

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ВОДНОГО ТРАНСПОРТА»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к курсовой работе

по дисциплине «Электрические станции и подстанции»

для обучающихся по направлению подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Новосибирск

Составители: М.Н. Иванов Методические указания к курсовой работе по дисциплине «Электрические станции и подстанции» для обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника/ М.Н. Иванов, Е.В.Иванова, В.Г.Сальников – Новосибирск: Сиб. гос. универ. водн. трансп., 2015. – 59 с.

Методические рекомендации предназначены для организации выполнения курсовой работы в ФГБОУ ВО СГУВТ по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень магистратура).

Методические указания утверждены на заседании кафедры «Электроэнергетические системы и электротехника» и рекомендованы к печати (протокол заседания кафедры ЭСЭ № ___ от __2018__ г.).

© Иванов М.Н., Иванова Е.В.,
Сальников В.Г.

© ФГБОУ ВО «Сибирский
государственный университет водного
транспорта»

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Целью курсовой работы по дисциплине «Электрические станции и подстанции» является закрепление и углубление у студентов знаний по вопросам построения главных схем станций и подстанций, выбора основного и вспомогательного электротехнического оборудования, а также развитие навыков конструирования распределительных устройств.

Курсовая работа состоит из пояснительной записки объёмом 30 - 35 страниц и двух листов графической части формата А1. В пояснительной записке последовательно излагаются следующие разделы:

- выбор структурных схем подстанции и расчёт перетоков мощности через трансформаторы связи;
- выбор трансформаторов связи;
- расчёт потерь энергии в трансформаторах связи;
- технико-экономическое сравнение вариантов структурных схем подстанции;
- расчёт токов короткого замыкания;
- выбор коммутационных аппаратов распределительных устройств;
- выбор измерительных трансформаторов тока и напряжения;
- выбор сборных шин и токопроводов распределительных устройств;
- выбор электрических схем распределительных устройств;
- выбор трансформаторов собственных нужд.

В графическую часть курсового проекта входит следующий чертёж: главная схема электрических соединений подстанции.

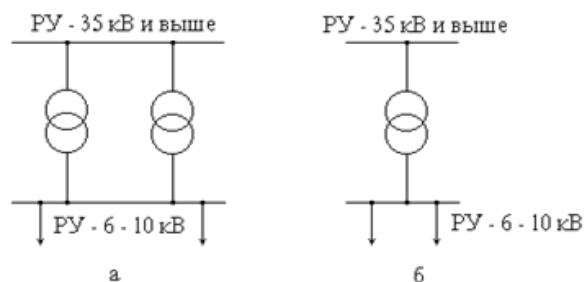
Законченный курсовой проект сдаётся руководителю для проверки. После проверки проводится защита проекта.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

В соответствии с исходными данными для курсового проектирования необходимо наметить ряд возможных технически вариантов принципиальных схем подстанции, отличающихся друг от друга типом, числом и мощностью трансформаторов, связывающих распределительные устройства различных напряжений между собой.

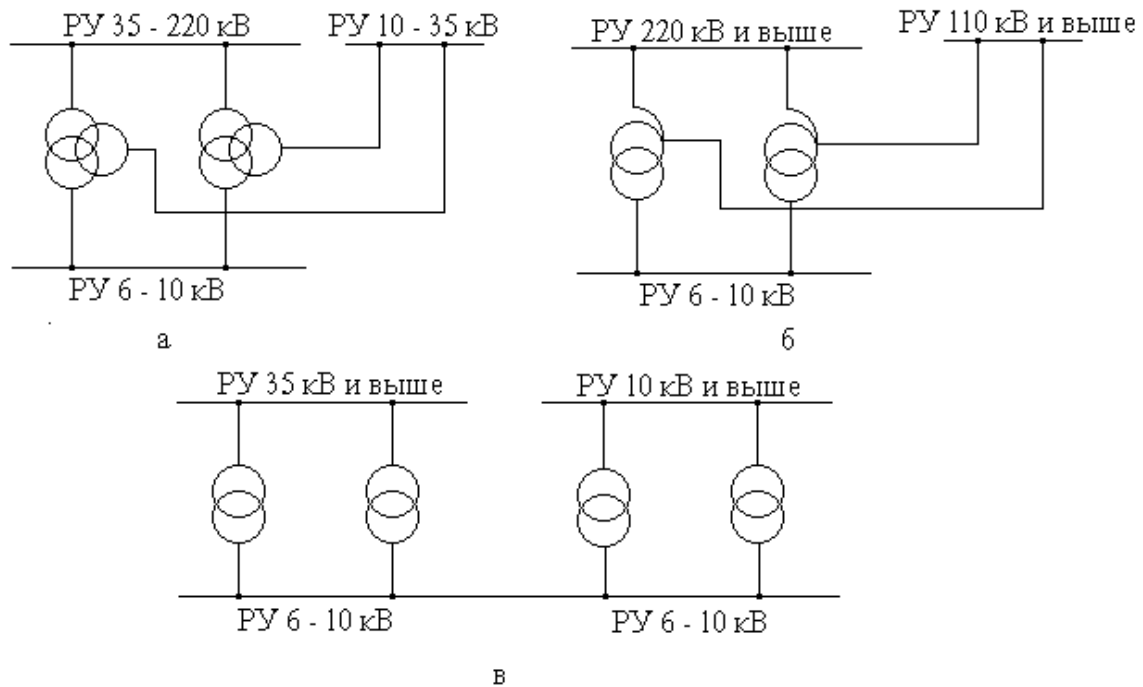
Первичное напряжение подстанции может быть 35, 110 кВ и выше. Мощность, поступающая из сети высшего напряжения, может распределяться только на низшем напряжении 6 - 10 кВ (рисунок 2.1) или на двух напряжениях среднем, 10 кВ и выше, и низшем (рисунок 2.2). На низшем напряжении для повышения $\cos \varphi$ могут быть установлены синхронные компенсаторы или батареи статических конденсаторов.

