

$$x_B = \frac{1}{200} \cdot (U_{K,B-C} + U_{K,B-H} - U_{K,C-H}) \cdot \frac{S_{\bar{6}}}{S_{HOM}} \cdot \left(\frac{U_{HOM}}{U_{\bar{6},i}} \right)^2;$$

$$x_C = \frac{1}{200} \cdot (U_{K,B-C} + U_{K,C-H} - U_{K,B-H}) \cdot \frac{S_{\bar{6}}}{S_{HOM}} \cdot \left(\frac{U_{HOM}}{U_{\bar{6},i}} \right)^2;$$

$$x_H = \frac{1}{200} \cdot (U_{K,B-H} + U_{K,C-H} - U_{K,B-C}) \cdot \frac{S_{\bar{6}}}{S_{HOM}} \cdot \left(\frac{U_{HOM}}{U_{\bar{6},i}} \right)^2.$$

где U_K – напряжение короткого замыкания обмоток трансформатора, %;

U_{HOM} – номинальное напряжение обмоток трансформатора, кВ;

$U_{\bar{6},i}$ – базисное напряжение, к которому приводится сопротивление обмоток высокого, среднего и низшего напряжения, кВ.

Расчет тока КЗ проводится для двух режимов: максимальный и минимальный.

В минимальном режиме учтем режим минимума энергосистемы и положение секционных выключателей – отключено.

В максимальном режиме учтем режим максимума энергосистемы и положение секционных выключателей – включено.

Расчет проводим по принципу упрощения схемы до точки короткого замыкания. Периодическая составляющая тока КЗ находится по формуле.

$$I_K^{(3)} = \frac{E}{X_{\Sigma}};$$

где E – суммарная ЭДС

X_{Σ} – суммарное сопротивление до точки КЗ.

Значение тока короткого замыкания в именованных единицах:

$$I_{K,IM}^{(3)} = I_{K,OTH}^{(3)} \cdot I_{\bar{6}};$$

где $I_{\bar{6}}$ – базисный ток ступени напряжения, на которой происходит КЗ.

Далее находим значение ударного тока короткого замыкания для максимального режима по формуле:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_K^{(3)};$$

где K_y – ударный коэффициент.

Постоянная времени затухания апериодической составляющей

$$T_{ai} = \frac{X_{\Sigma}}{\omega R_{\Sigma}},$$

где ω -угловая частота сети, равная $\omega = 2\pi f = 314 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$.

Ударный коэффициент, показывающий во сколько раз амплитуда ударного тока КЗ больше установившегося тока КЗ, определенного по формуле:

$$K_{\text{удл}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{\text{ал}}}}$$

Для минимального режима ударный ток не рассчитываем.

Определяется ток двухфазного короткого замыкания в минимальном режиме для оценки чувствительности релейной защиты по формуле:

$$I_{\text{к}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\text{к}}^{(3)};$$

Приведем расчет тока короткого замыкания в точках К1 и К2, (см. рис. 5).

Точка К1 - максимальный режим:

Схема замещения приведена на рисунке 6

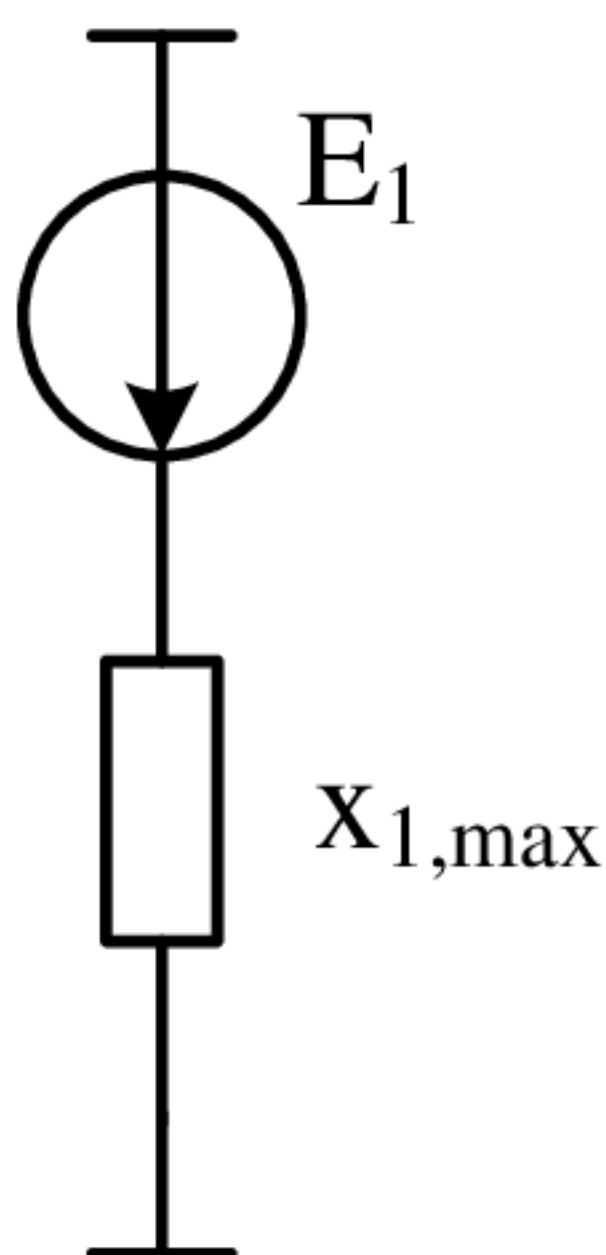


Рисунок 6 – Схема замещения для точки К1

$$I_{\text{к}}^{(3)} = \frac{E_1}{X_{1,\text{max}}}$$

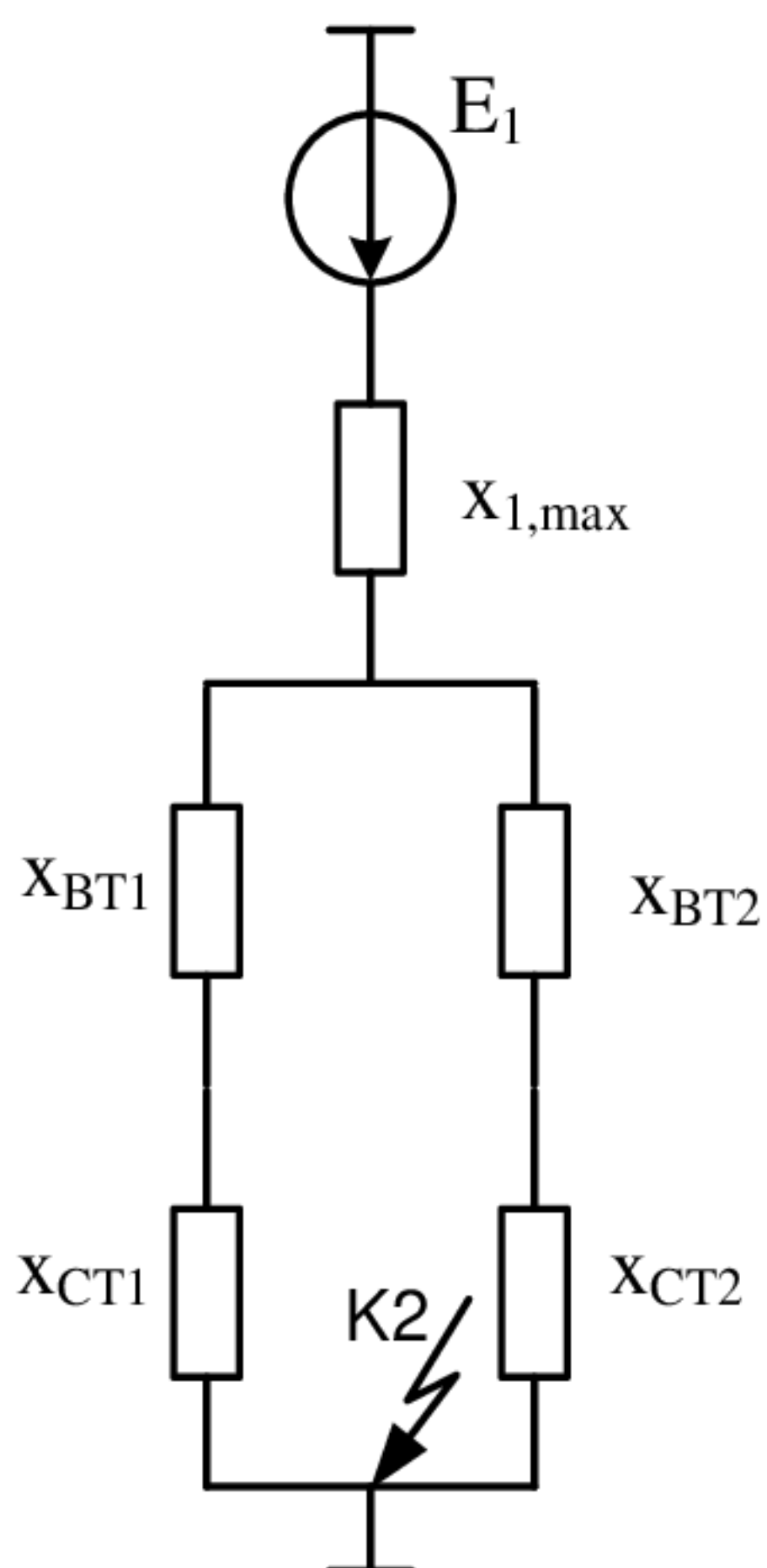
Минимальный режим:

Схема замещения приведена на рисунке 4.3.

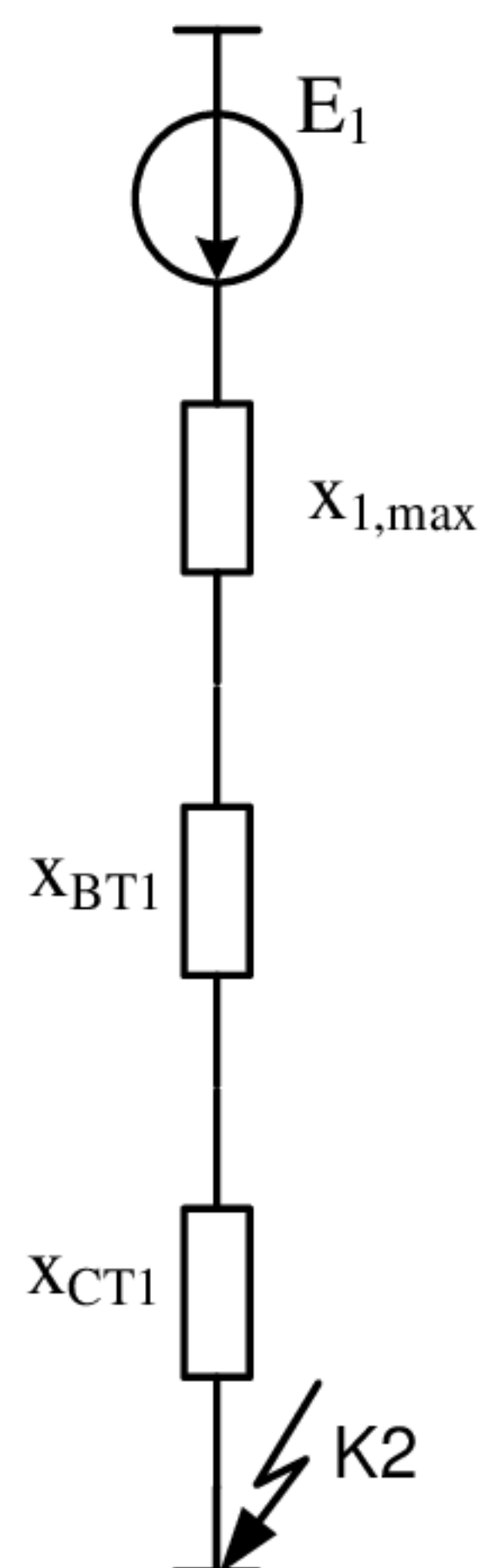
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Точка К2 - максимальный режим.
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

$$I_{\text{к}}^{(3)} = \frac{E_1}{X_{1,\text{min}}}$$

Схема замещения представлена на рисунке 7 а:



а) максимальный режим



б) минимальный режим

Рисунок 7 – Схема замещения для точки К2

$$X_{\Sigma} = X_{1,\max} + \frac{(X_{BT1} + X_{CT1}) \cdot (X_{BT2} + X_{CT2})}{(X_{BT1} + X_{CT1}) + (X_{BT2} + X_{CT2})};$$

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{E_1}{X_{\Sigma}}.$$

Ток короткого замыкания в именованных единицах:

Минимальный режим:

Схема замещения представлена на рисунке 7 б.

$$X_{\Sigma} = X_{1,\min} + X_{BT1} + X_{CT1};$$

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{E_1}{X_{\Sigma}}$$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C00133006000000000000000000000000
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Выбор токоограничивающих реакторов

Реакторы служат для ограничения токов КЗ в мощных электроустановках, что позволяет применять более легкие и дешевые выключатели и уменьшать площадь сечения кабелей, а, следовательно, удешевлять РУ и распределительные сети. Основная область применения реакторов – электрические сети напряжением 6–10 кВ.

Для ограничения тока КЗ в РУ 6–10 кВ электрических подстанций применяют линейные реакторы.

Линейные реакторы включаются последовательно в цепь отходящей линии (линий), они предназначены для ограничения тока КЗ в распределительной сети. При выборе линейных реакторов предпочтение отдается групповым сдвоенным реакторам, т. к. они экономичнее индивидуальных. Номинальный ток реактора определяют исходя из наибольшего тока групп линий, присоединенных к шинным сборкам группового реактора. Рекомендуется, чтобы число линий, присоединенных к групповой сборке, не превышало трех-четырех.

Сопротивление линейных реакторов X_p определяется из условия ограничения тока КЗ до тока отключающей способности выключателя $I_{\text{ном.откл}}$

При выборе реактора выполняется упрощенный расчет тока КЗ, когда вся система, включая проектируемую подстанцию, приводится к одному результирующему сопротивлению между объединенными источниками питания и точкой КЗ $X_{\text{рез}}$. Сверхпереходный ток в выбранной точке КЗ определяется как

$$I_{\text{п0}} = \frac{I_6}{X_{\text{рез}}},$$

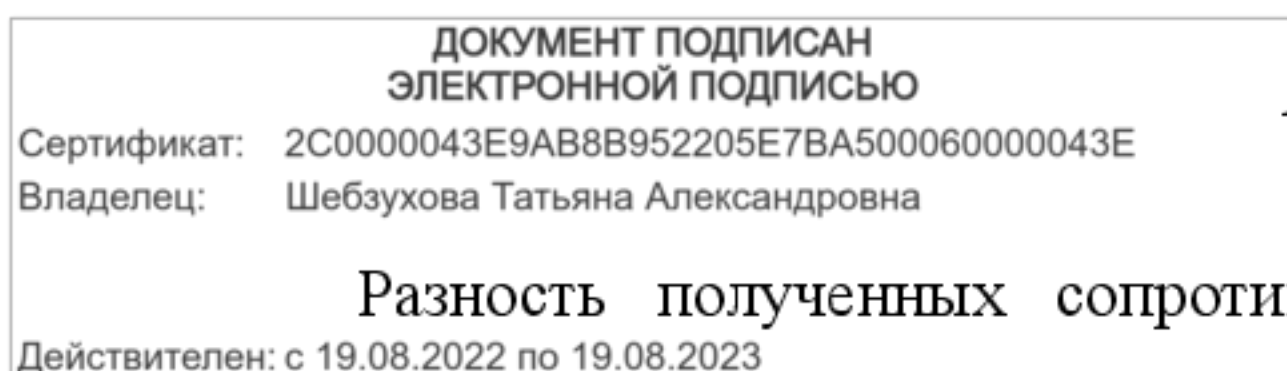
где I_6 – базисный ток ступени напряжения, на которой выбрана точка КЗ.

Желаемое сопротивление системы для обеспечения отключающей способности выключателя (например, ВМП-10 – $I_{\text{ном.откл}} = 20 \text{ кА}$).

$$X_{\text{сист.жел}} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{ном.откл}}}.$$

Расчетное сопротивление системы:

$$X_{\text{сист.}} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{п0}}}.$$



$X_{p.жел} :$

$$X_{p.жел} = X_{сист.жел} - X_{сист}.$$

Затем в соответствии с требуемыми значениями $U_{ном}$ и $I_{ном}$ выбирается реактор с сопротивлением $X_{p.ном}$ ближайшим большим значения $X_{p.жел}$.

ВЫБОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Общие положения по выбору аппаратов

Электрические аппараты выбирают по расчетным условиям нормального режима и проверяют на работоспособность в условиях аномальных режимов (термическая и динамическая стойкость при коротких замыканиях, коммутационная способность и т. д.).

Факторы, учитываемые при выборе аппаратов, указаны в табл. 7.

Таблица 7 – Выбор электрических аппаратов

Тип электрического аппарата	Номинальное напряжение	Номинальный ток	Динамическая стойкость	Термическая стойкость	Коммутационная способность	Нагрузка вторичных цепей
Выключатель	+	+	+	+	+	—
Разъединитель	+	+	+	+	(+)	—
Короткозамыкатель	+	—	+	+	—	—
Отделитель	+	+	+	+	(+)	—
Трансформатор тока	+	+	+	+	—	+
Трансформатор напряжения	+	—	—	—	—	+

Примечание. Учитываемые факторы обозначены знаком «+», не учитываемые — «—», а отмеченные знаком (+) учитываются в частных случаях. Условия выбора и проверки аппаратов изложены ниже.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023	

Выбор коммутационных аппаратов

Выбор выключателей производим по следующим параметрам:

– по напряжению электроустановки:

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}};$$

– по длительному рабочему току с учетом возможных длительных перегрузок основного оборудования:

$$k \cdot I_{\text{раб.ном}} \leq I_{\text{ном}},$$

где $U_{\text{ном}}$, $I_{\text{ном}}$ – паспортные (каталожные) параметры выключателя;

k – коэффициент, зависящий от допускаемых длительных повышений номинального тока (для трансформаторов, не работающих в блоке с генератором $k = 1,4$).

Проверку выключателей производим по следующим формулам:

– на электродинамическую стойкость выполняем по условиям:

$$I_{\text{п0}} \leq I_{\text{дин}};$$

$$i_y \leq I_{\text{а.дин}},$$

где $I_{\text{п0}}$, i_y – расчетные значения периодической составляющей тока КЗ (при $t = 0$) и ударного тока (при $t = 0,01$ с) в цепи, для которой выбирается выключатель;

$I_{\text{дин}}$, $I_{\text{а.дин}}$ – действующее и амплитудное значение предельного и сквозного тока КЗ (каталожные параметры выключателя).

Выбрав выключатель по рассмотренным параметрам, зная по каталогу собственное время отключения выключателя $t_{\text{с.в}}$, находят время от начала КЗ до расхождения контактов выключателей:

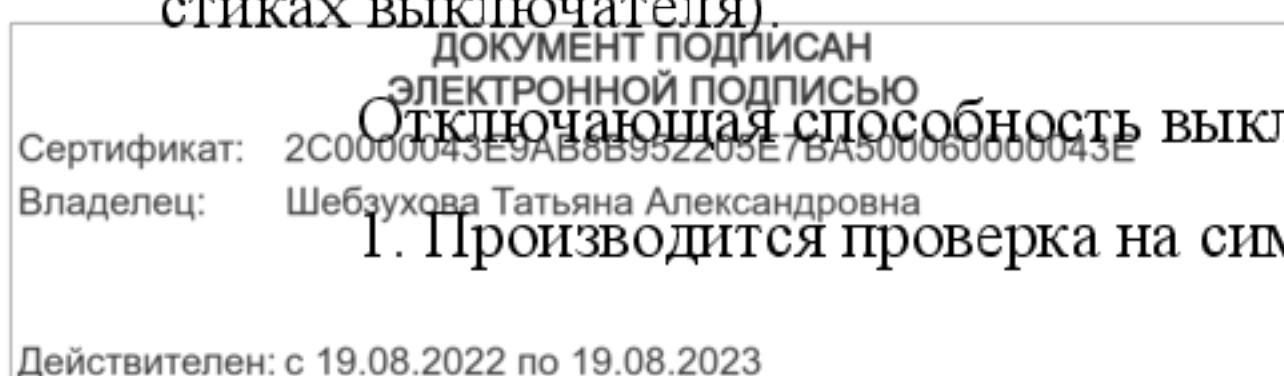
$$t = t_{\text{з. min}} + t_{\text{с.в}},$$

где $t_{\text{з. min}}$ – минимальное время действия релейной защиты принимаем равным 0,01с, и для этого времени определяют периодическую $I_{\text{пт}}$ и апериодическую β составляющие тока КЗ;

t – полное время отключения выключателя (приводится в технических характеристиках выключателя).

Отключающая способность выключателя проверяется по следующим условиям:

1. Производится проверка на симметричный ток отключения по условию



$$I_{\text{пт}} \leq I_{\text{ном.откл}},$$

где $I_{\text{ном.откл}}$ – номинальный ток отключения по каталогу.

2. Проверяется возможность отключения апериодической составляющей тока КЗ i_{at}

. Определяют процентное содержание i_{at} в токе и проверяют выполнение условия:

$$\beta \leq \beta_{\text{ном}}.$$

Величину β находят по выражению

$$\beta = \frac{i_{at}}{\sqrt{2} \cdot I_{\text{пт}}} \cdot 100\% ;$$

$$i_{at} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{п0}} \cdot (1 + e^{-\frac{t}{T_a}}),$$

где T_a – постоянная времени затухания. Величину T_a и значение ударного коэффициента можно определить по (5.14) и (5.15)

На термическую стойкость выключатель проверяют по расчетному импульсу квадратичного тока КЗ B_K и найденным в каталоге предельному гарантированному заводом-изготовителем току термической устойчивости аппарата I_T и времени его протекания t_T :

$$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T.$$

Параметр B_K определяется следующим образом:

$$B_K = I_{\text{п0}}^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_a),$$

где $t_{\text{откл}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{в}}$,

$t_{\text{рз}}$ – время действия релейной защиты;

$t_{\text{в}}$ – полное время отключения выключателя (приводится в технических характеристиках выключателя).

Необходимо отметить, что расчетным видом КЗ для проверки на электродинамическую термическую стойкость является трехфазное КЗ. Если же в сетях с эффективно-заземленной нейтралью ($U = 110 \text{ кВ}$ и выше) оказывается, что ток однофазного КЗ больше тока трехфазного КЗ, то проверку на отключающую способность ведут по более тяжелому режиму.

Документ подписан
Электронной подписью

Разъединители, отделители и выключатели нагрузки выбираются по номинальному

Сертификат: 2C0000043E9AB5B932203E7BA360066000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

напряжению $U_{\text{ном}}$, номинальному длительному току $I_{\text{ном}}$, а в режиме КЗ проверяют на

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

термическую и электродинамическую стойкость. Для короткозамыкателей выбор по номинальному току не требуется.

Выключатели нагрузки проверяют дополнительно по току отключения:

$$k \cdot I_{\text{раб.ном}} \leq I_{\text{ном.откл.}}$$

Выбор предохранителей производится по параметрам $U_{\text{ном}}$, $I_{\text{ном}}$ с проверкой выполнения условия $I_{\text{п0}} \leq I_{\text{ном.откл.}}$

Расчетные величины для выбора перечисленных аппаратов те же, что и для выключателей.

Выбор рассмотренных и других типов электрических аппаратов рекомендуется производить в табличной форме. Так, например, табл. 8 соответствует условиям выбора выключателя.

Таблица 8 – Выбор выключателей

Расчетные параметры цепи	Каталожные данные выключателя	Условия выбора
$U_{\text{уст}}$	$U_{\text{ном}}$	$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$
$k \cdot I_{\text{раб.ном}}$	$I_{\text{ном}}$	$k \cdot I_{\text{раб.ном}} \leq I_{\text{ном}}$
$I_{\text{пт}}$	$I_{\text{ном.откл}}$	$I_{\text{пт}} \leq I_{\text{ном.откл}}$
$\beta = \frac{i_{a\tau}}{\sqrt{2} \cdot I_{\text{пт}}} \cdot 100\%$	$\beta_{\text{ном}}$	$\beta = \beta_{\text{ном}}$
$I_{\text{по}}$	$I_{\text{дин}}$	$I_{\text{по}} \leq I_{\text{дин}}$
i_y	$I_{\text{а.дин}}$	$i_y \leq I_{\text{а.дин}}$
B_k	$I_T; t_T$	$B_k \leq I_T^2 \cdot t_T$

Выбор измерительных трансформаторов

Трансформаторы тока (ТА) выбираются:

– по напряжению установки $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$;

– по номинальному первичному току $I_{\text{I ном}}$ (номинальный ток должен быть как

можно ближе к рабочему току установки, так как перегрузка первичной обмотки приводит

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

к увеличению погрешности;

- по конструкции и классу точности;
- по электродинамической стойкости:

$$i_y = k_{\text{дин}} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{ном}},$$

где $k_{\text{дин}}$ – кратность электродинамической стойкости по каталогу;

- по термической стойкости:

$$B_k \leq (k_T \cdot I_{\text{ном}})^2 \cdot t_T,$$

где k_T – кратность термической стойкости по каталогу;

- по вторичной нагрузке:

$$z_2 \leq z_{2\text{ном}},$$

где z_2 – вторичная нагрузка трансформатора тока;

$z_{2\text{ном}}$ – номинальная допустимая нагрузка трансформатора тока в выбранном классе точности.

Рассмотрим порядок расчета нагрузки z_2 . Индуктивное сопротивление токовых цепей невелико, поэтому $z_2 \approx r_2$. Вторичная нагрузка состоит из сопротивления приборов $r_{\text{приб}}$, соединительных проводов $r_{\text{пров}}$ и переходного сопротивления контактов $r_{\text{конт}}$:

$$r_2 = r_{\text{приб}} + r_{\text{пров}} + r_{\text{конт}}.$$

Сопротивление приборов

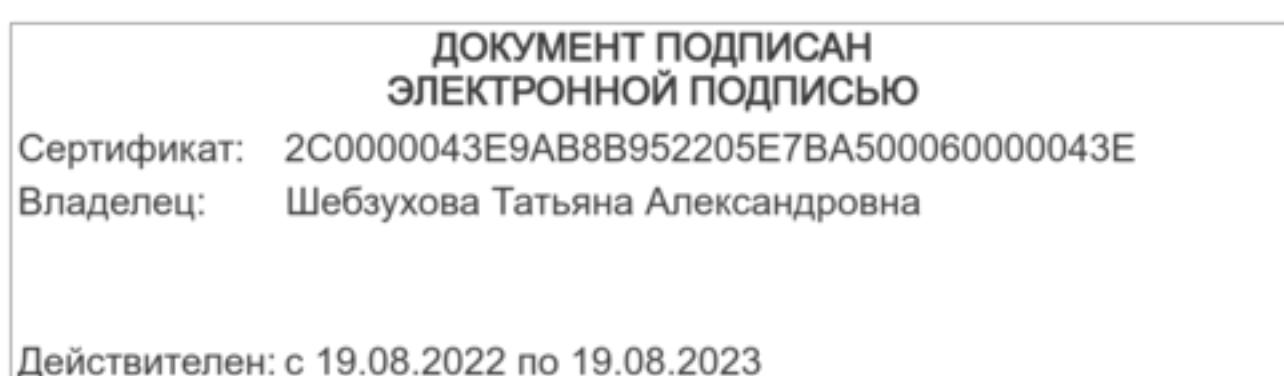
$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_{2\text{ном}}^2},$$

где $S_{\text{приб}}$ – мощность, потребляемая приборами;

$I_{2\text{ном}}$ – номинальный вторичный ток ТА, равный 1 А для мощных РУ 220–330 кВ и выше, в остальных случаях $I_{2\text{ном}} = 5$ А.

Трансформаторы тока установлены во всех цепях. Сопротивление контактов $r_{\text{конт}}$ принимают равным 0,05 Ом при двух-трех и 0,1 Ом – при большем числе приборов.

Зная $z_{2\text{ном}}$, определим допустимое сопротивление и площадь сечения провода:



$$S = \frac{\rho \cdot l_{\text{расч}}}{r_{\text{пров}}},$$

где ρ – удельное сопротивление материала провода;

$l_{\text{расч}}$ – расчетная длина, зависящая от схемы соединения трансформатора тока и расстояния от трансформаторов тока до приборов: при включении в неполную звезду

$$l_{\text{расч}} = \sqrt{3} \cdot l ; \text{ при включении в звезду } l_{\text{расч}} = l ; \text{ при включении в одну фазу } l_{\text{расч}} = 2 \cdot l$$

Здесь следует отметить, что провода с медными жилами ($\rho = 0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$) применяются на подстанциях с высшим напряжением 220 кВ и выше. В остальных случаях во вторичных цепях применяются провода с алюминиевыми жилами ($\rho = 0,0283 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$).

Длину соединительных проводов от трансформаторов тока до приборов (в один конец) можно принять для разных присоединений приблизительно равной, м:

Таблица 9 –

Наименование и напряжение установки	Длина, м
Линии 6–10 кВ к потребителям	4 ... 6
Все цепи РУ 35 кВ	60 ... 75
Все цепи РУ 110 кВ	75 ... 100
Все цепи РУ 220 кВ	100 ... 150

Для подстанций указанные длины снижают на 15 ... 20 %. Полученная площадь сечения не должна быть меньше 4 мм² для проводов с алюминиевыми жилами и 2,5 мм² для проводов с медными жилами – по условию механической прочности. Провода с площадью сечения больше 6 мм² обычно не применяются.

Трансформаторы напряжения выбирают по условиям:

$$U_{\text{уст}} \leq U_{1\text{ном}}, S_2 \leq S_{2\text{ном}}$$
 в намеченном классе точности,

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное первичное напряжение;

S_2 – мощность внешней вторичной цепи (вторичная нагрузка);

номинальная вторичная нагрузка. За $S_{2\text{ном}}$ принимают мощность всех

Сертификат: 2C000043E9AB8B9A6D57000000000000
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

трех фаз однофазных трансформаторов напряжения, соединенных по схеме звезды и удвоенную мощность однофазного трансформатора, включенного по схеме неполного треугольника.

Для упрощения расчетную нагрузку приборов не разделяют по фазам. При определении вторичной нагрузки сопротивление соединительных проводов не учитывают, так как оно мало.

ВЫБОР ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Общие положения

Основное электрическое оборудование электростанций и подстанций и аппараты в этих цепях соединяются между собой проводниками разного типа, которые образуют токоведущие части электрической установки.

При выборе токоведущих частей необходимо обеспечить выполнение ряда требований, вытекающих из условий работы. Проводники должны:

- 1) длительно проводить рабочие токи без чрезмерного повышения температуры;
- 2) противостоять кратковременному электродинамическому и тепловому действию токов КЗ;
- 3) выдерживать механические нагрузки, создаваемые собственной массой и массой связанных с ними аппаратов, а также усилия, возникающие в результате атмосферных воздействий;
- 4) удовлетворять требованиям экономичности электроустановки.

Рассмотрим типы проводников, применяемых на подстанциях:

1. На подстанциях в открытой части могут применяться провода АС или жесткая ошиновка алюминиевыми трубами. Соединение трансформатора с закрытым РУ 6–10 кВ или с КРУ 6–10 кВ осуществляется гибким подвесным токопроводом, шинным мостом или закрытым комплектным токопроводом. В РУ 6–10 кВ применяется жесткая ошиновка.

2. В цепях линий 6–10 кВ вся ошиновка до реактора и за ним, а также в шкафах КРУ выполнена прямоугольными алюминиевыми шинами. Непосредственно к потребителю от-

ходят кабельные линии

ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C00004B59AB8B05320557B4500060000435
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

3. Цепь трансформатора собственных нужд. От стены ЗРУ до выводов ТСН, установленного вблизи ЗРУ, соединение выполняется жесткими алюминиевыми шинами. Если

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

ТСН устанавливается на удалении от ЗРУ, то участок между ними выполняется гибким токопроводом. От трансформатора до РУ собственных нужд применяется кабельное соединение.

