

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к контрольной работе по дисциплине
«Электроснабжение»:
«Определение расчетных нагрузок в городских СЭС»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Ставрополь 2026

Методические рекомендации по выполнению контрольной работы составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Электроснабжение» и Положения об учебно-методическом комплексе дисциплины к подготовке выпускника для получения степени бакалавр.

Предназначены для студентов, обучающихся по направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Составители:

Макаров В.П.

Жуков М.В., Мачеев В.А.

Рецензенты:

Содержание

Предисловие

- 1 Содержание контрольной работы по темам программ дисциплины
- 2 Формулировка задания и его объем
- 6 Список рекомендуемой литературы

Предисловие

Электрическая нагрузка является определяющей при решении задач проектирования и управления энергетическими объектами. Особенно актуальны вопросы оценки электрических нагрузок для систем электроснабжения, так как они доводят электрическую энергию непосредственно до электроприемников. Активные и реактивные нагрузки отдельных потребителей являются случайными функциями многих переменных величин. Они зависят от организации бытовых и трудовых режимов населения, технологических особенностей работы потребителей и т.д. Это обстоятельство приводит к сложности физико-математического представления электрической нагрузки при решении задач проектирования и управления. Несмотря на это, в настоящее время сформированы методики, позволяющие представить электрическую нагрузку в той или иной форме при решении определенных задач.

С учетом допустимой температуры проводников в качестве расчетного принимается тридцатиминутный максимум нагрузки.

Основой расчета электрической нагрузки жилого дома являются нагрузки квартир, отличающиеся видом кухонной плиты, к ним добавляются нагрузки силовых электроприемников. Далее определяются нагрузки общественных зданий и промышленных предприятий. Следующим этапом является определение нагрузок распределительных линий напряжением до 1000 В и трансформаторных подстанций, а затем – сетей напряжением 10 (6) – 20 кВ.

1 Содержание контрольной работы по темам программ дисциплины

1.1 Определение электрических нагрузок зданий (квартир) и коттеджей

1.1.1 Основные исходные положения

Расчеты электрических нагрузок производились с использованием математической модели случайных процессов формирования расчетной нагрузки.

Оценка вероятностных моментов нагрузки (математическое ожидание и дисперсия) выполнялась на базе методов имитационного моделирования.

Оценка наличия конкретных типов электробытовых приборов и машин в настоящее время и на перспективу производилась на основании: статистического анализа и экспертных оценок вероятностных параметров и режимов работы приборов, анализа данных по структуре застройки (плотности, этажности, оснащения предприятиями сферы обслуживания) и параметров средней квартиры (площади, вида приготовления пищи и др.). Для оценки нагрузки квартиры с заданной вероятностью использовались результаты эмпирических и теоретических исследований законов распределения колебаний нагрузок.

При определении новых нормативов нагрузок жилых зданий (квартир) для двух уровней электрификации (с газовыми или электрическими плитами) оценивались режимы электропотребления перспективного набора электробытовых приборов и машин в квартире (коттедже). Рассматривались данные по установленной мощности приборов и машин, определялся суточный расход электроэнергии, возможное время работы каждого прибора и машины и средняя вероятность их включения в период максимума нагрузки (коэффициент спроса).

Вероятность несовпадения максимума нагрузок зданий (квартир) и других коммунально-бытовых потребителей при определении расчетных

нагрузок элементов сети учитывается с помощью соответствующих коэффициентов участия и совмещения максимумов нагрузок.

В исследованиях при числе квартир меньше 30 учитывалось, что расчетная нагрузка отдельной квартиры (коттеджа) или небольшого числа квартир (коттеджей) определяется приборами редкого пользования, но значительной установленной мощности. К таким приборам относятся: стиральные машины с подогревом воды, джакузи, посудомоечные машины с подогревом воды, электрические чайники, электрические сауны в коттеджах и другие. Для таких приборов определялись коэффициенты спроса (средняя вероятность включения каждого из них) с последующим суммированием их расчетных нагрузок с нагрузками всех прочих приборов малой мощности, которые определялись с использованием усредненного значения коэффициента спроса.