Если от шин подстанции получают электроэнергию потребители первой категории, то, как правило, устанавливаются два трансформатора. При наличии потребителей только второй и третьей категорий может быть установлено как два, так и один трансформатор. Один трансформатор устанавливается в том случае, если в системе есть передвижной резерв, который может быть доставлен в течение не более суток, и если ущерб от недоотпуска электроэнергии компенсируется уменьшением капиталовложений за счёт отказа от установки второго трансформатора.



а - с двумя трансформаторами; б - с одним трансформатором

Рисунок 2.1 Варианты схем подстанций с распределением мощности только на низшем напряжении 6 - 10 кВ.



а - с двумя трёхобмоточными трансформаторами; б - с двумя автотрансформаторами, в - с двухобмоточными трансформаторами

Рисунок 2.2 - Варианты схем подстанции, распределяющей мощность на двух напряжениях: среднем и низшем

При наличии на подстанции трёх распределительных устройств могут быть рассмотрены различные варианты схем как с трёхобмоточными трансформаторами или автотрансформаторами, так и с двухобмоточными трансформаторами (рисунок 2.2).

Если среднее напряжение 35 кВ, то устанавливают трёхобмоточные трансформаторы (рисунок 2.2, а); если среднее напряжение 110 кВ и выше, то устанавливают автотрансформаторы (рисунок 2.2, б).

Для выбора номинальной мощности трансформаторов намеченных вариантов необходимо построить графики активной, реактивной и полной мощности, передаваемой через обмотки трансформаторов в следующих режимах:

- нормальном зимнем и летнем, в работе находятся оба синхронных компенсатора или две батареи статических конденсаторов;
- аварийном, при отключении одного синхронного компенсатора или одной батареи статических конденсаторов в период наибольших нагрузок, т. е. в зимнее время.

Для составления графиков полной мощности необходимо определить активную мощность. Активная мощность определяется по формуле

$$P_i = \frac{n_i \%}{100} \cdot P_{макс}$$

где P_i – мощность на i -той ступени суточного графика, МВт;

$n_i\%$ – ордината соответствующей ступени суточного типового графика, %;

$P_{макс}$ – максимальная нагрузка подстанции, указанная в задании, МВт;

Для построения графиков полной мощности, передаваемой через обмотки трансформаторов необходимо построить предварительно графики реактивной мощности на среднем, низшем и высшем напряжениях с учётом реактивной мощности, вырабатываемой синхронными компенсаторами или статическими конденсаторами на низшем напряжении.

Реактивная мощность определяется по формуле

$$Q_i = P_i \operatorname{tg} \varphi, \text{ Мвар}$$

где Q_i - реактивная мощность, передаваемая через обмотку трансформатора, Мвар;
 $\operatorname{tg} \varphi$ - коэффициент мощности, рассчитываем через $\cos \varphi$.

Необходимая реактивная мощность для повышения $\cos \varphi$ Q_{KV} определяется по формуле

$$Q_{KV} = P_{ни} (\operatorname{tg} \varphi_{ни} - \operatorname{tg} \varphi_{ж}) , \text{ Мвар}$$

где $P_{ни}$ - максимальное значение активной мощности нагрузки на низшем напряжении, МВт;

$\operatorname{tg} \varphi_{ж}$ - значение желаемого коэффициента мощности;

$\operatorname{tg} \varphi_{ни}$ - значение заданного коэффициента мощности.

Реактивная потребляемая мощность трансформатора определяется по следующей формуле:

$$Q_{пот} = Q_{ни} + Q_{KV},$$

где $Q_{пот}$ - реактивная потребляемая мощность, Мвар.

Значения активной и реактивной мощностей определим по значению нагрузок на НН и СН соответственно.

Полная мощность на стороне СН определяется по формуле

$$S_{СН} = \sqrt{P_{СН}^2 + Q_{СН}^2}, \text{ МВА}$$

Полная мощность на стороне НН определяется по формуле

$$S_{НН} = \sqrt{P_{НН}^2 + Q_{пот}^2}, \text{ МВА}$$

Мощности на стороне ВН определяется по формуле

$$P_{ВН} = P_{СН} + P_{НН}, \text{ МВт}$$

$$Q_{ВН} = Q_{СН} + Q_{пот}, \text{ Мвар}$$

$$S_{ВН} = \sqrt{P_{ВН}^2 + Q_{ВН}^2}, \text{ МВА}$$

Расчёт перетоков мощности:

- для зимнего (максимального) режима работы;

- для летнего (минимального) режима работы;

- для аварийного режима работы

через обмотки трансформаторов сводится в таблицу 2.1.