Выбор жестких шин

В закрытых РУ 6–10 кВ и в ряде случаев в открытых РУ напряжением 35 кВ и выше ошиновка (присоединения к сборным шинам) и сборные шины выполняются жесткими алюминиевыми шинами. Медные шины из-за высокой их стоимости не применяются даже при больших токовых нагрузках. При токах до 300 А применяются одно- и двухполосные шины. При больших токах рекомендуются шины коробчатого сечения, т. к. они обеспечивают меньшие потери от эффекта близости и поверхностного эффекта, а также лучшие условия охлаждения.

Выбор сечения ошиновки производится по экономической плотности тока [4, с. 265]:

$$S_{\text{эк}} = \frac{I_{\text{раб.ном}}}{j_{\text{эк}}},$$

где $j_{\text{эк}}$ – экономическая плотность тока, зависящая от величины $T_{\text{м}}$.

Для алюминиевых и сталеалюминевых проводников

при $T_{\text{м}} = 1000 \dots 3000$ часов – $j_{\text{эк}} = 1,3 \text{ А/мм}^2$,

при $T_{\text{м}} = 3000 \dots 5000$ часов – $j_{\text{эк}} = 1,1 \text{ А/мм}^2$,

свыше 5000 часов – $j_{\text{эк}} = 1,0 \text{ А/мм}^2$.

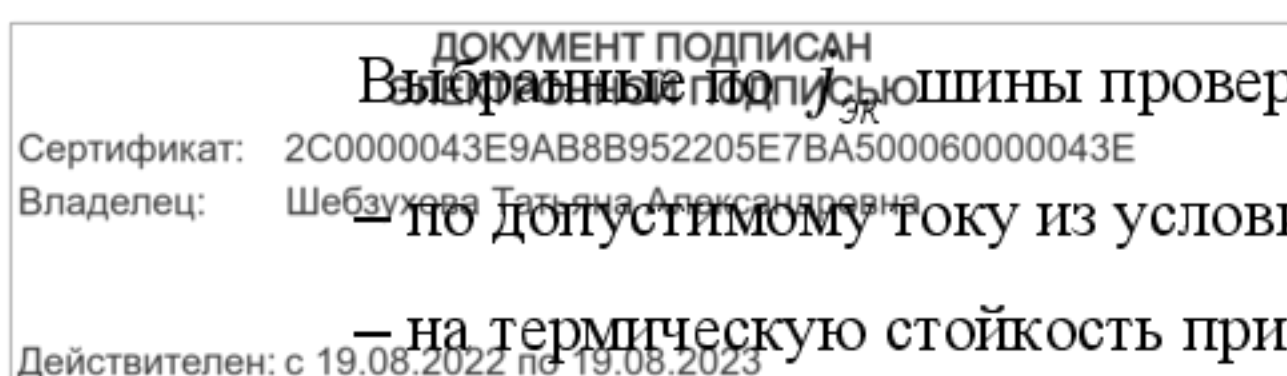
Найденное сечение округляется. При этом принимается ближайшее меньшее стандартное сечение, если оно не отличается от экономического больше, чем на 15 %. В противном случае, принимается ближайшее большее стандартное сечение.

Следует учесть, что по экономической плотности тока не выбираются:

- сборные шины всех напряжений, т. к. нагрузка по длине неравномерна и на многих ее участках меньше рабочего тока;
- ошиновка и кабели резервных линий и резервных трансформаторов СН, т. к. они включаются эпизодически.

Выборные по $j_{\text{эк}}$ шины проверяются:

- по допустимому току из условий нагрева;
- на термическую стойкость при воздействии токов КЗ;



– на динамическую стойкость при КЗ (механический расчет).

Проверка шин по допустимому току осуществляется по условию их нагрева током утяжеленного режима $k \cdot I_{\text{раб.ном}} \leq I'_{\text{доп}}$, где $I'_{\text{доп}}$ – допустимый ток на шины выбранного сечения с учетом температуры охлаждающей среды, отличной от принятой в таблицах [4, с. 267] при определении допустимого тока $I_{\text{доп}}$.

Величину $I'_{\text{доп}}$ можно определить из приближенного равенства:

$$I'_{\text{доп}} = I_{\text{доп}} \cdot \sqrt{\frac{Q_{\text{ном}} - Q_{\text{в}}}{Q_{\text{ном}} - Q_{\text{в.н}}}},$$

где $Q_{\text{ном}}$ – допустимая температура нагрева шины;

$Q_{\text{в}}$ – температура окружающей среды (воздуха);

$Q_{\text{в.н}}$ – нормированная температура воздуха.

Проверка термической устойчивости шин сводится к определению допустимого по условиям нагрева токами КЗ сечения и сопротивления его с выбранным $F_{\text{расч}}$ по условиям рабочего режима:

$$F_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{C} \leq F_{\text{расч}},$$

где значение коэффициента C следует брать по табл. 10

Таблица 10

Вид и материал проводника	Коэффициент c
Медные шины	170
Алюминиевые шины	90
Кабели до 10 кВ с медными жилами	160
Кабели до 10 кВ с алюминиевыми жилами	110

Проверка шин на электродинамическую стойкость сводится к механическому расчету шинной конструкции при КЗ. Электродинамические силы, возникающие при КЗ, носят колебательный характер. Эти силы приводят шины и изоляторы, представляющие собой динамическую систему в колебательное движение. Для обеспечения механической прочности шин при токах КЗ расчетное напряжение в материале не должно превосходить $\delta_{\text{доп}} = 70 \text{ МПа}$ для алюминия и $\delta_{\text{доп}} = 140 \text{ МПа}$ для меди.

Условие проверки:

$$\delta_{\text{расч}} \leq \delta_{\text{доп}}.$$

Для однополосных шин (или труб) максимальное расчетное напряжение в шине определяется по формуле:

$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{f \cdot l_{\text{пр}}^2}{10 \cdot W},$$

где f – максимальное усилие, приходящееся на 1 м длины, от взаимодействия между токами фаз, Н/м;

$l_{\text{пр}}$ – расстояние (пролет) между осями изоляторов вдоль фазы, м;

W – момент сопротивления шины относительно оси, перпендикулярной направлению действия усилия, м^3 .

Формулы для подсчета момента сопротивления:

– для прямоугольных шин $W = \frac{b \cdot h^2}{6}$ или $W = \frac{b^2 \cdot h}{6}$ в зависимости от их взаим-

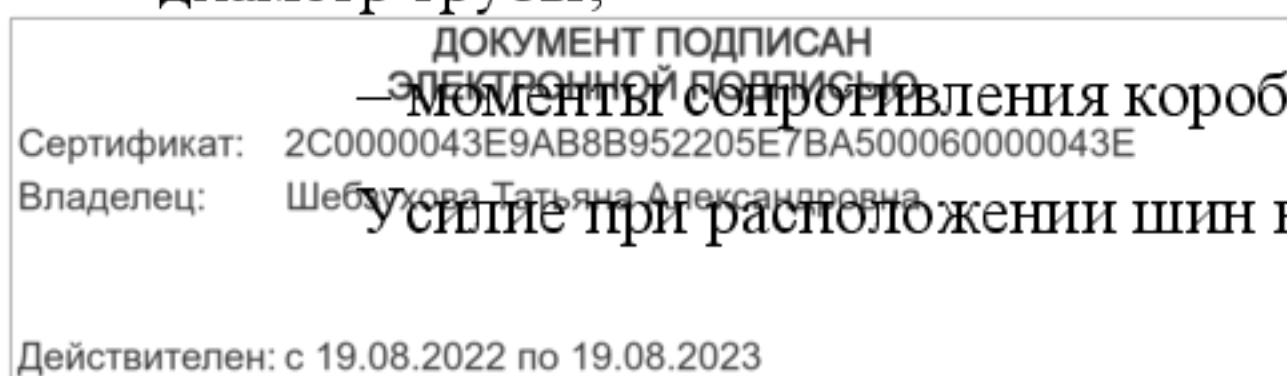
ного расположения, где b – толщина шины, м; h – ее высота, м;

– для труб $W = \frac{0,1 \cdot (D^4 - d^4)}{D}$, где D и d – соответственно внешний и внутренний

диаметр трубы;

– моменты сопротивления коробчатых шин.

Усилие при расположении шин в одной плоскости:



$$f = 1,76 \cdot \frac{i_y^2}{a} \cdot 10^{-7},$$

где a – расстояние между осями смежных фаз, м.

Максимальное расчетное напряжение в многополосных шинах, когда в пакет входят две или три полосы, находится по выражению $\sigma_{\text{расч}} = \sigma_{\text{ф}} + \sigma_{\text{п}}$,

где $\sigma_{\text{ф}}$ – напряжение от взаимодействия фаз, определяемое также как и для однополосных шин; $\sigma_{\text{п}}$ – напряжение от взаимодействия полос пакета одной фазы.

Величина $\sigma_{\text{п}}$ определяется как

$$\sigma_{\text{п}} = \frac{f_{\text{п}} \cdot l_{\text{п}}^2}{2 \cdot b^2 \cdot h},$$

где $f_{\text{п}}$ – усилие, приходящееся на 1 м длины полосы от взаимодействия между токами полос пакета, Н/м;

$l_{\text{п}}$ – расстояние между прокладками пакета, м.

При этом сила взаимодействия между полосами в двухполосных шинах и сила, действующая на крайние полосы в трехполосных шинах (как наиболее деформируемые) составляет в Н/м соответственно:

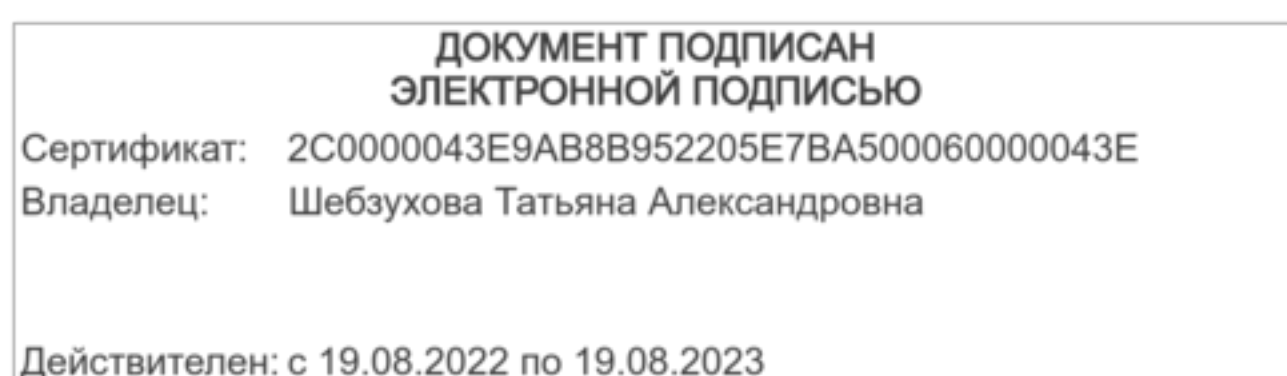
$$f_{\text{п}} = 0,25 \cdot k_{\text{ф}} \cdot \frac{i_y^2}{b} \cdot 10^{-7};$$

$$f_{\text{п}} = 0,16 \cdot k_{\text{ф}} \cdot \frac{i_y^2}{b} \cdot 10^{-7},$$

где $k_{\text{ф}}$ – коэффициент формы шин, учитывающий влияние поперечных размеров проводника на силы взаимодействия.

Сборные шины РУ выбираются по допустимому рабочему току. Расчетные рабочие токи сборных шин зависят от рабочих токов присоединений, их взаимного расположения в РУ, а также от вида сборных шин и режима установки.

Для выбора площади сечения сборных шин по утяжеленному режиму следует выявить ожидаемые рабочие токи на отдельных участках РУ при наиболее неблагоприятных условиях.



Если рабочие токи на этих участках резко различны, шины могут быть выбраны «ступенчатыми» – с площадью сечения, соответствующей рабочим токам участков. Площадь сечения шин должна быть достаточной для передачи рабочего тока наиболее мощного агрегата.

Сборные шины проверяются на тех же условиях, рассматриваемых выше. Кроме того, РУ 35 кВ и выше выбранное сечение жестких шин проверяется на корону

Следует подчеркнуть важность момента выбора формы сечения шин. В закрытом РУ до 20 кВ включительно шины выполняют из полос прямоугольного сечения, т. к. проводники с прямоугольным сечением более экономичны, чем с круглым. В РУ 35 кВ и выше по условиям короны применяются шины только круглого сечения.

Выбор гибких шин и токопроводов

В РУ 35 кВ и выше применяются гибкие шины, выполненные проводами АС. Они выбираются по тем же условиям, что и жесткие шины. Добавляется лишь проверка выбранного сечения шин на исключение возможности схлестывания шин или опасного их сближения в результате динамического действия токов КЗ (вместо проверки на электродинамическую стойкость)

Гибкие токопроводы для соединения трансформаторов с РУ 6–10 кВ выполняются пучком проводов, закрепленных по окружности в кольцах – обоймах. Два провода из пучка – сталеалюминевые – несут в основном механическую нагрузку от собственного веса, гололеда, ветра. Остальные провода – алюминиевые – являются только токоведущими.

Расчет гибкого токопровода заключается в определении числа и сечения проводников.

Исходя из общего сечения пучка $F_{\text{эк}}$ проводов выбираются несущие провода.

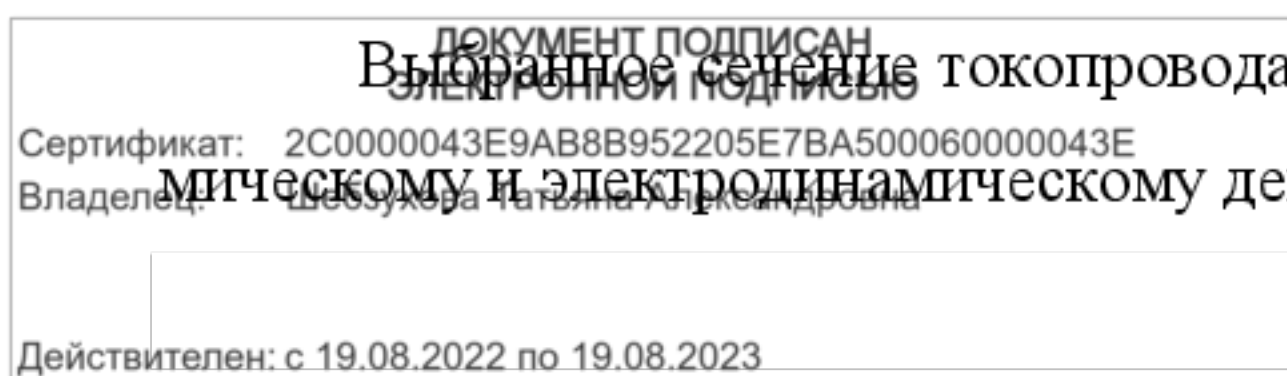
Сечение несущего провода принимается равным $F_{\text{нес}} = 0,15 \cdot F_{\text{эк}}$.

Число и сечение токоведущих проводов выбирается по следующим условиям:

$$S \cdot n + 2 \cdot S_{\text{нес}} = S_{\text{эк}}.$$

Сечение несущего провода рекомендуется брать на ступень больше токоведущего.

Выборанное сечение токопровода проверяется по длительно допустимому току, термическому и электродинамическому действию тока КЗ.



Выбор кабелей

Кабели выбираются по напряжению установки и экономической плотности тока.

Проверка нагрева кабелей при аварийных перегрузках производится по условию[^]

$$k \cdot I_{\text{раб.ном}} \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot I_{\text{доп}},$$

где $I_{\text{доп}}$ – длительно допустимый ток на одиночный кабель, проложенный в земле при температуре почвы 15°C или на воздухе при температуре 25°C;

k_1, k_2, k_3 – поправочные коэффициенты соответственно на температуру почвы, воздуха и на число кабелей в траншее, определяемые по [9].

Выбранные сечения кабеля проверяются на термическую устойчивость.

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЯХ

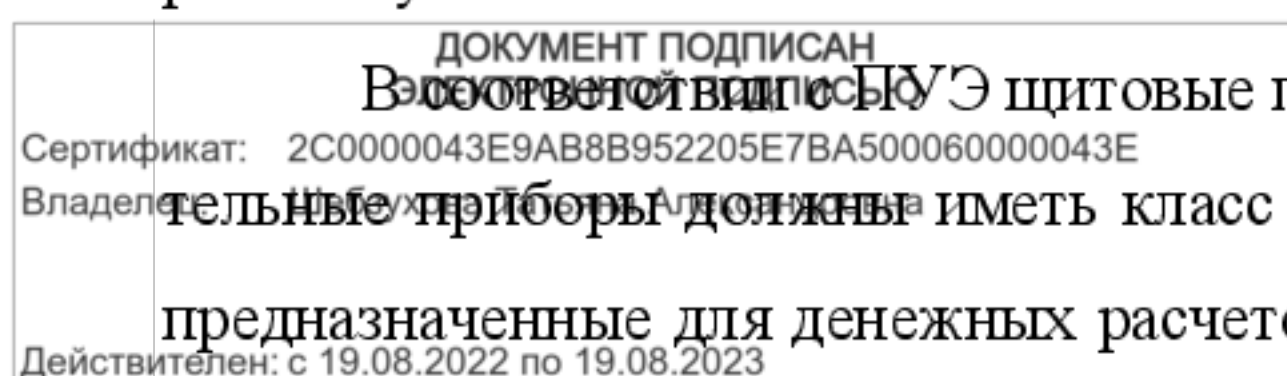
Контроль за режимом работы основного и вспомогательного оборудования на электростанциях и подстанциях осуществляется с помощью контрольно-измерительных приборов.

Измерениями должны быть охвачены все параметры основного и вспомогательного оборудования, которые определяют режим управляемого объекта – электрической подстанции.

Структурная схема системы измерения в общем случае включает в себя: первичный измерительный прибор, преобразователи, канал связи и вторичный измерительный прибор.

На электрических подстанциях используются измерительные приборы четырех типов:

- 1) показывающие аналоговые и цифровые приборы – для визуального наблюдения за параметрами режима;
- 2) регистрирующие (самопишущие) приборы – для непрерывной графической или цифровой записи параметров в нормальном режиме;
- 3) интегрирующие приборы (счетчики) – для суммирования показаний во времени;
- 4) фиксирующие приборы (самопишущие приборы с ускоренной записью, осциллографы, специальные регистраторы событий и др.) для графической записи параметров в аварийных условиях.



В электроустановках ПУЭ щитовые показывающие или регистрирующие электроизмерительные приборы должны иметь класс точности не ниже 2,5; счетчики активной энергии, предназначенные для денежных расчетов (расчетные счетчики) – не ниже 2,0, а для линий

межсистемных связей напряжением 110 кВ – 1,0, 220 кВ и выше – 0,5. Класс точности счетчиков реактивной энергии выбирают на одну ступень ниже класса точности соответствующих счетчиков активной энергии. Для фиксирующих приборов допускается класс 3,0. Амперметры подстанций, РУ могут иметь класс точности 4,0.

Состав измерительных приборов, которые должны быть установлены для контроля за режимом работы основного электрооборудования подстанции/

Контроль за работой двухобмоточного трансформатора осуществляется с помощью комплекта приборов, устанавливаемых на стороне низшего напряжения и включающих в себя амперметр, ваттметр и варметр. Вместо ваттметра и варметра практикуют использование одного комбинированного прибора с переключением в цепях напряжения. При необходимости учета энергии, протекающей через трансформатор на нем, устанавливают счетчики активной и реактивной энергии. Если возможен реверсивный режим работы трансформатора, то устанавливают ваттметр и варметр с двухсторонней шкалой и два комплекта счетчиков со стопорами. У трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов на сторонах низшего и среднего напряжения устанавливают те же приборы, что и у двухобмоточного трансформатора. Контроль за током осуществляют на всех обмотках.

На сборных шинах повышенного напряжения предусматривают по одному указывающему вольтметру на каждой системе или секции шин, аварийные осциллографы.

На линиях 6–35 кВ, которые обычно идут непосредственно к потребителям, устанавливают амперметр и счетчик активной энергии. Счетчик реактивной энергии требуется при расчете с потребителями с учетом коэффициента мощности.

Линии напряжением 110 кВ и выше сетей районного значения нуждаются в контроле за током и мощностью, осуществляемом одним или тремя амперметрами (при пофазном управлении), ваттметром и варметром. Учет активной энергии должен быть обеспечен лишь на линиях межсистемных связей, проводимый на каждом конце счетчиками активной энергии со стопорными механизмами.

На сборных шинах понижающих подстанций устанавливают указывающий вольтметр на каждой системе и секции сборных шин всех напряжений. На шинах 6–35 кВ – комплект приборов контроля изоляции. Для выявления картины того или иного аварийного режима на подстанциях устанавливают осциллографы, записывающие режимные параметры, подлежащие контролю.

Питание приборов осуществляется от измерительных трансформаторов.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	2C0000043E9AB8B952205E7BA590060000043E
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023	

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ПОДСТАНЦИИ

Релейной защитой называется комплекс специальных устройств, состоящее из реле и других аппаратов, которые обеспечивают автоматическое отключение поврежденного элемента электрической цепи, если данное повреждение представляет собой непосредственную опасность для этой цепи, или приводить в действие сигнальные устройства. Релейная защита должна удовлетворять следующим требованиям:

- релейная защита должна быть селективной, т.е. отключать только поврежденный участок электрической цепи,
- релейная защита должна иметь минимально возможное время срабатывания,
- релейная защита должна быть достаточно чувствительной ко всем видам повреждений ненормальным режимам работы на защищаемом участке электрической цепи,
- релейная защита должна быть надежной.

К повреждениям трансформатора относятся:

1. Междофазное короткое замыкание на выводах и в обмотке (последние возникают гораздо реже, чем первые).
2. Однофазные короткие замыкания (на землю и между витками обмотки т.е. межвитковые замыкания).
3. «Пожар стали сердечника».

К ненормальным режимам работы относятся:

1. Перегрузки, вызванные отключением, например, одного из работающих трансформаторов.
2. Возникновение токов при внешних коротких замыканиях, представляющих опасность из-за их теплового действия на обмотки трансформатора.
3. Недопустимое понижение уровня масла, вызываемое значительным понижением температуры и другими причинами.

При выполнении защит трансформатора необходимо учитывать некоторые особенности их ненормальной работы:

- броски тока намагничивания при включении трансформатора под напряжение,
- влияние коэффициента трансформации и схем соединения обмоток трансформатора.

Для выбора защит силового трансформатора, питающих линий, распределительных шин подстанции необходимо руководствоваться указаниями ПУЭ.

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА И ПРОТИВОПОЖАРНОЙ

БЕЗОПАСНОСТИ

Электробезопасность

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023	

Общие требования электробезопасности

1. Требования к персоналу.
2. Оперативное обслуживание. Осмотр электроустановок.
3. Порядок и условия производства работ.
4. Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ.
5. Ответственные за безопасность проведения работ, их права и обязанности.
6. Организация работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации согласно перечню.
7. Надзор за при проведении работ.
8. Окончание работы, сдача-приемка рабочего места.
9. Включение электроустановок после полного окончания работ.

Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ со снятием напряжения

1. Отключения.
2. Вывешивание запрещающих плакатов.
3. Проверка отсутствия напряжения.
4. Установка заземления.
5. Установка заземления в распределительных установках.
6. Установка заземления на ВЛ.
7. Ограждение рабочего места.

Меры безопасности при проведении отдельных работ

1. Работы в зоне влияния электрического и магнитного полей.
2. Генераторы и синхронные компенсаторы.
3. Электролизные установки.
4. Электродвигатели.
5. Коммутационные аппараты.
6. Комплексные распределительные устройства.
7. Магнитные (столбовые) ТК и КТП.
8. Силовые трансформаторы, масляные шунтирующие и дугогасящие реакторы.
9. Измерительные трансформаторы тока.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец:	Шебухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023	

10. Электрофильтры.
11. Аккумуляторные батареи.
12. Конденсаторные установки.
13. Кабельные линии.

Воздушные линии электропередачи

1. Работы без снятия напряжения.
2. Работы в пролетах пересечения с действующими ВЛ.
3. Пофазный ремонт ВЛ.
4. Работы на пересечениях и сближениях ВЛ с дорогами.
5. Обслуживание сетей уличного освещения.

Средства связи, диспетчерского и технологического управления

1. Кабельные линии связи.
2. Аппаратура необслуживаемых усилительных пунктов.
3. Воздушные линии связи.
4. Радио и радиорелейные линии.
5. Высокочастотная связь по ВЛ и молниезащитным тросам.
6. Временная высокочастотная связь.
7. Аппаратные СДТУ.

Охрана труда

1. Требования к территории проектируемого объекта.
2. Противопожарные мероприятия, средства оповещения и тушения пожаров.
3. Защита от атмосферного электричества.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОДСТАНЦИИ

КПД электроподстанции определяется по формуле

$$\eta = \frac{W_{\text{год}}}{W_{\text{год}} + \Delta W_{\text{пот}}} \cdot 100\%.$$

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E	
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна	
Годовые потери энергии в двухобмоточном трансформаторе определяются:	
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023	

$$\Delta W_{\text{пот}} = n \cdot \Delta P_{\text{хх}} \cdot 8760 + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left(\frac{S_{\text{р}}}{S_{\text{ном тр}}} \right)^2 \cdot \tau,$$

где $\Delta P_{\text{хх}}$ – потери холостого хода, кВт;

$\Delta P_{\text{кз}}$ – потери короткого замыкания, кВт;

τ – время максимальных потерь; значение τ может быть определено по формуле

$$\tau = (0,124 + T_{\text{м}} \cdot 10^{-4}) \cdot 8760,$$

где $T_{\text{м}}$ – продолжительность использования максимальной нагрузки.

Для трехобмоточных трансформаторов потери энергии определяются, как

$$\begin{aligned} \Delta W_{\text{пот}} = n \cdot \Delta P_{\text{хх}} \cdot 8760 + \frac{1}{n} (\Delta P_{\text{кз В}} \left(\frac{S_{\text{р В}}}{S_{\text{ном тр В}}} \right)^2 \cdot \tau_{\text{В}} + \\ + \Delta P_{\text{кз С}} \left(\frac{S_{\text{р С}}}{S_{\text{ном тр С}}} \right)^2 \cdot \tau_{\text{С}} + \Delta P_{\text{кз Н}} \left(\frac{S_{\text{р Н}}}{S_{\text{ном тр Н}}} \right)^2 \cdot \tau_{\text{Н}}). \end{aligned}$$

Для упрощения можно принять: $\tau_{\text{В}} = \tau_{\text{С}} = \tau_{\text{Н}}$. Потери короткого замыкания в обмотках высшего, среднего и низшего напряжения, кВт:

$$\Delta P_{\text{кз В}} = 0,5(\Delta P_{\text{кз В-С}} + \Delta P_{\text{кз В-Н}} - \Delta P_{\text{кз С-Н}});$$

$$\Delta P_{\text{кз С}} = 0,5(\Delta P_{\text{кз В-С}} + \Delta P_{\text{кз С-Н}} - \Delta P_{\text{кз В-Н}});$$

$$\Delta P_{\text{кз Н}} = 0,5(\Delta P_{\text{кз С-Н}} + \Delta P_{\text{кз В-Н}} - \Delta P_{\text{кз В-С}}).$$

Если в каталогах для трехобмоточных трансформаторов приведена величина потерь короткого замыкания только для пары обмоток высшего и низшего напряжения $\Delta P_{\text{кз В}}$, то при одинаковой мощности всех обмоток принимают

$$\Delta P_{\text{кз В}} = \Delta P_{\text{кз С}} = \Delta P_{\text{кз Н}} = 0,5 \Delta P_{\text{кз В-Н}}.$$

РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ГЛАВНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПОДСТАНЦИИ

На чертеже главной схемы соединений должны быть показаны: трансформаторы – силовые измерительные и СН, отходящие линии, сборные шины РУ всех напряжений, выключатели, разъединители, отделители, короткозамыкатели, реакторы, предохранители и тоководящие части РУ. Кроме того, на ней рядом с основным оборудованием показываются все относящиеся к нему контрольно-измерительные приборы.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E	
Владелец: Шебухова Татьяна Александровна	
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023	

Главные схемы изображаются в однолинейном исполнении, при отключенном положении всех элементов установки.

Все элементы схемы и связи между ними изображаются в соответствии с ЕСКД. При необходимости допускается размеры графических обозначений пропорционально увеличивать или уменьшать по сравнению с рекомендованными ГОСТами.

Графические изображения на чертеже должны быть наглядны, удобны для чтения, с минимально возможным числом пересечений и равномерным заполнением листа.

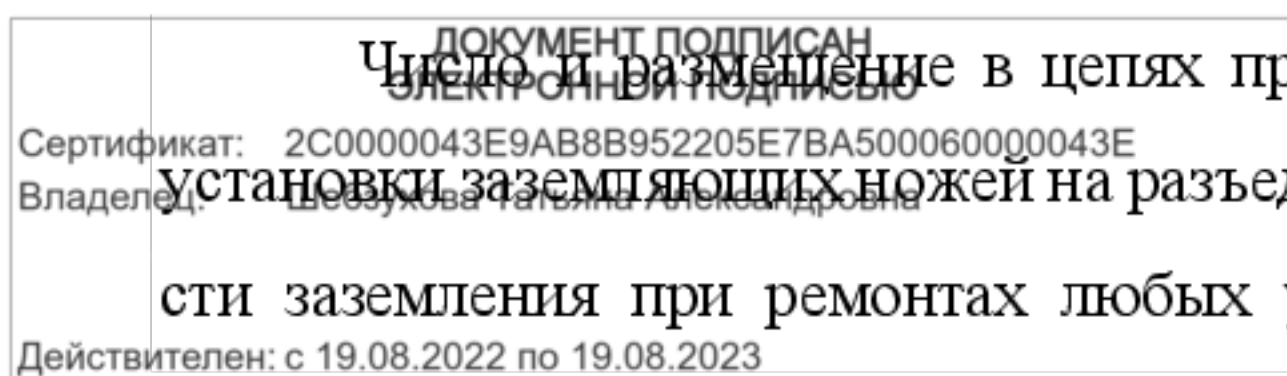
Силовые трансформаторы изображаются со схемами соединений их обмоток. Обычно силовые трансформаторы имеют группу соединений. Нулевые выводы силовых трансформаторов соединяются с землей по схеме, соответствующей режиму работы нейтрали сети. Нулевые точки силовых трансформаторов 110–220 кВ заземляются через разъединитель. Так как изоляция нулевых выводов указанных трансформаторов позволяет работу с изолированной нейтралью, то для снижения уровней однофазных КЗ в отдельных случаях на части трансформаторов подстанций их нейтрали разделяются. В таком режиме работы для защиты изоляции трансформатора от атмосферных перенапряжений должен быть предусмотрен ограничитель перенапряжений (ОПН), включаемый параллельно разъединителю. При выборе указанных разъединителей и ОПН их рабочее напряжение принимается на класс меньше напряжения высокой стороны трансформатора.

Присоединения к сборным шинам komponуются таким образом, чтобы исключить по шинам большие перетоки мощности. Поэтому присоединения трансформаторов должны чередоваться с отходящими линиями, а шиносоединительные и обходные выключатели располагаются в средней части шин. Здесь же устанавливают ОПН и трансформаторы напряжения, без выведения для них отдельных ячеек. При секционированных системах шин присоединения размещаются так, чтобы нагрузка по секциям была одинаковой.

При большом количестве однотипных присоединений на каждой секции сборных шин или групповой сборке линейных реакторов разрешается показывать только 2–3 присоединения, изобразив при этом на шинах место разрыва, а действительное число присоединений указывается надписью.

Для обеспечения безопасности людей при проведении ремонтных работ на оборудовании электрических подстанций необходимо ремонтируемую цепь отключить, создать видимый разрыв и заземлить. Это производится при помощи выключателей и разъединителей с заземляющими ножами.

