction factors of network nodes on the LV and MV side in the mode of minimum electric load, taken from the source data for the course project;

3. Post-emergency modes

$$\begin{aligned} S_L^{PE} &= S_L \cdot k_{PE}; P_L^{PE} = P_L \cdot k_{PE}; Q_L^{PE} = Q_L \cdot k_{PE}; \\ S_M^{PE} &= S_M \cdot k_{PE}; P_M^{PE} = P_M \cdot k_{PE}; Q_M^{PE} = Q_M \cdot k_{PE}; \\ S_H^{PE} &= S_H \cdot k_{PE}; P_H^{PE} = P_H \cdot k_{PE}; Q_H^{PE} = Q_H \cdot k_{PE}, \end{aligned} \quad (2.3)$$

where k_{PE} is the coefficient of consumers of I and II categories of reliability of power supply of network nodes, taken from the source data for the course project.

The results of calculations of the loads of the nodes of the initial options for the development of the electric network are entered in the table. 4 EN.

3 DETERMINATION OF FLOW DISTRIBUTION IN STABLE MODES OF ELECTRIC NETWORK OPTIONS

3.1. Assumptions in determining flow distribution for power grid options

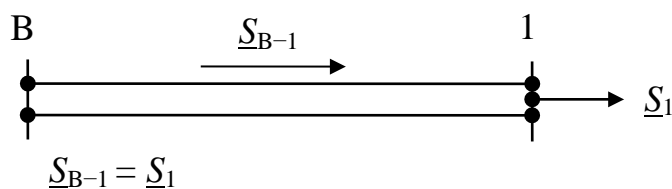
The determination of the flow distribution for variants of the electric network is performed under the assumptions [5]:

- power losses in the elements of the electric network (lines and transformers) are not taken into account, i.e. $\sum \Delta P = 0$ and $\sum \Delta Q = 0$;
- the voltage in the nodes of the electric network is constant and equal to the nominal, i.e. $U_i = U_{nom} = \text{const}$;
- the electric network is homogeneous ($R_i / X_i = \text{const}$), which allows the flow distribution in closed loops to be found through the lengths of the corresponding sections.

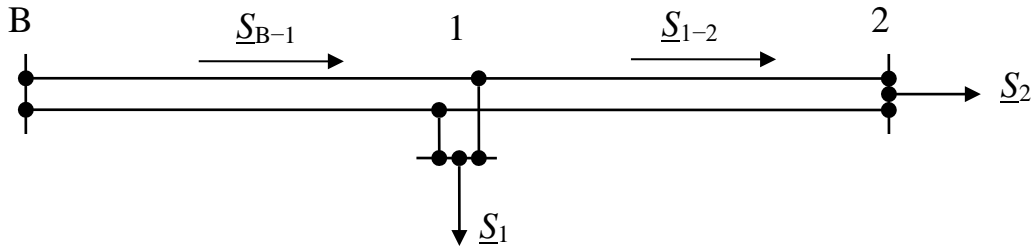
The determination of the flow distribution in the steady-state modes of the initial variants of the development of the electric network is carried out for the conditions of maximum loads (winter maximum) and characteristic post-emergency conditions of the electric network using the following relations.

3.2. Determination of flow distribution in the maximum electric load mode of electric network options

1) Radial electric network

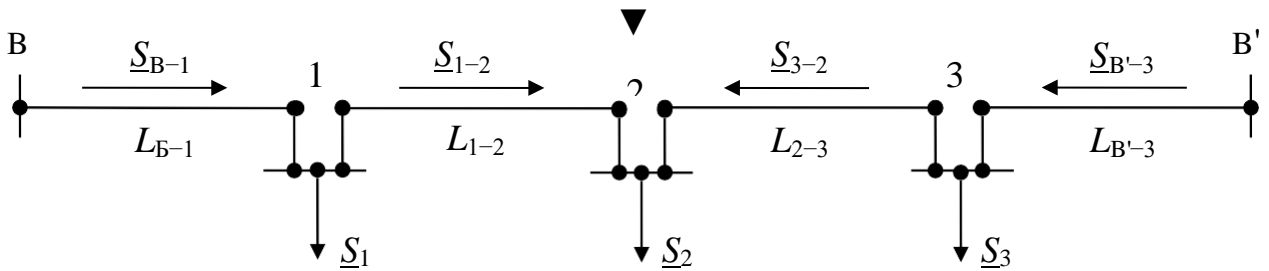


2) Main electric network



$$\underline{S}_{1-2} = \underline{S}_2; \quad \underline{S}_{B-1} = \underline{S}_{1-2} + \underline{S}_1$$

3) Ring network



$$\underline{S}_{B-1} = [\underline{S}_1 \cdot (L_{1-2} + L_{2-3} + L_{B'-3}) + \underline{S}_2 \cdot (L_{2-3} + L_{B'-3}) + \underline{S}_3 \cdot L_{B'-3}] / (L_{B-1} + L_{1-2} + L_{2-3} + L_{B'-2});$$

$$\underline{S}_{B'-3} = [\underline{S}_3 \cdot (L_{B-1} + L_{1-2} + L_{2-3}) + \underline{S}_2 \cdot (L_{B-1} + L_{1-2}) + \underline{S}_1 \cdot L_{B-1}] / (L_{B-1} + L_{1-2} + L_{2-3} + L_{B'-2}).$$

Verification:

$$\underline{S}_{B-1} + \underline{S}_{B'-3} = \underline{S}_1 + \underline{S}_2 + \underline{S}_3$$

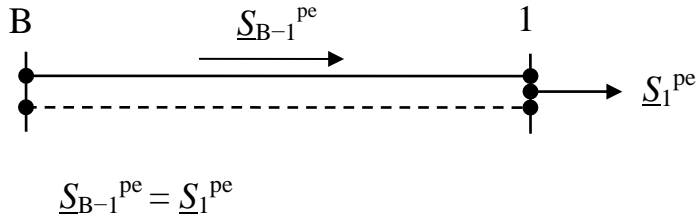
$$\underline{S}_{1-2} = \underline{S}_{B-1} - \underline{S}_1;$$

$$\underline{S}_{3-2} = \underline{S}_2 - \underline{S}_{1-2};$$

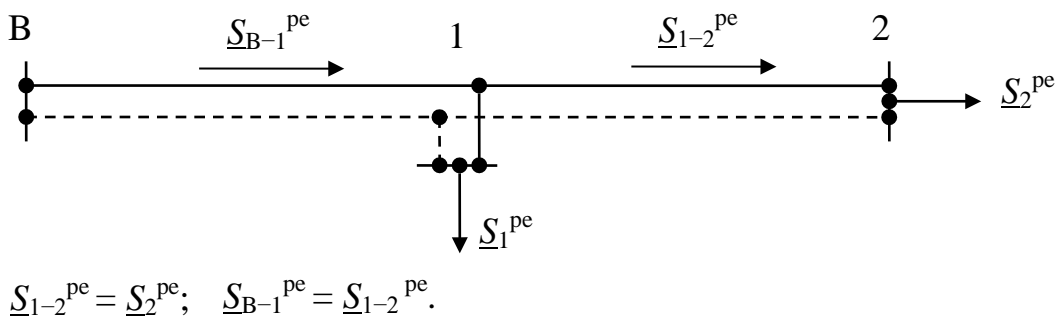
$$\underline{S}_{B'-3} = \underline{S}_{3-2} + \underline{S}_3.$$

3.3. Determination of flow distribution in post-emergency conditions of electric network options

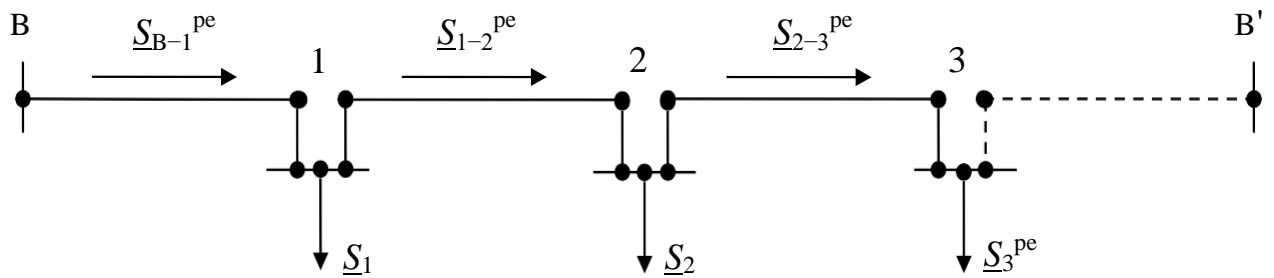
1) Radial electric network



2) Main electric network

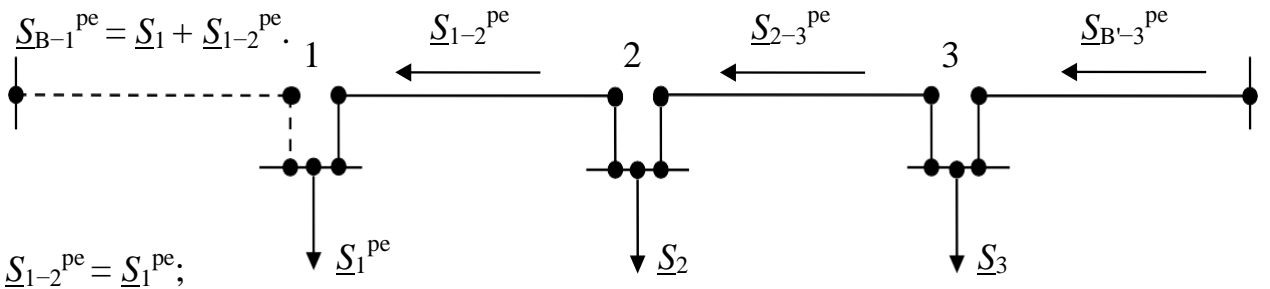


3) Ring network



$$\underline{S}_{1-2}^{pe} = \underline{S}_2 + \underline{S}_{2-3}^{pe};$$

$$\underline{S}_{B-1}^{pe} = \underline{S}_1 + \underline{S}_{1-2}^{pe}.$$



$$\underline{S}_{2-3}^{pe} = \underline{S}_2 + \underline{S}_{1-2}^{pe};$$

$$\underline{S}_{B'-3}^{pe} = \underline{S}_3 + \underline{S}_{2-3}^{pe}.$$

The results of determining the flow distribution in steady-state modes of the initial options for the development of the electric network are listed in table. 5 and 6 EN.

4. SUBSTANTIATION OF NOMINAL VOLTAGE OF OPTIONS OF ELECTRIC NETWORK

The justification of the correctness of the decision adopted in Section 1 on the rated voltage of the initial options for the development of the electric network is carried out according to the formula that gives satisfactory results for the entire scale of rated AC voltages in the range of 35–1150 kV [6],

$$U_{eq} = 1000 / \sqrt{(500 / L + 2500 / P_L)}, \quad (4.1)$$

where

L - is the line length, km;

P_L - transmitted power on the line (per circuit), MW.

The results of calculations to substantiate the nominal voltage of the initial options for the development of the electric network are listed in table. 7 EN.

5 SELECTION AND INSPECTION OF CROSS-SECTIONS OF ELECTRIC NETWORK LINES

5.1. Determining the number of hours of using the largest load of nodes and lines of electric network options

In the source data for the course project, the power consumption of the nodes is characterized by annual load schedules or by the number of hours of use of the highest load $T_{hl.n}$

The number of hours of use of the highest load nodes $T_{hl.n}$, hours specified by annual load schedules, is determined from the expression ($1 \leq i \leq 12$):

$$T_{hl.n} = [\sum (P_i \cdot t_i) / P_{hl}] \cdot T_{year} / 12, \quad (5.1)$$

where

P_i and P_{hl} are given in%;

t_i - in months;

T_{year} - in hours ($T_{\text{year}} = 8760$ h).

Notes:

1. The average load value of the nodes P_{av} , MW, given by the annual load graphs, is determined from the expression ($1 \leq i \leq 12$):

$$P_{\text{av}} = [\sum (P_i \cdot t_i) / P_{\text{hl}}] \cdot P_{\text{hl.n}} / 12, \quad (5.2)$$

where P_i and P_{hl} are given in %;

t_i - in months;

P_{hl} - in MW.

2. The coefficient of non-uniformity of annual load schedules is found by the ratio:

$$\alpha_{\text{year}} = P_{\text{ml}} / P_{\text{hl}}. \quad (5.3)$$

3. The fill factor of annual load schedules is found by the ratio:

$$\beta_{\text{year}} = P_{\text{av}} / P_{\text{hl}}. \quad (5.4)$$

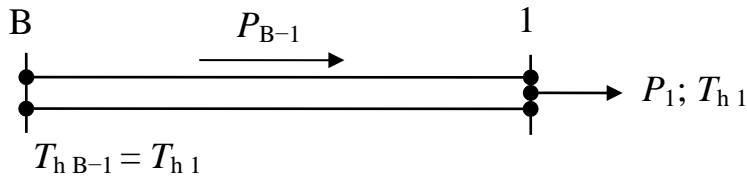
The determination of the number of hours of use of the largest load of nodes specified by annual load schedules is entered in the table. 8 EN.

The number of hours of using the largest load for the $T_{\text{ll-L}}$ lines is calculated based on the distribution of the active power P_1 in the lines of the options for the development of the electric network, the active load of the P_n nodes and the values of the $T_{1.n}$.