По полученным значениям полной мощности строим графики полной мощности S_{\max} , S_{\min} , $S_{ав}$.

Таблица 2.1 - Перетоки мощности через обмотки трансформаторов связи

Мощность, передаваемая через обмотки трансформатора	Продолжительность ступеней графиков нагрузок по времени					
	0 - 6	6 - 10	10 - 14	14 - 18	18 - 20	20 - 24
P_{CH} , МВт						
Q_{CH} , Мвар						
S_{CH} , МВА						
P_{HH} , МВт						
Q_{HH} , Мвар						
$Q_{КУ}$, Мвар						
$Q_{потр}$, Мвар						
S_{HH} , МВА						
P_{BH} , МВт						
Q_{BH} , Мвар						
S_{BH} , МВА						

При построении графиков перетока мощности через обмотки трансформаторов связи при аварийном отключении одного из синхронных компенсаторов или одной батареи статических конденсаторов, следует учесть, что оставшийся в работе синхронный компенсатор или батарея статических конденсаторов должны быть загружены так, чтобы по возможности обеспечивали заданный график выработки реактивной мощности.

Выбор номинальной мощности трансформаторов связи производится на основании рассчитанных суточных графиков перетока мощности через обмотки трансформаторов.

Преобразование суточного графика перетока мощности в эквивалентный двухступенчатый график необходимо производить в соответствии [1,2].

Трансформатор выбирается по мощности наиболее загруженной обмотки в нормальном режиме работы. При выборе номинальной мощности трансформатора нужно стремиться к тому, чтобы в нормальных условиях работы он не испытывал перегрузок, приводящих к сокращению нормального срока службы.

Опыт эксплуатации трансформаторов показывает, что они могут без ущерба, для нормального срока службы, работать в течение части суток с нагрузкой, превышающей номинальную, если в другую часть рассматриваемого периода их нагрузка меньше номинальной. Критерием допустимости того или иного режима является не номинальная мощность трансформатора, а износ изоляции в рассматриваемый период. Если при выборе трансформаторов руководствоваться только номинальной мощностью, то они во время эксплуатации будут недоиспользованы. Выбор номинальной мощности трансформатора производят по выражению

$$S_{н о м} = \frac{S_{м а, \alpha \bar{\alpha}}}{1,4}$$

Полученная мощность округляется до ближайшей стандартной.

Затем $S_{н о м}$ наносится на суточный график в виде прямой линии.

При аварийном отключении трансформатора нагрузка оставшегося в работе трансформатора может значительно превзойти их номинальную мощность, выбранную из условий нормальной работы. В таких случаях следует проверить допустимость аварийной перегрузки трансформатора, при которой имеет место повышенный износ изоляции.

Для оценки возможности систематической и аварийной перегрузок трансформатора необходимо суточный график перетока мощности преобразовать в эквивалентный (в тепловом отношении) двухступенчатый.

Выбранный трансформатор проверяется на аварийную перегрузку. Для этого задаются средней температурой охлаждающего воздуха и по графику определяется суммарное количество часов перегрузки трансформатора свыше номинальной мощности h .

Затем определяется начальная нагрузка (K_1) из выражения

$$K_1 = \frac{1}{n \cdot S_n} \sqrt{\frac{S_1^2 \Delta t_1 + S_2^2 \Delta t_2 + \dots + S_m^2 \Delta t_m}{S_m \Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_m}},$$

где S_m – средняя мощность интервала длительностью Δt_m .

По таблице 11 ГОСТ 14209-97 для известных K_1 и h , а также температуры окружающей среды и способа охлаждения трансформатора определяется допустимая аварийная нагрузка k_2 . Затем выбранный трансформатор проверяется на перегрузочную способность по ГОСТ 14209-97

$$S_{ном} \cdot k_2 \geq S'_m$$

где k_2 – коэффициент аварийной перегрузки при отключении одного из трансформаторов во время аварии, определяется по таблицам аварийных перегрузок [3].

После проверки трансформаторов на перегрузочную способность, необходимо произвести расчет потерь энергии в них и технико-экономическое сравнение вариантов структурных схем подстанции согласно [1, 2]. Для удобства сопоставления вариантов проектируемой подстанции результаты расчетов капиталовложений следует свести в таблицу 2.2, а результаты расчета приведенных затрат – в таблицу 2.3.

Таблица 2.2 - Капиталовложения по вариантам проектируемой подстанции

Наименование оборудования	Количество	Заводская стоимость, тыс. тенге	Коэффициент перерасчета α	Расчётная стоимость, тыс. тенге
Итого по варианту				

Таблица 2.3 Приведённые затраты по вариантам проектируемой подстанции

Номер варианта проектируемой подстанции	1	2	3	4
Капиталовложения K , тыс. тенге				
Годовые издержки I , тыс. тенге				
Расчётные затраты Z , тыс. тенге				

Экономичным вариантом будет вариант с меньшими расчётными затратами.