Число и размещение в цепях присоединений определяется их назначением. Места установки заземляющих ножей на разъединителях намечаются исходя из условий возможности заземления при ремонтах любых участков подстанции. Обычно заземляющие ножи



предусматриваются с двух сторон на линейных разъединителях, шинных разъединителях трансформаторов напряжения и разъединителях секционных выключателей. На шинных разъединителях других присоединений – заземляющие ножи устанавливаются только со стороны выключателя.

Измерительные трансформаторы тока (ТА) в сетях с заземленной нейтралью устанавливаются в трех фазах каждой цепи схемы. В установках с изолированной нейтралью ТА могут предусматриваться в двух фазах, если применяемые виды релейных защит не требуют питание от трех фаз.

Каждый ТА напряжением 6–20 кВ выполняется с двумя вторичными обмотками, 35–110 кВ – с тремя, 220 кВ – четырьмя.

Количество ТА в каждой цепи определяется по [5, с. 295] и зависит от назначения цепи, видов защит и других факторов.

На подстанциях обычно используются встроенные в аппараты ТА. Они имеются в нулевых выводах трансформаторов и автотрансформаторов (типа ТВТ). Кроме того, встроенные ТА предусматриваются для установки на вводах 35 кВ и выше масляных баковых выключателей (типа ТВ, ТВС, ТВД и ТВУ) и силовых трансформаторов и автотрансформаторов (ТВТ).

Трансформаторы тока, встроенные в выключатель, показываются на схеме с двух сторон условного изображения выключателя (по два ТА с каждой стороны).

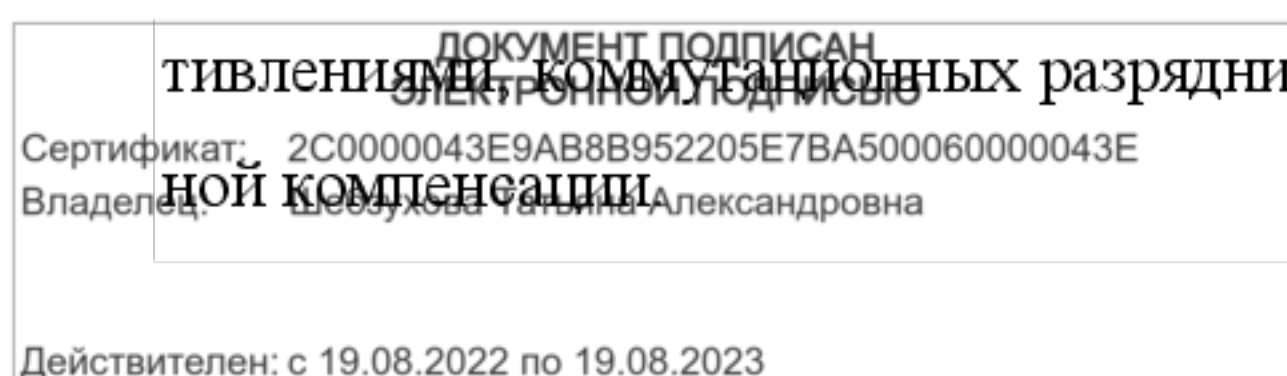
Недостающие ТА устанавливаются отдельностоящими. При этом их место размещения выбирается таким образом, чтобы их вывод в ремонт производился совместно с выключателями цепей (до выключателя со стороны трансформатора или линии).

Трансформаторы напряжения (ТВ) обычно устанавливаются:

- на секциях сборных шин всех напряжений – один пятистержневой типа НТМИ, НАМИТ или комплект однофазных типа ЗНОЛ;
- на каждой сборке групповых линейных реакторов – два однофазных ТВ, включенных по схеме неполного треугольника (для питания счетчиков линии).

В главной схеме необходимо предусмотреть защиту изоляции от атмосферных и коммутационных перенапряжений.

Коммутационные перенапряжения в РУ 330 кВ и ниже ограничиваются до допустимых величин выбором рационального способа заземления нейтрали трансформаторов в РУ более высокого напряжения — путем применения выключателей с шунтирующими сопротивлением, коммутационных разрядников и искрового присоединения реакторов поперечной компенсации.



В РУ напряжением до 330 кВ ОПН размещаются на сборных шинах и присоединяются к ним совместно с TV через обычный разъединитель. Кроме того, ОПН устанавливаются на выводах высшего и среднего напряжения трансформаторов (автотрансформаторов), удаленных от РУ на расстояние более 16 метров.

На отходящих линиях электропередач 35 кВ и выше показываются аппараты высокочастотной обработки (конденсаторы связи, фильтры присоединения и заградители) отдельных фаз для образования каналов связи по проводам ЛЭП.

Конденсатор связи создает путь для токов высокой частоты от приемо-передатчика в линию и одновременно отделяет приемо-передатчик от высокого напряжения промышленной частоты линии. Одним из типов конденсаторов связи являются бумажно-масляные конденсаторы типа СМР–55/3-0,044. На линиях 110 кВ устанавливаются два таких элемента, соединяемых последовательно, на линиях 220 кВ – четыре.

Фильтр присоединения согласовывает входное сопротивление высокочастотного кабеля с входным сопротивлением линии, соединяет конденсатор связи с землей, образуя таким образом замкнутый контур для токов высокой частоты. Фильтр присоединения ОФП-4, выпускаемый промышленностью, выполняется на три диапазона, охватывающие частоты 50 ... 300 кГц.

Заградитель преграждает выход токов высокой частоты за пределы линии. Выпускаемые отечественной промышленностью заградители

КЗ-500 рассчитаны на рабочий ток 700 А с пределами настройки 50 ... 300 кГц.

Высокочастотную обработку всех трех фаз выполняют на ЛЭП 330 кВ и выше. При меньших напряжениях обработка выполняется на двух, реже – на одной фазе.

В принятую в начале проектирования схему вносятся все изменения и уточнения, которые были выявлены в результате выполнения по следующим разделов проекта.

На чертеже главной схемы рядом с условными обозначениями аппаратов, слева и сверху от них, приводятся номенклатурные обозначения типов, номинальные параметры и другие их характеристики. Все надписи рекомендуется выносить «в рамочках», как это принято в проектных организациях, чтобы они не затемняли схему. Надписи выполняются для одного присоединения каждого типа.

У сборных шин указывается номинальное напряжение, материал и их сечение. На токопроводах – тип, материал и сечение токоведущей части.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023	

КОМПАНОВКА И КОНСТРУКТИВНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Классификация РУ, общие требования, порядок проектирования РУ

Классификация РУ. Существуют два основных вида РУ: закрытые (ЗРУ) и открытые (ОРУ), оборудование которых расположено соответственно в зданиях и на открытом воздухе. ЗРУ в основном применяются на напряжениях 3–20 кВ. В установках больших напряжений (35–220 кВ) ЗРУ применяются только при ограниченности площади для РУ при избыточной загрязненности атмосферы. Применяются ОРУ на напряжениях 35–1150 кВ, т. к. при этих напряжениях ОРУ обладают существенными преимуществами по сравнению с ЗРУ: меньший объем строительных работ, существенная экономия строительных материалов; меньшие капитальные затраты, сроки сооружения и т. д. ОРУ имеет и ряд недостатков по сравнению с ЗРУ: менее удобное обслуживание, большая занимаемая площадь; подверженность аппаратов атмосферным воздействиям.

Классификация РУ может быть продолжена по другим признакам, например, по методам сооружения: сборные РУ, в которых большая часть электромонтажных работ производится на месте установки и комплектные РУ заводского изготовления с минимальным объемом электромонтажных работ на месте установки.

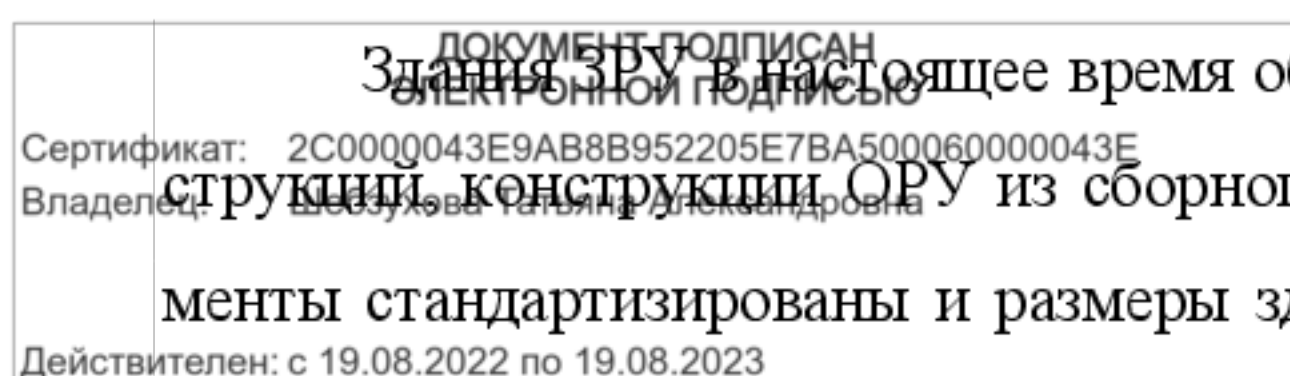
Сборные РУ собирают из отдельных элементов и узлов (шкафы, ячейки, панели и др.), изготовленных и укомплектованных на заводах или в специализированных мастерских. Чем крупнее конструктивные узлы заводского изготовления, тем проще проектирование и тем полнее степень индустриализации сооружения таких РУ.

Комплектные РУ состояются (компенсируются) из полностью или частично закрытых шкафов или блоков со встроенными в них аппаратами, устройствами защиты и автоматики, поставляемых в собранном виде или в полностью подготовленном для сборки виде и готовых после установки к включению под напряжение. Комплектные РУ выпускаются как для внутренней (КРУ), так и для наружной (КРУН) установки. Комплектные РУ становятся самой распространенной формой исполнения РУ.

Вместе с тем, широко применяются также РУ смешанного типа, выполняемые частично как сборные и частично как комплектные.

В настоящее время выпускаются комплектные РУ лишь на напряжение 6–35 кВ и для схемы с одной системой сборных шин. Сборные РУ могут быть выполнены при любой схеме электрических соединений.

Здания ЗРУ в настоящее время обычно выполняют из сборных железобетонных конструкций. Конструкции ОРУ из сборного железобетона или металла. Железобетонные элементы стандартизированы и размеры здания ЗРУ согласуют с размерами железобетонных



конструкций: ширина здания может быть только кратной трем (6, 9, 12 или 15 м), строительный шаг по длине равен только 6 и 12 м, по высоте обычно 4,8 – 6 м. Применение сборного железобетона позволяет ускорить и осуществить строительство.

Основные требования, предъявляемые к РУ любого вида, заключаются в их безопасности для людей, надежности и экономичности

К проектированию конструкций РУ приступают после того, как разработана главная схема электрических соединений, выбраны электрические аппараты и токоведущие части.

Основой для проектирования конструкции РУ при проектировании конкретной подстанции служат типовые конструктивные решения, разработанные ведущими проектными организациями.

По РУ в пояснительной записке должно быть дано обоснование принимаемой конструкции и краткое описание.

При выполнении чертежей должны соблюдаться следующие требования:

1. Схема разработанного РУ должна соответствовать главной электрической схеме.
2. Размеры и внешний вид электрических аппаратов, изоляторов и шин должны быть вычерчены в соответствии с требованиями ЕСКД.
3. На конструктивном чертеже должны быть указаны размеры строительных конструкций и все электрические расстояния, нормируемые ПУЭ, а также приведена спецификация электрических аппаратов, изоляторов и шин.

Общие требования к написанию и оформлению работы.

Курсовой проект рекомендуется представлять в объеме 30-40 листов. Текст работы должен быть напечатан через 1,5 интервала на одной стороне стандартного листа белой бумаги (А-4). Текст и другие отпечатанные элементы работы должны быть черными, контуры букв и знаков четкими, без ореола и затенения. Шрифт Times New Roman, кегель 14. Названия глав и параграфов выделяются полужирным шрифтом. Лист с текстом должен иметь поля: слева - 30 мм, справа - 10 мм, сверху - 20 мм, снизу 20 мм.

Нумерация страниц текста делается в правом нижнем углу листа. Проставлять номер страницы необходимо со страницы, где печатается «Введение», на которой ставится цифра «4». После этого нумеруются все страницы, включая приложения.

Между названием главы и названием параграфа этой главы ставится пробел равный двум интервалам, а название параграфа не должно отделяться от текста этого параграфа пробелом. Названия параграфов отделяются от текста предыдущего параграфа пробелом, равным двум интервалам. Каждая глава, а также введение, выводы, приложения и список использованной литературы начинаются с новой страницы. Главы имеют порядковые номера в пределах всей работы, обозначаемые арабскими цифрами (например: 1, 2, 3), после которых ставится точка. Слово «параграф» или значок параграфа в названии не ставятся. Параграфы имеют порядковые номера в пределах глав, обозначаемые арабскими цифрами (например: 1.1. и 1.2.). Заголовки глав и параграфов в тексте работы должны располагаться по центру, точку в конце названия главы и параграфа не ставят. Не допускается переносить часть слова в заголовке.

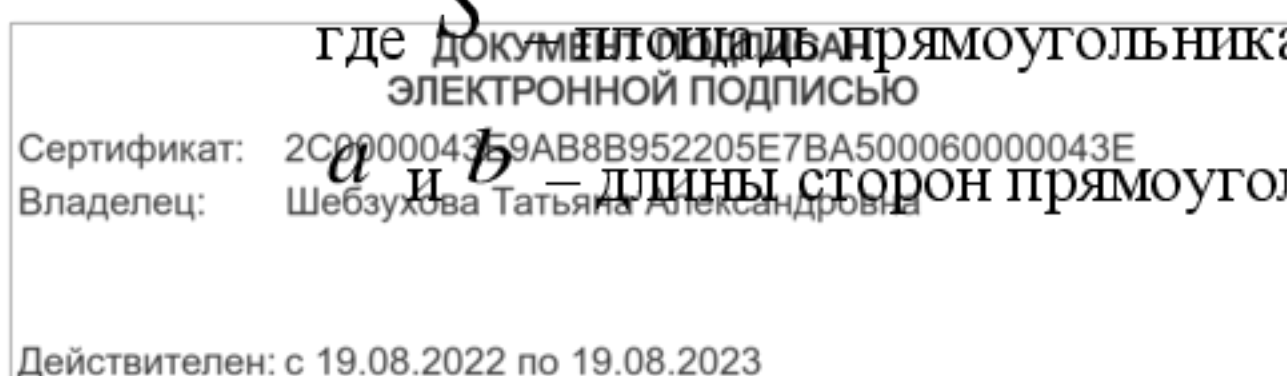
Нумерация таблиц и рисунков может быть сквозной или соотноситься с номером главы и параграфа. Например, если таблица или рисунок включены в текст первого параграфа второй главы, нумерация следующая: Таблица 2.1.1., рис. 2.1.1. Последняя цифра означает порядковый номер таблицы (или рисунка) в данном параграфе. Таблица помещается в качестве следующей страницы после первого упоминания о ней в тексте (см. рис. 2.1.1).

Образец оформления формулы и уравнения

$$S = ab, \quad (2.1.1)$$

где S – площадь прямоугольника, м²;

a и b – длины сторон прямоугольника, м.



Образец оформления таблиц

Таблица 2.1.1

Историко-культурные объекты региона

Вид памятника	Федерального значения	Местного значения	Вновь выявлено	Всего
Архитектурные	15	328	812	1155
Археологии	3	144	183	330
Истории	9	220	66	295
Искусства	1	49	6	66
Садово-парковые	-	17	-	17
Итого	28	758	1067	1853

При переносе таблицы на другую страницу ее графы должны быть выделены отдельной строкой и пронумерованы. Над продолжением пишут «Продолжение таблицы ...», «Окончание таблицы ...». Нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую первую часть таблицы, не проводят.

Например:

Таблица 2.1.1

Количество туристов проживающих в гостинице «Нева» в мае

456		566		
567		678		

Окончание таблицы 2.1.1

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Образец оформления рисунков

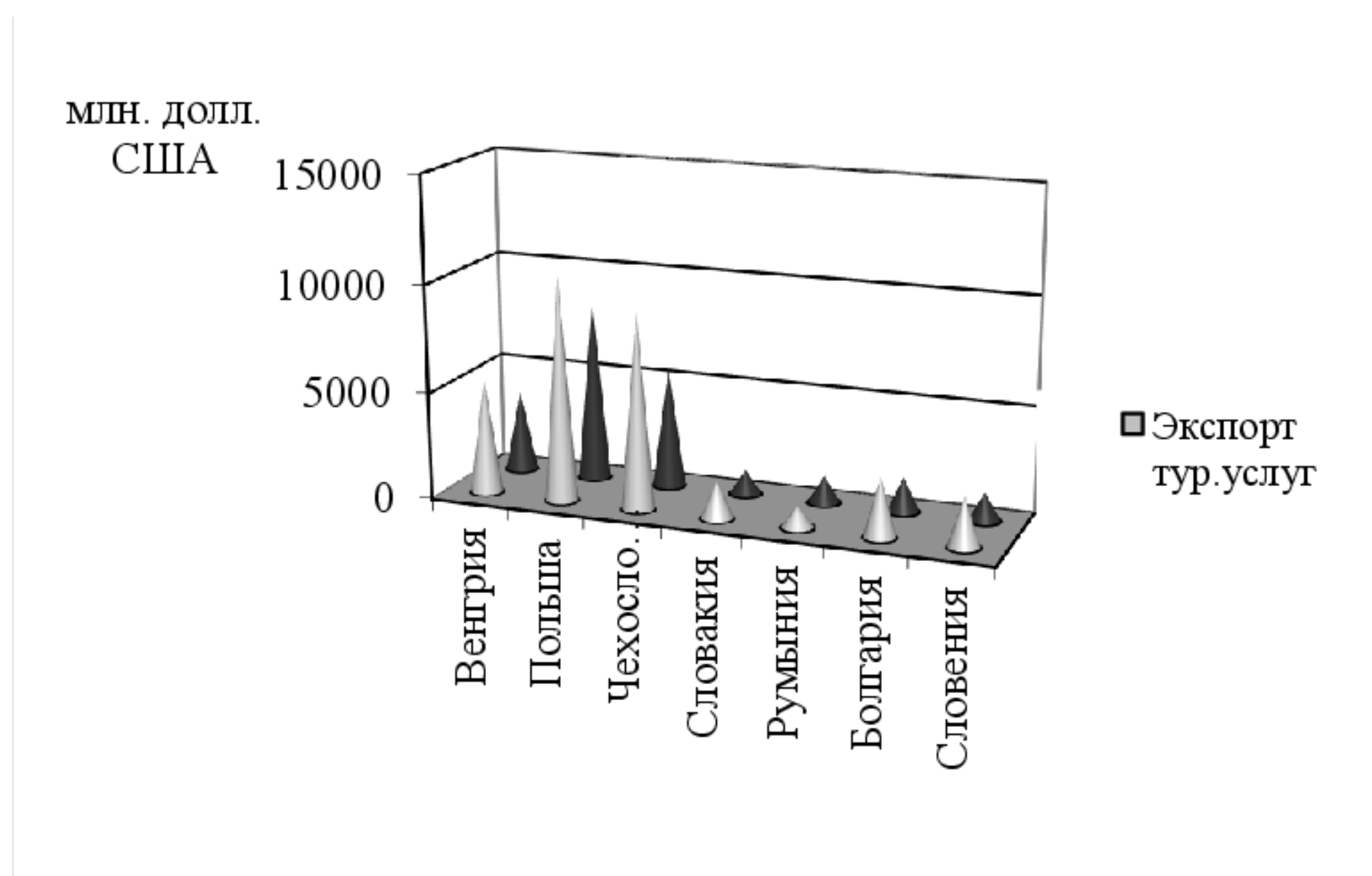


Рис. 2.1.1 Экспорт и импорт туристических услуг в 2014, млн.руб.

Оформление ссылок

При ссылке в тексте на источники нужно писать порядковый номер источника в списке использованных источников. Порядковый номер источника заключается в квадратную скобку. Если ссылаетесь на конкретную страницу данного источника, то эта страница тоже указывается. Например: [9], [9, с. 123].

Сноски оформляются внизу страницы, на которой расположен текст примечания. Для этого в конце текста примечания ставится звездочка (*) или цифра (¹), которая обозначает порядковый номер примечания. Например:

¹Федоров Г.М. Социально-экономическое развитие Калининградской области: учебное пособие. Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта, 2016. С. 25.

Если на одной и той же странице цитируется одна и та же книга, во второй сноске можно не повторять полностью ее название;

¹ Там же. С. 34.

Если та же книга цитируется на других страницах курсовой работы, то указывается ее автор, а вместо названия пишется «Указ. соч.». Например:

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Федоров Г.М. Указ. соч. С. 5.

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Графическая часть проекта выполняется на компьютере на стандартном листе чертежной бумага формата А1 и должна содержать:

- принципиальная электрическая схема проектируемой сети (А1);
- промежуточная одноцепная опора (А1);

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Последовательность выполнения задания

Руководство курсовыми проектами начинается с выдачи задания студентам. В этот период необходимым условием, обеспечивающим эффективность дальнейшего руководства, является индивидуальная беседа руководителя со студентом по заданию. В ходе беседы руководитель должен выяснить степень подготовленности студента к выполнению данного задания, рекомендовать необходимую литературу и информировать о порядке выполнения задания.

Одной из важных форм руководства является предварительный просмотр выполненного курсового проекта. После проверки руководителем выполнения одного этапа работы студенту (в случае положительного заключения) разрешается перейти к следующему этапу.

В целом последовательность выполнения курсового проекта можно представить в виде следующих этапов работы:

- первый этап (1-2 неделя) - составление плана работы и календарного плана работы на весь период;
- второй этап (3-4 неделя) - систематическая работа над литературой: сбор и анализ материала по рассматриваемой теме;
- на третьем этапе (5-16 недели) – работа над основной частью курсового проекта, которая содержит теоретическую и проектную части;
- на четвертом этапе (17-18 недели) – оформление и предоставление проекта на кафедру.

Критерии оценивания работы

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он показал глубокое и хорошо аргументированное обоснование проектных решений; четкую формулировку и понимание изучаемой проблемы; широкое и правильное использование относящейся к теме литературы и примененных аналитических методов; проявлено умение делать обобщения на основе отдельных деталей. Содержание проекта и ход защиты указывают на наличие навыков работы студента в данной области. Оформление курсового проекта и графического материала соответствует предъявляемым требованиям с наличием необходимой библиографии. Защита курсового проекта показала повышенную подготовленность студента и его склонность к аналитической и проектной работе.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если присутствует аргументированное обоснование проектных решений; четкая формулировка и понимание изучаемой проблемы; использование ограниченного числа литературных источников, но достаточного для проведения проектирования. Работа основана на среднем по глубине анализе изучаемой проблемы и при этом сделано незначительное число обобщений. Содержание проекта и ход защиты указывают на наличие практических навыков работы студента в данной области. Оформление курсового проекта и графического материала соответствует предъявляемым требованиям с наличием необходимой библиографии. Ход защиты курсового проекта показал достаточную теоретическую и практическую подготовку студента.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если присутствует достаточное обоснование проектных решений, но отсутствует глубокое понимание рассматриваемой проблемы. В библиографии даны в основном ссылки на стандартные литературные источники. Труды, необходимые для всестороннего изучения проблемы, использованы в ограниченном объеме. Заметна нехватка компетентности студента в данной области знаний. Оформление курсового проекта и графического материала с элементами небрежности. Защита курсового проекта показала удовлетворительную теоретическую и практическую подготовку студента, ограниченную склонность к научной работе.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если проектные решения ошибочны. суждения по исследуемой проблеме не всегда компетентны. Неточности и неверные выводы по изучаемой литературе. Курсовой проект и графический материал оформлен с элементами заметных отступлений от принятых требований. Во время защиты сту-

дентом проявлена ограниченная научная эрудиция.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023	

Порядок защиты работы

Защита состоит в коротком докладе студента по выполненной работе и в ответах на вопросы присутствующих на защите. Научный руководитель характеризует работу студента над курсовым проектом.

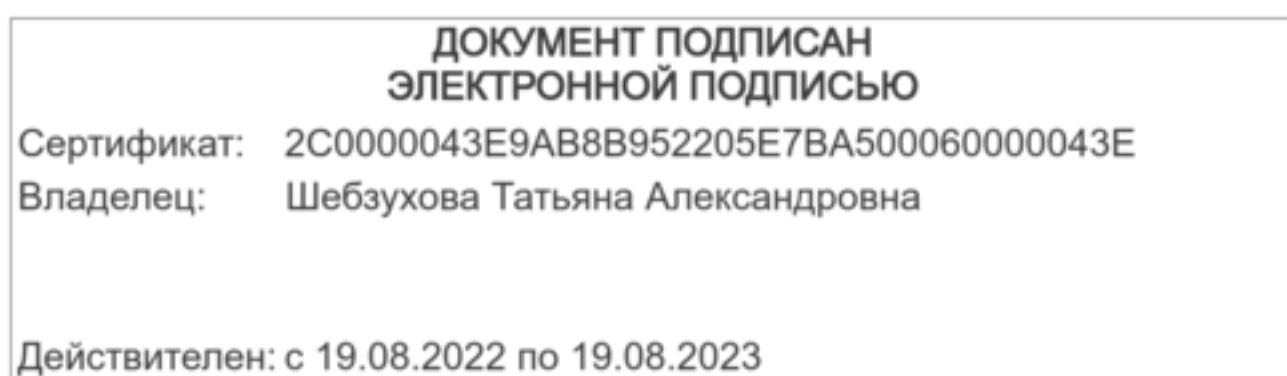
Результаты защиты курсового проекта, согласно действующему Положению о текущем контроле и промежуточной аттестации в СКФУ, оцениваются дифференцированной отметкой по пятибалльной системе. Оценка курсового проекта заносится в зачетную книжку студента и зачетно-экзаменационную ведомость.

Защита курсовых проектов, предусмотренных учебным планом, проводится не позднее, чем за две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии.

Студент, не представивший в установленный срок курсовой проект или не защитивший его по неуважительной причине, считается имеющим академическую задолженность.

Курсовые проекты, представляющие теоретический и практический интерес, следует представлять на конкурс в студенческие научные общества, конференции, отмечать приказом по университету.

Выполненные работы после их защиты должны храниться на кафедре в течение 2 лет, не считая года написания; затем работы, не представляющие для кафедры интерес, уничтожаются по акту.



Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Перечень основной литературы:

1. Филиппова, Т.А. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем : учебник / Т.А. Филиппова, Ю.М. Сидоркин, А.Г. Русина ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет. - 2-е изд. - Новосибирск : НГТУ, 2016. - 359 с. : схем., ил. - Библиогр.: с. 349-350 - ISBN 978-5-7782-2743-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=438316>

2. Кулеева, Л.И. Проектирование подстанции : учебное пособие / Л.И. Кулеева, С.В. Митрофанов, Л.А. Семенова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Оренбургский Государственный Университет. - Оренбург : ОГУ, 2016. - 111 с. : ил., схем., табл. - Библиогр.: с. 61-63 - ISBN 978-5-7410-1542-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468847>

Перечень дополнительной литературы:

1. Немировский, А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций : учебное пособие / А.Е. Немировский, И.Ю. Сергиевская, Л.Ю. Крепышева. - 2-е изд. доп. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2018. - 149 с. : ил. - Библиогр.: с. 114 - ISBN 978-5-9729-0207-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493858>

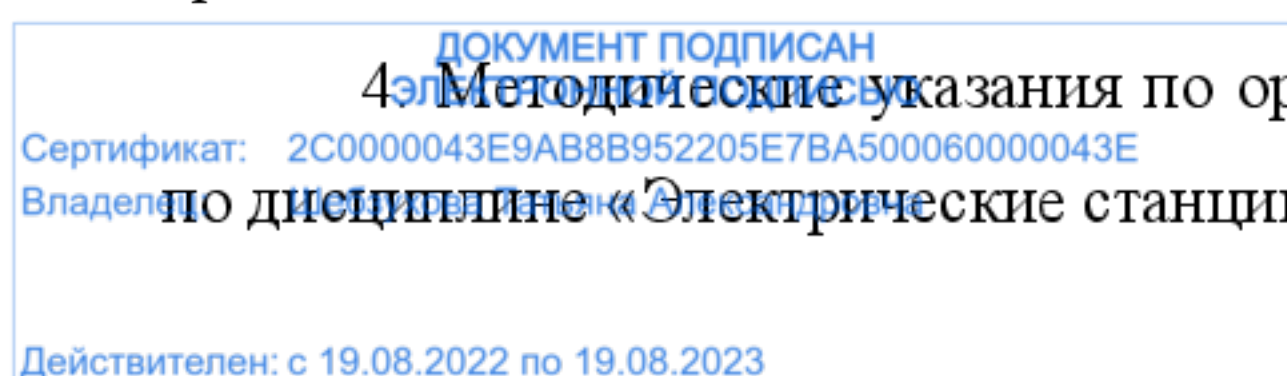
Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Электрические станции и подстанции».

2. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Электрические станции и подстанции».

3. Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Электрические станции и подстанции».

4. Методические указания по организации и проведению самостоятельной работы по дисциплине «Электрические станции и подстанции».



Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.biblioclub.ru> -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

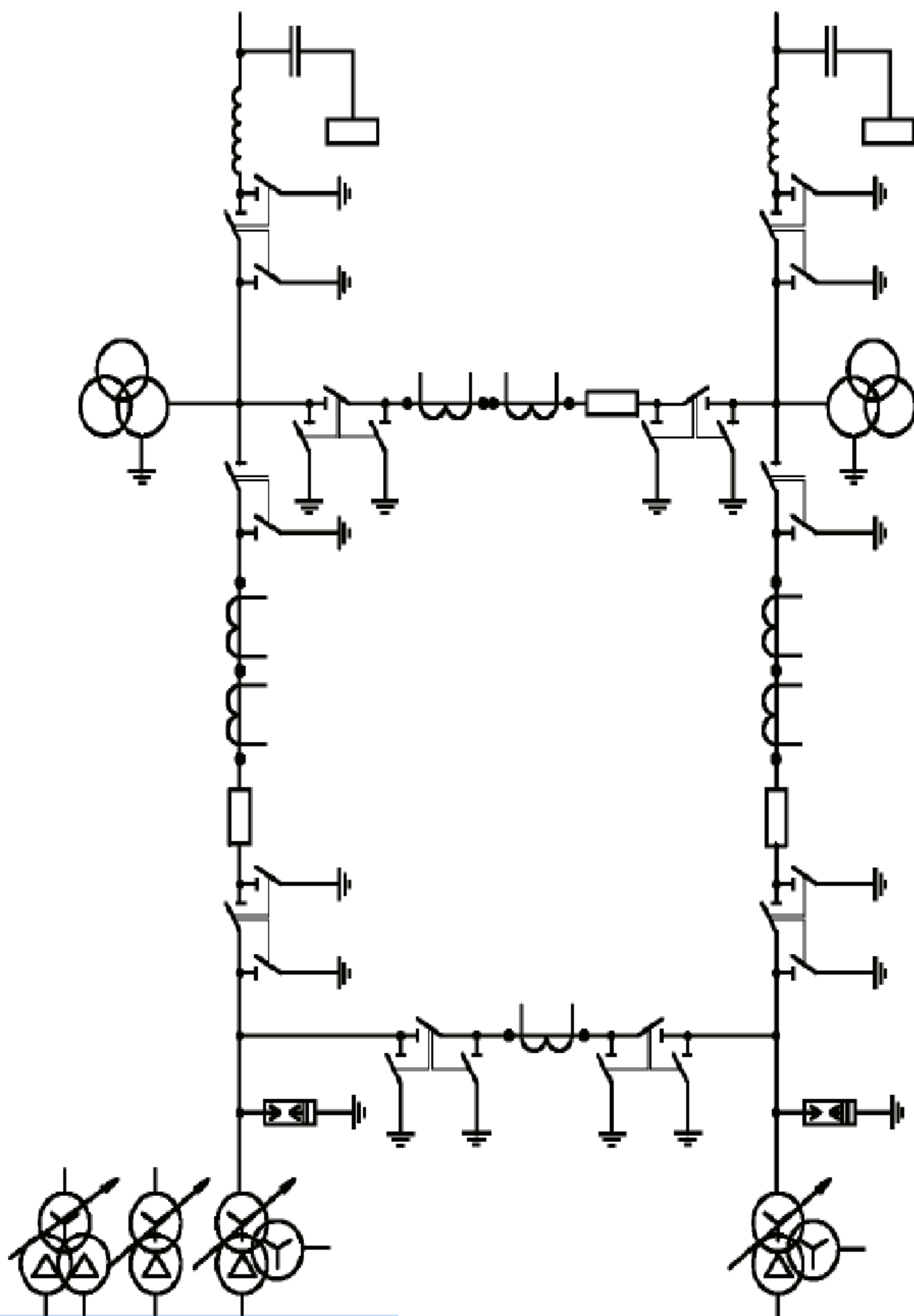
ПРИЛОЖЕНИЯ

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

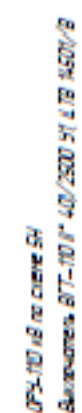
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Рисунок П1.1 – Фрагмент однолинейной схемы ОРУ подстанции

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

[illegible]

207

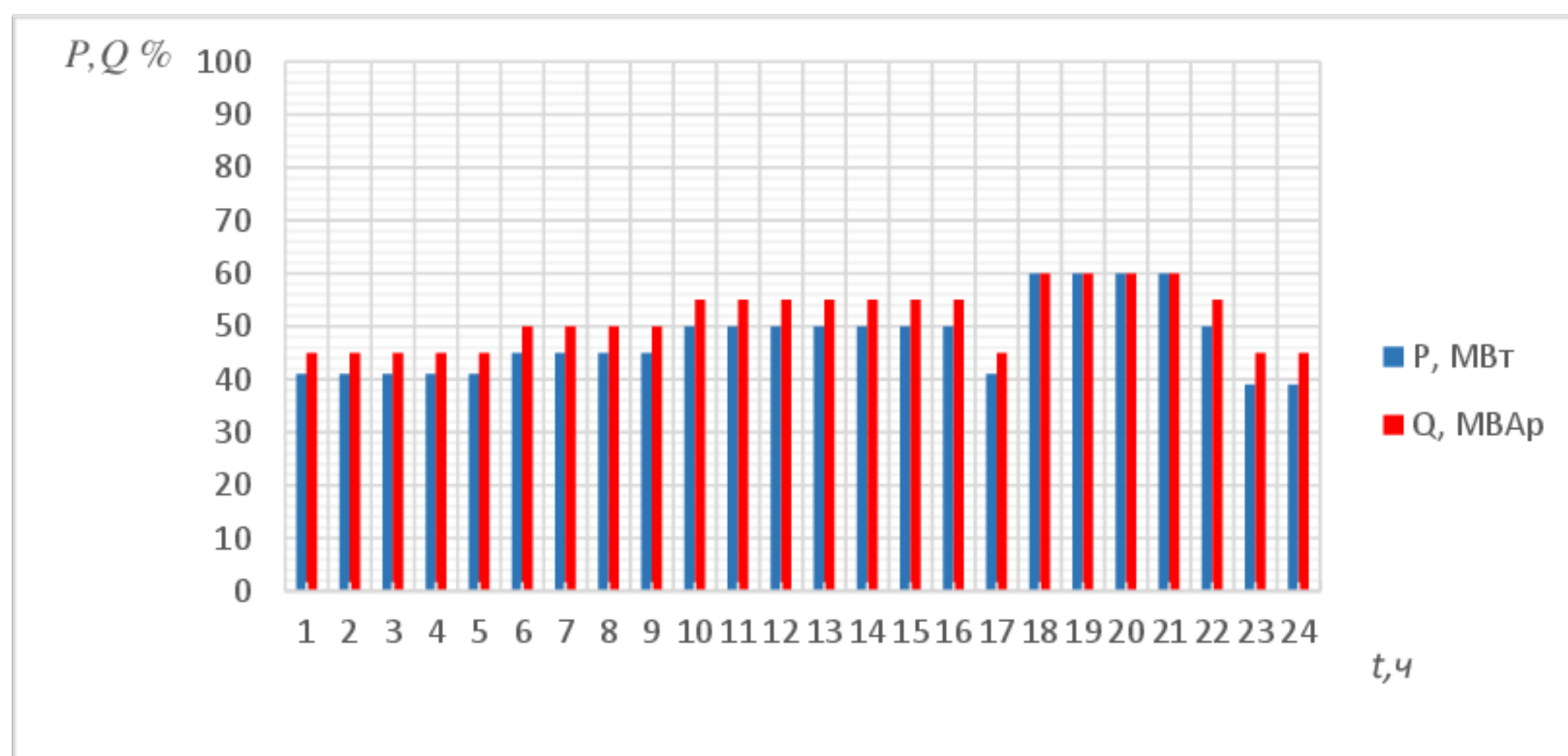
Приложение 2

Вариант 1

$$P_{max} = 45000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 45000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 15; 2-ая – 40; 3-ая – 45.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распреде-
лительная
сеть низкого
напряжения
проектируе-
мой подстан-
ции

Схема

подключения

питаемых ТП (РП) – секционированная

Время отключения присоединения $t_{\text{рз.выкл.присоед}} = \underline{0,5} \text{ с}$,

$$P_{\text{МАКС.}(ТП,РП)} = \underline{3,2} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 25.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПСЗ,

Параметры системы

Система: $S_{\text{кз}}$, МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{\text{уд}}$, Ом/км					Генератор МВт	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
1760;3	30;0,39	21;0,38	14;0,38	23;0,41	19;0,4	63	40	16	80	6,3

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

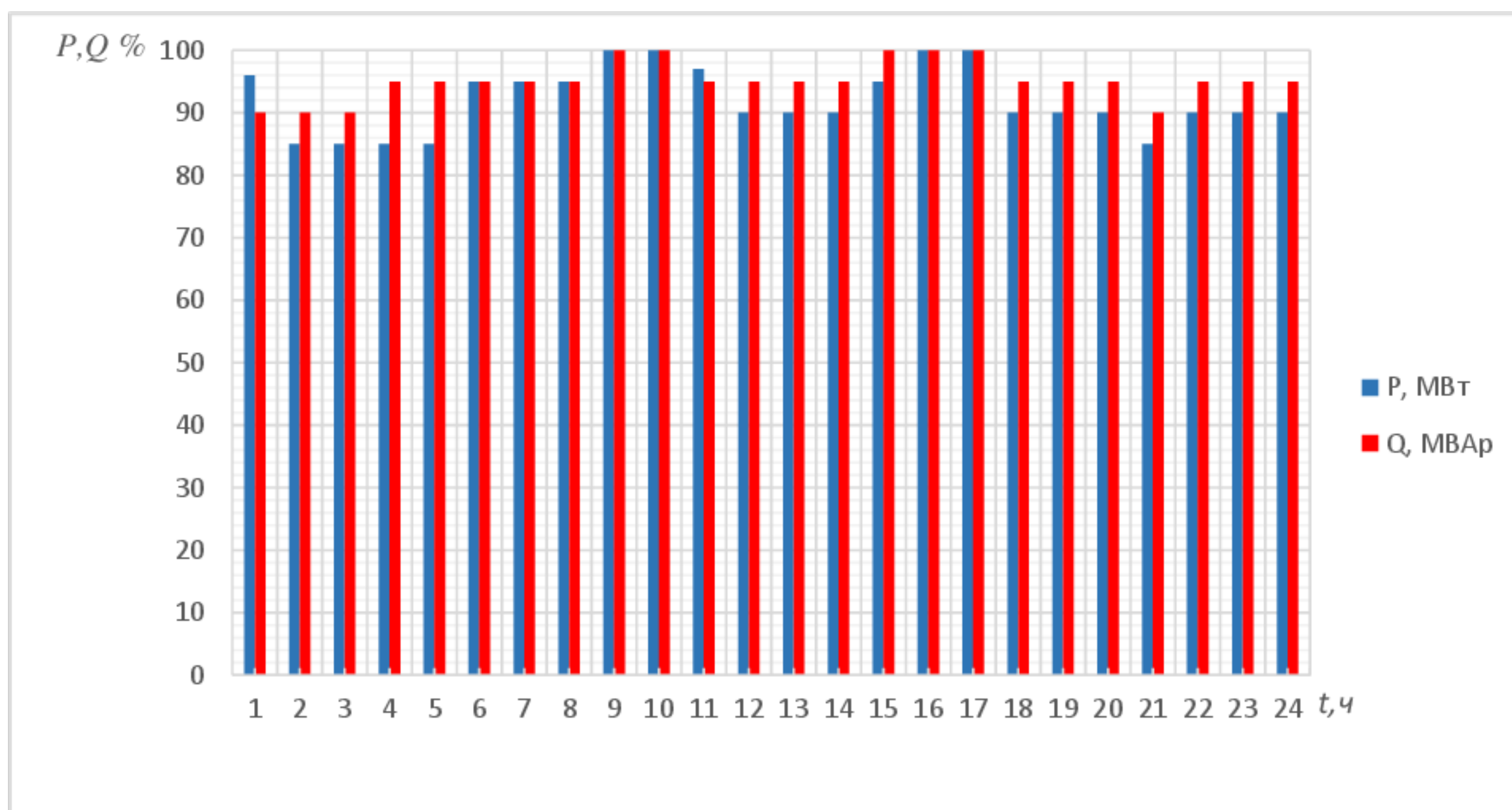
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 2

$$P_{max} = 40000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 40000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 10; 2-ая – 30; 3-ая – 60.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,4}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{2,5} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 44.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПСЗ,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд}, \text{ Ом/км}$					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
1800;3	32;0,42	23;0,39	12;0,42	24;0,4	20;0,41	63	25	16	80	6,3

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

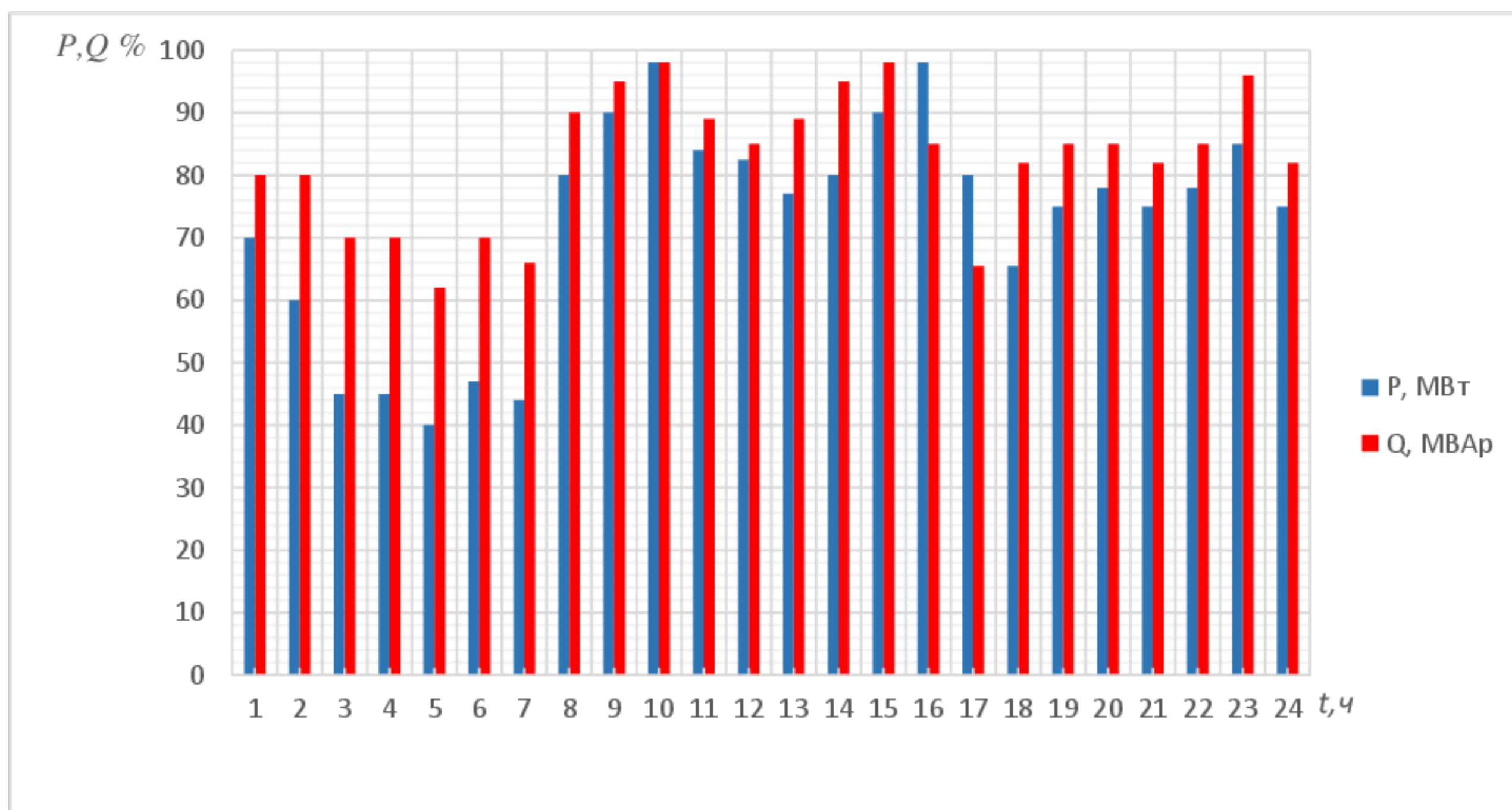
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 3

$$P_{max} = 70000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 65000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 25; 2-ая – 35; 3-ая – 40.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,5}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{4} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 38.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС3,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд}, \text{ Ом/км}$					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
1900;3	28;0,38	30;0,39	14;0,42	22;0,41	21;0,42	100	40	10	125	10

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

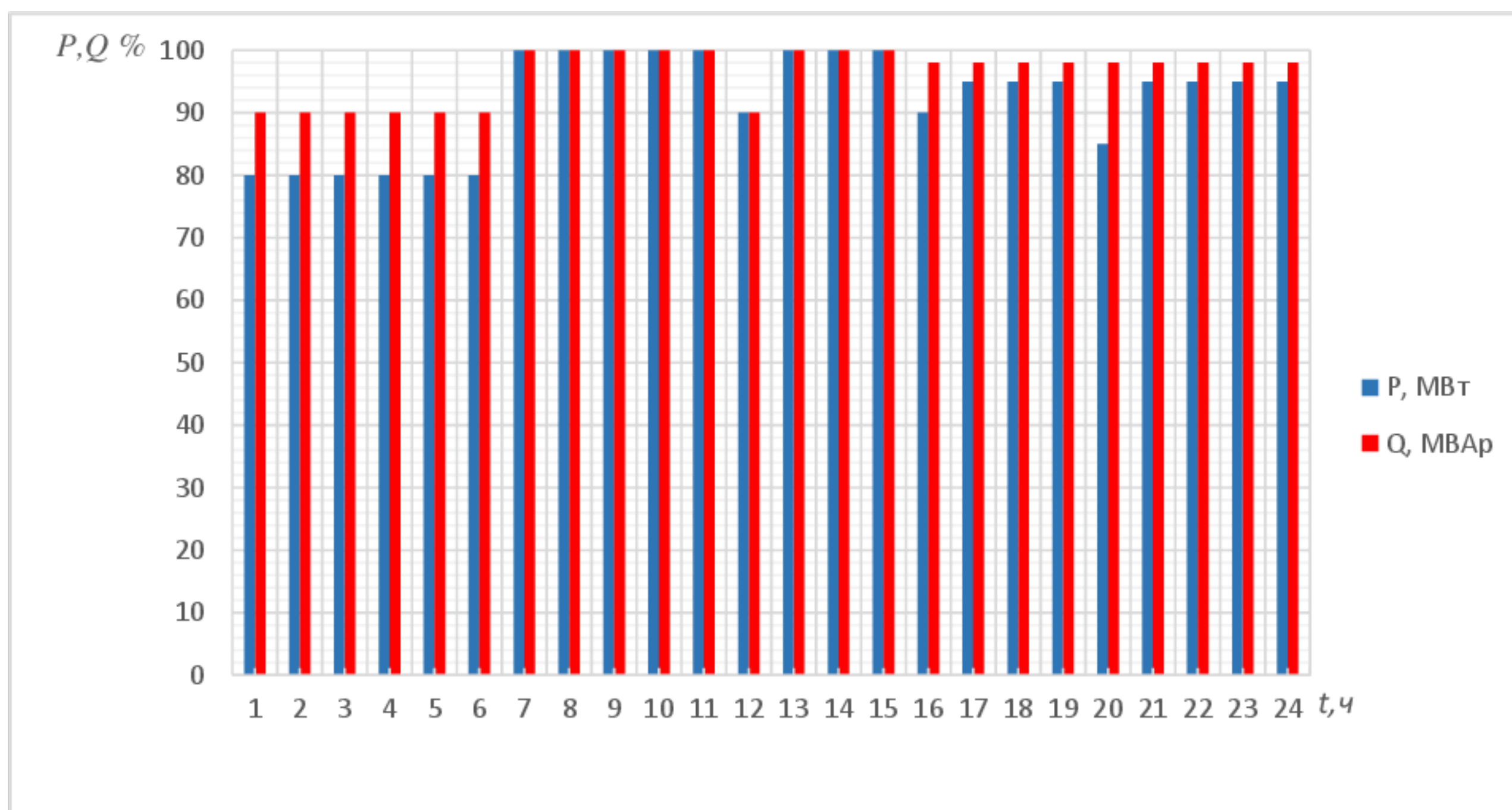
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 4

$$P_{max} = 72000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 72000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 9; 2-ая – 31; 3-ая – 60.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,55}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{5} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 30.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПСЗ,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд},$ Ом/км					Генератор МВт Г – 1,2,3	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
2000;2,9	29;0,38	19;0,4	16;0,42	24;0,42	22;0,39	100	25	16	125	10

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

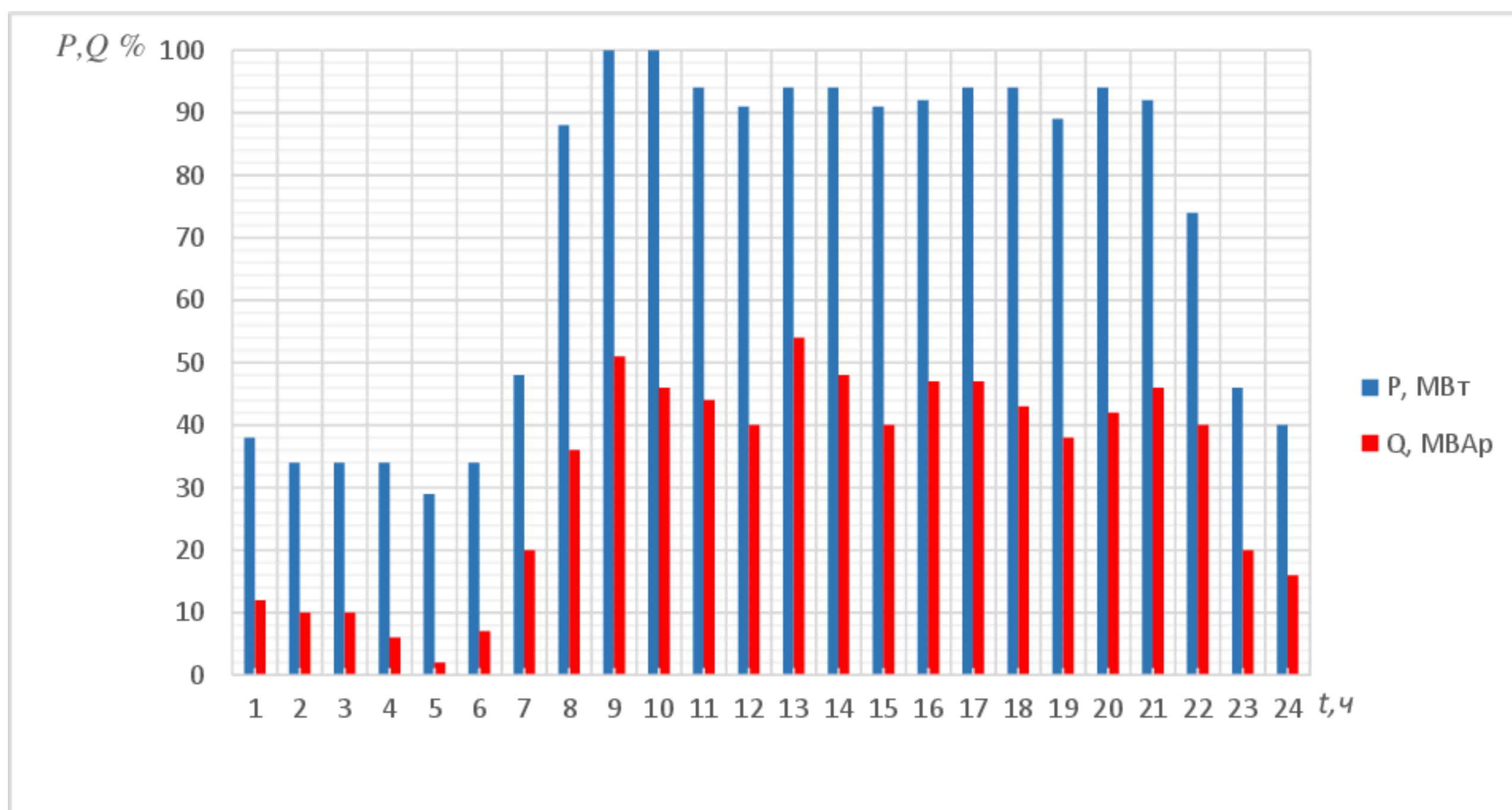
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 5

$$P_{max} = 60000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 30000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 18; 2-ая – 25; 3-ая – 57.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,5}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{3} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 22.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС2,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд}, \text{ Ом/км}$					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
2100;3	27;0,38	18;0,4	15;0,42	25;0,39	-	32	40	-	40	6,3

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

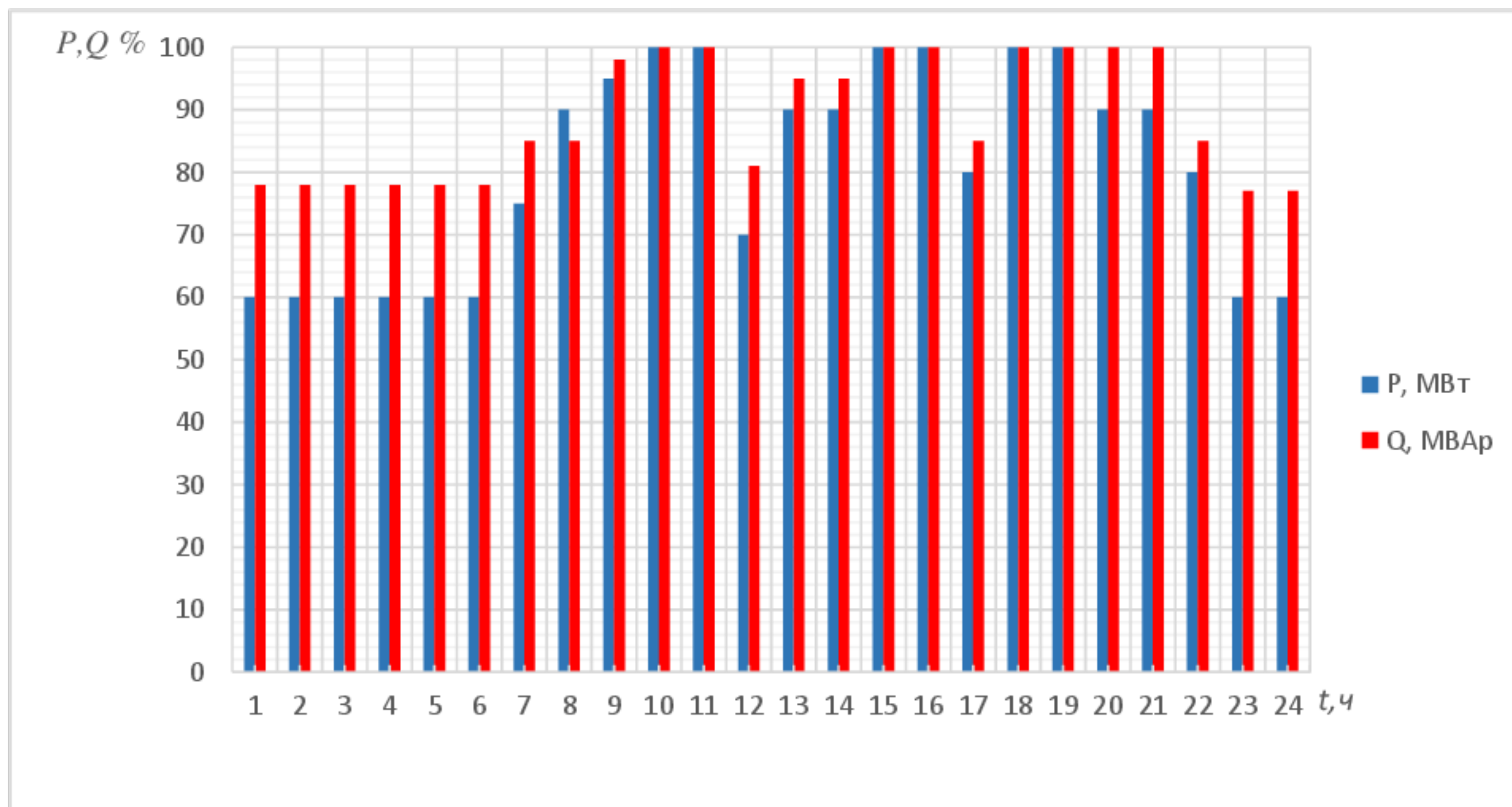
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 6

$$P_{max} = 25000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 25000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 22; 2-ая – 35; 3-ая – 43.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,45}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{2} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 18.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС2,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд},$ Ом/км					Генератор МВт Г – 1,2,3	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
2200;3	26;0,38	17;0,42	14;0,42	26;0,41	-	32	25	-	40	6,3

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

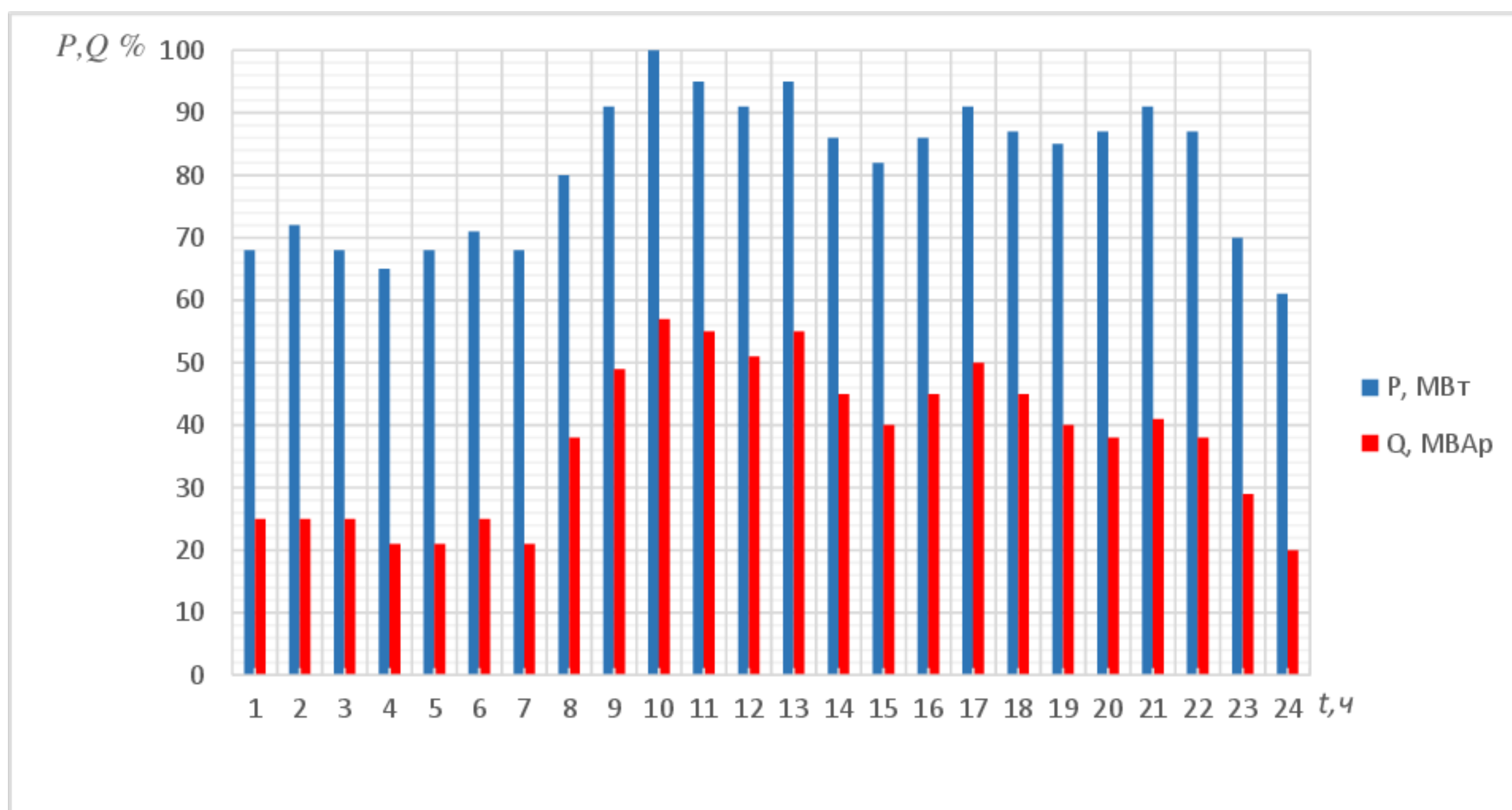
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 7

$$P_{max} = 62000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 38000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 22; 2-ая – 18; 3-ая – 60.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,6}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{3,5} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 29.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПСЗ,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд}, \text{ Ом/км}$					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
2300;3	18;0,38	16;0,39	11;0,4	32;0,4	31;0,41	63	40	10	80	10