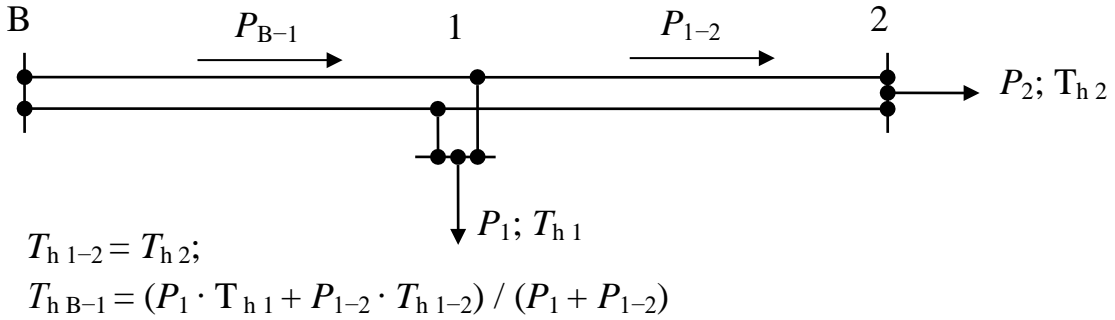
Annual load schedules and the corresponding values of T_{hl} and P_{av} are given in Fig. 2 EN.

When calculating $T_{\text{ll-L}}$, the following relationships are taken into account:

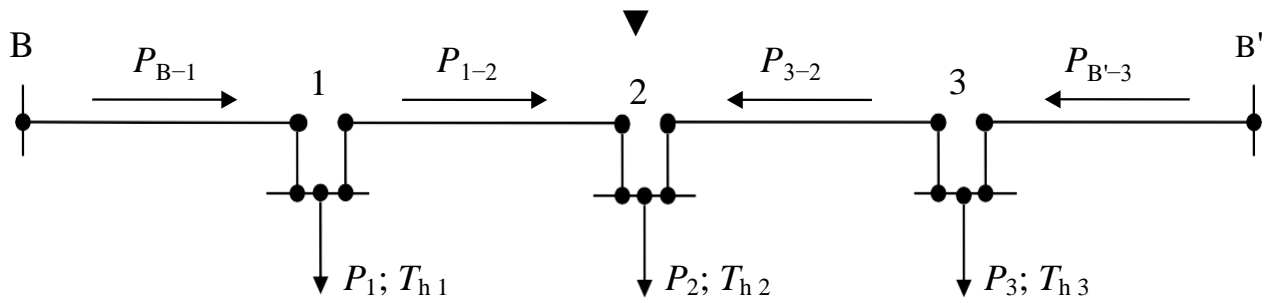
1) Radial electric network



2) Main electric network



3) Ring network



$$T_{h1-2} = T_{h2-3} = T_{h2};$$

$$T_{hB-1} = (P_1 \cdot T_{h1} + P_{1-2} \cdot T_{h1-2}) / (P_1 + P_{1-2});$$

$$T_{hB'-3} = (P_3 \cdot T_{h3} + P_{2-3} \cdot T_{h2-3}) / (P_3 + P_{2-3}).$$

The results of determining the number of hours of using the largest load for the lines of the initial options for the development of the electric network are listed in Table 9 EN.

5.2. The choice of wire cross-sections of lines of options for the electric network

The wire cross-sections of the initial options for the development of a 110 kV electric network are accepted in accordance with the requirements of the

“Norms for the Technological Design of Overhead Power Transmission Lines 0.38–750 kV. Power Transmission Lines 35–750 kV” (NTD OL) [7] and “Electrical Installation Rules (EIR-2009) ”[2], equal to 240 mm² for single-circuit sections and 2 (240) mm² - for double-circuit (Table A.5).

The results of choosing the wire cross-sections of the lines of the initial options for the development of the 110 kV electric network are listed in Table. 10 EN.

5.3. Checking the wire cross-sections of the lines of the electric network

The wire cross-sections of the variants of the electric network 110 kV are checked:

- a) according to the permissible current load for heating;
- b) from the point of view of a sufficient regulatory range of transformers with a control device under load (on-load tap-changer).

1. Checking the wire cross-sections of the lines for the **permissible current load** for heating is performed using the ratio:

$$I_{rc} \leq I_{pc}', \quad (5.5)$$

where I_{rc} is the rated current for checking the wires for heating, the largest of those that occur in post-accident conditions;

$$I_{rc} = I_L^{PE_h} = \left\{ \sqrt{[(P_L^{PE_h})^2 + (Q_L^{PE_h})^2]} \right\} \cdot 10^3 / (\sqrt{3} \cdot U_{nom}); \quad (5.6)$$

the value of $P_L^{PE_h}$, $Q_L^{PE_h}$ found in the table. 5 and 6 EN;

$$I_{pc}' = I_{pc} \cdot k\theta, \quad (5.7)$$

where I_{pc} is the permissible continuous current load of the wires for the temperature range from + 25 to + 70 ° C, determined by the table. A.5;

$k\theta$ is the correction factor for air temperature during the period of maximum loads; for the region specified in the project according to the table. A.6 determines the air temperature in the autumn-winter season, corresponding to the annual maximum loads, and from table. A.7 is the coefficient $k\theta$.

The results of checking the cross-sections of the wires of the lines of the initial options for the development of the electric network for the permissible current load for heating are listed in table. 10 EN.

The same table shows the results of calculating the parameters of the line equivalent circuit (per circuit) of the options for the development of a 110 kV electric network using the expressions (Fig. 1):

$$R_L = r_0 \cdot L; X_L = x_0 \cdot L; Q_{ch} = q_0 \cdot L, \quad (5.8)$$

where r_0 , x_0 , q_0 are the parameters per 1 km of the line length with a cross section of 240 mm², determined by the table. A.8.

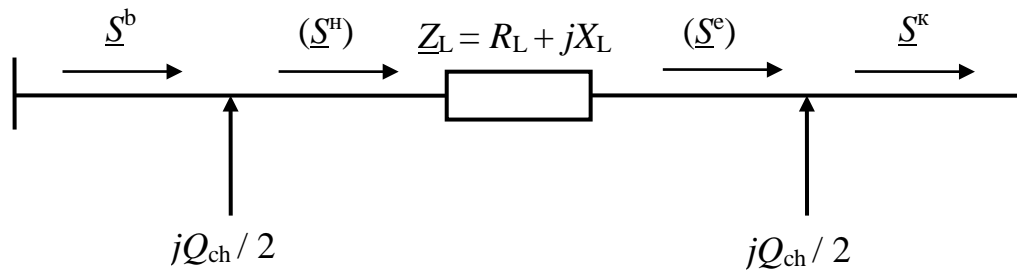


Figure 1 - The equivalent circuit of the lines of the electric network 110 kV

2. Checking the wire cross-sections of the lines from the point of view of a **sufficient adjustment range of transformers with load control devices (on-load tap-changers)** is performed using the ratio

$$\sum \Delta U \leq \Delta U_{al}, \quad (5.9)$$

where $\sum \Delta U$ is the largest sum of voltage losses on the network lines between the IP and the most electrically remote point of the network for the most severe of the considered (see Tables 5 and 6 EN) post-emergency modes of development options for the electric network;

$$\begin{aligned} \Delta U &= (P_L \cdot R_L + Q_L \cdot X_L) / U_{nom}; \\ \sum \Delta U_{\%} &= (\sum \Delta U / U_{nom}) \cdot 100; \end{aligned} \quad (5.10)$$

ΔU_{al} - allowable voltage loss in the network from the point of view of the sufficiency of the regulatory range of transformers with on-load tap-changers; ΔU_{al} value is determined taking into account the voltage of the transformer, the

regulation range of transformers with on-load tap changer, the normalized voltage on the side of the LV transformers; the approximate value of ΔU_{al} can be taken equal to 18–22%.

The results of checking the wire cross-sections of the lines of the initial options for the development of the electric network from the point of view of the sufficiency of the adjustment range of transformers with on-load tap-changers are listed in table. 11 EN.

6 SELECTION OF TRANSFORMERS OF SUBSTATIONS FOR OPTIONS OF ELECTRIC NETWORK

The rated capacities of two-, three-winding transformers of the substation are calculated according to the formulas:

$$S_{rc.t} \geq S_{hp} / 2; \quad S_{rc.t} \geq S_{pe} / 1,4, \quad (6.1)$$

where S_{hp} , S_{pe} correspond to S_H , S_H^{pe} and are taken from the table. 4.

The values of the load factors of the transformers are found by the formulas:

$$k_{nor} = S_{hp} / (S_{rc.t} \cdot 2); \quad k_{pe} = S_{pe} / S_{rc.t} < 1,4. \quad (6.2)$$

The results of choosing the rated capacities of the transformers of the initial options for the development of the electric network are recorded in table. 12 EN.

Technical data of two-, three-winding transformers, taken from the table. A.9 and A.10 are entered in table. 13 EN.

7 CHARACTERISTICS OF AIRLINES, SUBSTATIONS AND POWER SUPPLIES OF ELECTRIC NETWORK OPTIONS

7.1. Characteristics of overhead lines of electric network options

The design of overhead lines is determined by the areas of passage of their routes and the regionalization of the climatic conditions of the country by high-speed wind pressure, thickness of ice formations, thunderstorm activity and the intensity of wire dancing [8].

110 kV overhead lines are single and double circuit using single and double circuit supports. The lines are constructed on reinforced concrete intermediate supports, and steel supports are used as corner anchors.

110 kV lines are made by non-insulated AS multi-wire steel-aluminum wires, structurally consisting of a steel multi-wire core with wound aluminum wires.

From the point of view of the ratio of aluminum and steel parts of the wire characterizing its strength, medium-sized wires are used, i.e. with a ratio for nominal sections of 240 mm² of the aluminum part and the steel core 7.77–8.04.

The wires are attached to the garlands of insulators of the type PS70-B and PF70-B with the number of insulators in the garland respectively 8 and 7. On the anchor supports in the tension garlands of insulators, their number is 9 and 8, respectively.

Protective cables are suspended along the entire length of the line.

Since the designed network does not stipulate operation in areas with a high degree of air pollution, wires with high resistance to corrosion and insulators for areas with a high level of pollution are not used.

7.2. Characteristics of substations and power supplies of electric network options

The initial options for the development of a 110 kV electric network consist of 6 load nodes, which are powered by SP “A” (CPP 330–110 kV) and “B” (nodal substation 330/110 kV).

Schemes and parameters of the initial options for the development of the electric network are given in Fig. 3 EN.

Types of substations and codes Outdoor switchgear HV, MV, LV substations 1–6 and SP “A” and “B” of the initial options for the development of a 110 kV electric network are given in the EN.

The main technical data of turbogenerators CPP 330-110 kV "A" from the table. A.16 are recorded in table. 14 EN

The main technical data of double-winding step-up transformers 110–330 kV CPP "A", selected by the condition $S_{\text{nom.tr}} \geq P_A / \cos\varphi$ from the table. A.17 are recorded in table. 15 EN.

The main technical data of communication autotransformers CPP 330-110 kV "A" from the table. A.10 are recorded in table. 16 EN.

8 CHOICE OF THE OPTIMAL OPTION OF THE ELECTRIC NETWORK

According to [4], when comparing options in tasks that do not require a determination of overall efficiency and in which revenues are identical in all options, comparative efficiency can be estimated by comparing the cost part of the integral effect (total discounted costs) $C_{t.d}$.

For static tasks in which the construction of the electric network is carried out for no more than one year and current indicators are constant throughout the entire calculation period,

$$C_{t.d} = K_s + I_s' / E, \quad (8.1)$$

where K_s - capital investments in the electric network, determined by the aggregated indicators of the cost of the elements of electric networks;

I_s' - annual costs determined without taking into account depreciation deductions for renovation;

E - is the real (net) discount rate, taken in the calculations for the future equal to 0.1.

In its turn

$$K_s = \sum K_L + \sum K_{SS}, \quad (8.2)$$

where $\sum K_L$ and $\sum K_{SS}$ - capital investments in lines and substations of the network;

$$I_{S'} = I_{mr.n} + I_{\Delta Wn}; \quad (8.3)$$

$$I_{mr.n} = I_{mr.L} + I_{mr.ss}; \quad (8.4)$$

$$I_{\Delta Wn} = I_{\Delta WL} + I_{\Delta Wss}, \quad (8.5)$$

where $I_{mr.n}$, $I_{mr.L}$ and $I_{mr.ss}$ are operating costs corresponding to the annual costs of maintenance and repair of the network, lines and substations; $I_{\Delta Wn}$, $I_{\Delta WL}$ and $I_{\Delta Wss}$ - the cost of electricity losses in the network, lines and at the substation.

When performing calculations related to determining the best option, only the differing elements and indicators of the network should be taken into account.

So, when comparing the network options of one rated voltage, the following should be taken into account:

1) K_L and corresponding $I_{mr.L}$ for various routes, lengths, number of chains of lines;

2) K_{ss} and $I_{mr.ss}$ corresponding to them for different schemes of outdoor switchgear HV SS and different number of circuit breakers for outdoor switchgear MV SP;

3) And ΔWL of network lines, taken into account at different routes, lengths, number of circuits.

With the same load on the network nodes, options are compared without considering the cost of electricity losses at the substation. Then, based on formulas (8.3) - (8.5)

$$I_S' = I_{mr.L} + I_{mr.ss} + I_{\Delta WL} \quad (8.6)$$

For comparability of calculation results, costs for network options are determined by one source at prices of the same level [4].

In the calculations, the following formulas and quantities are used. Capital investments in the line:

$$I_1 = k_0 \cdot L, \quad (8.7)$$

where k_0 is the construction cost of 1 km of the line of the corresponding voltage (Table A.5); L - line length.

The cost of constructing a substation of the K_n network is taken according to the data of Table A.11, depending on the circuit of the open switchgear HV and the voltage ratio at the substation.

The cost of the switchgear open switchgear MV SP is determined by the formula

$$K_{SP} = K_{cell} \cdot n_{cell}, \quad (8.8)$$

where K_{cell} is the cell cost of the switchgear open switchgear MV SP, taken according to the data of Table A.12 depending on its trip current; n_{cell} - the number of cells of the outdoor switchgear MV SP taken into account when comparing

options.