Расчеты показали, что прирост нагрузки за счет увеличения площади квартиры незначителен, поскольку происходит только за счет нагрузки освещения и приборов малой мощности (холодильника, телевизора, магнитофона и пр.) Это обстоятельство позволяет удельные нагрузки принимать для квартиры средней общей площади, и корректировка здесь неоправданна.

Перечень (номенклатура) электробытовых приборов и их установленная мощность приводятся в таблице 1.

1.1.2 Исходные данные для расчетов электрических нагрузок жилых зданий (квартир) и коттеджей на перспективу

1. Средняя площадь квартиры (общая), м ² :	
– типовых зданий массовой застройки	70
– здания с квартирами повышенной комфортности (элитные) по индивидуальным проектам	150

2. Площадь (общая) коттеджа, м	150 – 600
3. Средняя семья	3,0 чел.
4. Установленная мощность, кВт:	
– квартир с газовыми плитами	21,4
– квартир с электрическими плитами в типовых зданиях	32,6
– квартир с электрическими плитами в элитных зданиях	39,6
– коттеджей с газовыми плитами	35,7
– коттеджей с газовыми плитами и электрическими саунами	48,7
– коттеджей с электрическими плитами	47,9
– коттеджей с электрическими плитами и электрическими саунами	59,9

Для квартир с газовыми плитами удельная расчетная нагрузка определяется следующими приборами: стиральной машиной с подогревом воды, посудомоечной машиной с подогревом воды, электропылесосом и прочими приборами небольшой мощности (освещение, телевизоры, холодильники и др.)

Для квартир с электрическими плитами в типовых зданиях добавляется электрическая плита, электрический чайник и джакузи (гидромассаж).

Для элитных квартир принимается электрическая плита большой мощности, добавляется вентилятор (кондиционер), СВЧ и большее количество прочих приборов малой мощности.

Для коттеджей, помимо всех вышеперечисленных приборов и машин, принималась большая нагрузка освещения и прочих приборов малой мощности и электрическая сауна.

Коэффициент спроса k_C для различного числа квартир (коттеджей), присоединенных к элементу сети, определяется значением средней расчетной вероятности. При присоединении 60 и менее квартир (коттеджей) k_C

определяется по биномиальному закону формирования максимума нагрузки – при большем числе квартир (коттеджей) по нормальному закону.

1.2 Нормативы для определения расчетных электрических нагрузок

1.2.1 Расчетные электрические нагрузки жилых зданий

Расчетная электрическая нагрузка квартир $P_{\text{кв}}$, кВт, приведенная к вводу жилого дома, определяется по формуле:

$$P_{\text{кв}} = P_{\text{кв.уд}} \cdot n, \quad (1)$$

где $P_{\text{кв.уд}}$ – удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир (зданий) по таблице 2, кВт/квартира; n – количество квартир.

При определении расчетной электрической нагрузки линии или на шинах 0,4 кВ ТП должны учитываться суммарное количество квартир, лифтовых установок и другого силового электрооборудования, питающегося от ТП, и потери мощности в питающих линиях 0,38 кВ.

Удельные расчетные электрические нагрузки электроприемников коттеджей принимаются по таблице 3, кВт/коттедж.

Расчетная электрическая нагрузка квартир и коттеджей с электрическим отоплением и электрическим водонагревом должна определяться по проекту внутреннего электрооборудования квартиры (здания), коттеджа в зависимости от параметров установленных приборов и режима их заботы (определяется теплотехнической частью проекта).

Расчетная нагрузка силовых электроприемников $P_{\text{с}}$, кВт, приведенная к вводу жилого дома, определяется по формуле

$$P_{\text{с}} = P_{\text{р.л.}} + P_{\text{ст.у.}} \quad (2)$$

Мощность лифтовых установок $P_{\text{р.л.}}$, кВт, определяется по формуле

$$P_{\text{р.л.}} = k'_c \cdot \sum_1^{n_{\text{л}}} P_{ni} \quad (3)$$

где k'_C – коэффициент спроса по таблице 4; n_L – количество лифтовых установок; P_{ni} – установленная мощность электродвигателя лифта, кВт.