Для выбранного варианта необходимо произвести расчет токов короткого замыкания в объеме необходимом для выбора аппаратов и проводников и решения вопроса об их ограничении при выборе схем электрических соединений. Расчет токов короткого замыкания необходимо выполнять в соответствии [1]. Рассчитанные значения токов короткого замыкания необходимо свести в таблицу 2.4.

Таблица 2.4 - Величины токов короткого замыкания

Точка КЗ	Источник	$I_{n,o}^{(3)}, кА$	$i_y^{(3)}, кА$	$I_{n,\tau}^{(3)}, кА$	$i_{a,\tau}^{(3)}, кА$
К1	Система				
	Синхронный компенсатор				
	Суммарное значение				
К2					
и так далее					

Коммутационные аппараты (выключатели, разъединители, отделители и короткозамыкатели) выбираются по условиям длительной работы и проверяются по условиям короткого замыкания согласно [1, 2]. Результаты выбора коммутационных аппаратов необходимо представить в табличной форме.

Выбор измерительных трансформаторов тока и напряжения производят согласно [1, 2] и оформляют так же в виде таблиц.

Выбор сборных шин и токопроводов распределительных устройств подстанции производят согласно [1, 2, 3]. В закрытых распределительных устройствах (ЗРУ) 6 - 20 кВ ошиновка и сборные шины выполняются, как правило, жёсткими алюминиевыми шинами, укрепленными на изоляторах.

При токах до 3000 А применяются одно- и двухполосные шины. При больших токах используются шины коробчатого сечения, т. к. они обеспечивают меньшие потери от эффекта близости и поверхностного эффекта, а также лучшие условия охлаждения.

Для ошиновки и сборных шин открытых распределительных устройств (ОРУ) 35 кВ и выше используются обычно сталеалюминевые многопроволочные провода, закрепляемые на изоляторах.

После выбора шин и токопроводов производится расчёт и выбор опорных и проходных изоляторов.

Порядок выбора и проверки шин и токопроводов по условиям токов короткого замыкания подробно изложен в [1,2].

3 ВЫБОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

К проектированию электрических схем распределительных устройств приступают после выбора принципиальной схемы проектируемой подстанции. Подстанции классифицируются по месту их положения в сети: тупиковые, конечные, проходные и узловы.

На низшем напряжении 6 - 10 кВ подстанций применяются следующие две схемы: одна секционированная система шин или две секционированные системы шин.

Две секционированные системы шин применяются в том случае, если на подстанции для ограничения токов КЗ используются трансформаторы с расщеплённой обмоткой или в цепи трансформаторов устанавливаются сдвоенные групповые реакторы, секции работают только раздельно. Число присоединений к одной секции не должно превышать 7-8.

Схемы, применяемые на повышенном напряжении, зависят от типа подстанции, напряжения и числа присоединений.

На тупиковых подстанциях применяются следующие две схемы: блока или мостика. Обе схемы выполнены как без выключателей, так и с выключателями. Выключатель в схеме мостика часто устанавливают в перемычке, а иногда, кроме того, и в линиях. На напряжениях 330 кВ и выше возможно применение схемы "квадрат".

На двухтрансформаторных конечных и проходных подстанциях применяются схемы мостиков с отделителями и короткозамыкателями или выключателями, а также схема "квадрат". На проходных подстанциях, включенных в расщепку линии с односторонним питанием, устанавливают ремонтную перемычку из двух разъединителей.

На узловых подстанциях, т. е. с тремя линиями и более, из которых две связывают подстанцию с источником энергии, применяются схемы двойного мостика, схемы многоугольника, шины - трансформаторы, а при большом числе линий в зависимости от напряжения применяются схемы: одна секционированная система шин, две рабочие системы шин, одна секционированная система шин с обходной, две рабочие системы шин с обходной.

4 ВЫБОР ТРАНСФОРМАТОРОВ СОБСТВЕННЫХ НУЖД

Состав потребителей собственных нужд подстанций зависит от типа подстанции, мощности трансформаторов, типа применяемого коммутационного электрооборудования на распределительных устройствах и наличия синхронных компенсаторов.

Мощность потребителей собственных нужд подстанций невелика и поэтому они питаются от сети 0,4 кВ, которая получает питание от понижающих трансформаторов.

Мощность трансформаторов собственных нужд выбирается по нагрузкам, в соответствии с таблицами 4.1 и 4.2 с учётом коэффициента спроса. В ориентировочных расчётах можно принять коэффициент спроса $k_C=0,8$, а $\cos \varphi=0,85$ для двигательной нагрузки.

Расчётная нагрузка собственных нужд подстанции определяется по выражению

$$S_{PAC} = k_C \sqrt{P_{уст}^2 + Q_{уст}^2}$$

Мощность трансформаторов собственных нужд выбирается

- при двух трансформаторах собственных нужд на подстанции без постоянного дежурства и при одном трансформаторе собственных нужд

$$S_T \geq S_{PAC};$$

- при двух трансформаторах собственных нужд на подстанции с постоянным дежурством

$$S_T \geq \frac{S_{PAC}}{k_{II}}$$

где k_{II} - коэффициент допустимой аварийной перегрузки, который можно принять равным 1,4.

Предельная мощность каждого трансформатора собственных нужд должна быть не более 630 кВА.