Annual costs for maintenance and repair of lines:

$$I_{mr.L} = \alpha_{mr.L} \cdot \sum K_L, \quad (8.9)$$

where $\alpha_{mr.L}$ - annual costs for maintenance and repair of lines, in rel. the value of fixed assets along the lines of the network; for lines of 110 kV $\alpha_{mr.L} = 0.012$ (Table A.13).

Annual costs for maintenance and repair of substations and SPs:

$$I_{mr.ss} = \alpha_{mr.ss} \cdot \sum K_{ss}', \quad (8.10)$$

where $\alpha_{mr.ss}$ - annual costs for maintenance and repair of substations and individual relays, in rel. the cost of fixed assets for SS and SP; for 110 kV substation, $\alpha_{mr.ss} = 0.024$ (Table A.13).

Cost of electricity losses in the lines:

$$I_{\Delta WL} = \Sigma_{\Delta WL} \cdot \beta'; \quad (8.11)$$

$$\Delta W_L = 3 \cdot n_{ch} \cdot I_L^2 \cdot R_L \cdot \tau_L \cdot 10^{-6}, \quad (8.12)$$

β' is the unit cost of load losses in the lines, equal to the average tariff for electricity at the entrance to the electric network 110 (150) kV and below; $\beta' = 4.05 \cdot 10^{-2}$ thousand dollars / (MW·h) (Table A.15).

where I_L is the current in the line (per circuit) in the mode of maximum electric load of the network;

$$I_L = [\sqrt{(P_L^2 + Q_L^2)}] \cdot 10^3 \cdot (\sqrt{3} \cdot U_{nom} \cdot n_{ch}) \quad (8.13)$$

where P_L , Q_L are the values of active and reactive power in the mode of maximum electrical loads, taken from the table. 5 and 6 EN; n_{ch} - the number of chains in the line; R_L - line resistance (per circuit) (see tab. 10 EN);

τ_L - annual time of the greatest losses in the line; $\tau_L = f(T_{h.L})$ can be determined by the formula

$$\tau \approx (0,124 + T_h / 10^4)^2 \cdot 8760; \quad (8.14)$$

Note. In the table. A.5, A.11 and A.12, compiled on the basis of the "Norms for determining the economic efficiency of capital investments in the energy sector. Energy systems and electric networks" (NTD EI) [4], the values of the cost of constructing lines and substations of the network, as well as the tariff for electricity at the entrance to electric networks 110 (150) kV and below (Table A.15) are given in US dollars. The transfer to the national currency of Ukraine is carried out at the official rate of the NBU at the time of settlement, using the coefficient of the K_{NBU} .

Since the cost indicators in the table. 17–19 EN are used only for comparative calculations, the transfer to the national currency may not be performed.

The results of calculation of indicators for lines and substations of the initial options for the development of the electric network are listed in table 17 and 18 EN.

The optimal variant of the development of the electric network corresponds to the minimum condition of the cost part of the integral effect, i.e.

$$C_{t,d} \rightarrow \min. \quad (8.15)$$

The results of determining the optimal option for the development of the electric network are listed in table. 19 EN.

LIST OF RECOMMENDED LITERATURE

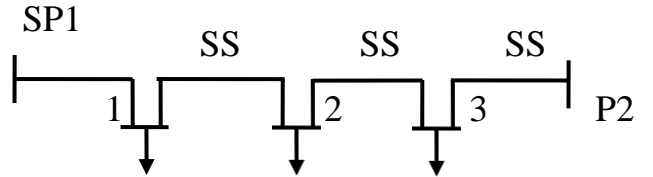
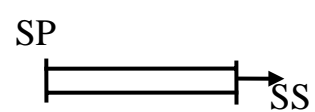
1. Standards for the technological design of energy systems and electric networks of 35 kV and above. GKD 341.004.003-94. Kiev, 1994.
2. Rules for the installation of electrical installations. - Kharkov: Fort, 2009.
3. The standards for the technological design of AC substations with a higher voltage of 6–750 kV. GKD 341.004.001-94. - Kiev, 1994.
4. Determination of the economic efficiency of capital investments in the energy sector. Methodology Power systems and electric networks. GKD 340.000.002-97.- Kiev, 1997.
5. The basics of the analysis of steady-state modes of electrical systems and networks: textbook. benefits / Barbashov I.V., Veprik Yu. N., Cherkashina V.V., Shutenko O.V. - Kharkov: NTU "KhPI", 2010.
6. Handbook for the design of electric power systems / ed. S.S. Rokotyan and I.M. Shapiro. - M.: Energoatomizdat, 1985.
7. Norms of technological design of overhead power transmission lines 0.38–750 kV. Wires of power lines 35-750 kV. GKD 341.004.002-94. - Kiev, 1994.
8. General characteristics of modern electrical systems and networks: textbook. benefits / Barbashov I.V. - Kharkov: NTU "KhPI", 2002.
9. A guide for the design of urban and village electric networks (to BCH 97-83) / Giprokommunenergo, MNIITEP. - M.: Stroyizdat, 1987.
10. Electrical systems. Modes of operation of electrical systems and networks / ed. V.A. Venikova. - M.: Higher. school., 1975.

APPENDIX A. HIGH-VOLTAGE ELECTRIC NETWORKS DESIGN HANDBOOK

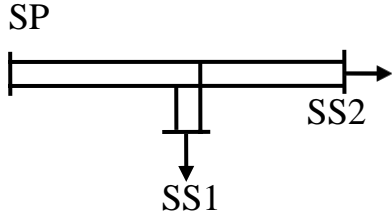
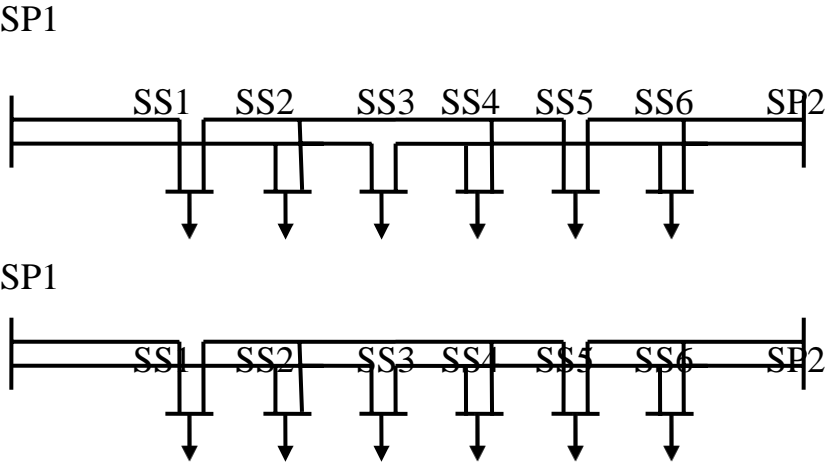
Table A.1 - Bandwidth and transmission distance of 110 kV lines [6]

Wire cross section, mm ²	Transmitted power MW		Line length, km	
	natural power	at density current 1,1 A / m ²	efficiency limit equal to 0.9	average between neighboring substations
240	30	45	80	25

Table A.2 - Diagrams of electric networks 110 kV, recommended when designing their development [1]

Network name	Scheme	Scope of use of the circuit	Notes
Single with two-way power supply of SS from different sources		Electricity supply of districts, except cities and industrial centers	<ol style="list-style-type: none"> 1. The maximum length of the network is up to 120 km 2. It is recommended that no more than three substations be connected
Double-chain radial (dead end)		Deep bushings for power supply of cities, industrial centers and industrial enterprises	Consumers are reserved through the secondary voltage network

Continuation of table A.2

Network name	Scheme	Scope of use of the circuit	Notes
Double-circuit trunk		Deep bushings for power supply of cities, industrial centers and industrial enterprises	<ol style="list-style-type: none"> 1. SS feed technologically unrelated consumers 2. Consumers are reserved through the secondary voltage network
Double chain with two-way power supply of SS from different sources		Power supply of large, large and largest cities, as well as transport consumers	<ol style="list-style-type: none"> 1. The maximum length of the network is up to 120 km. 2. It is recommended to attach no more than six walk-through substations (or alternate walk-through and branch substations)

Note. When following two lines in parallel, it is recommended to run them on double-chain supports. It is not allowed to use lines on double-chain supports in especially glazed areas to power traction substations, head pumping stations of oil pipelines, electric drive compressor stations of gas pipelines and mines.

Table A.3 - Circuit diagrams of dead-end, branch and pass-through substations of 110 kV electric networks [3]

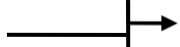
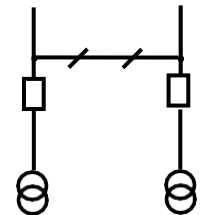
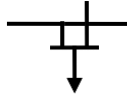
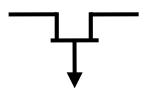
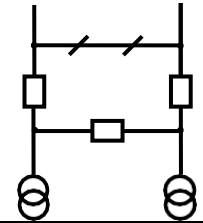
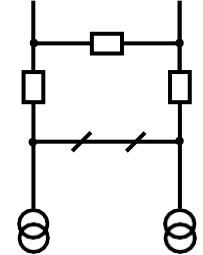
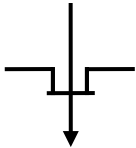
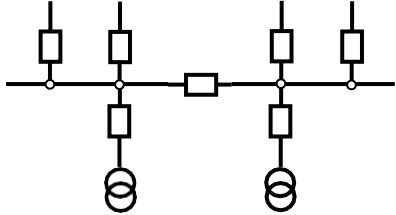
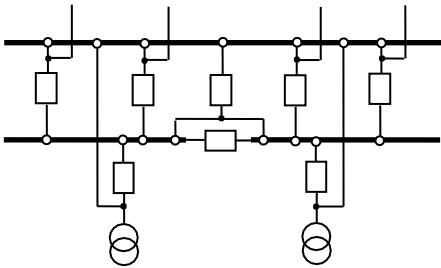
Name of Substation	Connecting SS to the network	Code and name of the scheme	Conditional Image schemes	Scope and conditions of application of the scheme
Dead end		110-2. Two line-transformer units with circuit breakers and a non-automatic jumper on the line side		On the side of HV dead-end and branch substations 35-220 kV
Branching				
Checkpoint		110-3. A bridge with circuit breakers in the line circuits and a repair jumper on the side of the lines		On the HV side of pass-through substations of 110-220 kV, if necessary, sectioning of lines with two-way power supply or during power transit through substations in the presence of AR
		110-4. A bridge with switches in the transformer chains and a repair jumper on the transformer side		On the HV side of pass-through substations of 110-220 kV, if necessary, the sectioning of lines with double-sided power supply or during transit of power along one line of 110-220 kV in the absence of AR; if necessary, to preserve power transit through the substation when the transformer

Table A.4 - Outdoor switchgear circuits for junction substations of 110 kV electric networks [3]

Name of Substation	Joining SS to the network	Code and name of the scheme	Conditional image of the circuit	Scope and conditions of application of the scheme
Nodal		35–5. One switch sectionalized bus system		<p>On the HV side of the nodal substations of 35 kV and on the MV side of 35 kV substations of higher voltages. As an initial stage in the development of the circuit, it is allowed to connect two outgoing lines, one in each section</p>
		110–6. One working, sectioned switch, and bypass bus system		<p>On the HV side of the node PSs of the 110–220 kV network with the predominant number of paired lines or lines reserved from other SSs It is allowed to connect unreserved lines of no more than one to any of the sections According to [1], the number of 110 kV overhead lines connected to substations should, as a rule, not exceed four</p>

Continuation of table A.4

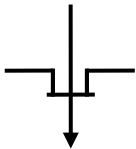
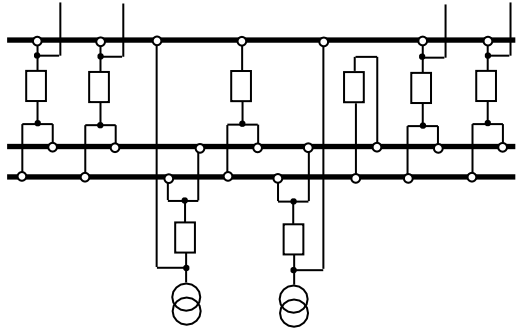
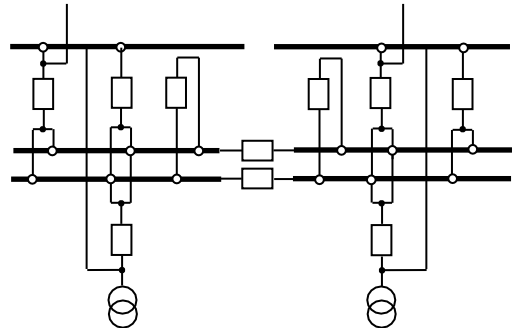
Name of Substation	Joining SS to the network	Code and name of the scheme	Conditional image of the circuit	Scope and conditions of application of the scheme
Nodal		110–7. Two workers and a bypass system of tires		On the MV side 110–220 kV substations of higher voltages with the number of outgoing lines up to 12 inclusive
		110–8. Two workers, sectioned by circuit breakers, and a bypass bus system with two bypass and two bus disconnect switches		On the MV side of 110–220 kV substations of higher voltages with the number of outgoing lines of more than 12, and also, if necessary, to reduce short-circuit currents

Table A.5 - Characteristics of 110 kV overhead lines [4]

Number of chains	Cross section mm ²	Supports	Permissible heating current I_{per} (at $\theta_{air} = + 25^{\circ}C$), A	Cost k_0 , thousand dollars / km
1	1(240/32)	reinforced concrete self-supporting	605	25
2	2(240/32)		605	41

Table A.6 - The average monthly air temperature in the autumn-winter season for some regions of Ukraine [9]

Region	$\theta_{air}, ^{\circ}C$	Region	$\theta_{air}, ^{\circ}C$
Vinnitsa	0	Nikolaev	+5
Lugansk	0	Odessa	+5
Dnipro	0	Poltava	0
Donetsk	0	Sumy	0
Zhytomyr	0	Kharkiv	0
Zakarpattia	+5	Kherson	+5
Zaporizhzhya	+5	Khmelnitsky	0
Kiev	0	Cherkasy	0
Kirovograd	0	Chernihiv	0
Crimean	+5	Chernivetska	0

Table A.7 - Correction factors, rel. units, for air temperature for bare wires [7]

$\theta_{air}, ^{\circ}C$	$\theta_{add}, ^{\circ}C$	Coefficient k_{θ} , at air temperature, $^{\circ}C$			
		- 5	0	+ 5	+ 10
+ 25	+ 70	1,29	1,24	1,2	1,15

Table A.8 - Design data of 110 kV overhead lines with steel-aluminum wires

[6]

Rated wire cross section, mm ²	r_0 , Ohm / km, at +20 °C	x_0 , Ohm / km	b_0 , 10 ⁻⁶ sm/km	q_0 , Mvar / km
240/32	0,12	0,405	2,81	0,0375

Note. Charging power q_0 is calculated from the average operating voltage of $1.05 \cdot U_{nom}$ the averaged geometric mean distances between phases are taken at a voltage of 110 kV equal to 5 m.