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

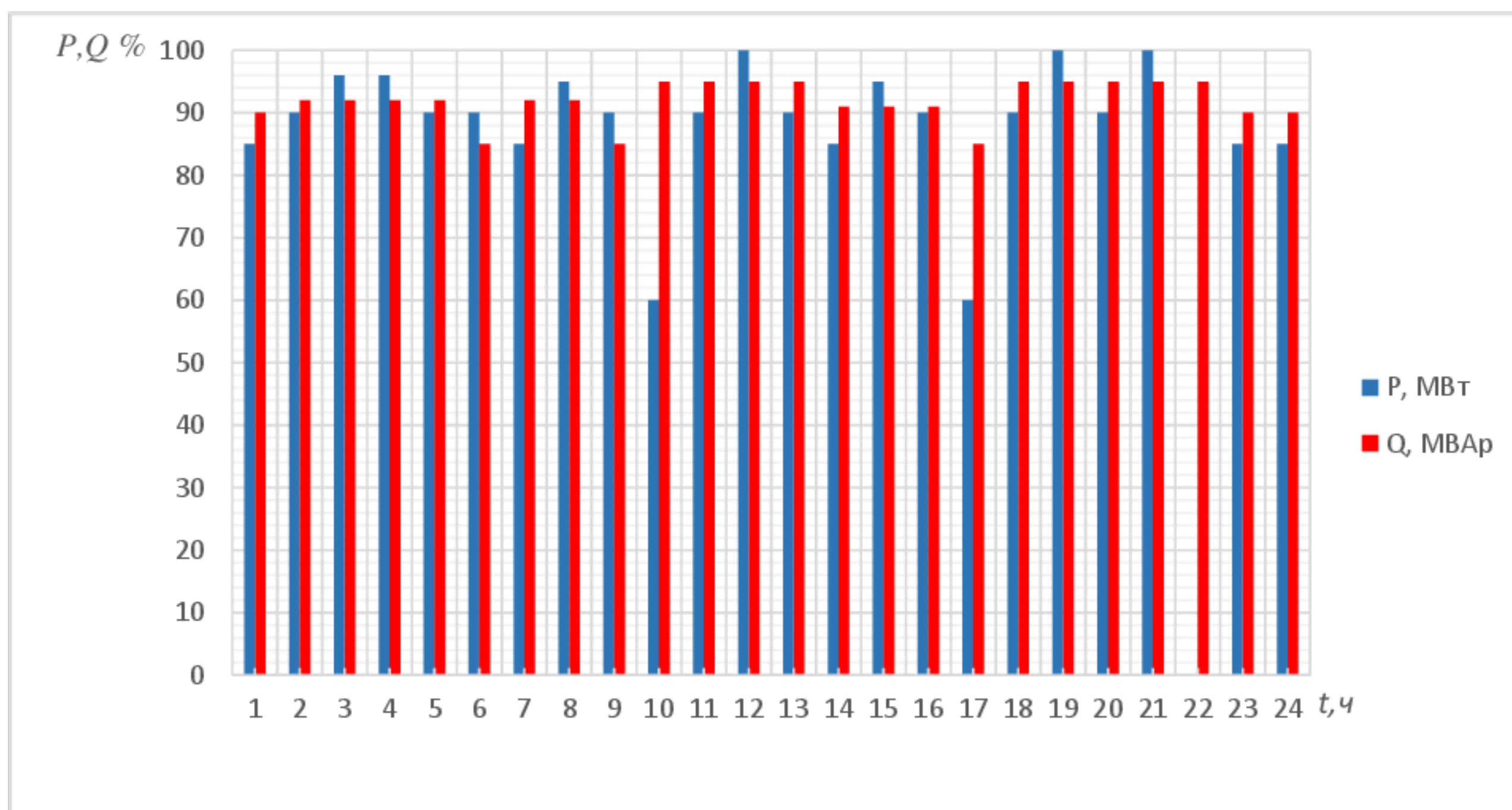
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 8

$$P_{max} = 70000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 65000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 25; 2-ая – 40; 3-ая – 35.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,5}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{3,8} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 35.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПСЗ,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд}, \text{ Ом/км}$					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
2950;3	19;0,38	15;0,39	18;0,42	21;0,41	11;0,42	100	25	63	125	16

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

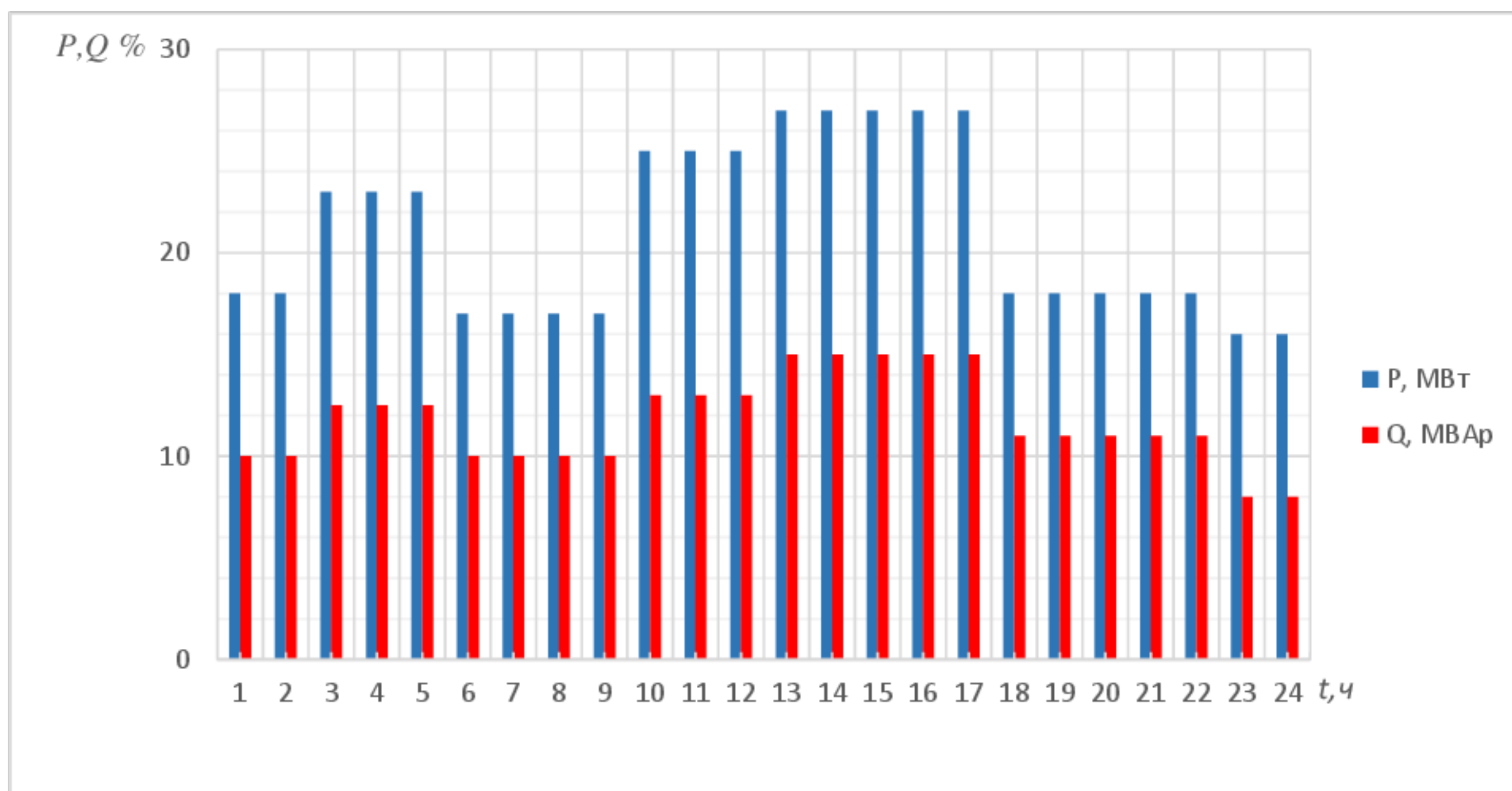
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 9

$$P_{max} = 30000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 15000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 22; 2-ая – 40; 3-ая – 38.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,6}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{2,2} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 31.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС3,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд}, \text{ Ом/км}$					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
3000;3	21;0,38	30;0,39	15;0,41	28;0,4	18;0,4	63	40	16	80	6,3

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

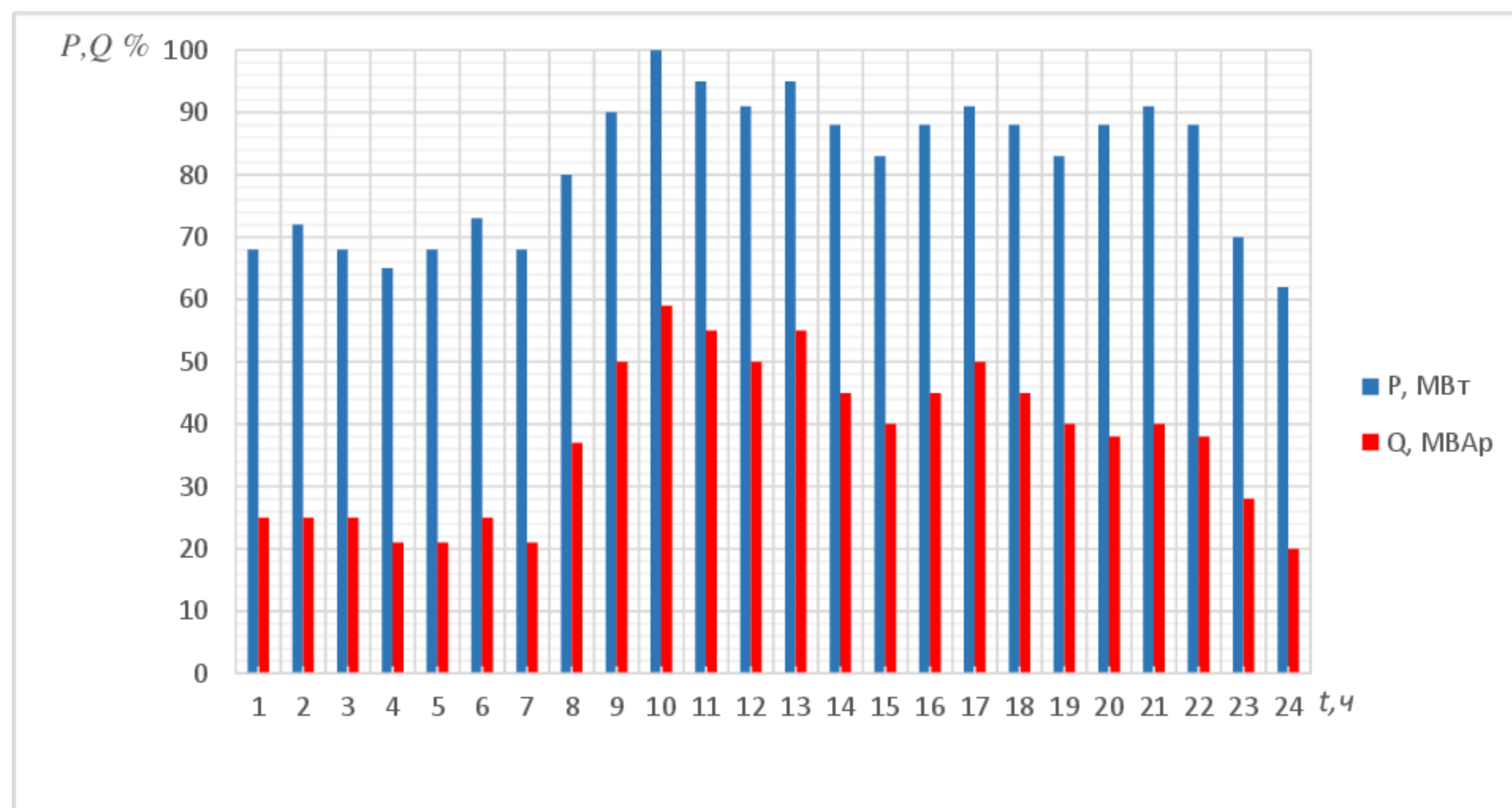
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 10

$$P_{max} = 50000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 30000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 20; 2-ая – 30; 3-ая – 50.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,4}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{2,5} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 23.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС2,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд}, \text{ Ом/км}$					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
2450;3	20;0,38	23;0,39	16;0,39	19;0,42	21;0,4	63	40	16	80	16

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

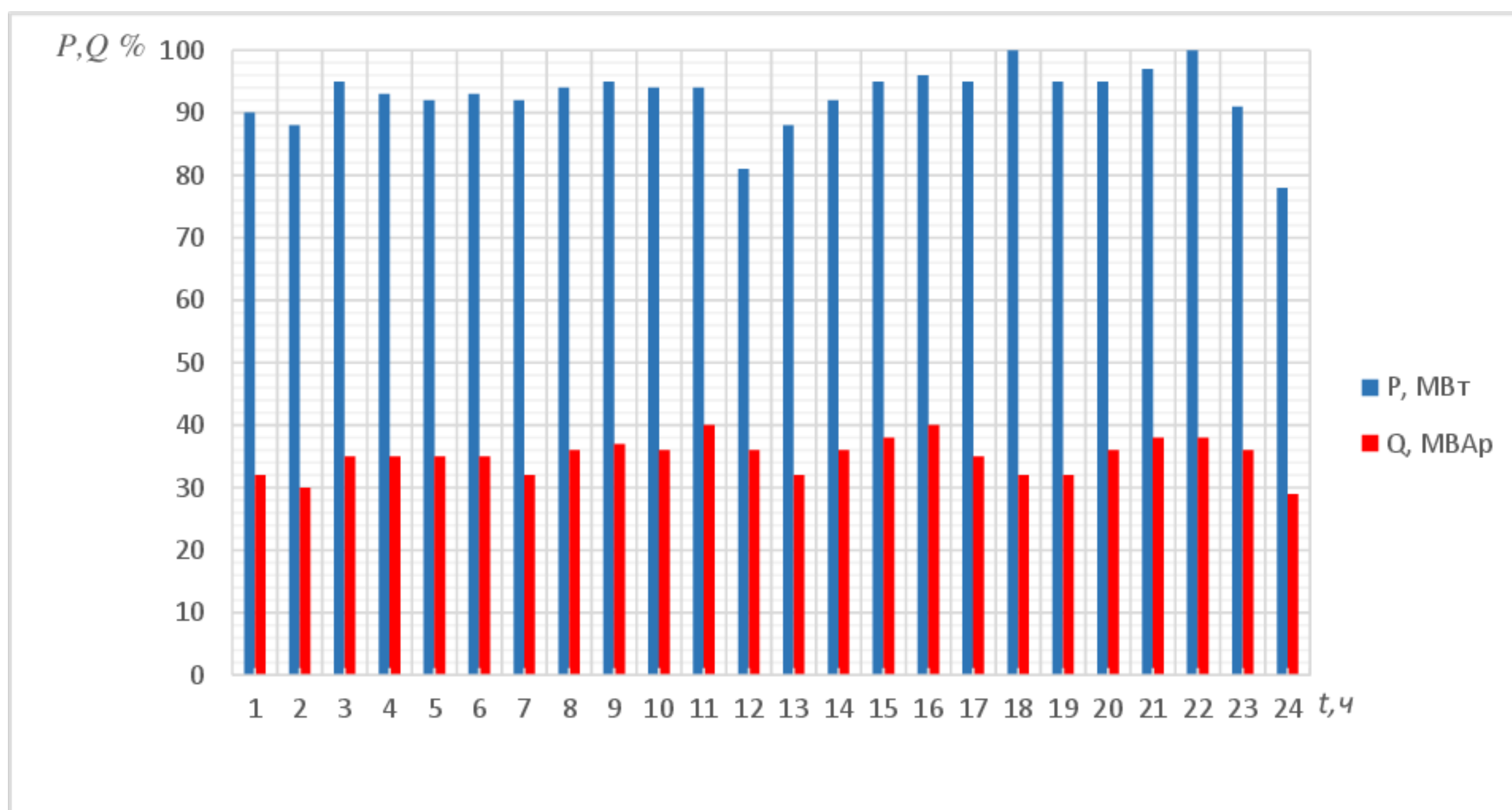
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 11

$$P_{max} = 35000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 15000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 15; 2-ая – 40; 3-ая – 45.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = 0,55 \text{ с}$,

$$P_{\text{макс.}(ТП,РП)} = 2 \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 30.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС2,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд}, \text{ Ом/км}$					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
2500;3	25;0,41	24;0,39	20;0,41	18;0,4	-	63	25	-	80	10

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

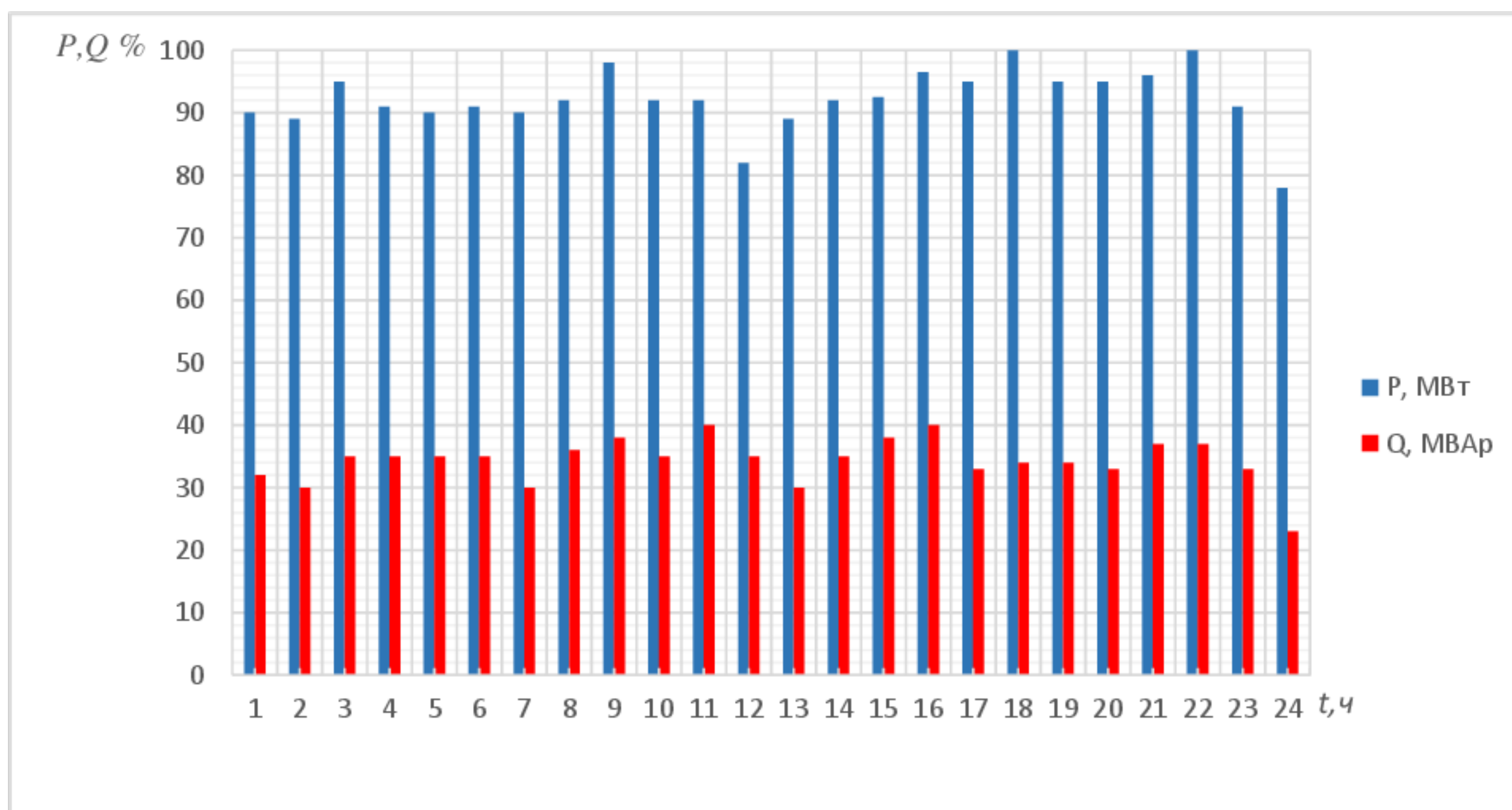
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 12

$$P_{max} = 70000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 60000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 18; 2-ая – 45; 3-ая – 37.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,35}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{1,8} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 22.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС2,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд},$ Ом/км					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
2800;3	27;0,38	26;0,39	17;0,38	20;0,41	-	100	40	-	125	16

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

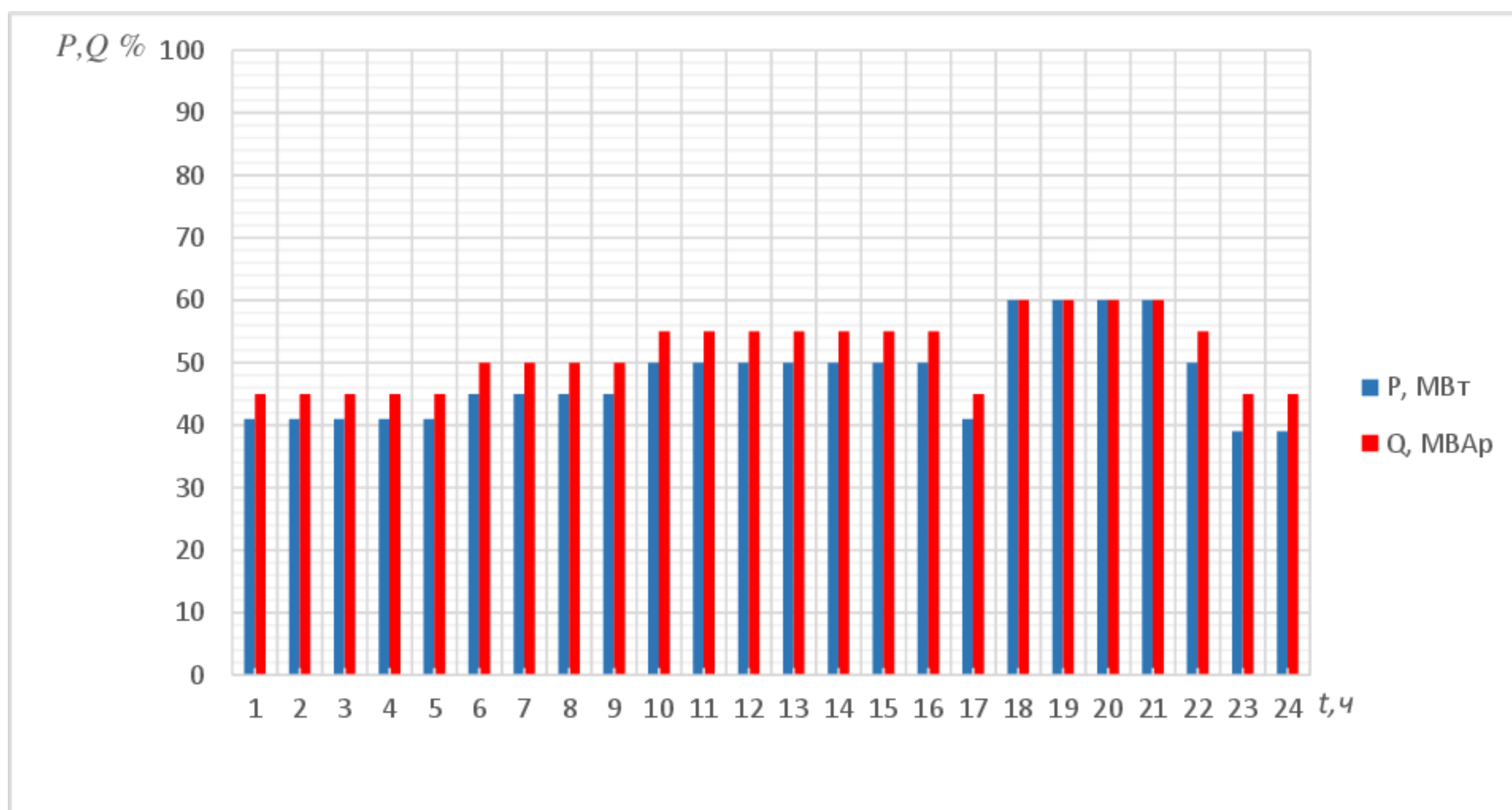
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 13

$$P_{max} = 75000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 62000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 25; 2-ая – 40; 3-ая – 45.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,2}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{2,2} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 15.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС2,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд}, \text{ Ом/км}$					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
1760;3	30;0,39	21;0,38	14;0,38	23;0,41	19;0,4	63	40	16	80	6,3

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

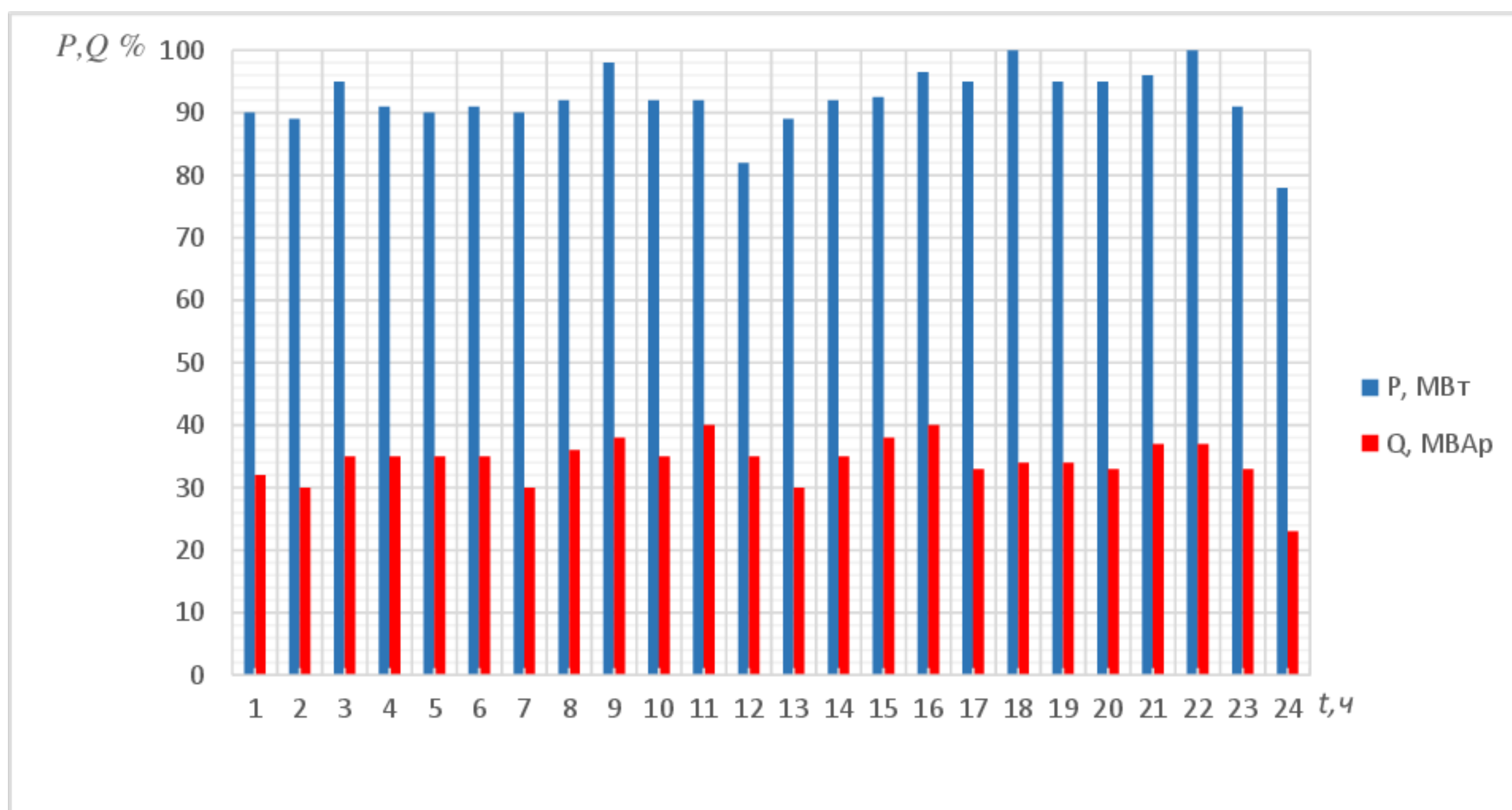
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 14

$$P_{max} = 35000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 55000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 19; 2-ая – 35; 3-ая – 39.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,25}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{4,8} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 30.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС3,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд},$ Ом/км					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
2800;3	27;0,38	26;0,39	17;0,38	20;0,41	-	100	40	-	125	16

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

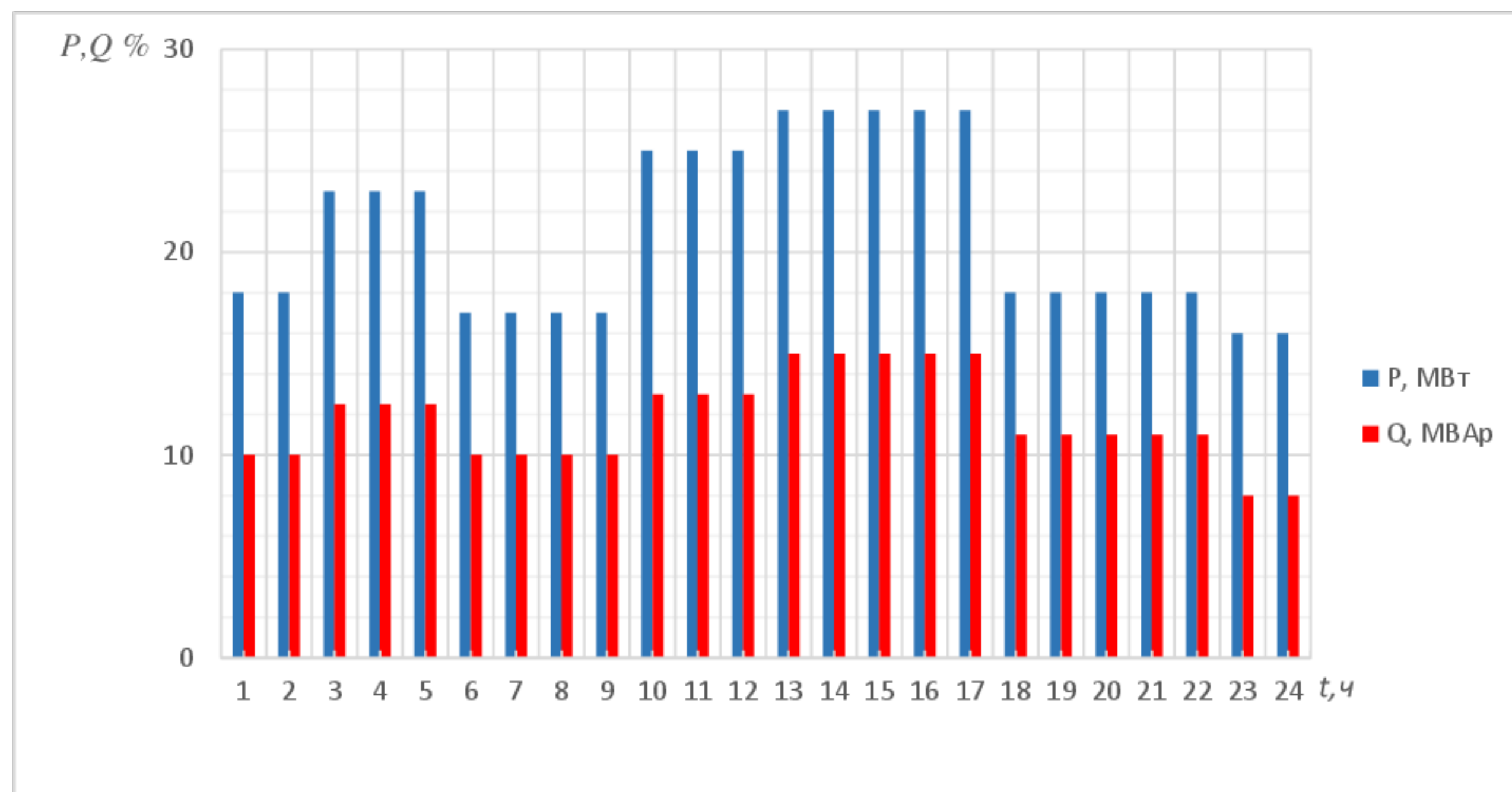
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 15

$$P_{max} = 25000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 20000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 15; 2-ая – 45; 3-ая – 27.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,6}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{4,2} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 51.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС2,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд}, \text{ Ом/км}$					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
3000;3	22;0,37	27;0,39	13;0,47	34;0,5	18;0,4	74	40	16	80	6,3