Таблица 4.1 - Установленная мощность устройств охлаждения трансформаторов

Тип трансформатора	$P_{уст, дв, кВ}$	Тип трансформатора	$P_{уст, дв, кВ}$
ТД - 10000/35	1,5	ТРДН - 32000/220	3,0
ТД - 16000/35	2,0	ТРДН - 40000/220	3,0
ТДНС - 10000/35	1,5	ТРДН - 63000/220	5,5
ТДНС - 16000/35	2,0	ТРДЦН - 63000/220	29,6
ТРДНС - 25000/10; 35	2,5	ТРДЦН - 100000/220	29,6
ТРДНС - 32000/15; 35	3,0	ТРДЦН - 160000/220	44,4
ТРДНС - 40000/20; 35	4,0	ТРДНС - 40000/330	5,0
ТРДНС - 63000/35	5,0	ТРДЦН - 63000/330	22,2
ТДТН - 35	1,5	ТДТН - 25000/220	5,0
ТДТН - 16000/35	2,5	ТДТН - 40000/220	4,5
ТДН - 10000/110	1,0	АТДЦТН- 63000/220/110	22,2
ТДТН - 10000/110	1,0	АТДЦТН-125000/220/110	29,6
ТДН - 16000/110	1,5	АТДЦТН-200000/220/110	44,4
ТДТН - 16000/110	2,0	АТДЦТН-250000/220/110	51,8
ТДН - 25000/110	2,5	АТДЦТН-125000/330/110	37,0
ТРДН - 25000/110	2,5	АТДЦТН-200000/330/110	44,4
ТДТН - 25000/110	2,5	АТДЦТН-250000/330/150	51,8
ТДН - 40000/110	3,0	АТДЦТН-400000/330/150	59,2
ТРДН - 40000/110	3,0	АОДЦТН-133000/330/220	37,0
ТДТН - 40000/110	3,5	АТДЦТН-250000/500/110	44,4
ТДН - 63000/110	4,0	АТДЦТН-500000/500/220	124,0
ТРДН - 63000/110	4,0	АОДЦТН-167000/500/220	29,6
ТДТН - 63000/110	4,5	АОДЦТН-267000/500/220	44,4
ТДН - 80000/110	5,0	АОДЦТН-167000/500/330	29,6
ТРДН - 80000/110	5,0	АОДЦТН-267000/750/220	92,4
ТДТН - 80000/110	7,5	АОДЦТН-333000/750/330	108,0
ТДЦТН - 80000/110	29,6	АОДЦТН-417000/750/500	124,0
ТРДЦН - 125000/110	29,6		

На подстанциях с постоянным оперативным током трансформаторы собственных нужд присоединяются к шинам 6 - 35 кВ на подстанциях с переменным оперативным током трансформаторы собственных нужд присоединяются отпайкой к вводу главных трансформаторов. Это необходимо для возможности управления выключателями 6 - 10 кВ при полной потере напряжения на шинах 6 - 10 кВ.

Таблица 4.2 - Потребители собственных нужд подстанций

Вид потребителя	Мощность на единицу, кВт
Подогрев выключателей и приводов (на три полюса):	
МКП - 35	4,4
С - 35-630-10	2,8
С - 35-3200-50	4,4
МКП - 110	15,8
У - 110-2000-50	11,3
ВВБ - 110	1,8
ВВБ - 220	3,6
У - 220-2000-40	54,8
У - 220-3200-40	42,9
ВВБ - 330	4,6
Подогрев шкафов КРУН и КРУ - 10	1,0
Подогрев приводов разъединителей, отделителей, короткозамыкателей, шкафа зажимов	0,6
Подогрев релейного шкафа	1,0
Отопление, освещение, вентиляция:	
ОПУ	60, - 110,0
ЗРУ 6 - 10 кВ	5,0 - 7,0
ЗРУ, совмещённого с ОПУ	20,0 - 30,0
здание разъездного персонала	5,5
Вспомогательное оборудование синхронных компенсаторов:	
КСВ - 37500	140,0
КСВ - 50000	165,0
КСВ - 100000	205,0
Освещение ОРУ 110, 220 кВ при:	
пяч ≤ 3	2,0
пяч > 3	5,0 - 10,0
Компрессорная (на один агрегат):	
электродвигатели	20,0 - 40,0
отопление, освещение	15,0 - 30,0
Маслохозяйство	75,0 - 400,0
Подзарядно-зарядный агрегат ВАЗП	2×23,0

5 ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Пояснительная записка, являющаяся важной частью курсовой работы, характеризует способность студента излагать и обосновывать принятые в проекте решения. Пояснительная записка выполняется на листах формата А4 и представляется к защите в сброшюрованном виде.

Пояснительная записка должна содержать:

- задание на курсовую работу;
- оглавление;

- введение, в котором даётся общая характеристика поставленной задачи, технические и экономические особенности проектируемой подстанции, применённые в проекте технические решения и новая техника;

- основной материал проекта;

- список литературы.

Пояснительная записка должна быть составлена чётко, ясно, технически и стилистически грамотно. Все изложение в пояснительной записке следует вести от третьего лица (например “принимаем”, “выбираем” и т. д.)

Нумерация страниц должна быть сквозной: первой страницей является задание на курсовой проект, второй - оглавление и т. д. Страницы с рисунками и таблицами включаются в общую нумерацию. Порядковые номера страниц проставляются в правом верхнем углу.