Table A.9 - Basic technical data of double-winding step-down transformers

110 kV [6]

Type	$U_{h.v.}$, kV	$U_{l.v.}$, kV	u_k , %	$\Delta P_{l.i}$, kW	$\Delta P_{l.sc}$, kW	ΔQ_x , kvar	R_t , Ohm	X_t , Ohm	G_t , 10 ⁻⁶ S	B_t , 10 ⁻⁶ S
ТМН-6300/110	115	6,6; 11	10,5	11,5	44	50,4	14,7	220,4	0,87	3,81
ТДН-10000/110	115	6,6; 11	10,5	14	60	70	7,95	139	1,06	5,29
ТДН-16000/110	115	6,6; 11	10,5	19	85	112	4,38	86,7	1,44	8,47
ТРДН-25000/110	115	6,3/6,3; 10,5/10, 5	10,5	27	120	175	2,54	55,9	2,04	13,23
ТРДН-40000/110	115	6,3/6,3; 10,5/10, 5	10,5	36	172	260	1,40	34,7	2,72	19,66
ТРДЦН-63000/110	115	6,3/6,3; 10,5/10, 5	10,5	59	260	410	0,87	22	4,46	31,0

Note. The voltage regulation of double-winding transformers is carried out due to on-load tap-changer $\pm 9 \times 1.78\%$ in the neutral voltage.

Table A.10 - Basic technical data of three-winding step-down transformers

110 kV and autotransformers 330 kV [6]

Type	$U_{v.h.}$ kV	$U_{v.h.}$ kV	$U_{v.l.}$ kV	$u_{k.h-m}$ %	$u_{k.h-l}$ %	$u_{k.m-l}$ %	$\Delta P_{l.i.}$ kW	$\Delta P_{l.sc.h-}$ m kW	ΔQ_x kvar
ТМТН- 6300/110	115	38,5	6,6; 11	10,5	17	6	14	58	75,6
ТДТН- 10000/110	115	38,5	6,6; 11	10,5	17	6	17	76	110
ТДТН- 16000/110	115	38,5	6,3; 10,5	10,5	17	6	23	100	160
ТДТН- 25000/110	115	38,5	6,3; 10,5	10,5	17,5	6,5	31	140	175
ТДТН- 40000/110	115	38,5	6,6; 11	10,5	17	6	43	200	240
ТДТН- 63000/110	115	38,5	6,3; 10,5	10,5	17	6,5	56	290	441
АТДЦТН- 125000/330/110	330	115	10,5; 38,5	10	35	27	115	370	625
АТДЦТН- 200000/330/110	330	115	10,5; 38,5	10	34	22,5	180	600	1000

Type	R_h , Ohm	R_m , Ohm	R_l , Ohm	X_h , Ohm	X_m , Ohm	X_l , Ohm	G_T , 10^{-6} S	B_T , 10^{-6} S
ТМТН- 6300/110	9,7	9,7	9,7	225,7	0	131,2	1,06	5,72
ТДТН- 10000/110	5	5	5	142,2	0	82,7	1,29	8,32
ТДТН- 16000/110	2,6	2,6	2,6	88,9	0	52	1,74	12,1
ТДТН- 25000/110	1,5	1,5	1,5	56,9	0	35,7	2,34	13,23
ТДТН- 40000/110	0,8	0,8	0,8	35,5	0	22,3	3,25	18,15
ТДТН- 63000/110	0,5	0,5	0,5	22	0	13,6	4,23	33,35
АТДЦТН- 125000/330/110	1,3	1,3	2,6	91,5	0	213,4	1,06	5,74
АТДЦТН- 200000/330/110	0,8	0,8	2	58,5	0	126,6	1,65	9,18

Notes: **1.** Voltage regulation of three-winding transformers is carried out due to on-load tap-changer $\pm 9 \times 1.78\%$ in the HV neutral and excitation-free switching $\pm 2 \times 2.5\%$ on the MV side.

2. The voltage regulation of autotransformers is carried out due to on-load tap changer $\pm 6 \times 2\%$ on the MV side.

Table A.11 - Cost of construction of substations 110 kV, thousand dollars [4]

Type of SS	Voltage kV	Circuit Number By NTD SS	Cost with transformer power, MVA					
			2 × 6,3	2 × 10	2 × 16	2 × 25	2 × 40	2 × 63
Open	110/10	110-1	400	440	500	650	–	–
		110-2	600	640	700	850	970	1090
		110-3(4)	650	690	750	900	1020	1140
		110-6	900	940	1000	1150	1270	1390
	110/35/10	110-1	570	620	670	720	–	–
		110-2	770	820	870	920	1070	1250
		110-3(4)	820	870	920	970	1120	1300
		110-6	1070	1120	1170	1220	1370	1550
Closed	110/10	110-2	–	–	–	1050	1250	1450
		110-3(4)	–	–	–	1200	1400	1600

Notes:

1. The switchgear 110, 35 and 10 kV takes into account the installation of oil circuit breakers with a trip current of up to 25, respectively; 12.5 and 31.5 kA.

2. In the 110 kV switchgear with the 110-6 scheme, the connection of 4 overhead lines was taken into account, and in the other schemes - 2 overhead lines.

3. In the switchgear 35 kV everywhere provides a scheme 35-5 with the connection of 4 overhead lines.

4. Switchgear schemes of 10 kV and the number of linear cells 10 kV taken into account, depending on the power of the transformers, are given below.

Voltage, kV	Power transformers, MVA	2 × 6,3	2 × 10	2 × 16	2 × 25	2 × 40	2 × 63
110/10	Switchgear circuit 10 kV	10-1	10-1	10-1	10-2	10-2	10-2
	Number of Linear Cells	10	16	22	32	32	42
110/35/10	Switchgear circuit 10 kV	10-1	10-1	10-1	10-1	10-2	10-2
	Number of Linear Cells	10	16	22	22	22	32

Table A.12 - The cost of switchgear cells 10–750 kV, thousand dollars [4]

Voltage, kV	Switch type	Tripping current up to	Cost
110	Oil	25	50
		40	62

Table A.13 - The annual cost of maintenance and repair of electrical networks [4]

Voltage, kV	Costs,% of the value of fixed assets	
	OL	SS
35–110	1,2	2,4
220–750	0,9	2,4

Table A.14 - Norms depreciation deductions [4]

Name of electric networks	Depreciation rate,% of capital costs
OHL 35-750 kV on steel and reinforced concrete supports	2
Substation 10-750 kV SS electrical equipment in general	4,4 3,6

Note. The deduction rate for SS as a whole is given as a weighted average taking into account the ratio of the costs of equipment, buildings and structures.

Table A.15 - Values of the average tariff at the input and output to electric networks of different voltages, thousand dollars / MW • h [4]

Network name	entry	exit
Networks 110 (150) kV and below	$4,05 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$
including 110 (150) kV networks	$4,05 \cdot 10^{-2}$	$4,3 \cdot 10^{-2}$

The coefficient to the average tariff for determining the cost of idling losses is 0.75–0.8.

Table A.16 - Main technical data of some turbogenerators [6]

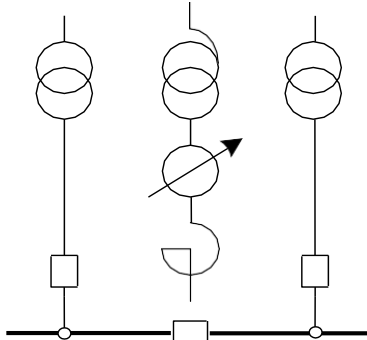
Type	$P_{nom. g}$, mW	$\cos\varphi_g$	$U_{nom. g}$, kV	X_d'' , rel. units	X_d' , rel. units	X_d , rel. units	X_2 , rel. units	X_0 , rel. units
TBΦ-100-2	100	0,80	10,5	0,191	0,278	1,92	0,234	0,0973
TBB-160-2	160	0,85	18	0,221	0,329	2,3	0,269	0,115
TBB-200-2a	200	0,85	15,75	0,180	0,272	2,106	0,220	0,1
TBB-220-2	220	0,85	15,75	0,200	0,290	1,97	0,240	0,09
TГB-300W	300	0,85	20	0,195	0,300	2,195	0,238	0,096
TBB-320-2	320	0,85	20	0,173	0,258	1,698	0,211	0,09
TBB-500-2E	500	0,85	20	0,222	0,318	2,31	0,274	0,125

Table A.17 - Basic technical data of double-winding step-up transformers

110 –330 kV [6]

Type	$U_{h.v.}$, kV	$U_{l.v.}$, kV	u_k , %	$\Delta P_{l.i}$ kW	$\Delta P_{l.sc}$ kW	ΔQ_x , kvar	R_t , Ohm	X_t , Ohm	G_t , 10^{-6} S	B_t , 10^{-6} S
ТДЦ–125000/110	121	10,5	10,5	120	400	687,5	0,37	12,3	8,2	46,96
ТДЦ–200000/110	121	18	10,5	170	550	1000	0,2	7,7	11,61	68,3
ТДЦ–250000/110	121	15,75	10,5	200	640	1250	0,15	6,1	13,66	85,38
ТДЦ–400000/110	121	20	10,5	320	900	1800	0,08	3,8	21,86	122,94
ТДЦ–200000/330	347	18	11	220	560	900	1,68	66,2	1,83	7,47
ТДЦ–250000/330	347	15,75	11	240	605	1125	1,2	52,9	1,99	9,33
ТДЦ–400000/330	347	20	11	365	810	1600	0,6	33	3,03	13,29
ТДЦ–630000/330	347	20	11	405	1300	2205	0,4	21	3,36	18,31

Table A.18 - List and scope of 10 kV switchgear circuits [3]

Code and name of the scheme	Conditional image of the circuit	Conditions of use schemes
10–1. One single busbar sectionalized busbar system	 <p>The diagram shows three transformers connected to a common busbar system. The middle transformer is connected to a busbar that is sectionalized by a circuit breaker. The busbar system is grounded at the bottom.</p>	With two transformers with non-split winding 10 kV without reactors or with single reactors

Continuation of table A.18

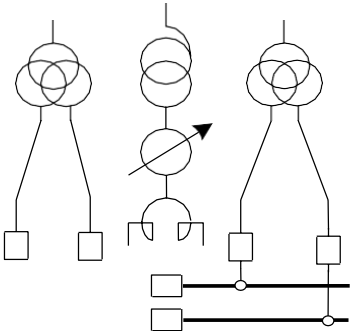
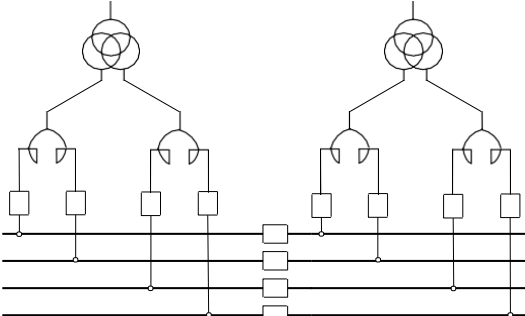
Code and name of the scheme	Conditional image of the circuit	Conditions of use schemes
<p>10-2. Two single busbar sectionalized busbar systems</p>	 <p>The diagram shows two transformers, each represented by two overlapping circles. Each transformer is connected to a busbar. These two busbars are connected to a central switch assembly consisting of a switch and a reactor. Below the switch assembly, there are two horizontal lines representing busbars, with a central connection point between them.</p>	<p>With two transformers with non-split winding 10 kV without reactors or with single reactors or with non-split winding and twin reactors</p>
<p>10-3. Four single busbar sectionalized busbar systems</p>	 <p>The diagram shows two transformers, each represented by two overlapping circles. Each transformer is connected to two busbars, for a total of four busbars. These busbars are connected to a central switch assembly consisting of a switch and a reactor. Below the switch assembly, there are four horizontal lines representing busbars, with a central connection point between them.</p>	<p>With two split-winding transformers 10 kV and dual reactors</p>

Table A.19 - Switchgear circuits 330 kV [3]

Code and name of the scheme	Conditional image of the circuit
330-9. Quadrangle	
330-10. Transformers – buses with connection of lines through two switches	
330-11. One and a half	

Table A.20 - Specific damage and downtime during emergency and planned outages of 110 kV lines [10]

The name of the lines and their characteristics	Emergency turn-off		Scheduled Shutdown	
	Specific Damage λ , 1/(year · 100 km);	Downtime t_{AB} , (1/year) · 10 ⁻³	Overhaul downtime $t_{o,d}$, (1/hour) · 10 ⁻³	Maintenance Downtime $t_{m,d}$, (1/hour) · 10 ⁻³
Single chain on Reinforced concrete supports	1,22	0,502	27,4	3,2
Double-circuit on reinforced concrete supports when disconnecting one circuit	1,182	0,407	27,4	3,2
Double-circuit on reinforced concrete supports when both circuits are disconnected	0,048	2,74	—	—

Note. The frequency of overhaul for overhead lines is 1/6 1 / hour; the frequency of current repairs is 1/1 1 / hour.