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

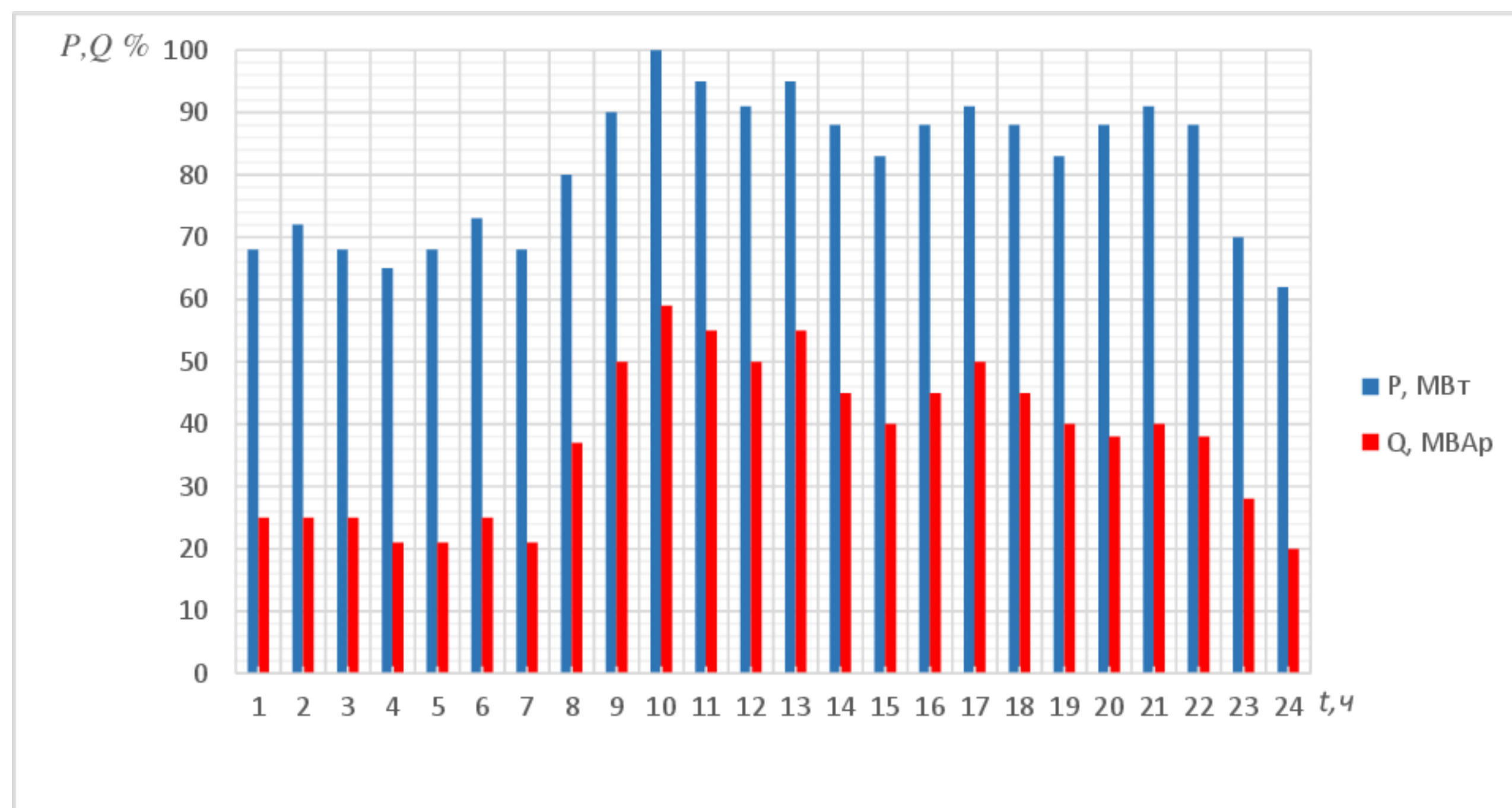
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 16

$$P_{max} = 24000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 11000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 20; 2-ая – 30; 3-ая – 50.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,26}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{1,2} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 20.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС3,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд},$ Ом/км					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
2000;3	25;0,38	13;0,39	18;0,39	19;0,36	24;0,4	90	40	16	80	16

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

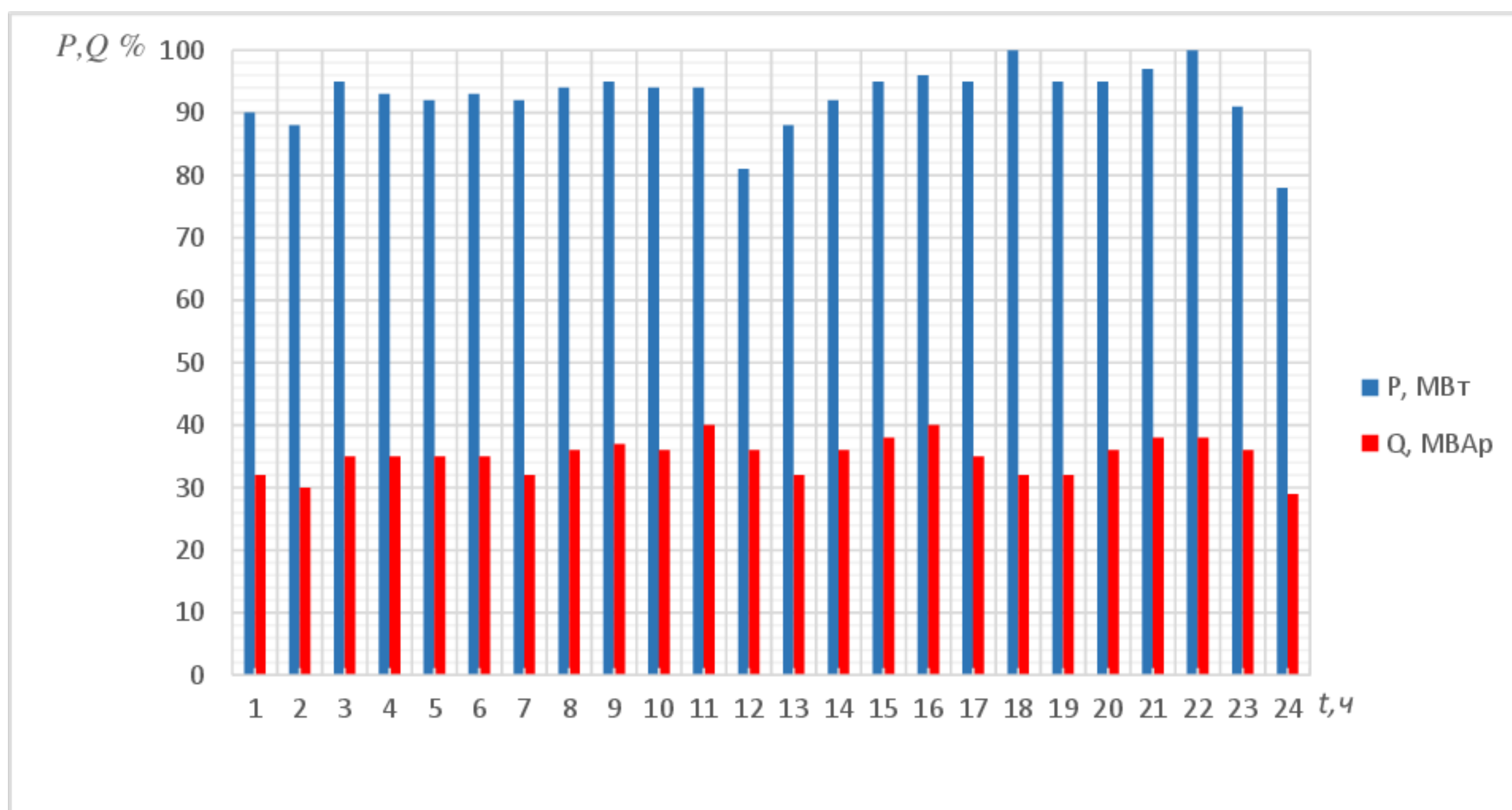
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 17

$$P_{max} = 60000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 56000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 17; 2-ая – 37; 3-ая – 46.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = 0,45 \text{ с}$,

$$P_{\text{макс.}(ТП,РП)} = 3,5 \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 24.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС3,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд}, \text{ Ом/км}$					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
4000;3	27;0,39	15;0,26	17;0,45	19;0,5	-	45	27	-	45	6

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

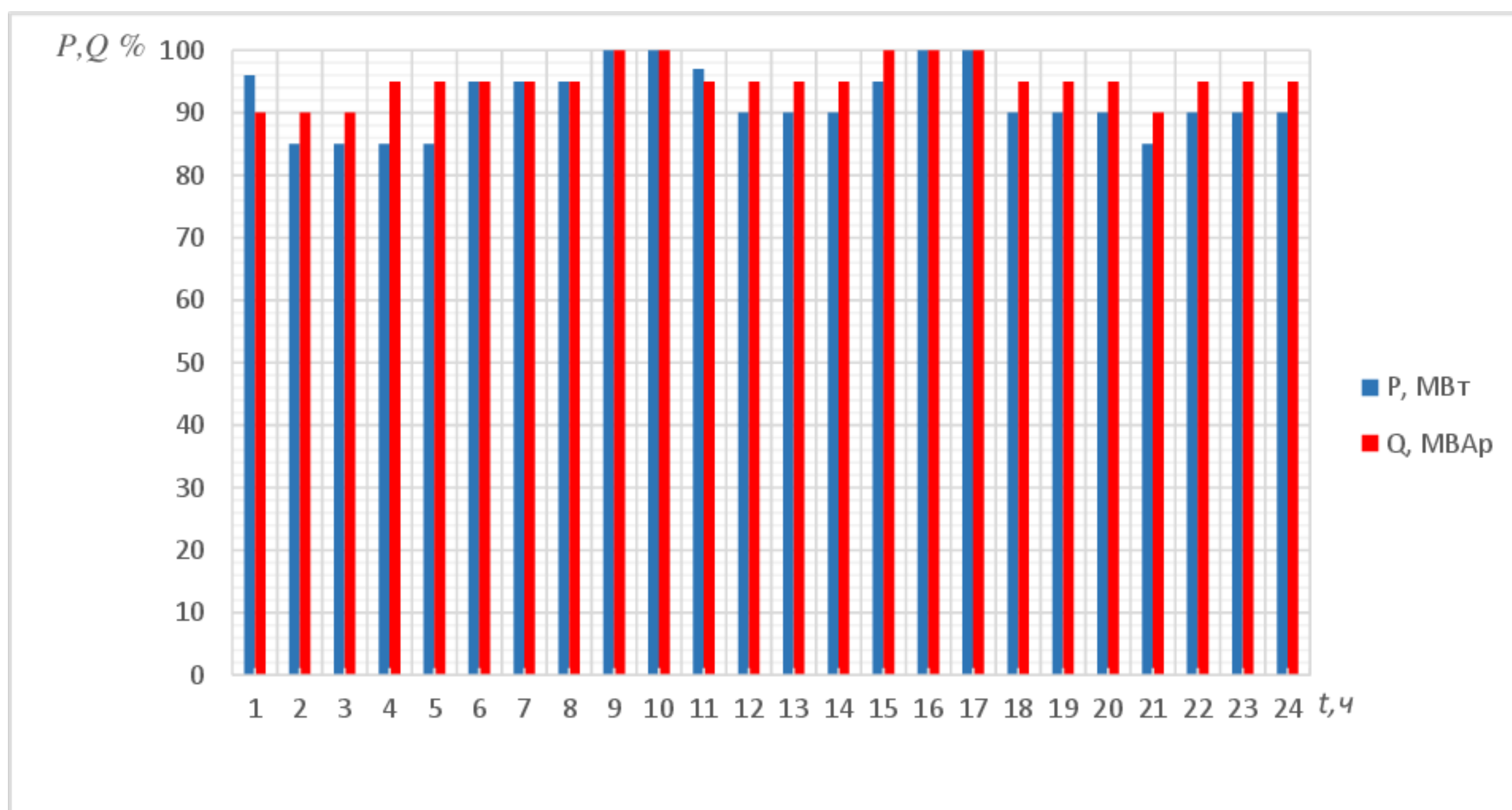
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 18

$$P_{max} = 67000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 48000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 11; 2-ая – 24; 3-ая – 57.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,15}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{3,2} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 37.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС2,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд}, \text{ Ом/км}$					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
1400;3	33;0,37	28;0,42	14;0,47	27;0,4	20;0,41	120	30	25	90	7,5

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

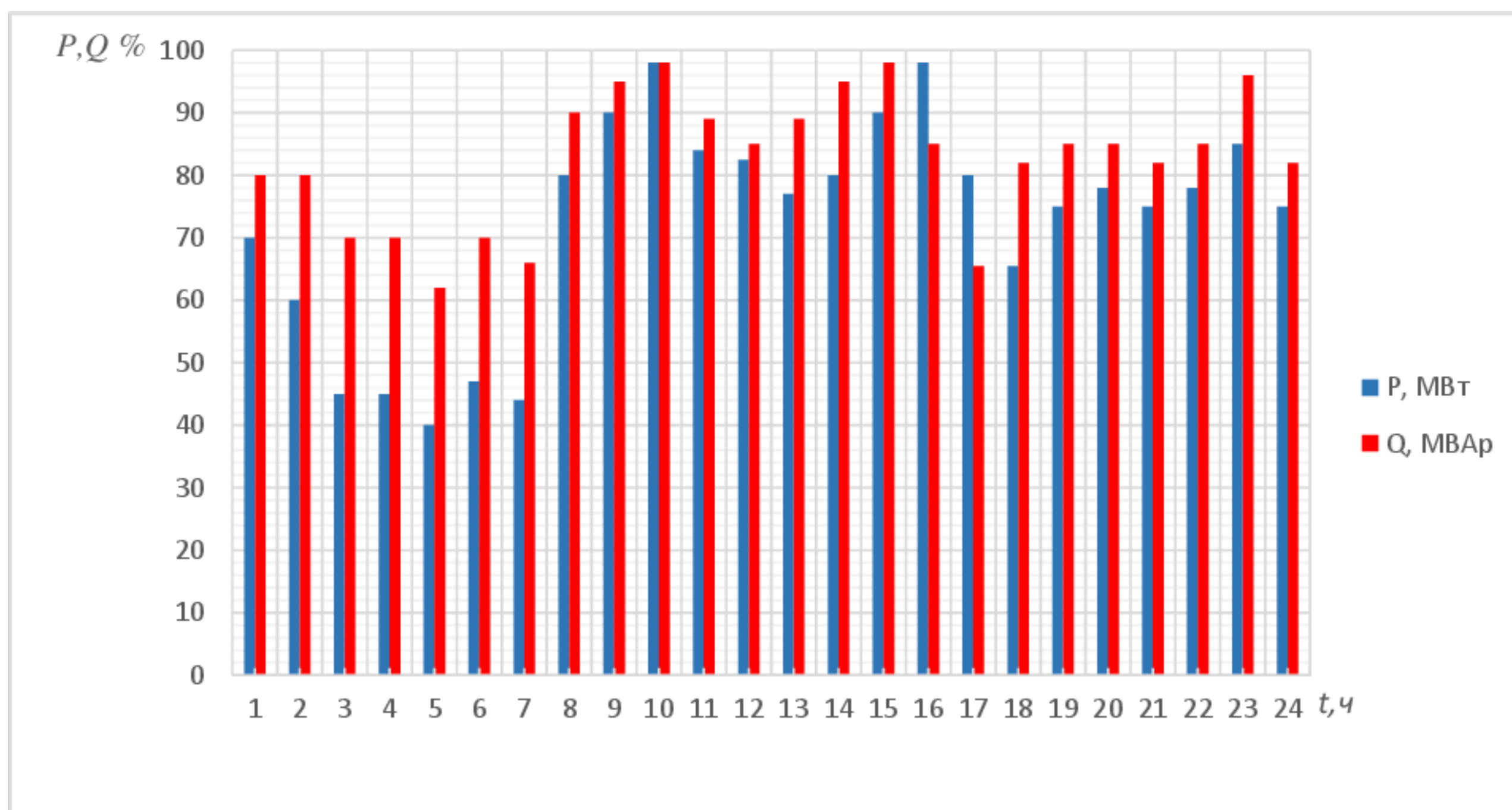
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 19

$$P_{max} = 80000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 73000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 45; 2-ая – 37; 3-ая – 41.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,27}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{5,9} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 42.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС2,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд},$ Ом/км					Генератор МВт Г – 1,2,3	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
3000;3	29;0,38	31;0,42	19;0,41	25;0,35	27;0,4	95	45	15	125	10

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

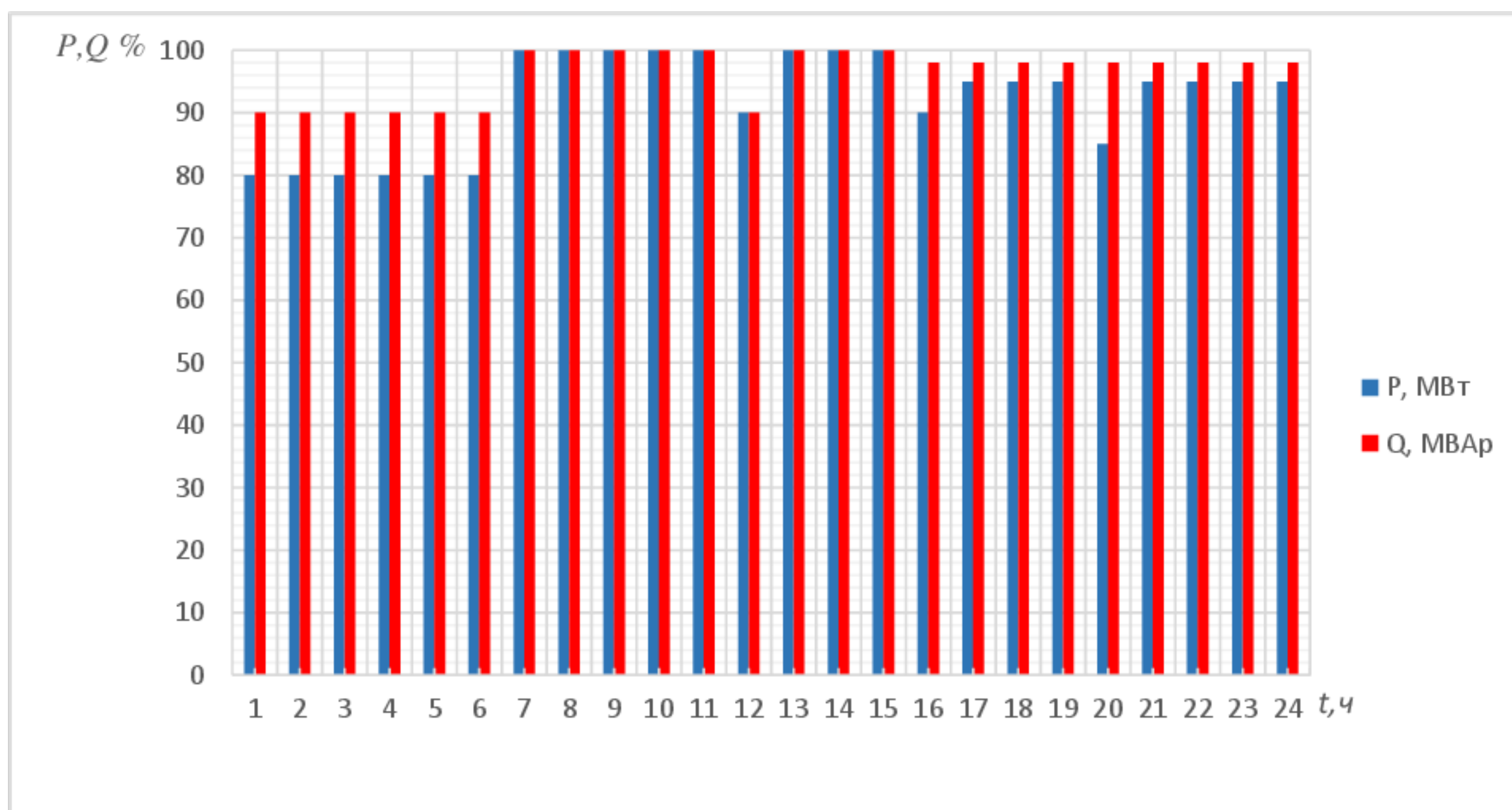
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 20

$$P_{max} = 84000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 58000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 9; 2-ая – 21; 3-ая – 58.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,15}$ с,

$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{6,7}$ МВт,

Число отходящих линий НН подстанции – 24.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС2,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд},$ Ом/км					Генератор МВт Г – 1,2,3	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
3000;2,9	42;0,24	25;0,5	18;0,39	27;0,45	19;0,36	120	30	15	120	16

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

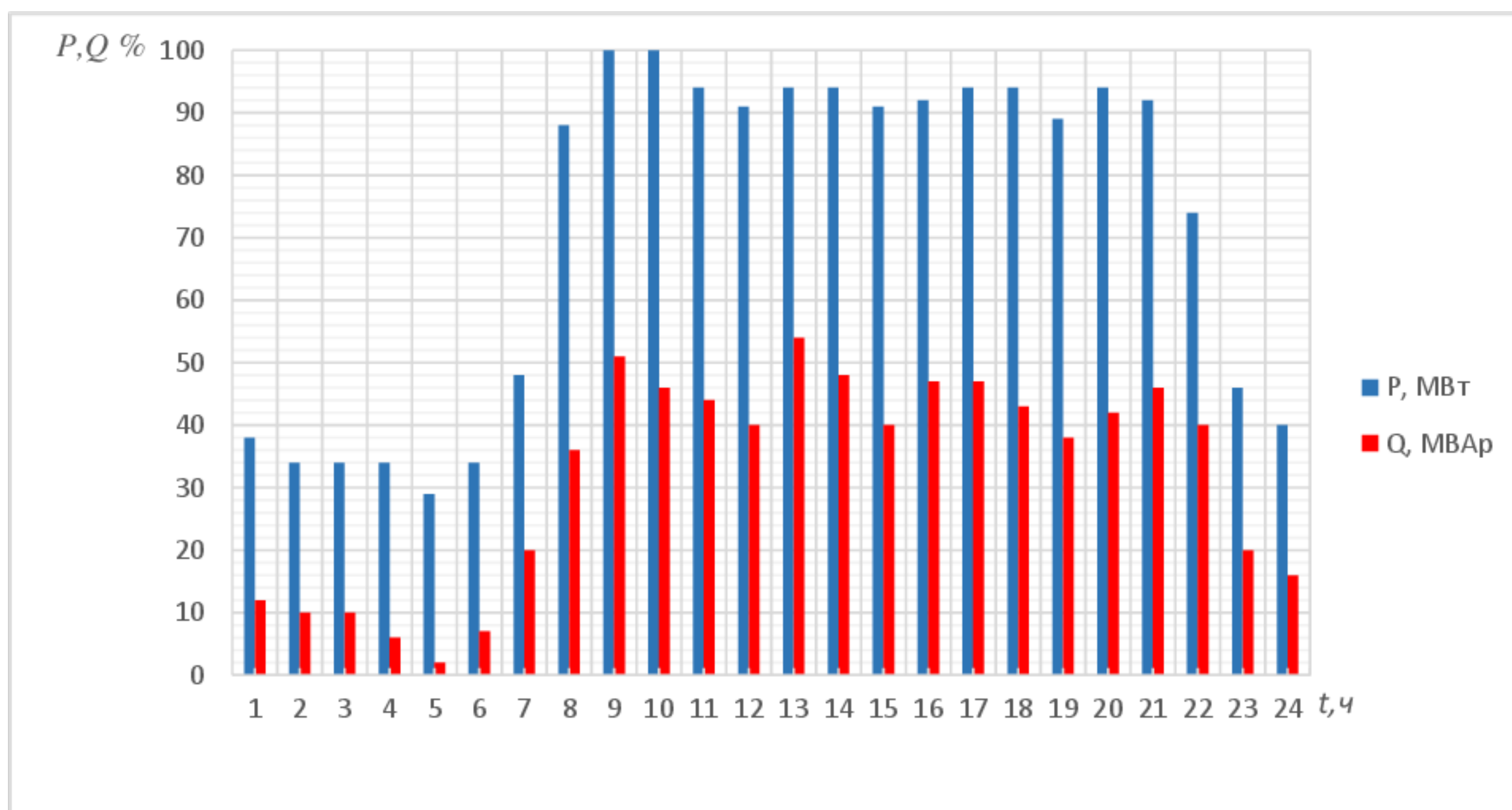
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 21

$$P_{max} = 36000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 30000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 15; 2-ая – 25; 3-ая – 37.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{\text{рз.выкл.присоед}} = \underline{0,26}$ с,

$$P_{\text{макс.}(ТП,РП)} = \underline{2,9} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 27.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС3,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд}, \text{ Ом/км}$					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
2250;3	54;0,38	45;0,4	25;0,43	25;0,37	-	40	25	-	36	8,3

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

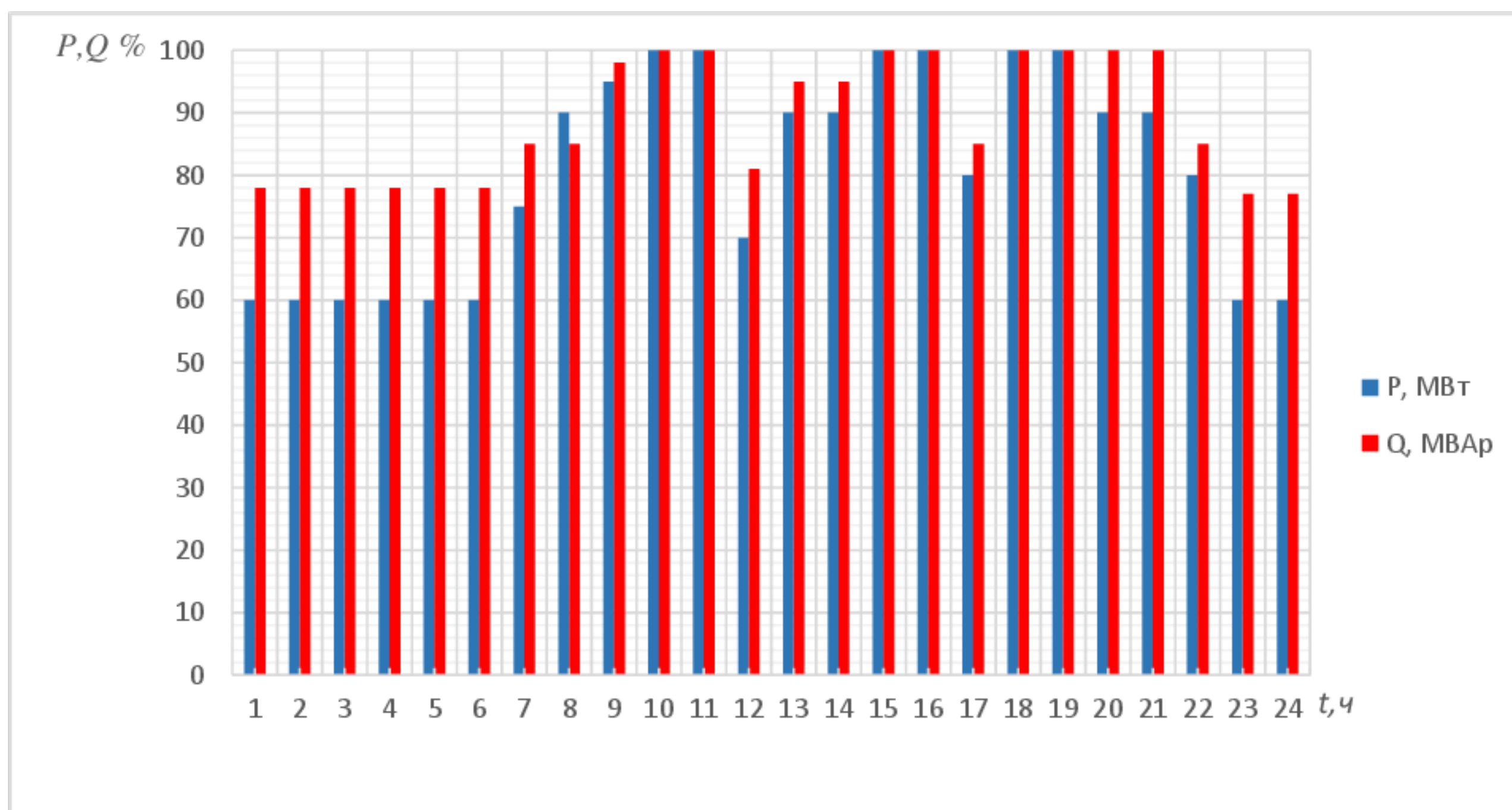
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 22

$$P_{max} = 40000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 40000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 27; 2-ая – 39; 3-ая – 50.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,55}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{6,9} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 28.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС3,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд}, \text{ Ом/км}$					Генератор МВт Г – 1,2,3	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
4000;3	25;0,38	23;0,42	17;0,44	27;0,42	-	150	25	-	90	9,2

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

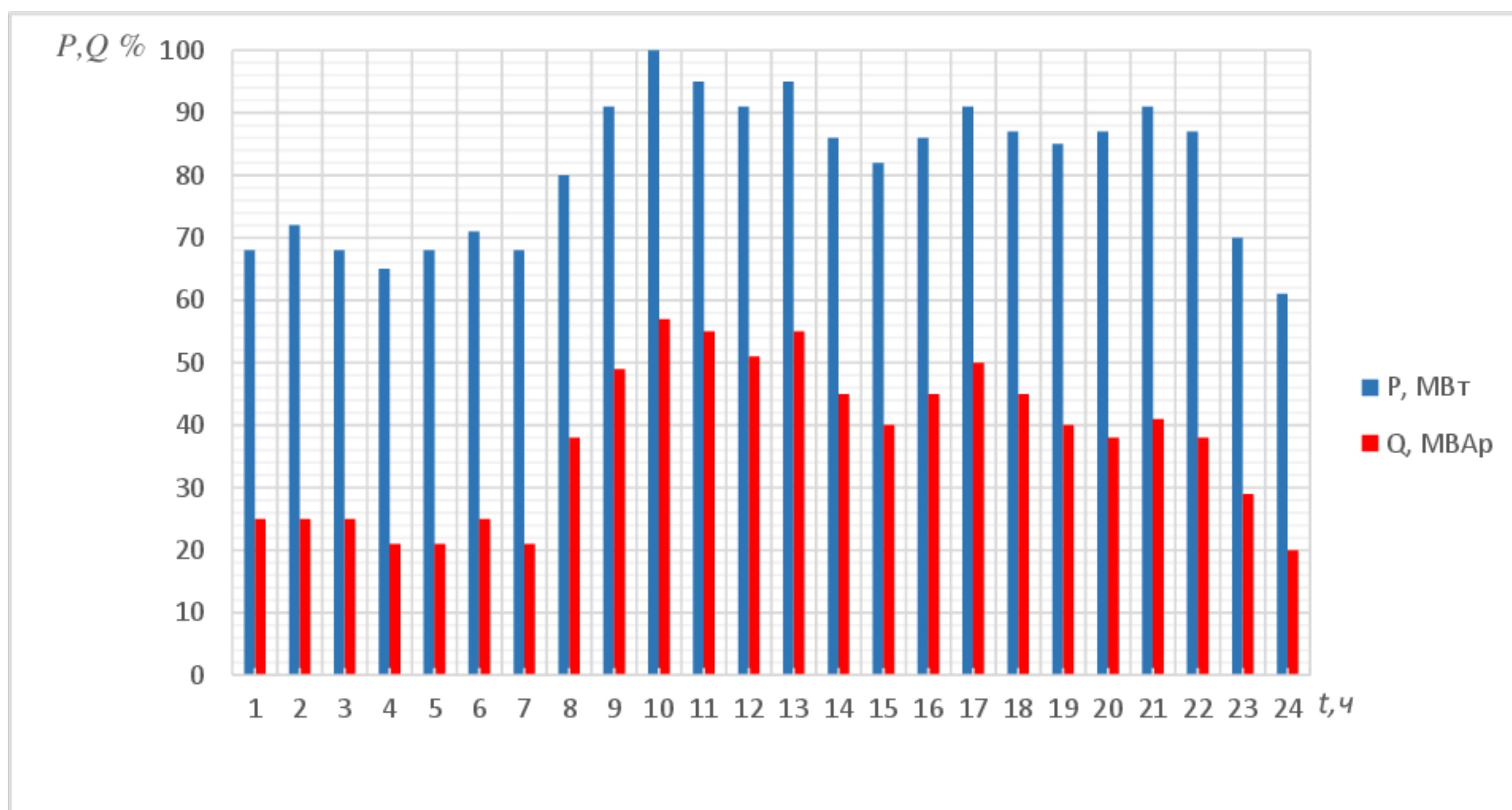
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 23

$$P_{max} = 77000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 59000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 32; 2-ая – 27; 3-ая – 45.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,15}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{4,5} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 28.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС3,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд},$ Ом/км					Генератор МВт Г – 1,2,3	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
4525;3	28;0,38	19;0,39	12;0,4	35;0,4	36;0,41	130	45	45	95	25