Текст пояснительной записки делится на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всей пояснительной записки, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацевого отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделённых точкой. В конце номера подраздела точки не ставятся. Разделы и подразделы могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Разделы и подразделы должны иметь заголовки. Заголовки должны чётко и кратко отражать содержание разделов и подразделов.

Заголовки следует писать или печатать с прописной буквы без точки в конце, не подчёркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Каждый раздел пояснительной записки рекомендуется начинать с новой страницы.

Если в записке приводится заимствованный материал, необходимо делать ссылку на соответствующий источник, помещённый в список литературы. Ссылка делается указанием порядкового номера источника по списку, помещаемого в квадратных скобках, например [1].

Формулы, приводимые в записке, должны помещаться в отдельной строке. Пояснения символов и числовых коэффициентов, входящих в формулу, если они не пояснены ранее в тексте, должны быть приведены непосредственно под формулой. Пояснения каждого символа следует давать с новой строки в той последовательности, в которой символы приведены в формуле.

Формулы, за исключением формул, помещаемых в приложении, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках.

Ссылки в тексте на порядковые номера формул дают в скобках, например, ... в формуле (2).

Формулы, размещённые в приложениях, должны нумероваться отдельной нумерацией арабскими цифрами в пределах каждого приложения с добавлением перед каждой цифрой обозначения приложения, например формула (А3).

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделённых точкой, например (2.5).

Пояснительная записка заканчивается списком использованной литературы; источники в списке располагаются в порядке появления ссылок на них в тексте записки. После порядкового номера источника указывают фамилию и инициалы автора (или авторов), полное заглавие книги, место издания полностью (кроме сокращений: Ленинград - Л., Москва - М.), название издательства, год издания, количество страниц; при ссылке на статью после заглавия указывают название журнала, год и номер журнала или тома, страницы, на которых помещена статья. Все эти сведения следует указывать не столбцом, а в строку. В случае ссылки на стандарт указывают обозначение и наименование стандарта, например:

1. Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. Электрическая часть станций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 608 с.

2. Электрическая часть станций и подстанций / А. А. Васильев, И. П. Крючков, Е. Ф. Наяшкова и др.; Под ред. А. А. Васильева. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 576 с.

3. ГОСТ 2.105 - 95. Общие требования к текстовым документам. - М.: Издательство стандартов, 1996. - 37 с.

При необходимости в пояснительной записке после списка литературы могут быть помещены приложения, в которые выносятся вспомогательные материалы, загромождающие основной текст записки (таблицы вспомогательных функций и расчётов, программы расчёта на ЭВМ и т. п.).

В пояснительной записки на все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке ссылок на них в пояснительной записке.

6 ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Чертежи выполняются формата А1. Все чертежи должны быть выполнены в соответствии со всеми правилами, установленными стандартами ЕСКД, и давать полное представление об изображаемом объекте.

Схемы электрических соединений следует выполнять в условных графических обозначениях согласно ГОСТ.

Коммутационные аппараты на схемах показывают, как правило, в отключенном положении, т. е. отсутствии тока во всех цепях и отсутствия внешних принудительных сил, действующих на подвижные контакты. Наряду с этим в курсовых проектах можно показать коммутационные аппараты в положении, соответствующим нормальным условиям эксплуатации установки, о чём должно быть сделано соответствующее примечание на схеме.

В главной схеме электрических соединений подстанции должны быть показаны повышающие трансформаторы (автотрансформаторы), сборные шины всех напряжений и отходящие от них воздушные и кабельные линии (при большом числе линий указывают, сколько и каких линий присоединено к сборным шинам).

В схеме собственных нужд должны быть показаны трансформаторы собственных нужд секции шин 0,4 кВ.

На схемах электрических соединений должны быть показаны установленные во всех цепях коммутационные аппараты, реакторы, трансформаторы напряжения, разрядники, а также заземления нейтралей (глухие, через дугогасительные катушки и разрядники). Заземляющие ножи разъединителей достаточно показать только в характерных цепях; электроизмерительные приборы во всех характерных присоединениях и на сборных шинах всех напряжений.

ЛИТЕРАТУРА

1 Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.(ИнЕУ)

2 Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.(ИнЕУ)

3 ГОСТ 14209-97. Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки. - Введ. с 01.07.97 - М.: Изд-во стандартов, 1997. - 30 с.

4 Васильев А.А., Крючков И.П., Наяшкова Е.Ф., Околович М.Н. Электрическая часть станций и подстанций.- М., Энергоатомиздат, 1990.- 575 с. (ИнЕУ)

5 Рожкова Л.Д., Карнеева Л.К., Чиркова Т.В. Электрооборудование электрических станций и подстанций.- М., Академия, 2008.(ИнЕУ)

6 Рожкова Л.Д., Карнеева Л.К., Чиркова Т.В. Электрооборудование электрических станций и подстанций.- М., Академия, 2005.- 448 с.(ИнЕУ)

7 Электротехнический справочник. В 3 т. Т. 2. Электротехнические изделия и устройства/ Под общ. ред. профессоров МЭИ: И. Н. Орлова (гл. ред.) и др. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 712 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