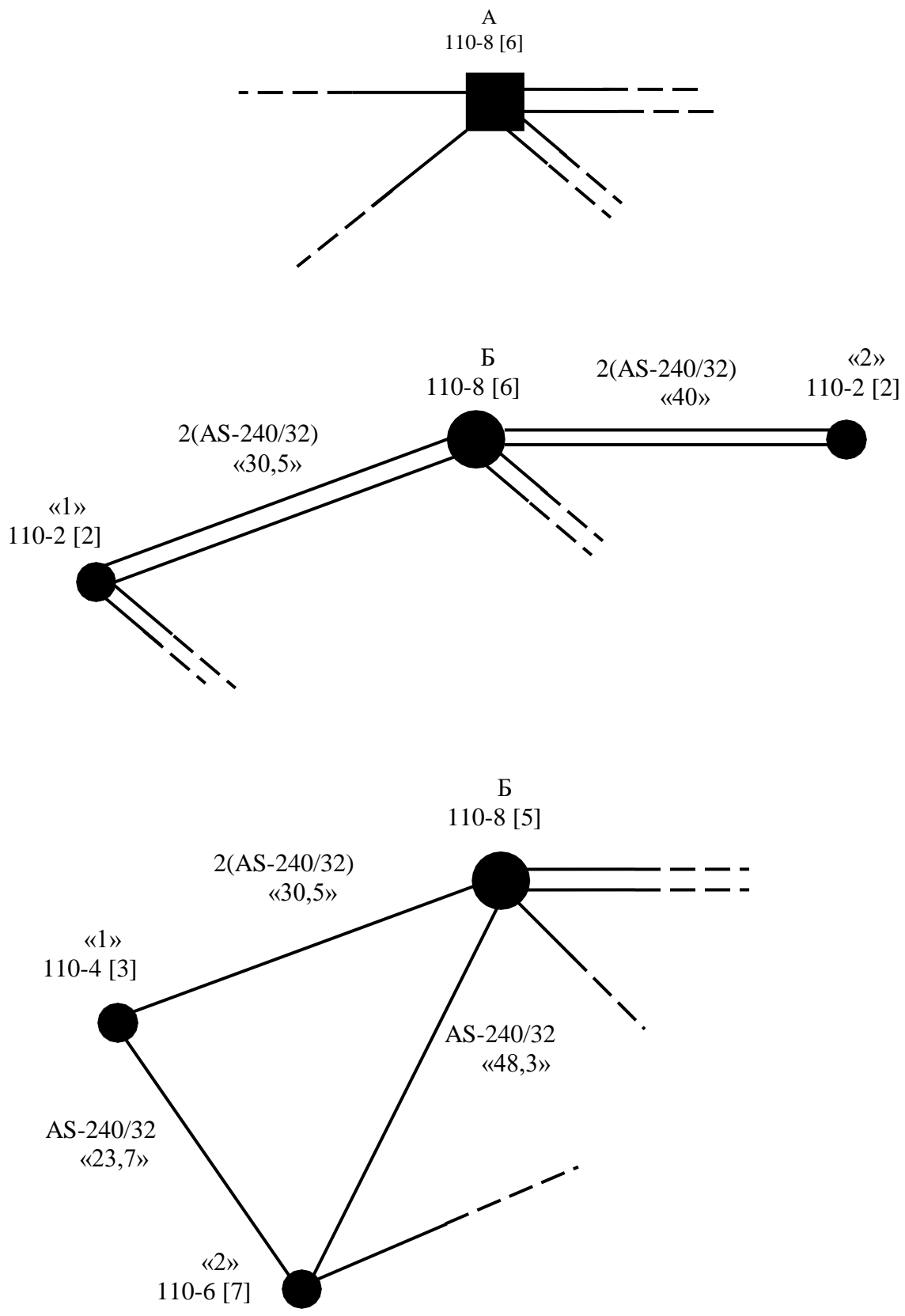


Figure A.1 - Examples of designations shown in Fig. 3 EN

APPENDIX B. BASIC TERMINOLOGICAL DEFINITIONS

A

Active Power Loss

Втрати активної потужності

Active power consumed in the objects of the electrical system.

Активна потужність, що витрачається в об'єктах електричної системи.

Active line conductivity

Активна провідність лінії

Line parameter associated with losses of active power from leakage current through insulation, and in the overhead line also with losses per crown.

Параметр лінії, пов'язаний з втратами активної потужності від струму витoku через ізоляцію, а в повітряній лінії також і з втратами на корону.

Active transformer conductivity

Активна провідність трансформатора

The parameter of the transformer associated with the loss of active power in the core due to magnetization reversal and eddy currents.

Параметр трансформатора, пов'язаний з втратами активної потужності в сердечнику на перемагнічування та вихрові струми.

Active resistance (line, transformer)

Активний опір (лінії, трансформатора)

Parameter associated with the loss of active power and energy for heating conductors during the passage of alternating current.

Параметр, пов'язаний з втратами активної потужності і енергії на нагрівання провідників при протіканні по ним змінного струму.

The amplitude of the voltage pulse

Амплітуда імпульсу напруги

Maximum instantaneous voltage pulse value.

Максимальне миттєве значення імпульсу напруги.

Angular characteristic of the active power of the line

Кутова характеристика активної потужності лінії

The dependence of the transmitted active power on the transmission line on the angle between the voltage vectors at its beginning and end.

Залежність переданої активної потужності по лінії електропередачі від кута між векторами напруги на її початку і наприкінці.

Annual operating expenses (costs)

Річні експлуатаційні витрати (видатки)

Financial costs necessary for the operation of an electrical system for a certain period of time.

Фінансові витрати, необхідні для експлуатації об'єкта електричної системи протягом певного періоду часу.

Annual load schedule by duration

Графік навантаження річний за тривалістю

Graph showing the total duration of various load values during the year.

Графік, що показує сумарну тривалість різних значень навантаження протягом року.

Annual schedule of daily maximum loads

Річний графік добових максимумів навантаження

The curve of the highest values of daily load schedules during the year.

Крива максимальних значень добових графіків навантаження протягом року.

Areas of economically viable rated voltages

Області економічно доцільних номінальних напруг

Areas bounded by curves with coordinates of the length of power lines in which the transmitted active power corresponds to the equality of discounted costs at the two adjacent rated voltages under consideration.

Області, обмежені кривими з координатами довжини ліній електропередавання, в яких передається активна потужність відповідають рівності дисконтованих витрат при розглянутих двох суміжних номінальних напругах.

Attenuation coefficient

Коефіцієнт затування

An indicator characterizing the attenuation of a voltage or current module per unit length during the propagation of an electromagnetic wave along a line.

Показник, що характеризує загасання модуля напруги або струму на одиницю довжини при поширенні електромагнітної хвилі вздовж лінії.

Auto Frequency Offload

Автоматична частотне розвантаження

The alternate disconnection of consumers of electrical energy from the power supply, provided for in advance and carried out by automation devices, when the frequency in the electrical system is lowered.

Передбачене заздалегідь і здійснюється пристроями автоматики почергове відключення споживачів електричної енергії від електропостачання при зниженні частоти в електричній системі.

Auto transformer

Автотрансформатор

The transformer, which windings are both magnetic and electrical connection.

Трансформатор, у якого обмотки мають як магнітний, так і електричний зв'язок.

Autotransformer profitability ratio

Коефіцієнт вигідності автотрансформатора

Autotransformer efficiency indicator, equal to the ratio of its typical power to rated.

Показник ефективності автотрансформатора, рівний відношенню його типової потужності до номінальної.

An avalanche of tension in the energy system

Лавина напруги в енергетичній системі

The phenomenon of an avalanche-like voltage reduction due to a violation of the static stability of the energy system and an increasing reactive power deficit.

Явище лавиноподібного зниження напруги внаслідок порушення статичної стійкості енергетичної системи і наростаючого дефіциту реактивної потужності.

Avalanche of frequency in the energy system

Лавина частоти в енергетичній системі

The phenomenon of an avalanche-like decrease in frequency in the energy system caused by an increasing deficit of active power.

Явище лавиноподібного зниження частоти в енергетичній системі, викликане наростаючим дефіцитом активної потужності.

B

The balance of active power in the power system

Баланс активної потужності в енергосистемі

Correspondence of the active power generated by power plants and the power consumed in the power system, taking into account technological losses, as well as power flows to other systems.

Відповідність активної потужності, що виробляється електричними станціями і потужності, споживаної в енергосистемі, з урахуванням технологічних втрат, а також перетоків потужності в інші системи.

Balancing unit

Балансуючий вузол

Fixed voltage unit covering the missing power in the network during electrical calculations.

Вузол з фіксованою напругою, що покриває відсутню потужність в мережі при проведенні електричних розрахунків.

Branch (from the power line)

Відгалуження (від лінії електропередачі)

Power line connected at one end to the other power line at an intermediate point.

Лінія електропередавання, приєднана одним кінцем до іншої лінії електропередавання в проміжній точці.

Branch of the electrical network

Гілка електричної мережі

A section of an electrical network consisting of series connected elements with the same current.

Ділянка електричної мережі, що складається з послідовно з'єднаних елементів з одним і тим же струмом.

Battery of (static) capacitors

Батарея (статистичних) конденсаторів

A compensating device consisting of capacitors connected in series or in parallel and designed to generate reactive power at a network node (transverse compensation) or to reduce line reactance (longitudinal compensation).

Компенсуючі пристрій, що складається з конденсаторів, з'єднаних послідовно або паралельно, і призначені для генерації реактивної потужності у вузлі мережі (поперечна компенсація) або для зменшення реактивного опору лінії (поздовжня компенсація).

Booster Transformers

Вольтододаткові трансформатори

Transformers designed for longitudinal, transverse or longitudinal - transverse voltage regulation in a single line, group of lines or on a transformer.

Трансформатори, призначені для поздовжнього, поперечного або поздовжньо - поперечного регулювання напруги в окремій лінії, групі ліній або на трансформаторі.

C

Capacitive Line Conductivity

Ємнісна провідність лінії

Line parameter due to capacitance between phase wires and phase wires and ground.

Параметр лінії, обумовлений наявністю ємностей між проводами фаз та проводами фаз і землею.

Centralized voltage regulation

Централізоване регулювання напруги

Voltage regulation by means of devices installed in the power supply centers of the electrical system.

Регулювання напруги, здійснюване за допомогою пристроїв, встановлених в центрах живлення електричної системи.

Characteristics of specific increments

Характеристика питомних прирострів

Dependence of specific gain on load.

Залежність питомної приросту від навантажень.

The coefficient of change of the phase of the wave

Коефіцієнт зміни фази хвилі

An indicator characterizing the rotation of a voltage or current vector per unit length during the propagation of an electromagnetic wave along a line.

Показник, що характеризує поворот вектора напруги або струму на одиницю довжини при поширенні електромагнітної хвилі вздовж лінії.

Coefficient temporary overvoltages

Коефіцієнт тимчасового перенапруги

A value equal to the ratio of the maximum value of the curve of the amplitude values of the voltage during the existence of a temporary overvoltage to the amplitude of the nominal voltage of the electric network.

Величина, що дорівнює відношенню максимального значення кривої амплітудних значень напруги за час існування тимчасового перенапруги до амплітуди номінального напруги електричної мережі.

Compensating device

Компенсуючий пристрій

A device designed to generate and (or) consume reactive power in a load node of an energy system or to change reactive parameters (reactance, reactivity) of a power line.

Пристрій, призначений для вироблення і (або) споживання реактивної потужності у вузлі навантаження енергетичної системи або для зміни реактивних параметрів (реактивного опору, реактивної провідності) лінії електропередачі.

Combined maximum load power systems

Суміщений максимум навантаження енергосистем

Maximum total load of parallel power systems.

Максимум сумарного навантаження працюючих паралельно енергосистем.

Consumer load

Навантаження споживача

The electric power consumed by the power receiver (consumer) from the network.

Електрична потужність, споживана електроприймачем (споживачем) з мережі.

Converter Substation

Перетворююча підстанція

Electrical substation designed to convert the type of current or its frequency.

Електрична підстанція, призначена для перетворення роду струму або його частоти.

Corona

Корона

The phenomenon of air ionization near the surface of the wire, arising on the working line in case of exceeding the electric field on the surface of the wire of a critical value, and causing additional loss of active power, oxidation of the wires and the appearance of radio interference.

Явище іонізації повітря поблизу поверхні проводу, що виникає на працюючій лінії в разі перевищення напруженості електричного поля на поверхні проводу критичного значення, і що викликає додаткові втрати активної потужності, окислення проводів і виникнення радіоперешкод.

Cost of electricity transmission

Собівартість передачі електроенергії

Specific annual operating costs (costs) per unit of electricity transmitted through the network.

Питомі річні експлуатаційні витрати (видатки) на одиницю переданої по мережі електроенергії.

Counter voltage regulation

Зустрічне регулювання напруги

Voltage regulation, at which the voltage rises during periods of increased loads and decreases during periods of reduced loads.

Регулювання напруги, при якому напруга підвищується в періоди підвищених навантажень і знижується в періоди знижених навантажень.

Critical frequency

Критична частота

The lowest frequency value according to the stability conditions of the electrical system and the working conditions of the auxiliary needs of power plants.

Найменше значення частоти за умовами стійкості електричної системи і умов роботи власних потреб електричних станцій.

The critical voltage in the power system

Критичне напруга в енергосистемі

The limiting lowest voltage value in the node of the energy system according to the conditions of static stability.

Граничне найменше значення напруги в вузлі енергетичної системи за умовами статичної стійкості.