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

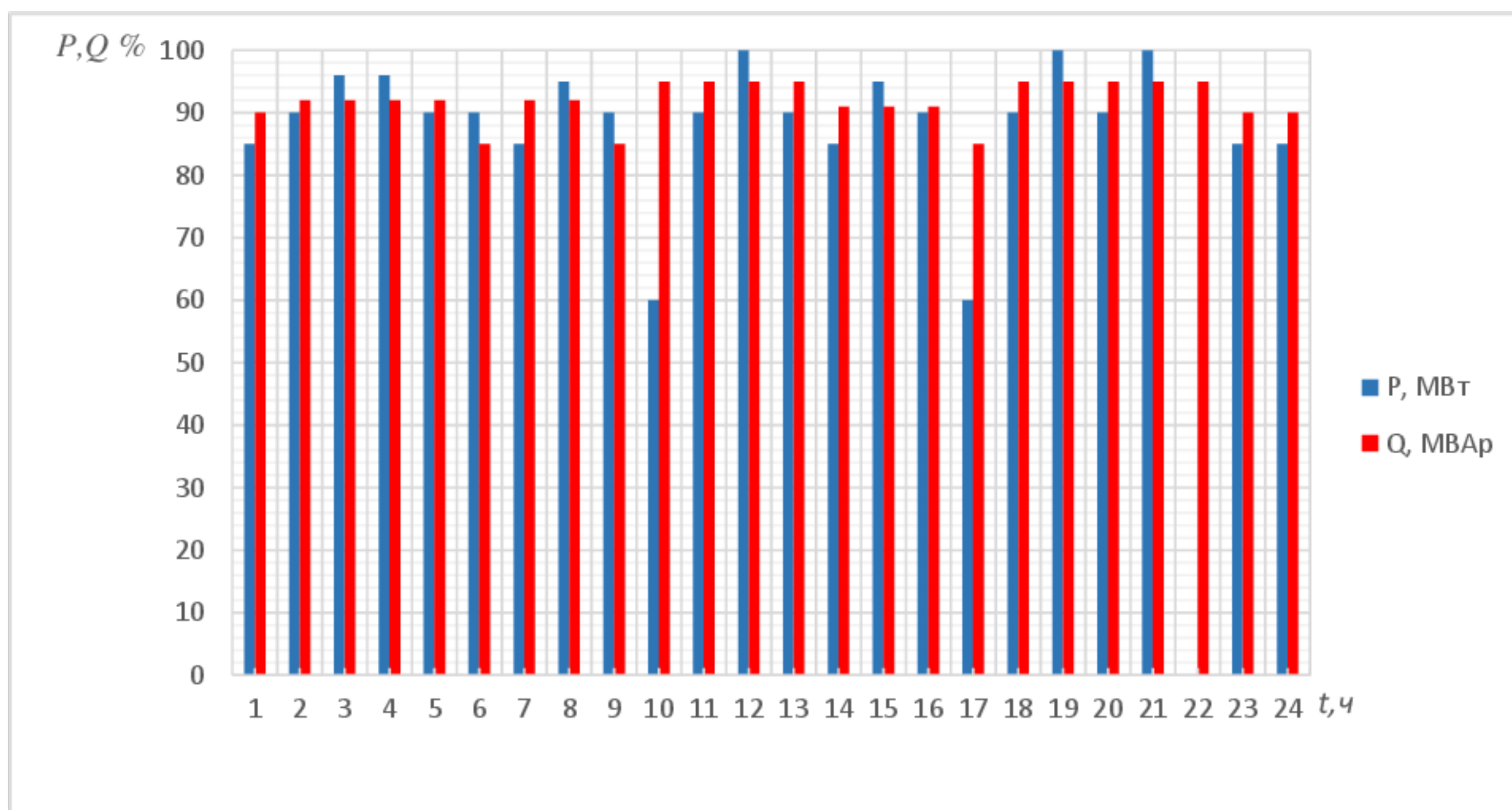
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 24

$$P_{max} = 65000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 51000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 25; 2-ая – 40; 3-ая – 35.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,32}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{2,75} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 27.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПСЗ,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд},$ Ом/км					Генератор МВт Г – 1,2,3	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
2950;3	24;0,38	11;0,39	21;0,42	24;0,41	11;0,42	89	24	75	134	18

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

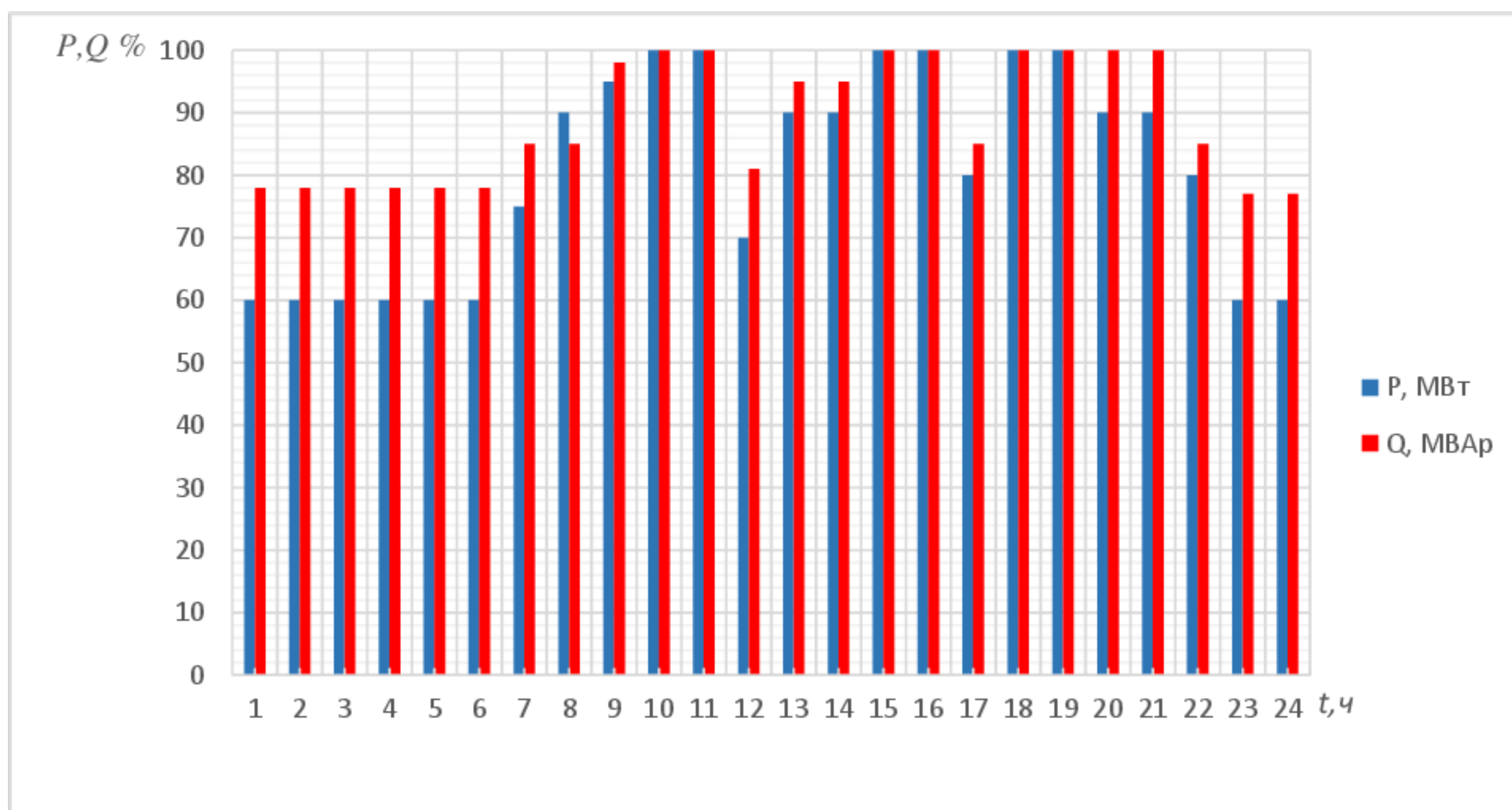
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 25

$$P_{max} = 25000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 25000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 22; 2-ая – 35; 3-ая – 43.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,45}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{2} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 18.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС2,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд}, \text{ Ом/км}$					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
2200;3	26;0,38	17;0,42	14;0,42	26;0,41	-	32	25	-	40	6,3

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

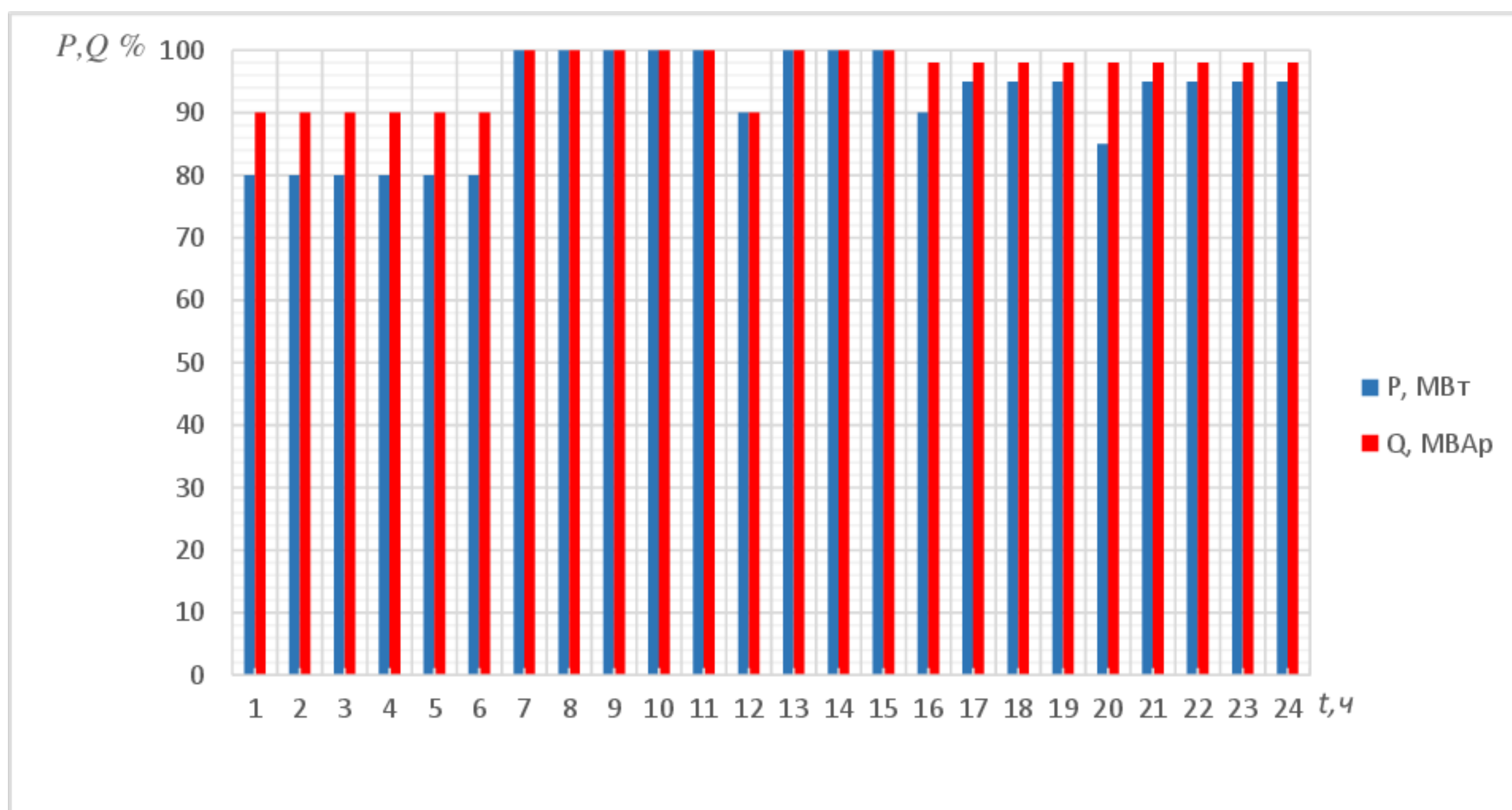
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 26

$$P_{max} = 72000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 72000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 9; 2-ая – 31; 3-ая – 60.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,55}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{5} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 30.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС3,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд},$ Ом/км					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
2000;2,9	29;0,38	19;0,4	16;0,42	24;0,42	22;0,39	100	25	16	125	10

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

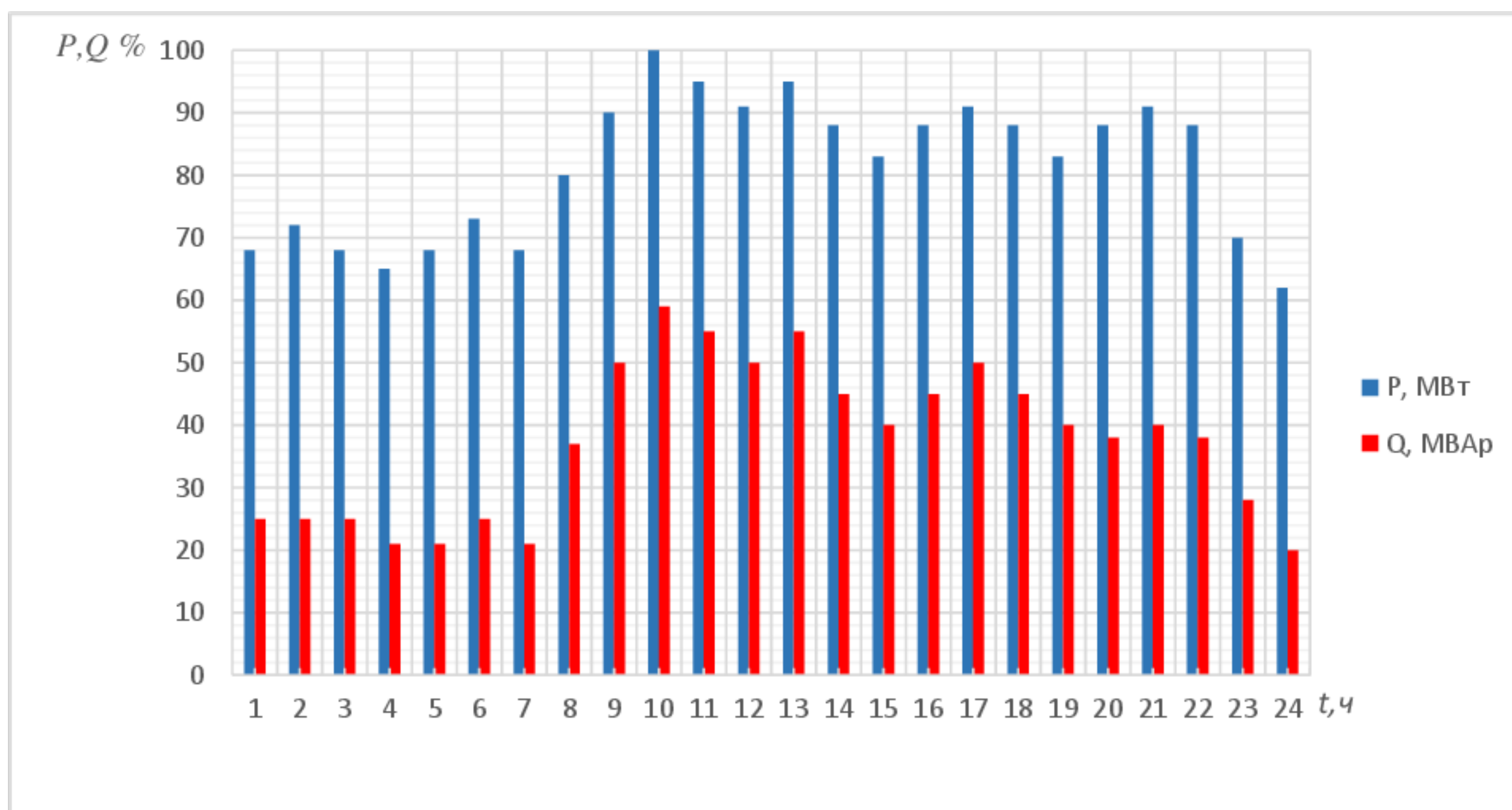
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 27

$$P_{max} = 50000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 30000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 20; 2-ая – 30; 3-ая – 50.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,4}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{2,5} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 23.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС2,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд}, \text{ Ом/км}$					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
2450;3	20;0,38	23;0,39	16;0,39	19;0,42	21;0,4	63	40	16	80	16

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

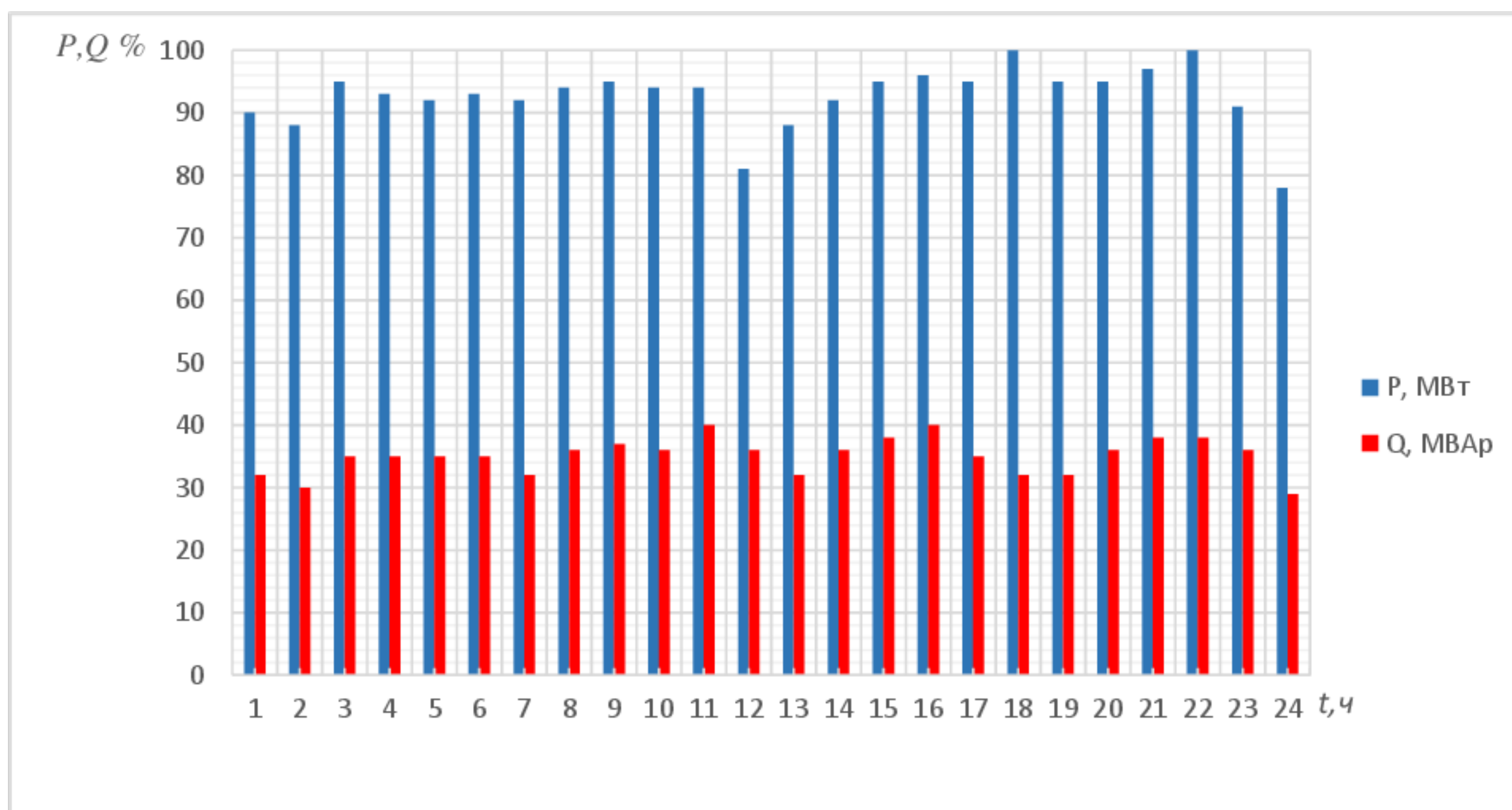
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 28

$$P_{max} = 35000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 15000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 15; 2-ая – 40; 3-ая – 45.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,55}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{2} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 30.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС2,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд},$ Ом/км					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
2500;3	25;0,41	24;0,39	20;0,41	18;0,4	-	63	25	-	80	10

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

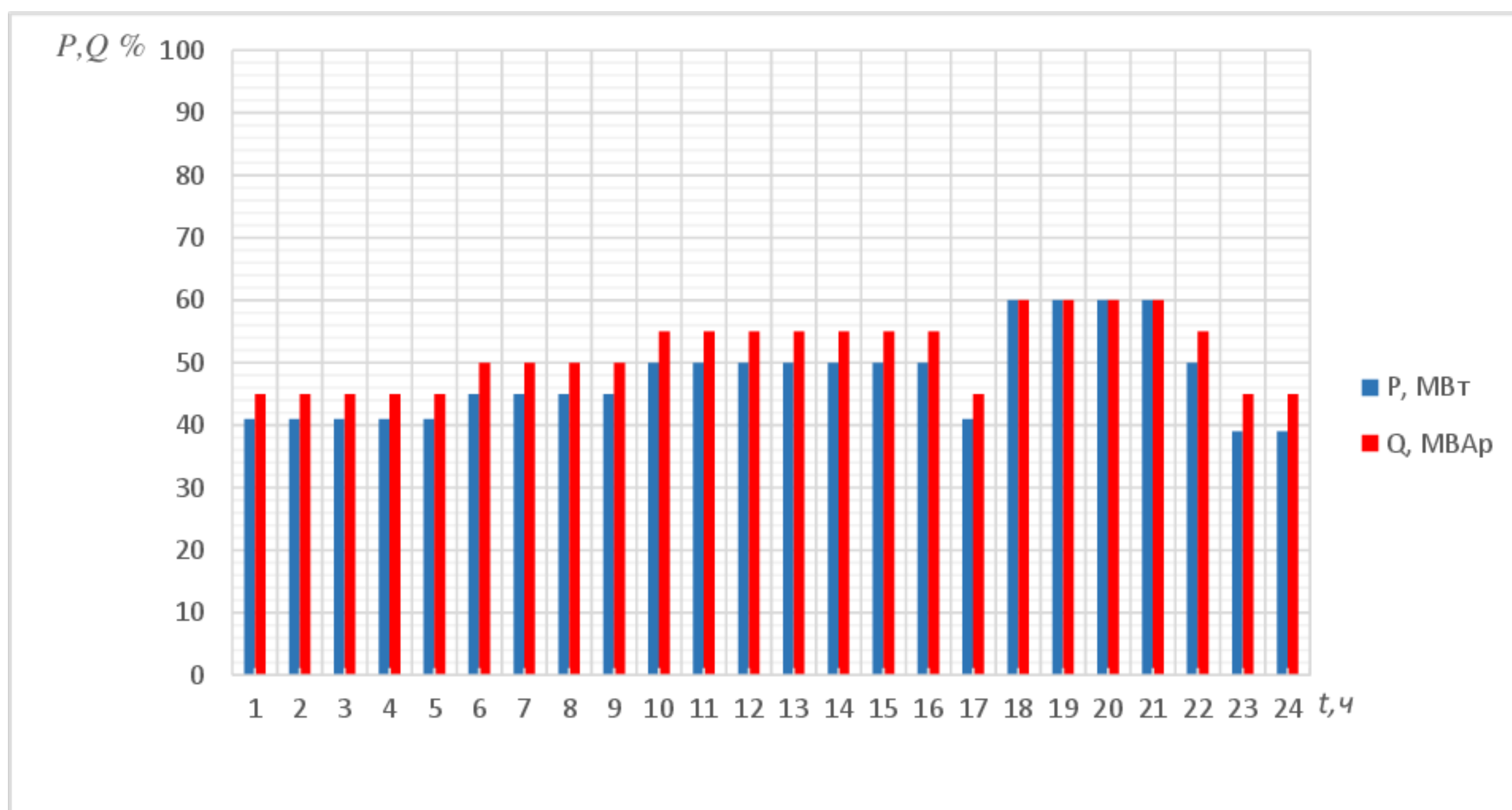
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 29

$$P_{max} = 75000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 62000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 25; 2-ая – 40; 3-ая – 45.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{\text{рз.выкл.присоед}} = \underline{0,2}$ с,

$$P_{\text{макс.}(ТП,РП)} = \underline{2,2} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 15.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПС2,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд}, \text{ Ом/км}$					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
1760;3	30;0,39	21;0,38	14;0,38	23;0,41	19;0,4	63	40	16	80	6,3

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

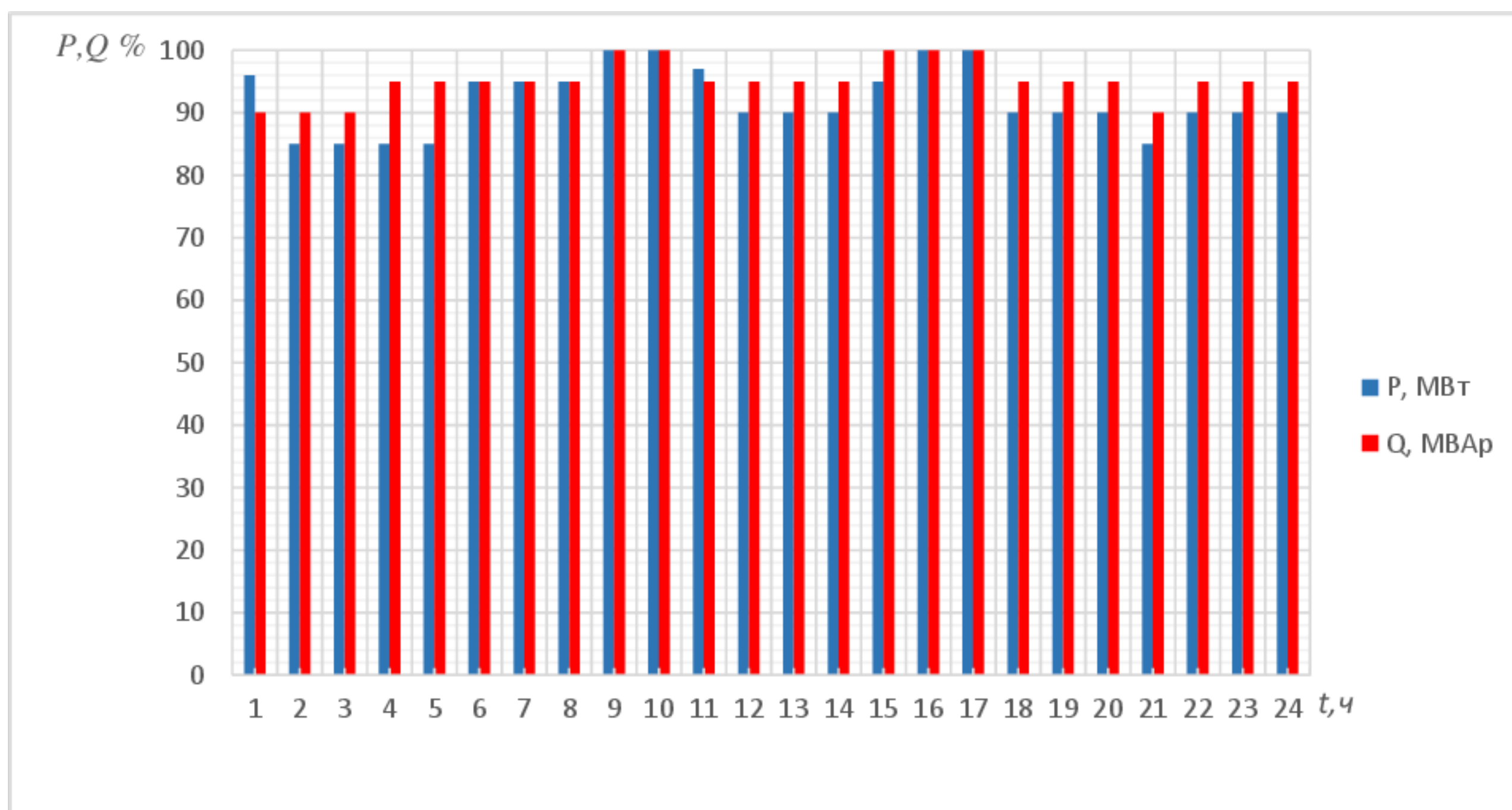
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Вариант 30

$$P_{max} = 40000 \text{ кВт}, \quad Q_{max} = 40000 \text{ кВар}$$

Категоричность потребителей (%): 1-ая – 10; 2-ая – 30; 3-ая – 60.

4.2 Суточный график нагрузки



4.3 Распределительная сеть низкого напряжения проектируемой подстанции

Схема подключения питаемых ТП (РП) – секционированная.

Время отключения присоединения $t_{рз.выкл.присоед} = \underline{0,4}$ с,

$$P_{макс.(ТП,РП)} = \underline{2,5} \text{ МВт},$$

Число отходящих линий НН подстанции – 44.

4.4 Схема электропитающей системы

Номер проектируемой подстанции – ПСЗ,

Параметры системы

Система: $S_{кз},$ МВА; x_0/x_1	Линия: длина, км; $X_{уд}, \text{ Ом/км}$					Генератор МВт $\Gamma - 1,2,3$	Трансформаторы, МВА			
	ВЛ-1	ВЛ-2	ВЛ-3	ВЛ-4	ВЛ-5		Т - 1,2	Т - 3,4	Т - 5,6,7	Т - 8,9
1800;3	32;0,42	23;0,39	12;0,42	24;0,4	20;0,41	63	25	16	80	6,3

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Приложение 3

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

КАФЕДРА ФИЗИКИ, ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине
«Электрические станции и подстанции»
на тему:
«Проектирование распределительной понизительной подстанции
(вариант -)»

Выполнил:

студент 4 курса группы

направления подготовки
13.03.02

формы обучения

(подпись)

Руководитель работы:

(ФИО, должность, кафедра)

Работа допущена к защите

(подпись руководителя)

(дата)

Работа выполнена и

защита с оценкой

Дата защиты

Члены комиссии: доцент кафедры ФЭиЭ

(должность) (подпись)

(И.О. Фамилия)

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Пятигорск. 20__

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ПОДСТАНЦИИ»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Содержание

- Введение
- 1 Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «Электрические станции и подстанции»
 - 2 План-график выполнения самостоятельной работы
 - 3 Контрольные точки и виды отчетности по ним
 - 4 Методические рекомендации по изучению теоретического материала
 - 5 Методические указания по выполнению курсового проекта
 - 6 Методические указания по подготовке к экзамену.
 - 7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Введение

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента.