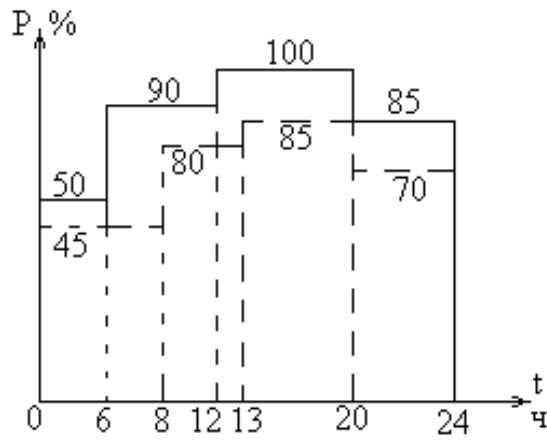
Таблица А1

Последняя цифра зачетной книжки	Напряжение, кВ		Нагрузка		Коэффициент мощности			Параметры энергосистемы			
	$U_{ВН}$	$U_{СН}$	$U_{НН}$	$P_{МАКС}^{СН}$, МВт	$P_{МАКС}^{НН}$, МВт	$\cos \varphi_{СН}$	$\cos \varphi_{НН}$	$\cos \varphi_{Ж}$	$S_{кз}$, МВА	Кол. линий	L, км
1	110	35	6	30	25	0,87	0,85	0,93	1200	2	15
2	110	35	10	28	20	0,89	0,87	0,92	1000	2	20
3	220	35	6	20	25	0,85	0,89	0,95	1500	2	50
4	220	35	10	25	15	0,88	0,86	0,93	1300	2	40
5	110	35	6	35	28	0,85	0,88	0,95	1100	2	25
6	220	110	6	60	45	0,85	0,88	0,93	1600	2	80
7	220	110	10	55	40	0,89	0,83	0,95	1700	2	70
8	220	35	6	25	15	0,82	0,87	0,93	1900	2	50
9	220	110	6	38	50	0,87	0,85	0,92	1800	2	75
0	220	110	10	65	80	0,86	0,89	0,94	1400	2	85

Таблица А2

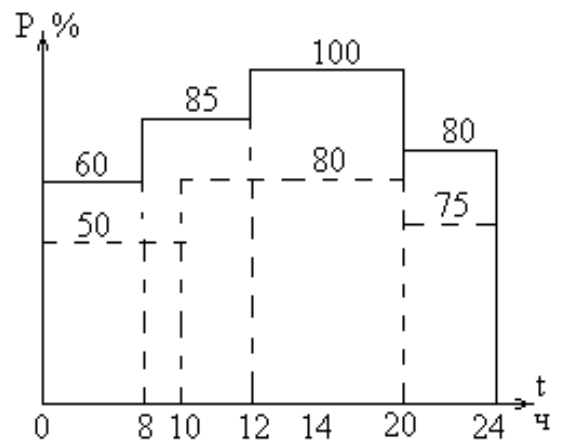
Предпоследняя цифра зачетной книжки	Начальная буква фамилии											
	от А до Д		от Е до К		от Л до О		от П до Р		от У до Ч		от Ш до Я	
	Номер графика		Номер графика		Номер графика		Номер графика		Номер графика		Номер графика	
	$P_{СН}$	$P_{НН}$	$P_{СН}$	$P_{НН}$	$P_{СН}$	$P_{НН}$	$P_{СН}$	$P_{НН}$	$P_{СН}$	$P_{НН}$	$P_{СН}$	$P_{НН}$
1	1	8	2	9	3	0	4	7	5	6	3	4
2	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	6
3	3	5	5	6	7	8	9	0	9	2	8	3
4	4	0	0	1	4	2	3	4	4	0	8	9
5	5	4	3	0	9	1	1	9	9	5	0	8
6	6	7	1	2	3	4	2	0	6	4	9	4
7	7	9	8	1	6	0	3	9	7	1	5	2
8	8	4	5	9	0	3	1	2	3	7	9	7
9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	2	5
0	0	2	1	4	2	5	3	8	6	0	4	7