Current lead

Токопровід

A device designed for the transmission and distribution of electrical energy, consisting of uninsulated or insulated conductors and related insulators, protective shells, junction devices, supporting and supporting structures.

Пристрій, призначений для передачі і розподілу електричної енергії, що складається з неізолюваних або ізолюваних провідників та належних до них ізоляторів, захисних оболонок, відгалужувальних пристроїв, що підтримують і опорних конструкцій.

D

Deep input

Глибоке введення

The system of consumer power supply from the electric network of the highest voltage class, characterized by the least number of stages of transformation.

Система електропостачання споживача від електричної мережі вищого класу напруги, яка характеризується найменшим числом ступенів трансформації.

Discounted Costs

Дисконтовані витрати

Economic indicator, including one-time costs and annual operating costs (costs) at a certain ratio.

Економічний показник, який включає одноразові витрати і річні експлуатаційні витрати (видатки) при певному їх співвідношенні.

Differential voltages

Перепад напруг

The difference or deviation of the effective voltage values at two points of the electrical system of one stage of transformation or reduced to one stage.

Різниця або відхилення діючих значень напруги в двох точках електричної системи одного ступеня трансформації або приведеної до одного ступеня.

Distribution point

Розподільний пункт

An electrical switchgear designed to receive and distribute electrical energy without conversion and transformation, not part of the substation.

Електричний розподільчий пристрій, призначений для прийому і розподілу електричної енергії без перетворення і трансформації, що не входить до складу підстанції.

Dynamic stability of the electrical system

Динамічна стійкість електричної системи

The ability of the electrical system to return to a steady state close to the original after large disturbances (sharp violations of the initial steady state).

Здатність електричної системи повернутися до сталого режиму, близького до початкового, після великих збурень (різких порушень початкового усталеного режиму).

Dynamic load characteristic

Динамічна характеристика навантаження

The dependence of the active or reactive load on time for certain changes in voltage or frequency.

Залежність активного або реактивного навантаження від часу при певних змінах напруги або частоти.

Duration (time) of using the greatest load

Тривалість (час) використання найбільшого навантаження

The time (in hours) during which at the highest power (or current) the same amount of energy is consumed (generated) as in real conditions with the load actually changing over time.

Час (в годинах), за який при найбільшій потужності (або струмі) споживається (виробляється) та сама кількість енергії, що і в реальних умовах при фактично змінному в часі навантаженні.

E

Economic distribution of capacities in a closed electrical network

Економічний розподіл потужностей в замкнутій електричній мережі

Distribution of capacities over network sections, in which the total loss of active power in the network is minimal.

Розподіл потужностей по ділянках мережі, при якому сумарні втрати активної потужності в мережі мінімальні.

Economic Capacity Intervals

Економічні інтервали потужностей

Curves of dependencies of the discounted line costs for various wire cross-sections from the power (current) transmitted along the line, used when choosing wire cross-sections.

Криві залежностей дисконтованих витрат лінії при різних перетинах проводів від переданої по лінії потужності (струму), що використовуються при виборі перетинів проводів.

Economic section of the line

Економічний перетин лінії

Line phase conductor cross-section corresponding to the minimum cost of electricity transmission.

Перетин проводів фаз лінії, відповідне мінімуму вартості передачі електроенергії.

Economic current density

Економічна щільність струму

The current density at the selected cross-section of the wires of the phases of the power line, corresponding to a minimum of discounted costs.

Щільність струму при обраному перерізі проводів фаз лінії електропередавання, відповідний мінімуму дисконтованих витрат.

Electric energy consumer

Споживач електричної енергії

An electric receiver or a group of electric receivers, united by a technological process and located in a certain territory.

Електроприймач або група електроприймачів, об'єднаних технологічним процесом і розміщена на певній території.

Electric energy storage

Накопичувачі електричної енергії

Energy storage devices designed to store and store electrical energy.

Накопичувачі енергії, призначені для накопичення та зберігання електричної енергії.

Electric power receiver

Приймач електричної енергії

Apparatus, unit, mechanism designed to convert electrical energy into another type of energy.

Апарат, агрегат, механізм, призначений для перетворення електричної енергії в інший вид енергії.

Electrical network

Електрична мережа

The set of substations and power lines connecting them, designed for, transmission and distribution of electrical energy

Сукупність підстанцій і з'єднуючих їх ліній електропередавання, призначена для, передачі і розподілу електричної енергії

- closed

- замкнута

An electric network, each power line of which is included in at least one closed loop.

Електрична мережа, кожна лінія електропередавання якої входить хоча б в один замкнутий контур.

- uniform

- однорідна

An electrical network in which the ratio of resistance to inductance is the same in each section.

Електрична мережа, в якій на кожній ділянці відношення активного опору до індуктивному однаково.

- radial

- радіальна

An electrical network consisting of radial lines transmitting electrical energy to a consumer from a single power source.

Електрична мережа, що складається з радіальних ліній, що передають електричну енергію споживачу від одного джерела живлення.

- distribution

- розподільна

An electrical network that distributes electrical energy between points of consumption.

Електрична мережа, що забезпечує розподіл електричної енергії між пунктами споживання.

- backbone

- системоутворююча

The electrical network of the highest voltage classes, providing reliability and stability of the energy system as a single object.

Електрична мережа вищих класів напруги, що забезпечує надійність і стійкість енергетичної системи як єдиного об'єкта.

Electrical installation

Електроустановка

Power plant designed for the production or conversion, transmission, distribution or consumption of electrical energy.

Енергоустановка, призначена для виробництва або перетворення, передачі, розподілу чи споживання електричної енергії.

Electrical system

Електрична система

The electrical part of the energy system.

Електрична частина енергетичної системи.

Electricity Consumer Category

Категорія споживача електричної енергії

Conditional separation of consumers of electric energy depending on the requirements for the reliability of their power supply.

Умовний поділ споживачів електричної енергії в залежності від вимог до надійності їх електропостачання.

Electricity Transmission Cost

Вартість передачі електроенергії

Unit discounted costs per unit of electric energy transmitted through the network.

Питомі дисконтовані витрати на одиницю переданої по мережі електричної енергії.

Energetics

Енергетика

The field of national economy, science and technology, covering energy resources, production, transport, transmission, transformation, accumulation, distribution and consumption of various types of energy.

Зона народного господарства, науки і техніки, що охоплює енергетичні ресурси, виробництво, транспорт, передачу, перетворення, акумулювання, розподіл і споживання різних видів енергії.

Energy storage

Накопичувачі енергії

Devices designed to store energy for the purpose of its use in accordance with the requirements of the operating mode of the energy system.

Пристрої, призначені для накопичення енергії з метою її використання у відповідності до вимог режиму роботи енергетичної системи.

Energy system average load

Середнє навантаження енергетичної системи

The value of the load, equal to the ratio of the energy generated (or consumed) for a certain period of time, to the duration of this period in hours.

Значення навантаження, яке дорівнює відношенню виробленої (або спожитої) за певний період часу енергії, до тривалості цього періоду в годинах.

Energy system (power system)

Енергетична система (енергосистема)

The totality of power plants, electric and heat networks interconnected and connected by common mode in the continuous process of production, conversion and distribution of electric energy and heat with the general control of this mode.

Сукупність електричних станцій, електричних і теплових мереж, з'єднаних між собою і пов'язаних спільністю режиму в безперервному процесі виробництва, перетворення і розподілу електричної енергії і теплоти при загальному управлінні цим режимом.

- single

- єдина

A set of integrated energy systems interconnected by interconnections, with a common mode of operation and having a common dispatch control.

Сукупність об'єднаних енергетичних систем, з'єднаних міжсистемними зв'язками, при загальному режимі роботи і має загальне диспетчерське управління.

- isolated

- ізольована

An energy system that does not have electrical connections for parallel operation with other energy systems.

Енергетична система, яка не має електричних зв'язків для паралельної роботи з іншими енергетичними системами.

- united

- об'єднана

The combination of several energy systems, united by a common mode of operation, having a common dispatch control as the highest level of control in relation to the dispatch control of its energy systems.

Сукупність декількох енергетичних систем, об'єднаних загальним режимом роботи, що має загальне диспетчерське управління як вищий щабель управління по відношенню до диспетчерських управлінь що входять до неї енергосистем.

Established active power of the grid

Встановлена активна потужність енергосистеми

The total rated active power of generators of power stations of the power system.

Сумарна номінальна активна потужність генераторів електричних електричних станцій електроенергетичної системи.

Equalizing current (power)

Зрівняльний струм (потужність)

Current (power) in a power line with two power supplies of different voltages, or current (power) in a closed circuit caused by the action of the equalizing EMF.

Струм (потужність) в лінії електропередавання з двома джерелами живлення різної напруги, або струм (потужність) в замкнутому контурі, обумовлений дією зрівняльної ЕРС.

Equivalent circuit

Схема заміщення

A schematic model that displays the real object of the electric network (line, transformer, etc.) in the form of operational parameters at its ends.

Схематична модель, що відображає реальний об'єкт електричної мережі (лінію, трансформатор і ін.) У вигляді режимних параметрів по його кінцях.

Equivalent wire radius

Еквівалентний радіус проводу

Physical parameter of the overhead transmission line, characterizing the split phase and affecting the inductive resistance of the line and the losses associated with the crown and increasing the throughput.

Фізичний параметр повітряної лінії електропередавання, що характеризує розщеплену фазу і впливає на індуктивний опір лінії та на втрати, пов'язані з короною, і збільшує пропускну здатність.

F

The filling factor of the load curve

Коефіцієнт заповнення графіка навантаження

The ratio of actually generated (consumed, released) electric energy to that energy that could be generated (consumed, released) for the period under consideration at the highest power.

Відношення фактично виробленої (спожитої, відпущеної) електричної енергії до тієї енергії, яка могла бути вироблена (спожита, відпущена) за аналізований період при найбільшій потужності.

Flicker

Флікер

Subjective human perception of fluctuations in the luminous flux of artificial light sources caused by voltage fluctuations in the electrical network supplying these sources.

Суб'єктивне сприйняття людиною коливань світлового потоку штучних джерел освітлення, викликаних коливаннями напруги в електричній мережі, яка живить ці джерела.

Flicker dose

Доза флікера

A measure of a person's susceptibility to flicker exposure over a specified period of time.

Міра сприйнятливості людини до впливу флікера за встановлений проміжок часу.

Flicker perception time

Час сприйняття флікера

The minimum time for subjective perception by a person of a flicker caused by voltage fluctuations of a certain shape.

Мінімальний час для суб'єктивного сприйняття людиною флікера, викликаного коливаннями напруги певної форми.

Flow characteristic

Видаткова характеристика

Energy load versus load.

Залежність витрати енергоносія від навантаження.

Forced power distribution in a closed electrical network

Примусовий розподіл потужностей в замкнутій електричній мережі

Converting the natural distribution of capacities into economic ones through the use of any special means.

Перетворення природного розподілу потужностей в економічно вигідне за рахунок застосування будь-яких спеціальних засобів.

Frequency deviation

Відхилення частоти

Algebraic difference between the actual frequency value and its nominal value.

Алгебраїчна різниця між фактичним значенням частоти і його номінальним значенням.

Frequency regulation

Регулювання частоти

Activities undertaken to maintain frequency within acceptable limits.

Заходи, що здійснюються для підтримання частоти в допустимих межах.

Frequency load control effect

Регулюючий ефект навантаження по частоті

The change in the active or reactive load of the electric power system when the frequency changes, preventing this disturbance.

Зміна активного або реактивного навантаження електроенергетичної системи при зміні частоти, що перешкоджає даному збудженню.

G

The geometric mean distance between the phases of the line

Середня геометрична відстань між фазами лінії

Line parameter equal to the third root of the product of interphase distances and affecting the line inductance.

Параметр лінії, рівний кореню третього ступеня з добутку міжфазних відстаней і впливає на індуктивний опір лінії.

G-shaped equivalent circuit

Г-подібна схема заміщення

The conditional representation of the electric network object in the form of a longitudinal branch (active and reactive resistors connected in series), at the beginning or at the end of which there is a transverse branch (active and reactive conductivity connected in parallel), is typical for transformers.

Умовне уявлення об'єкта електричної мережі у вигляді поздовжньої гілки (послідовно з'єднаних активного і реактивного опорів), на початку або в кінці якої розташована поперечна гілка (паралельно з'єднані активна і реактивна провідності), характерна для трансформаторів.

The greatest voltage loss in the electrical network

Найбільша втрата напруги в електричній мережі

The largest of the total voltage loss in a given electrical network.

Найбільше зі значень сумарної втрати напруги в даній електричній мережі.

Н

The highest continuous voltage

Найбільше тривало допустима напруга

The highest voltage value at which continuous operation of electrical system devices for a long time is permissible under operating conditions.

Найбільше значення напруги, при якому безперервна робота пристроїв електричної системи протягом тривалого часу допустима за умовами експлуатації.

Hitting rate

Коефіцієнт попадання в максимум

The ratio of the value of the consumer load at the time of maximum system load to the largest value of this load.

Відношення значення навантаження споживача в момент максимуму навантаження системи до максимального значення даного навантаження.

I

Independent power supply

Незалежне джерело живлення

A power source on which voltage is kept within acceptable limits when it disappears on another or other power sources.

Джерело живлення, на якому зберігається напруга в допустимих межах при зникненні його на іншому або інших джерелах живлення.

Inductance (line, transformer)

Індуктивний опір (лінії, трансформатора)

The parameter due to the creation and maintenance of a magnetic field between the phase conductors and inside the conductors when an alternating current flows through them.

Параметр, обумовлений створенням і підтримкою магнітного поля між провідниками фаз і всередині провідників при протіканні по ним змінного струму.

Integral voltage quality indicators

Інтегральні показники якості напруги

Generalized indicators characterizing the quality of voltage over a certain period of time.

Узагальнені показники, що характеризують якість напруги за певний період часу.