Мощность электродвигателей насосов водоснабжения, вентиляторов и других санитарно-технических устройств $P_{CT.Y}$, кВт, определяется по их установленной мощности с учетом коэффициента спроса k_C по таблице 5;

$$P_{CT.Y} = k_C'' \cdot \sum_1^n P_{CT.Yi}. \quad (4)$$

Мощность резервных электродвигателей, а также электроприемников противопожарных устройств при расчете электрических нагрузок не учитывается.

Расчетная электрическая нагрузка жилого дома (квартир и силовых электроприемников) $P_{P.Ж.Д}$, кВт, определяется по формуле

$$P_{P.Ж.Д} = P_{KB} + k_Y \cdot P_C, \quad (5)$$

где P_{KB} – расчетная электрическая нагрузка квартир, приведенная к вводу жилого дома, кВт; P_C – расчетная нагрузка силовых электроприемников жилого дома, кВт; k_Y – коэффициент участия в максимуме нагрузки силовых электроприемников (равен 0,9).

Расчетные коэффициенты реактивной мощности жилых домов следует принимать по таблице 6.

Расчетная электрическая нагрузка жилых зданий микрорайона (квартала), $P_{P.MP}$, кВт, приведенная к шинам 0,4 кВ ТП, ориентировочно может определяться по формуле:

$$P_{P.MP} = P_{P.Ж.ЗД.УД} \cdot S \cdot 10^{-3}, \quad (6)$$

где $P_{P.Ж.ЗД.УД}$ – удельная расчетная нагрузка жилых зданий, Вт/м² приведена в таблице 7; S – общая площадь жилых зданий микрорайона (квартала), м².

Для районов Крайнего Севера удельные электрические нагрузки, приведенные в таблице 8, при соответствующих обоснованиях, могут быть

увеличены.

Летний максимум электрических нагрузок при применении бытовых кондиционеров воздуха в южных зонах следует определять введением к данным таблицы 7 коэффициентов:

Для застроек 1 – 2 этажа при расчетной температуре, °С

от 33 до 37	1,3
свыше 37	1,4

Для застроек 3 этажа и выше при расчетной температуре, °С

от 33 до 37	1,1
свыше 37	1,2

Электрические нагрузки наружного освещения улиц и площадей определяются согласно СНиП по естественному и искусственному освещению и Инструкции по проектированию наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов.

1.2.2 Электрические нагрузки общественных зданий и промышленных предприятий

Расчетные электрические нагрузки общественных зданий (помещений) следует принимать по проектам электрооборудования этих зданий; промышленных предприятий – по проектам электроснабжения предприятий или по соответствующим аналогам.

Укрупненные удельные нагрузки и коэффициенты мощности общественных зданий массового строительства для ориентировочных расчетов рекомендуется принимать по таблице 8.

1.2.3 Электрические нагрузки распределительных линий до 1 кВ

Расчетная электрическая нагрузка линии до 1 кВ (допускается использовать для подсчета нагрузок на шинах 0,4 кВ ТП) при смешанном питании потребителей жилых домов и общественных зданий (помещений),

$P_{р.л}$, кВт, определяется по формуле

$$P_{р.л} = P_{зд\ max} + \sum_1^n k_{yi} \cdot P_{зд\ i}, \quad (7)$$

где $P_{зд\ max}$ – наибольшая нагрузка здания из числа зданий, питаемых по линии, кВт; $P_{зд\ i}$ – расчетные нагрузки других зданий, питаемых по линии, кВт; k_{yi} – коэффициент участия в максимуме электрических нагрузок общественных зданий (помещений) или жилых домов (квартир и силовых электроприемников) по таблице 9.

Расчетная нагрузка может определяться также с использованием удельных показателей, приведенных в п.2.2.