ГРАФИКИ НАГРУЗОК ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

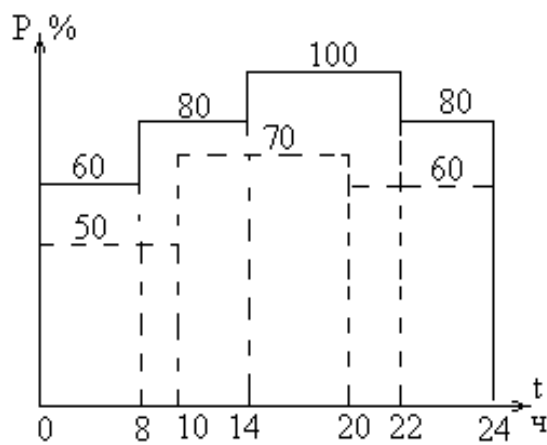


①

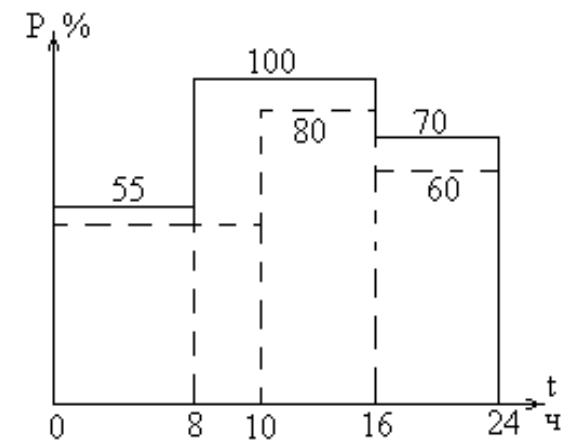
— - зима
- - - лето



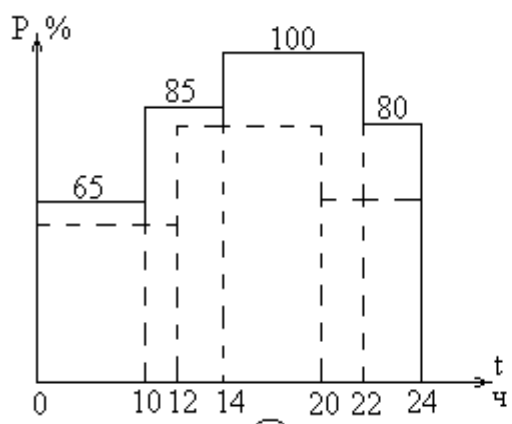
②



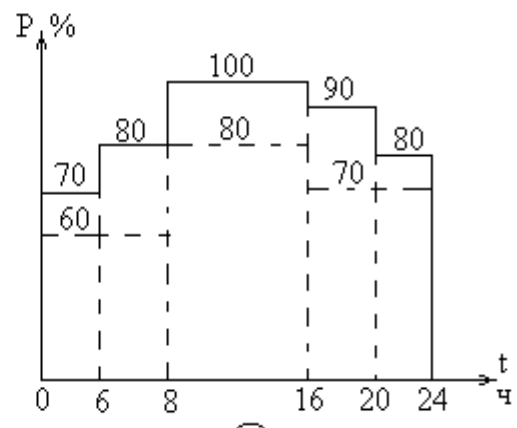
③



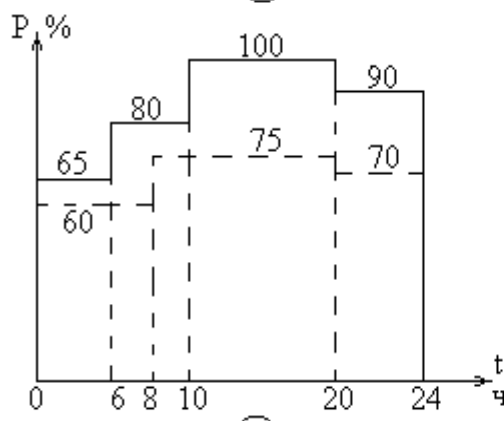
④



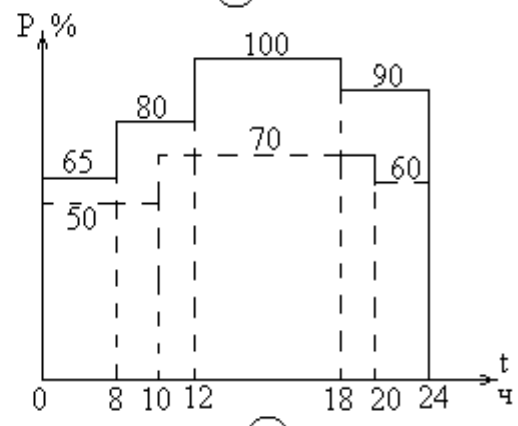
⑤



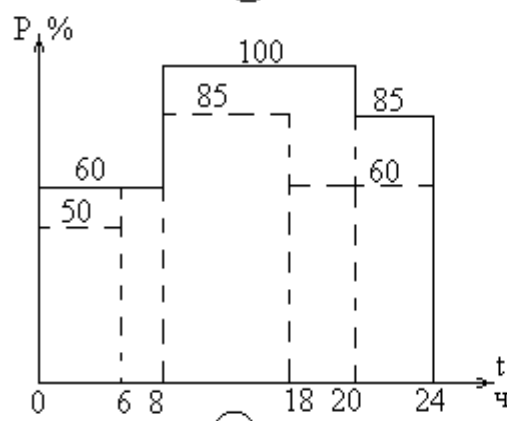
⑥



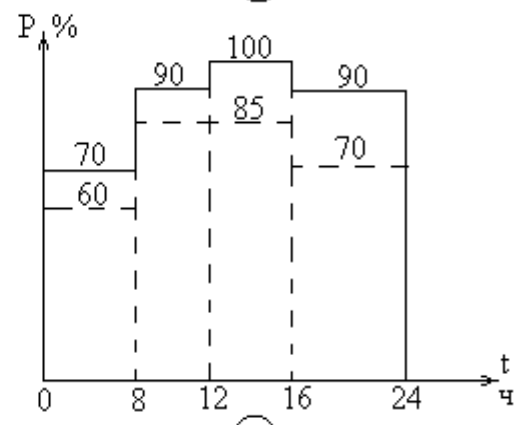
⑦



⑧



⑨



⑩