Intersystem communication

Міжсистемний зв'язок

One or more power lines directly connecting power plants or substations of different power systems.

Одна або кілька ліній електропередавання, безпосередньо з'єднуючих електростанції або підстанції різних енергосистем.

Intrinsic conductivity of the node

Власна провідність вузла

The sum of the conductivities of all branches converging in this node.

Сума провідностей всіх гілок, що сходяться в даному вузлі.

Investment investment

Інвестиційні вкладення

One-time financial investments necessary for the construction of an electrical system or its facility.

Одноразові фінансові вкладення, необхідні для спорудження електричної системи або її об'єкта.

K

Knot

Вузол

The point of connection of two or more branches of the electrical network.

Точка з'єднання двох і більш великих електричних мереж.

L

Lateral compensation

Поперечна компенсація

Compensation of power transmission parameters using devices included as a load.

Компенсація параметрів електропередачі за допомогою пристроїв, що включаються у вигляді навантаження.

Lightning protection cable

Грозозахисний трос

A conductor, grounded directly or through spark gaps, located above the phase conductors of an overhead power line or substation and designed to protect them from direct lightning strikes.

Провідник, заземлений безпосередньо або через іскрові проміжки, розташований над фазними проводами повітряної лінії електропередавання або підстанції і призначений для захисту їх від прямих ударів блискавки.

Line efficiency (economic)

Коефіцієнт корисної дії лінії (економічний)

Line efficiency factor corresponding to the minimum cost of electric energy transmission.

Значення коефіцієнта корисної дії лінії, відповідне мінімальної вартості передачі електричної енергії.

Line impedance

Хвильовий опір лінії

Resistance connecting currents of direct and reverse wave sequence with corresponding voltages.

Опір, що зв'язує струми прямої і зворотної послідовності хвилі з відповідними напругами.

Line with evenly distributed load

Лінія з рівномірно розподіленим навантаженням

Power line, in which equal loads are connected along the entire length or in separate sections at equal distances from each other.

Лінія електропередавання, в якій по всій довжині або на окремих ділянках на рівних відстанях один від одного підключені рівні навантаження.

Load graph

Графік навантаження

Graphical representation of consumer load change over time.

Графічне зображення зміни навантаження споживачем в часі.

Load curve unevenness

Коефіцієнт нерівномірності графіка навантаження

The ratio of the smallest value of power to its largest value for the considered period of time.

Ставлення найменшого значення потужності до найбільшого її значенням за розглянутий період часу.

Local voltage regulation

Місцеве регулювання напруги

Voltage regulation by means of devices installed at individual points of the electrical network.

Регулювання напруги, здійснюване за допомогою пристроїв, встановлених в окремих точках електричної мережі.

Longitudinal compensation

Продольна компенсація

Compensation of power transmission parameters using devices connected in a line in series.

Компенсація параметрів електропередачі за допомогою пристроїв, що включаються в лінію послідовно.

Longitudinal capacitive compensation

Продольна ємнісна компенсація

Longitudinal compensation with capacitance.

Продольна компенсація за допомогою ємностей.

The longitudinal component of the voltage drop

Продольна складова падіння напруги

The projection of the voltage drop on the real axis (ΔU).

Проекція падіння напруги на дійсну вісь (ΔU).

Longitudinal voltage regulation

Продольне регулювання напруги

Changing the voltage modulus without changing its phase shift.

Зміна модуля напруги без зміни зсуву його по фазі.

Longitudinal transverse voltage regulation

Продольно-поперечне регулювання напруги

Complex voltage change modulo and phase.

Комплексна зміна напруги по модулю і по фазі.

Loss of electrical energy

Втрати електричної енергії

Electric energy consumed in electric grid facilities.

Електрична енергія, що витрачається в об'єктах електричної мережі.

Lossless line

Лінія без втрат

An idealized power line, in which the calculations do not take into account the active resistance and active conductivity, i.e. an assumption is made that there is no loss of active power.

Ідеалізована лінія електропередавання, в якій при розрахунках не враховуються активний опір і активна провідність, тобто робиться припущення про відсутність втрат активної потужності.

М

Mast transformer substation

Щоглова трансформаторна підстанція

An open transformer substation, the equipment of which is installed on one or several poles of a power line, which does not require ground barriers.

Відкрита трансформаторна підстанція, обладнання якої встановлено на одній або декількох опорах лінії електропередавання, яка не потребує наземних огорожень.

Maximum power system load

Максимум навантаження енергосистеми

The highest value of the active load of the energy system for a certain period of time.

Найбільше значення активного навантаження енергетичної системи за певний період часу.

Mean voltage deviation

Середнє відхилення напруги

The average value of voltage deviations at the considered point of the electrical system for a certain period of time.

Середнє значення відхилень напруги в даній точці електричної системи за певний період часу.

Minimum power system load

Мінімум навантаження енергосистеми

The lowest value of the active load for a certain period of time.

Найменше значення активного навантаження за певний період часу.

The mutual conductivity of the two nodes

Взаємна провідність двох вузлів

The sum of the conductances of all branches connecting these nodes.

Сума провідностей всіх гілок, що з'єднують дані вузли.

N

Natural distribution of capacities in a closed electrical network

Природний розподіл потужностей в замкнутій електричній мережі

Distribution of capacities over network sections without the influence of any special devices that change it.

Розподіл потужностей по ділянках мережі без впливу будь-яких спеціальних пристроїв, які змінюють його.

Natural power

Натуральна потужність

Power flowing along the line when the receiver impedance is equal to the line impedance.

Потужність, що протікає по лінії при рівності опору приймача хвильовому опору лінії.

Normal operation of the energy system

Нормальний режим роботи енергетичної системи

The operating mode of the energy system, in which the supply of electric energy to all consumers is maintained while maintaining its quality within the established limits.

Режим роботи енергетичної системи, при якому забезпечується постачання електричної енергії всіх споживачів при підтримці її якості в встановлених межах.

P

Permanent Active Power Loss

Постійні втрати активної потужності

Losses of active power in the objects of the electrical system, independent of the load (loss of idling).

Втрати активної потужності в об'єктах електричної системи, які не залежать від навантаження (втрати холостого ходу).

Perfect transformer

Ідеальний трансформатор

A transformer in which there is no loss of power and energy, but with a transformation ratio.

Трансформатор, в якому відсутні втрати потужності і енергії, але що володіє коефіцієнтом трансформації.

Post-emergency power system

Післяаварійний режим енергосистеми

The steady state energy system after the elimination of emergency conditions.

Сталий режим енергетичної системи після усунення аварійних умов.

Power line

Лінія електропередачі

Electrical installation consisting of wires, cables, insulating elements and load-bearing structures, designed to transport the transmission and distribution of electrical energy between two points of the power system with possible intermediate selection.

Електроустановка, що складається з проводів, кабелів, ізолюючих елементів і несучих конструкцій, призначена для транспортування передачі і розподілу електричної енергії між двома пунктами енергосистеми з можливим проміжним відбором.

- air

- повітряна

Power line, the wires of which are supported above the ground using supports and insulators through fittings.

Лінія електропередачі, проводи якої підтримуються над землею за допомогою опор та ізоляторів через арматуру.

- two-chain

- двухцепна

Power line having two sets of phase or bipolar electrical wires.

Лінія електропередавання, що має два комплекти фазних або різнополярних електричних проводів.

- cable

- кабельна

Power line made by one or several cables laid directly in the ground, cable channels, pipes, on cable structures, with connecting, locking and end sleeves (terminations) and fasteners.

Лінія електропередавання, виконана одним або декількома кабелями, укладеними безпосередньо в землю, кабельні канали, труби, на кабельні

конструкції, з сполучними, стопорними і кінцевими муфтами (закладення) і кріпильними деталями.

- combined

- комбінована

Power line, on the supports of which several sets of phase or bipolar wires of different nominal voltages are suspended.

Лінія електропередавання, на опорах якої підвішено кілька комплектів фазних або різнополярних проводів різних номінальних напруг.

- compact

- компактна

Power line with a larger (than traditional) presence of wires in a split phase, which are close to each other by allowable distances in electric strength and fixed with insulating spacers.

Лінія електропередавання з більшою, ніж зазвичай, наявністю проводів в розщепленій фазі, які зближують між собою на допустимі відстані по електричній міцності і зафіксовані ізолюючими розпірками.

- backbone

- системоутворююча

A power line that carries out electrical communication between electrical systems and from which branches can extend.

Лінія електропередавання, яка здійснює електричний зв'язок між електричними системами і від якої можуть відходити відгалуження.

- multi-chain

- багатоланцюгова

Power line having more than two sets of phase or bipolar electrical wires.

Лінія електропередавання, що має більше двох комплектів фазних або різнополярних електричних проводів.

- single chain

- одноланцюгова

Power line having one set of phase or bipolar electrical wires.

Лінія електропередавання, що має один комплект фазних або різнополярних електричних проводів.

- radial

- радіальна

Power line to which electrical energy flows from only one side.

Лінія електропередавання, в яку електрична енергія надходить тільки з одного боку.

- distribution

- розподільна

Power line to which a number of transformer substations or bushings are connected to consumer electrical installations.

Лінія електропередавання, до якої підключений ряд трансформаторних підстанцій або вводів до електроустановок споживачів.

- traditional

- традиційна

Power line designed according to normative - technical documentation.

Лінія електропередавання, спроектована згідно нормативно - технічної документації.

Power Center

Центр живлення

Power Generator Switchgear or Secondary Power Supply Substation Switchgear Connected to a District's Distribution Networks.

Розподільний пристрій генераторної напруги електричної станції або розподільний пристрій вторинної напруги знижвальної підстанції енергетичної системи, до якого приєднані розподільні мережі даного району.

Power Mode Parameter

Параметр режиму енергосистеми

Each value from the set of values characterizing a given state of the energy system (voltage, current, power, frequency, etc.).

Кожна величина із сукупності величин, що характеризують даний стан енергетичної системи (напруга, струм, потужність, частота і т.п.).

Power line capacity

Пропускна спроможність ліній електропередачі

The highest active power that can be transmitted in a fairly long steady state, taking into account technical limitations.

Найбільша активна потужність, яку можна передавати в досить тривалому усталеному режимі з урахуванням технічних обмежень.

Power Mode

Режим роботи енергосистеми

The state of the energy system, characterized by a combination of conditions and quantities, at any point in time or in a time interval.

Стан енергетичної системи, що характеризується сукупністю умов і величин, в будь-який момент часу або на інтервалі часу.

Power supply system

Система електропостачання

The totality of electrical installations designed to distribute and provide consumers with electrical energy.

Сукупність електроустановок, призначених для розподілу і забезпечення споживачів електричною енергією.

Power sharing point

Точка розділу потужностей

The point of the electrical system (electric network), to which power is supplied through all lines.

Пункт електричної системи (електричної мережі), до якого по всіх лініях надходить потужність.

Power supply

Електропостачання

Providing consumers with electric energy.

Забезпечення споживачів електричною енергією.

Power industry

Електроенергетика

The energy sector, which provides the country's electrification based on the rational expansion of the production and use of electric energy.

Розділ енергетики, що забезпечує електрифікацію країни на основі раціонального розширення виробництва і використання електричної енергії.

Power system

Електроенергетична система

The electric part of the power system and the receivers of electric energy powered by it, united by a common process of production, transmission, distribution and consumption of electricity.

Електрична частина енергосистеми і приймачі електричної енергії, що живляться від неї, об'єднані спільністю процесу виробництва, передачі, розподілу та споживання електроенергії.

Power plant

Енергоустановка

A complex of interconnected equipment and facilities intended for the production or conversion, transmission, storage, distribution or consumption of energy.

Комплекс взаємопов'язаного обладнання та споруд, призначений для виробництва або перетворення, передачі, накопичення, розподілу чи споживання енергії.

Power station

Електрична станція

An energy installation for the production of electric energy or electric energy and heat, comprising a building part, energy conversion equipment and auxiliary equipment.

Енергоустановка для виробництва електричної енергії або електричної енергії і теплоти, що містить будівельну частину, обладнання для перетворення енергії і допоміжне обладнання.

Power System Emergency

Аварійний режим роботи енергосистеми

The operating mode of the energy system in the event of accidents or with an unacceptable deviation of energy quality indicators in the energy system as a whole or in part.

Режим роботи енергетичної системи при виникненні аварій або при неприпустимому відхиленні показників якості енергії в енергосистемі в цілому або в її частині.

Power Link

Ланка електричної мережі

Plot in the circuit equivalent circuit containing only active and reactive resistances.

Ділянка в схемі заміщення електричної мережі, що містить тільки активні і реактивні опори.

Power Configuration

Конфігурація електричної мережі

Structural relationship between power supplies and load consumption points in the electrical network.

Структурна зв'язок між джерелами живлення і точками споживання навантаження в електричній мережі.

Power system load

Навантаження енергосистеми

The sum of consumer loads and losses in electric networks in the considered period of time.

Сума навантажень споживачів і втрат в електричних мережах в даний період часу.

Power transmission

Електропередача

A set of power lines and substations designed to transfer electrical energy from one area of a power system to another.

Сукупність ліній електропередавання і підстанцій, призначена для передачі електричної енергії з одного району енергосистеми в інший.

Primary frequency control

Первинне регулювання частоти

The process of changing the active power of the generator and consumer when the frequency changes in accordance with their static characteristics.

Процес зміни активної потужності генератора і споживача при зміні частоти відповідно до їх статичних характеристик.

R

Rated frequency

Номінальна частота

Frequency value indicated in the electrical installation certificate.

Значення частоти, вказане в паспорті електроустановки.

Rated voltage

Номінальна напруга

The voltage value indicated in the passport of the corresponding object of the electrical system.

Значення напруги, вказане в паспорті відповідного об'єкта електричної системи.

Reactor

Реактор

A static electromagnetic device containing an inductor and designed to compensate for capacitive currents to earth (grounding reactor), limiting short-circuit currents (current-limiting reactor) or regulating reactive power and voltage (shunt reactor).