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «Электрические станции и подстанции»

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. В связи с этим, обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

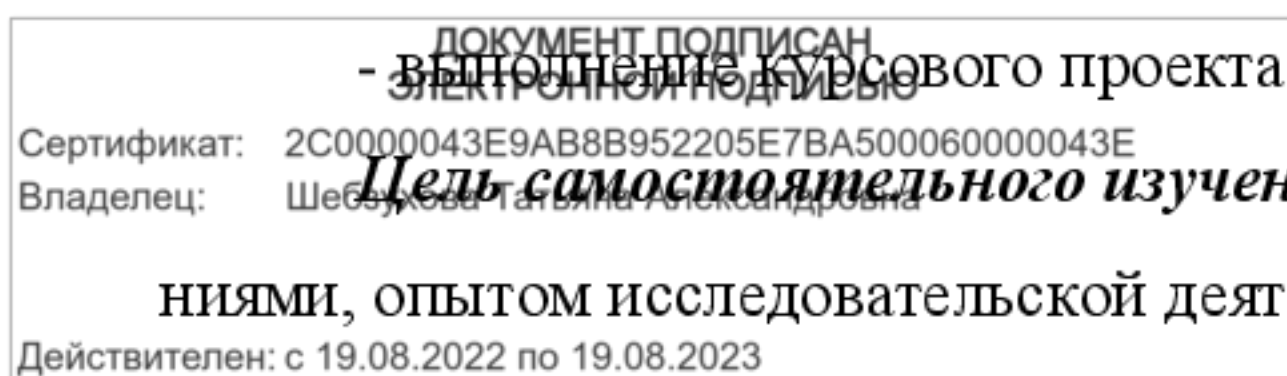
Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой специалиста и бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. В соответствии с рабочей программой дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы студента:

- самостоятельное изучение литературы;
- самостоятельное решение задач;

- выполнение курсового проекта.

Цель самостоятельного изучения литературы – самостоятельное овладение знаниями, опытом исследовательской деятельности.



Задачами самостоятельного изучения литературы являются:

- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов.

Цель самостоятельного решения задач - овладение профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю будущей деятельности.

Задачами самостоятельного решения задач являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений.

Целью самостоятельного выполнения расчетно-графической работы по дисциплине является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Задачами данного вида самостоятельной работы студента являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании курсовой работы.

В результате освоения дисциплины формируются следующий перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-1 Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения	ИД-1 _{ПК-1} Выполняет сбор и анализ данных для проектирования систем	Знает схемотехническое исполнение электрооборудования станций и подстанций; современные аналитические методы и модели комплексного инженерного анализа. Умеет обосновывать технические решения при разработке схем распределения и передачи электрической энергии; применять современные методы и средства исследования для решения конкретных задач.
	ИД-2 _{ПК-1} Выбирает типовые проектные решения систем электроснабжения	Владеет навыками правильно выбирать электрические схемы станций и подстанций с учетом особенностей их работы и требований потребителей.
ПК-2 Способен анализировать режимы работы систем электроснабжения	ИД-1 _{ПК-2} Рассчитывает параметры электрооборудования систем	Знает общие закономерности производства, передачи и распределения электрической энергии; основные конструктивные и режимные особенности электрических станций (тепловых, атомных, гидравлических) и подстанций, распределительных сетей. Умеет рассчитывать основные параметры схем электрических станций и подстанций, учитывать особенности режимов работы различных станций и подстанций.
	ИД-2 _{ПК-2} Рассчитывает режимы работы систем электроснабжения	Владеет навыками расчёта параметров оборудования станций и подстанций; ме-

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA5000600000485
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

		тодами расчета токов короткого замыкания симметричного и несимметричного режимов.
	ИД-5 _{ПК} -2 Применяет инженерно-технические расчеты для решения задач профессиональной деятельности	Умеет проводить инженерно-технические расчеты с помощью прикладного программного обеспечения. Владеет навыками использования прикладных программ для выполнения инженерно-технических расчетов в профессиональной сфере.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

План-график выполнения самостоятельной работы

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
Очная форма обучения					
7 семестр					
ПК-1 ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ПК-2 ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2} ИД-5 _{ПК-2}	Самостоятельное изучение литературы по темам №1-18	Собеседование	22,815	2,535	25,35
	Подготовка к лекциям	Собеседование	2,43	0,27	2,7
	Подготовка к практическим занятиям	Письменный отчет о решении типовых, разноуровневых задач	4,86	0,54	5,4
	Подготовка к лабораторным занятиям	Собеседование	3,645	0,405	4,05
	Выполнение курсового проекта	Презентация проекта	27	3	30
	Итого за 7 семестр:		60,75	6,75	67,5
Итого:		60,75	6,75	67,5	
Заочная форма обучения					
7 семестр					
ПК-1 ИД-1 _{ПК-1} ИД-2 _{ПК-1} ПК-2 ИД-1 _{ПК-2} ИД-2 _{ПК-2} ИД-5 _{ПК-2}	Самостоятельное изучение литературы по темам №1-18	Собеседование	99,9	11,1	111
	Подготовка к лекциям	Собеседование	0,405	0,045	0,45
	Подготовка к практическим занятиям	Письменный отчет о решении типовых, разноуровневых задач	0,81	0,09	0,9
	Подготовка к лабораторным занятиям	Собеседование	0,81	0,09	0,9
	Выполнение курсового проекта	Презентация проекта	27	3	30
	Итого за 7 семестр:		128,925	14,325	143,25
Итого:		128,925	14,325	143,25	

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

Контрольные точки и виды отчетности по ним

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
7 семестр			
1.	Практическое занятие № 4	6 неделя	25
2.	Лабораторное занятие № 6	10 неделя	15
3.	Практическое занятие № 9	16 неделя	15
	Итого за 7 семестр		55
	Итого		55

Максимально возможный балл за весь текущий контроль Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

Рейтинговая система успеваемости студентов не предусмотрена для заочной формы обучения.

Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Самостоятельная работа студента начинается с внимательного ознакомления с содержанием учебного курса.

Изучение каждой темы следует начинать с внимательного ознакомления с набором вопросов. Они ориентируют студента, показывают, что он должен знать по данной теме. Вопросы темы как бы накладываются на соответствующую главу избранного учебника или учебного пособия. В итоге должно быть ясным, какие вопросы темы учебного курса и с какой глубиной раскрыты в конкретном учебном материале, а какие вообще опущены. Требуется творческое отношение и к самому содержанию дисциплины.

Вопросы, составляющие ее содержание, обладают разной степенью важности. Есть вопросы, выполняющие функцию логической связки содержания темы и всего курса, имеются вопросы описательного или разъяснительного характера, а также исторического экскурса в область изучаемой дисциплины. Все эти вопросы не составляют сути понятийного, концептуального содержания темы, но необходимы для целостного восприятия изучаемых проблем.

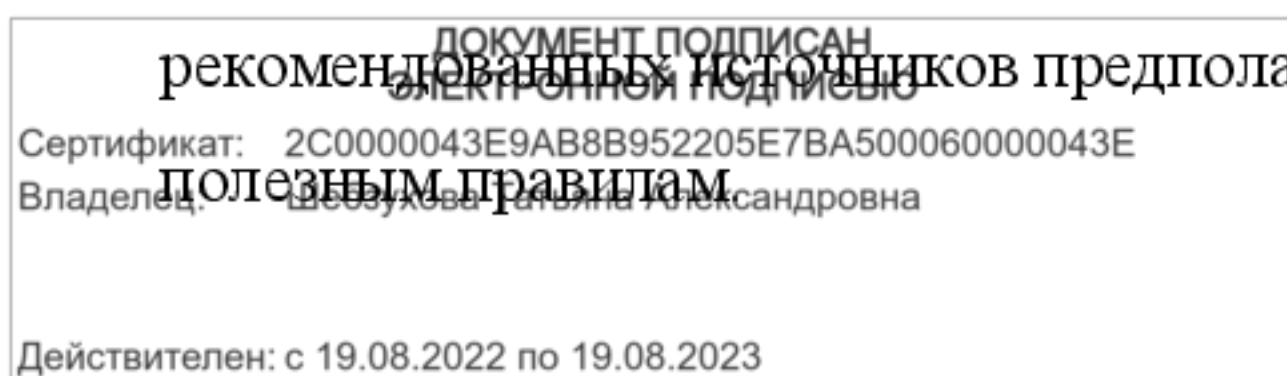
Изучаемая дисциплина имеет свой категориально-понятийный аппарат. Научные понятия — это та база, на которой строится каждая наука. Понятия — узловые, опорные пункты как научного, так и учебного познания, логические ступени движения в учебе от простого к сложному, от явления к сущности. Без ясного понимания понятий учеба крайне затрудняется, а содержание приобретенных знаний становится тусклым, расплывчатым.

Студент должен понимать, что самостоятельное овладение знаниями является главным, определяющим. Высшая школа создает для этого необходимые условия, помогает будущему высококвалифицированному специалисту овладеть технологией самостоятельного производства знаний.

В самостоятельной работе студентам приходится использовать литературу различных видов: первоисточники, монографии, научные сборники, хрестоматии, учебники, учебные пособия, журналы и др. Изучение курса предполагает знакомство студентов с большим объемом научной и учебной литературы, что, в свою очередь, порождает необходимость выработки у них рационально-критического подхода к изучаемым источникам.

Чтобы не «утонуть» в огромном объеме рекомендованных ему для изучения источников, студент, прежде всего, должен научиться правильно их читать. Правильное чтение

рекомендованных источников предполагает следование нескольким несложным, но весьма полезным правилам.



Предварительный просмотр книги включает ознакомление с титульным листом книги, аннотацией, предисловием, оглавлением. При ознакомлении с оглавлением необходимо выделить разделы, главы, параграфы, представляющие для вас интерес, бегло их просмотреть, найти места, относящиеся к теме (абзацы, страницы, параграфы), и познакомиться с ними в общих чертах.

Научные издания сопровождаются различными вспомогательными материалами — научным аппаратом, поэтому важно знать, из каких основных элементов он состоит, каковы его функции.

Знакомство с книгой лучше всего начинать с изучения аннотации — краткой характеристики книги, раскрывающей ее содержание, идейную, тематическую и жанровую направленность, сведения об авторе, назначение и другие особенности. Аннотация помогает составить предварительное мнение о книге.

Глубже понять содержание книги позволяют вступительная статья, в которой дается оценка содержания книги, затрагиваемой в ней проблематики, содержится информация о жизненной и творческой биографии автора, высказываются полемические замечания, разъясняются отдельные положения книги, даются комментарии и т.д. Вот почему знакомство с вступительной статьей представляется очень важным: оно помогает студенту сориентироваться в тексте работы, обратить внимание на ее наиболее ценные и важные разделы.

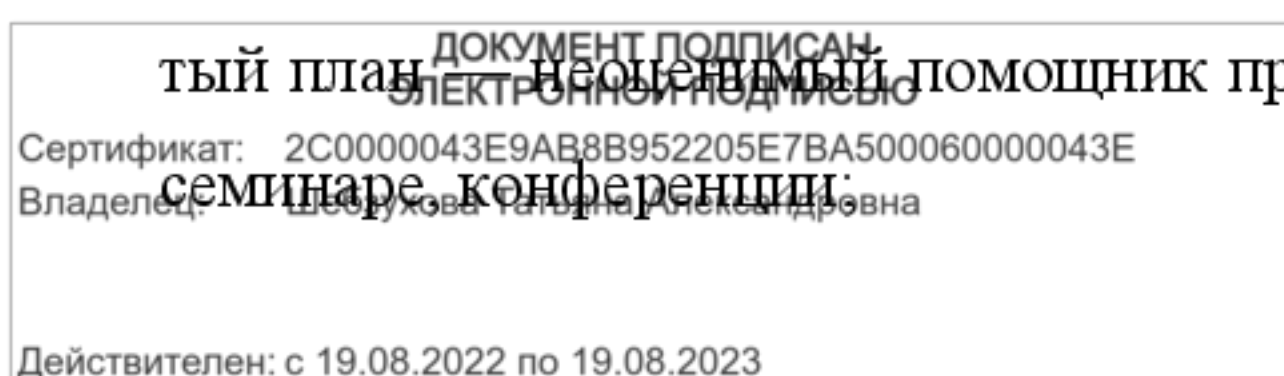
Той же цели содействует знакомство с оглавлением, предисловием, послесловием. Весьма полезными элементами научного аппарата являются сноски, комментарии, таблицы, графики, списки литературы. Они не только иллюстрируют отдельные положения книги или статьи, но и сами по себе являются дополнительным источником информации для читателя.

Если читателя заинтересовала какая-то высказанная автором мысль, не нашедшая подробного освещения в данном источнике, он может обратиться к тексту источника, упоминаемого в сноске, либо к источнику, который он может найти в списке литературы, рекомендованной автором для самостоятельного изучения.

Существует несколько форм ведения записей:

— план (простой и развернутый) — наиболее краткая форма записи прочитанного, представляющая собой перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. Развернутый план представляет собой более подробную запись прочитанного, с детализацией отдельных положений и выводов, с выпиской цитат, статистических данных и т.д. Разверну-

тый план — неоценимый помощник при выступлении с докладом на конкретную тему на семинаре, конференции.



— тезисы — кратко сформулированные положения, основные положения книги, статьи. Как правило, тезисы составляются после предварительного знакомства с текстом источника, при его повторном прочтении. Они помогают запомнить и систематизировать информацию.

Составление конспектов

Большую роль в усвоении и повторении пройденного материала играет хороший конспект, содержащий основные идеи прочитанного в учебнике и услышанного в лекции. Конспект — это, по существу, набросок, развернутый план связного рассказа по основным вопросам темы.

В какой-то мере конспект рассчитан (в зависимости от индивидуальных особенностей студента) не только на интеллектуальную и эмоциональную, но и на зрительную память, причем текст конспекта нередко ассоциируется еще и с текстом учебника или записью лекции. Поэтому легче запоминается содержание конспектов, написанных разборчиво, с подчеркиванием или выделением разрядкой ключевых слов и фраз.

Самостоятельно изученные темы предоставляются преподавателю в форме конспекта, по которому происходит собеседование. Теоретические темы курса (отдельные вопросы), выносимые на самостоятельное изучение, представлены ниже.

Типовые контрольные задания и иные материалы, характеризующие этапы формирования компетенций

Вопросы для собеседования

1. Электрические станции и подстанции основные понятия и определения
2. Графики нагрузки электроустановок
3. Параметры графиков нагрузки
4. Участие тепловых электростанций в производстве электроэнергии
5. Участие паротурбинных конденсационных электростанций в производстве электроэнергии
6. Участие паротурбинных теплофикационных электростанций в производстве электроэнергии
7. Участие газотурбинных электростанций в производстве электроэнергии
8. Участие атомных электростанций в производстве электроэнергии
9. Участие гидроэлектростанций в производстве электроэнергии
10. Участие электростанций разных типов в производстве электроэнергии

11. Турбогенераторы

12. Гидрогенераторы

13. Выбор шинных конструкций

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзузова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

14. Выбор токопроводов и проводов воздушных линий
15. Выбор кабелей
16. Блочные схемы
17. Мостиковые схемы
18. Схемы и группы соединения обмоток трансформаторов
19. Плавкие предохранители
20. Измерительные трансформаторы напряжения
21. Измерительные трансформаторы тока
22. Масляные выключатели
23. Воздушные выключатели
24. Элегазовые выключатели
25. Режимы работы электроустановок
26. Высоковольтные выключатели
27. Электромагнитные выключатели
28. Выключатель нагрузки
29. Разъединители
30. Отделители и короткозамыкатели
31. Силовые трансформаторы
32. Силовые автотрансформаторы
33. Номинальные параметры трансформаторов
34. Автоматическое регулирование возбуждения генераторов
35. Релейная форсировка возбуждения генераторов
36. Компандирование возбуждения генераторов
37. Регулирование напряжения трансформаторов
38. Динамическое действие токов к.з.
39. Термическое действие токов к.з.
40. Элементы конструкции трансформаторов
41. Системы охлаждения силовых трансформаторов
42. Нагрузочная способность трансформаторов
43. Косвенные системы охлаждения генераторов
44. Непосредственное (форсированное) охлаждение генераторов
45. Системы возбуждения генераторов

46. Реакторы

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец: Шебзукова Татьяна Александровна

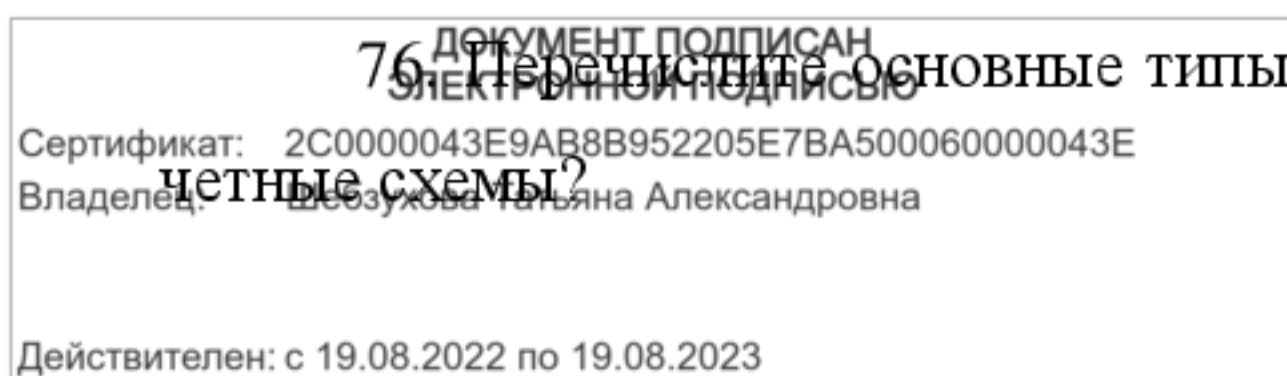
47. Шинные конструкции

48. Вакуумные выключатели

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023

49. Тепловой расчет трансформаторов
50. Особенности автотрансформаторов
51. Ограничение токов короткого замыкания
52. Бесщеточное независимое возбуждение генераторов
53. Самовозбуждение генераторов с полупроводниковыми преобразователями
54. Автоматическое гашение поля генераторов
55. Электромашинные системы возбуждения
56. Независимое высокочастотное возбуждение генераторов с полупроводниковыми выпрямителями
57. Независимое тиристорное возбуждение генераторов
58. Как осуществляется проверка шин по условия нагрузочной способности?
59. Как влияет на допустимый продолжительный ток шин удельное электрическое сопротивление материала?
60. Изложите понятие о выборе проводников по экономической плотности тока.
61. Объясните влияние солнечной радиации на продолжительный ток шин.
62. Перечислите от чего зависит конвективная теплоотдача шины открытого РУ (ОРУ).
63. Объясните выбор трансформаторов на подстанциях.
64. Что такое систематические перегрузки?
65. Объясните понятие шестиградусное правило
66. Изложите порядок определения допустимой перегрузки трансформатора по кривым нагрузочной способности в случае двухступенчатого рабочего графика
67. От чего зависит процесс старения изоляции?
68. От чего зависит методика расчета интеграла Джоуля?
69. В чем заключается проверка проводников на термическую стойкость при КЗ?
70. Какие принимаются допущения для расчета нагрузок на шины?
71. Как влияет взаимное расположение фаз на электродинамические нагрузки?
72. При каком расположении шин электродинамические нагрузки будут минимальны?
73. Как влияют расстояния между фазами на электродинамические нагрузки?
74. Что называется электродинамической стойкостью шинных конструкций?
75. Какая шинная конструкция называется электродинамически стойкой?

76. Перечислите основные типы шинных конструкций и соответствующие им расчетные схемы?



77. Каков порядок расчета электродинамической стойкости изоляторов и шин, расположенных в одной плоскости?
78. Каков порядок расчета составных шин?
79. Каков порядок расчета шин, фазы которых расположены по вершинам треугольника?
80. Что значит собственное время отключения выключателя. Как определяется?
81. От чего и каким образом зависят условия проверки выключателя на термическую стойкость?
82. Каковы условия проверки выключателя на симметричный ток?
83. По каким соотношениям определяется возможность отключения апериодической составляющей тока КЗ?
84. Каково назначение выключателя?
85. По каким условиям выбирают выключатель?
86. Две рабочие системы шин с обходной
87. Мостиковые схемы
88. Схемы 3/2 и 4/3
89. Измерительные трансформаторы тока
90. Блочные схемы
91. Схема квадрата
92. Одна рабочая система шин с обходной

Методические указания по выполнению курсового проекта

Курсовой проект — это самостоятельное исследование студентом определенной проблемы, комплекса взаимосвязанных вопросов, касающихся конкретной темы.

Выполнение курсового проекта начинается с получения варианта задания и темы.

Затем студент приходит на первую консультацию к руководителю, которая предусматривает:

- обсуждение цели и задач работы, основных моментов проекта;
- консультирование по вопросам подбора литературы;
- составление предварительного плана;
- составление графика выполнения курсового проекта.

Следующим этапом является работа с литературой. Необходимая литература подбирается студентом самостоятельно.

После подбора литературы целесообразно сделать рабочий вариант плана работы. В нем нужно выделить основные вопросы темы и параграфы, раскрывающие их содержание.

Составленный список литературы и предварительный вариант плана уточняются, согласуются на очередной консультации с руководителем.

Затем начинается следующий этап работы - изучение литературы. Только внимательно читая и конспектируя литературу, можно разобраться в основных вопросах темы и подготовиться к самостоятельному (авторскому) изложению содержания курсового проекта.

Систематизация и анализ изученной литературы позволяют студенту написать первую (теоретическую) часть.

Рабочий вариант текста курсового проекта и графический материал предоставляется руководителю на проверку. На основе рабочего варианта текста руководитель вместе со студентом обсуждает возможности доработки текста, его оформление.

После доработки курсовой проект сдается на кафедру для ее оценивания руководителем.

Защита курсового проекта студентов проходит в сроки, установленные графиком учебного процесса.

Основные этапы работы и требования к оформлению и защите отражены в методических указаниях по выполнению курсового проекта.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023	

Методические указания по подготовке к экзамену

Изучение дисциплины «Электрические станции и подстанции» завершается экзаменом. Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к экзамену, студент ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На экзамене студент демонстрирует то, что он приобрел в процессе обучения по конкретной учебной дисциплине.

На консультации перед экзаменом студентов знакомят с основными требованиями, ответят на возникшие у них вопросы. Поэтому посещение консультаций обязательно.

При подготовке к экзамену необходимо использовать конспекты лекций по дисциплине, учебники и учебные пособия (из списка основной и дополнительной литературы) или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра.

Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения.

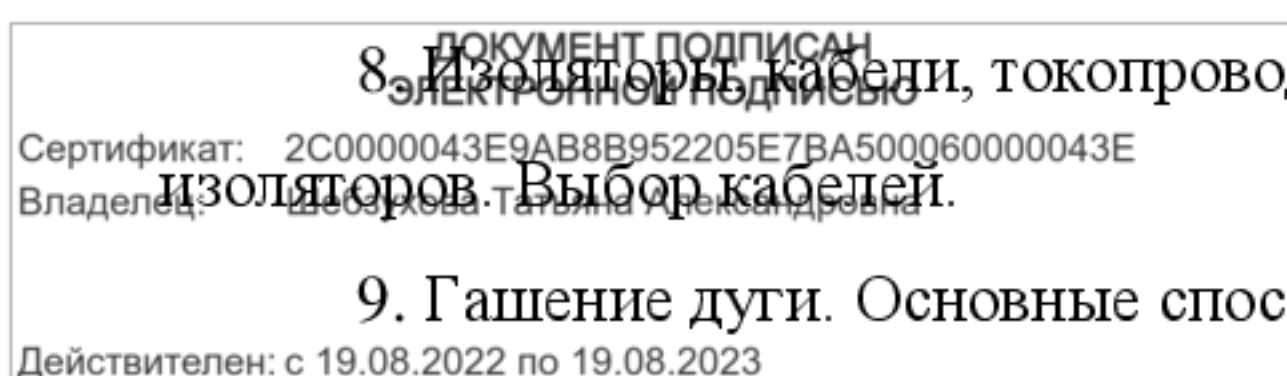
Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний.

Вопросы к экзамену

1. Электрические станции и подстанции: основные понятия и определения.
2. Графики нагрузки электроустановок. Параметры графиков нагрузки
3. Силовые трансформаторы, автотрансформаторы. Номинальные параметры, схемы и группы соединений. Системы охлаждения силовых трансформаторов. Регулирование напряжения трансформаторов. Потери и КПД трансформаторов.
4. Динамическое и термическое действие токов к.з. Ударные и установившиеся токи к.з. Схемы замещения.
5. Ограничение токов короткого замыкания. Защитные и токоограничивающие аппараты.
6. Режимы работы электроустановок. Режимы нейтрали электроустановок.
7. Заземляющие устройства. Виды заземлений электроустановок. Варианты применения и исполнения.

8. Изоляторы, кабели, токопроводы. Конструкции опорных, проходных и подвесных изоляторов. Выбор кабелей.

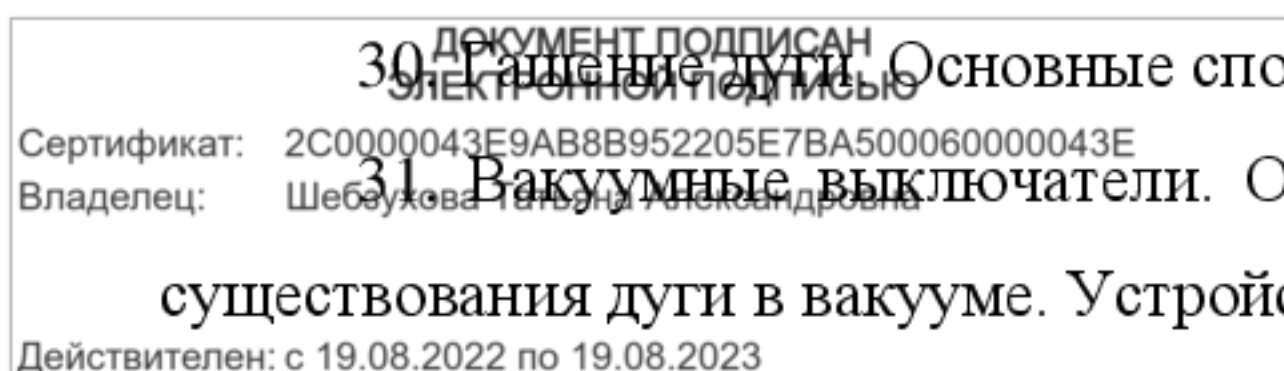
9. Гашение дуги. Основные способы гашения дуги в аппаратах до 1 кВ.



10. Гашение дуги. Основные способы гашения дуги в аппаратах свыше 1 кВ.
11. Вакуумные выключатели. Общие сведения. Конструкция. Физические основы существования дуги в вакууме. Устройство ВДК.
12. Масляные выключатели. Общие сведения. Конструкция. Принцип действия дугогасительных устройств.
13. Воздушные выключатели. Общие сведения. Конструкция. Достоинства, недостатки. Принцип действия дугогасительных устройств (ДУ) воздушных выключателей.
14. Элегазовые выключатели. Общие сведения. Конструкция. Физико-химические свойства элегаза. Дугогасительные устройства.
15. Разъединители. Общие сведения. Классификация, требования. Типы установки.
16. Измерительные трансформаторы напряжения.
17. Измерительные трансформаторы тока.
18. Структурные схемы электрических станций и подстанций. Структурные схемы подстанций.
19. Электроснабжение собственных нужд электростанций и подстанций.
20. Организация цепей оперативного тока электростанций и подстанций. Виды оперативного тока. Применение аккумуляторных батарей и выпрямительных устройств.
21. Схемы электрических соединений. Блочные и мостиковые схемы.
22. Схемы электрических соединений. Схемы рабочих систем шин, четырехугольника, схемы 3/2 и 4/3.
23. Проектирование и конструирование электроустановок. Требования к схемам ПС и чертежам.
24. Организация плавки гололеда на воздушных линиях. Схемы ПГ. Плавка гололеда постоянным и переменным током.
25. Цифровая подстанция и МЭК 61850.
26. Электрические станции и подстанции основные понятия и определения
27. Силовые трансформаторы, автотрансформаторы. Номинальные параметры, схемы и группы соединений. Системы охлаждения силовых трансформаторов. Регулирование напряжения трансформаторов. Потери и КПД трансформаторов.
28. Режимы работы электроустановок. Режимы нейтрали электроустановок.
29. Изоляторы, кабели, токопроводы. Конструкции опорных, проходных и подвесных изоляторов. Выбор кабелей.

30. Гашение дуги. Основные способы гашения дуги в аппаратах свыше 1 кВ.

31. Вакуумные выключатели. Общие сведения. Конструкция. Физические основы существования дуги в вакууме. Устройство ВДК.



32. Воздушные выключатели. Общие сведения. Конструкция. Достоинства, недостатки. Принцип действия дутогасительных устройств (ДУ) воздушных выключателей.
33. Разъединители. Общие сведения. Классификация, требования. Типы установки.
34. Измерительные трансформаторы тока.
35. Электроснабжение собственных нужд электростанций и подстанций.
36. Схемы электрических соединений. Блочные и мостиковые схемы.
37. Проектирование и конструирование электроустановок. Требования к схемам ПС и чертежам.
38. Участие паротурбинных теплофикационных электростанций в производстве электроэнергии.
39. Релейная форсировка возбуждения генераторов.
40. Автоматическое гашение поля генераторов.
41. Графики нагрузки электроустановок. Параметры графиков нагрузки.
42. Динамическое и термическое действие токов к.з. Ударные и установившиеся токи к.з. Схемы замещения.
43. Ограничение токов короткого замыкания. Защитные и токоограничивающие аппараты.
44. Заземляющие устройства. Виды заземлений электроустановок. Варианты применения и исполнения.
45. Гашение дуги. Основные способы гашения дуги в аппаратах до 1 кВ.

Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Перечень основной литературы:

1. Филиппова, Т.А. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем : учебник / Т.А. Филиппова, Ю.М. Сидоркин, А.Г. Русина ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет. - 2-е изд. - Новосибирск : НГТУ, 2016. - 359 с. : схем., ил. - Библиогр.: с. 349-350 - ISBN 978-5-7782-2743-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=438316>

2. Кулеева, Л.И. Проектирование подстанции : учебное пособие / Л.И. Кулеева, С.В. Митрофанов, Л.А. Семенова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Оренбургский Государственный Университет. - Оренбург : ОГУ, 2016. - 111 с. : ил., схем., табл. - Библиогр.: с. 61-63 - ISBN 978-5-7410-1542-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468847>

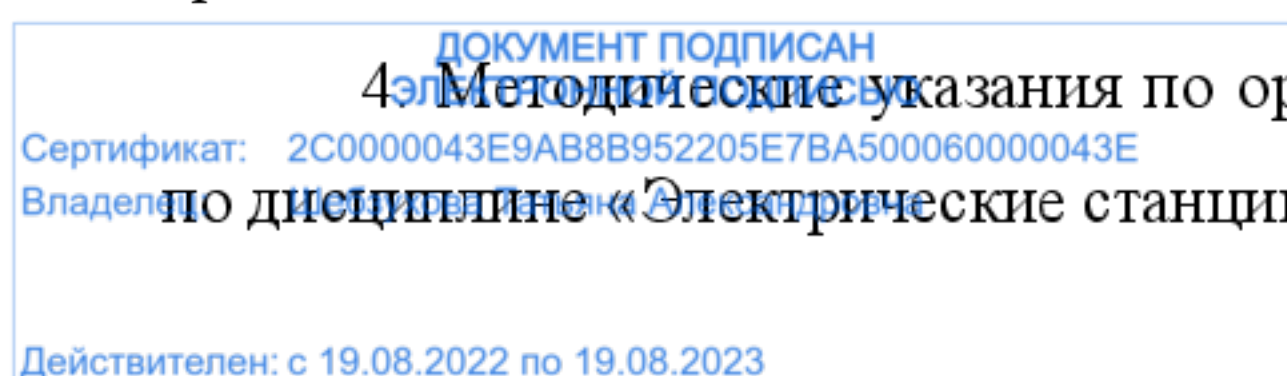
Перечень дополнительной литературы:

1. Немировский, А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций : учебное пособие / А.Е. Немировский, И.Ю. Сергиевская, Л.Ю. Крепышева. - 2-е изд. доп. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2018. - 149 с. : ил. - Библиогр.: с. 114 - ISBN 978-5-9729-0207-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493858>

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические указания по выполнению практических работ по дисциплине «Электрические станции и подстанции».
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Электрические станции и подстанции».
3. Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Электрические станции и подстанции».

4. Методические указания по организации и проведению самостоятельной работы по дисциплине «Электрические станции и подстанции».



Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.biblioclub.ru> -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 2C0000043E9AB8B952205E7BA500060000043E

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 19.08.2022 по 19.08.2023