Статичний електромагнітний пристрій, що містить котушку індуктивності і призначений для компенсації ємнісних струмів на землю (заземляючий реактор), обмеження струмів короткого замикання (струмообмежуючий реактор) або регулювання реактивної потужності та напруги (шунтуючий реактор).

Reduced voltage

Приведена напруга

The voltage value, recalculated through the transformation coefficients to the transformation stage, taken as the base.

Значення напруги, перераховане через коефіцієнти трансформації до ступеня трансформації, прийнятої за базисну.

RMS power grid load

Ефективне значення навантаження енергосистеми

RMS value of a number of loads for a certain period of time (day, month, quarter, year).

Середньоквадратичне значення ряду навантажень за певний період часу (доба, місяць, квартал, рік).

S

Secondary Frequency Control

Вторинне регулювання частоти

Frequency control in the power system using the static characteristics of turbine speed controllers.

Регулювання частоти в енергосистемі з використанням статичних характеристик регуляторів швидкості турбін.

Standard deviation of voltage

Середньоквадратичне відхилення напруги

RMS value of voltage deviation at the considered point of the electrical system for a certain period of time.

Середньоквадратичне значення відхилення напруги в даній точці електричної системи за певний період часу.

Static load characteristic

Статична характеристика навантаження

The dependence of the active or reactive load on voltage at a constant frequency or on frequency at a constant voltage.

Залежність активного або реактивного навантаження від напруги при постійній частоті або від частоти при постійній напрузі.

Static stability of the electrical system

Статична стійкість електричної системи

The ability of the electrical system to return to its original mode (or very close to it) after small disturbances.

Здатність електричної системи повертатися до початкового режиму (або вельми близького до нього) після малих збурень режиму.

Steady-state mode of power system operation

Сталий режим роботи енергосистеми

Mode of operation of the power system at which its parameters can be accepted unchanged or very slowly changing.

Режим роботи енергосистеми, при якому його параметри можуть прийматися незмінним або дуже повільно мінливими.

Split phase

Розщеплена фаза

Power line phase made by several wires located at a certain distance from one another.

Фаза лінії електропередавання, виконана кількома проводами, розташованими на певній відстані один від іншого.

Substation (electrical)

Підстанція (електрична)

An electrical installation designed to receive, convert and distribute electrical energy, consisting of transformers or other electrical energy converters, control devices, distribution and auxiliary devices.

Електроустановка, призначена для приймання, перетворення та розподілу електричної енергії, що складається з трансформаторів або інших перетворювачів електричної енергії, пристроїв управління, розподільних і допоміжних пристроїв.

Switchgear

Розподільний пристрій

An electrical installation designed to receive and distribute electrical energy at the same voltage and containing switching devices and busbars connecting them (bus sections), control and protection devices.

Електроустановка, призначена для приймання і розподілу електричної енергії на одній напрузі і містить комутаційні апарати і з'єднуючі їх збірні шини (секції шин), пристрої керування й захисту.

Synchronous equalizer

Синхронний компенсатор

Synchronous motor idling without load on the shaft, used to issue (in over-excitation mode) or consumption (in under-excitation) reactive power.

Синхронний двигун, що працює в режимі холостого ходу без навантаження на валу, застосований для видачі (в режимі перезбудження) або споживання (в режимі недозбудження) реактивної потужності.

T

Temporary overvoltage

Тимчасова перенапряга

An increase in voltage at a point of the electric network above 1.1 from the nominal duration of more than 10 ms, which occurs in power supply systems during switching or short circuits.

Підвищення напруги в точці електричної мережі вище 1,1 від номінального тривалістю більше 10 мсек, що виникає в системах електропостачання при комутаціях або коротких замикань.

Tertiary frequency control

Третичне регулювання частоти

Process of change of power of stations at change of frequency connected with redistribution of active loads in accordance with economic considerations.

Процес зміни потужності станцій при зміні частоти, пов'язаний з перерозподілом активних навантажень відповідно до економічних міркувань.

Total voltage loss

Сумарна втрата напруги

The sum of voltage losses in series-connected elements of the electrical system.

Сума втрат напруги в послідовно включених елементах електричної системи.

Time of greatest losses

Час найбільших втрат

The time during which during the transmission of the largest load in the electric network the same energy losses will occur as during the operation of the network according to the actual load schedule.

Час, за який при передачі найбільшого навантаження в електричній мережі виникнуть ті ж втрати електроенергії, що і при роботі мережі по дійсному графіку навантаження.

Transformer

Трансформатор

Static electromagnetic device designed to convert alternating current of one voltage into alternating current of another voltage of the same frequency.

Статичний електромагнітний пристрій, призначений для перетворення змінного струму однієї напруги в змінний струм іншої напруги тієї ж частоти.

Transformer substation

Трансформаторна підстанція

An electrical substation designed to convert electrical energy of one voltage level into energy of another voltage level using transformers at a constant frequency.

Електрична підстанція, призначена для перетворення електричної енергії одного рівня напруги в енергію іншого рівня напруги за допомогою трансформаторів при незмінній частоті.

Transformer with control of voltage without excitation

Трансформатор з регулюванням напруги без збудження (ПБЗ)

A transformer containing a device that allows to change the transform factor of the transformer only after disconnecting it from the mains (only after removing the voltage from it).

Трансформатор, що містить пристрій, що дозволяє змінювати коефіцієнт трансформації трансформатора тільки після відключення його від мережі (тільки після зняття з нього напруги).

Transformer with voltage regulation under load

Трансформатор з регулюванням напруги під напругою (РПН)

A transformer containing a device that allows to change the transform factor of the transformer without disconnecting it from the mains, i.e. under load.

Трансформатор, що містить пристрій, що дозволяє змінювати коефіцієнт трансформації трансформатора без відключення його від мережі, тобто під навантаженням.

Transposition step

Шаг транспозиції

The length of a section of a transmission line between two consecutive transposition points.

Довжина ділянки лінії електропередачі між двома послідовними пунктами транспозиції.

Transformer voltage regulation range

Діапазон регулювання напруги на трансформаторі

The difference in the nominal voltage of the two extreme branches of the transformer winding, expressed as a percentage of the average voltage of this winding.

Різниця номінальних напруг двох крайніх відгалужень обмотки трансформатора, виражена у відсотках від середньої напруги даної обмотки.

Transformation ratio

Коефіцієнт трансформації

Ratio of transformer high to low voltage in idle mode.

Відношення вищої напруги трансформатора до нижчої в режимі холостого ходу.

Transformer branch

Відгалуження трансформатора

The output on the transformer winding, corresponding to a certain number of turns of this winding and, accordingly, to a certain rated voltage.

Виведення на обмотці трансформатора, що відповідає певному числу витків цієї обмотки і відповідній певній номінальній напрузі.

Transient power system operation

Перехідний режим роботи енергосистеми

The operating mode of the power system, in which the rate of change of the parameters is so significant that they should be taken into account when considering specific practical problems.

Режим роботи енергосистеми, при якому швидкості зміни параметрів настільки значні, що вони повинні враховуватися при розгляді конкретних практичних завдань.

Transverse inductive compensation of power transmission parameters

Поперечна індуктивна компенсація параметрів електропередачі

Transverse compensation of transmission parameters using inductors.

Поперечна компенсація параметрів електропередачі за допомогою індуктивностей.

The transverse component of the voltage drop

Поперечна складова падіння напруги

The projection of the voltage drop on the imaginary axis (δU).

Проекція падіння напруги на уявну вісь (δU).

Transverse voltage regulation

Поперечне регулювання напруги

Phase shift of the voltage vector.

Зміна зсуву вектора напруги по фазі.

Transformer reactance

Реактивна провідність трансформатора

Transformer parameter due to magnetization of the core.

Параметр трансформатора, обумовлений намагнічуванням сердечника.

Transposition (power lines)

Транспозиція (лінії електропередачі)

Changing the relative position of the phases of the power line in order to compensate for the electromagnetic asymmetry of the power line.

Зміна взаємного розташування фаз лінії електропередавання з метою компенсації електромагнітної несиметрії лінії електропередавання.

Turbine speed controller

Регулятор швидкості турбіни

A device designed to change the power of the turbine in such a way as to seek to restore the previous frequency of the alternating current when it deviates.

Пристрій, призначений для зміни потужності турбіни таким чином, щоб прагнути відновити колишню частоту змінного струму при її відхиленні.

Typical autotransformer power

Типова потужність автотрансформатора

Power for which the total winding of the autotransformer is calculated.

Потужність, на яку розраховується загальна обмотка автотрансформатора.

Variable Active Power Loss**Змінні втрати активної потужності**

Loss of active power in the elements of the electrical system, depending on the load (load loss).

Втрати активної потужності в елементах електричної системи, що залежать від навантаження (навантажувальні втрати).

Voltage dip duration**Тривалість провалу напруги**

The time interval between the initial moment of voltage failure and the moment of voltage recovery to the initial or close to it

Інтервал часу між початковим моментом провалу напруги і моментом відновлення напруги до початкового або близького до нього.

Voltage fluctuations**Коливання напруги**

Frequently repeated and occurring relatively quickly, voltage deviations on both sides of the average voltage deviation and characterized by quality indicators stress in the form of the magnitude of the change in voltage and flicker dose.

Часто повторювані і відбуваються відносно швидко відхилення напруги в обидві сторони від середнього значення відхилення напруги і характеризуються показниками якості напругу у вигляді розмаху зміни напруги і дози флікера.

Voltage imbalance**Несиметрія напруги**

Voltage distortion associated with voltage asymmetry in phases and characterized by voltage quality indicators in the form of voltage asymmetry coefficients in reverse and zero sequences.

Спотворення напруги, пов'язане з несиметрією напруг по фазах і характеризується показниками якості напруги у вигляді коефіцієнтів несиметрії напруг по зворотній та нульовій послідовностях.

Voltage deviation

Відхилення напруги

The difference between the modules of the actual values of the actual and nominal voltage at the considered point of the electrical system, expressed in volts or percent (of the rated voltage).

Різниця модулів діючих значень фактичної і номінальної напруги в даній точці електричної системи, виражена в вольтах або відсотках (від номінальної напруги).

Voltage drop

Падіння напруги

The difference between the current voltage values (as a vector) at the ends of the electrical system.

Різниця між діючими значеннями напруги (як вектора) по кінцях електричної системи.

Voltage loss

Втрати напруги

The difference between the voltage modules at the ends of the electrical network.

Різниця модулів напруги по кінцях електричної мережі.

Voltage dip

Провал напруги

A sudden decrease in voltage at a point in the electrical network below 0.9 from the nominal, followed by restoration of voltage to the original or close to it after a period of time from ten milliseconds to several seconds.

Раптове зниження напруги в точці електричної мережі нижче 0,9 від номінального, за яким слід відновлення напруги до початкового або близького до нього, через проміжок часу від десяти мілісекунд до декількох секунд.

Voltage regulation

Регулювання напруги

Measures taken to maintain an appropriate level of stress.

Заходи, що здійснюються для підтримання належного рівня напруги.

Voltage Regulating Effect

Регулюючий ефект навантаження по напрузі

Change in active or reactive load when voltage changes, preventing this disturbance.

Зміна активного або реактивного навантаження при зміні напруги, що перешкоджає даному збудженню.

Voltage stabilization mode

Режим стабілізації напруги

Maintaining a given voltage value due to its regulation at a certain point in the electric network.

Підтримка заданого значення напруги за рахунок її регулювання в певній точці електричної мережі.

Voltage regulation stage

Ступінь регулювання напруги

The difference in the nominal voltage of the two nearest branches of the transformer winding, expressed as a percentage of the average voltage of this winding.

Різниця номінальних напруг двох найближчих відгалуженнях обмотки трансформатора, виражена у відсотках від середньої напруги даної обмотки.

The voltage level in the points of the electrical network

Рівень напруги в пунктах електричної мережі

The value of voltage in points of the electrical network, averaged over time or over a certain number of nodes in the network.

Значення напруги в пунктах електричної мережі, усереднене за часом або по деякому числу вузлів мережі.

Voltage pulse

Імпульс напруги

A sharp change in voltage at a point in the electrical network, followed by restoration of voltage to the original or close to it for a period of time up to several milliseconds.

Різка зміна напруги в точці електричної мережі, за якою слідує відновлення напруги до початкового або близького до нього, за проміжок часу до декількох мілісекунд.

Voltage non-sinusoidality

Несинусоїдальність напруги

Voltage distortion associated with the deviation of the shape of the voltage curve from the sine wave and characterized by voltage quality indicators in the form of a distortion coefficient of the sinusoidality of the voltage curve and the coefficient of the n th harmonic component of the voltage.

Спотворення напруги, пов'язане з відхиленням форми кривої напруги від синусоїди і характеризується показниками якості напруги у вигляді коефіцієнта спотворення синусоїдальності кривої напруги і коефіцієнта n -ї гармонійної складової напруги.

U

U-shaped equivalent circuit

П-образна схема заміщення

The conditional representation of the electric network object in the form of a longitudinal branch (active and reactive resistors connected in series), at the ends of which there are transverse branches (active and reactive conductivity connected in parallel), is typical for power lines.

Умовне уявлення об'єкта електричної мережі у вигляді поздовжньої гілки (послідовно з'єднаних активних і реактивних опорів), по кінцях якої розташовані поперечні гілки (паралельно з'єднані активна і реактивна провідності), характерна для ліній електропередавання.

W

Wave propagation coefficient

Коефіцієнт поширення хвилі

A complex coefficient characterizing both attenuation and phase shift of a voltage or current vector during the propagation of an electromagnetic wave along a line.

Комплексний коефіцієнт, що характеризує як загасання, так і фазовий зсув вектора напруги або струму при поширенні електромагнітної хвилі вздовж лінії.

Самостійне електронне видання