Укрупненная расчетная электрическая нагрузка микрорайона (квартала), $P_{р.мр.}$, кВт, приведенная к шинам 0,4 кВ ТП, определяется по формуле:

$$P_{р.мр.} = (P_{р.ж.зд.уд.} + P_{общ.зд.уд.}) \cdot S \cdot 10^{-3}, \quad (8)$$

где $P_{общ.зд.уд.}$ – удельная нагрузка общественных зданий микрорайонного значения, принимаемая 6 Вт/м²; S – общая площадь жилых зданий микрорайона (квартала), м².

В укрупненных нагрузках общественных зданий микрорайонного значения учтены предприятия торговли и общественного питания, детские ясли-сады, школы, аптеки, раздаточные пункты молочных кухонь, приемные и ремонтные пункты, жилищно-эксплуатационные конторы (управления) и другие учреждения согласно СНиП по планировке и застройке городских и сельских поселений, а также объекты транспортного обслуживания (гаражи и открытые площадки для хранения автомашин).

Электрические нагрузки общественных зданий районного и городского значения, включая лечебные учреждения и зрелищные предприятия, определяются дополнительно согласно п. 1.2.2.

Электрические нагрузки взаиморезервируемых линий

(трансформаторов) при ориентировочных расчетах допускается определять умножением суммы расчетных нагрузок линий (трансформаторов) на коэффициент 0,9.

1.2.4 Электрические нагрузки сетей 10(6) кВ и ЦП

Расчетные электрические нагрузки городских сетей 10(6) кВ определяются умножением суммы расчетных нагрузок трансформаторов отдельных ТП, присоединенных к данному элементу сети (ЦП, РП, линии и др.), на коэффициент, учитывающий совмещение максимумов их нагрузок (коэффициент участия в максимуме нагрузок), принимаемый по таблице 10. Коэффициент мощности для линий 10(6) кВ в период максимума нагрузки принимается равным 0,92 (коэффициент реактивной мощности 0,43).

Для реконструируемых электрических сетей в районах сохраняемой жилой застройки при отсутствии существенных изменений в степени ее электрификации (например, не предусматривается централизованный переход на электропищеприготовление) расчетные электрические нагрузки допускается принимать по фактическим данным.

Расчетные нагрузки на шинах 10(6) кВ ЦП определяются с учетом несовпадения максимумов нагрузок потребителей городских распределительных сетей и сетей промышленных предприятий (питающихся от ЦП по самостоятельным линиям) путем умножения суммы их расчетных нагрузок на коэффициент совмещения максимумов, принимаемый по таблице 11.

Для ориентировочных расчетов электрических нагрузок города (района) на расчетный срок концепции развития города рекомендуется применять укрупненные удельные показатели, приведенные в таблице 12.

Значения удельного расхода электроэнергии коммунально-бытовых потребителей на расчетный срок концепции развития города принимаются по таблице 13.

2 Формулировка задания и его объем

Выбрать и рассчитать схему электроснабжения группы зданий микрорайона города. Для своего варианта (по второй цифре номера варианта) принять расположение зданий на рисунках 1 – 10 (масштаб 1:2000 при размере страницы А5), их характеристики взять из таблиц 14 и 15 (по первой цифре номера варианта).

Для вариантов (по второй цифре номера варианта) 1, 2, 3, 4, 5 принять плиты на природном газе, для вариантов (по второй цифре номера варианта) 6, 7, 8, 9, 0 – электрические.

В 6-9 этажных домах:

– лифты с электродвигателем мощностью 3 кВт;

В домах высотой 10 этажей и выше:

– лифты с электродвигателем мощностью 4,5 кВт;

– лифты с электродвигателем мощностью 7 кВт.

Мощность электродвигателей насосов водоснабжения, вентиляторов и других санитарно-технических устройств принять равной 3 кВт.

Питание ТП для всех вариантов – кабельная линия длиной 250 метров марки ААШВ–10 (3х95).

Номер варианта выдается преподавателем.

Базовый уровень. Определить расчетные нагрузки. Выбрать место размещения подстанции, число и мощность трансформаторов в подстанции. С учетом надежности электроснабжения потребителей выбрать и рассчитать распределительную сеть 0,4 кВ: выбрать сечения, определить отклонения напряжения для удаленных и близко расположенных потребителей, выбрать кабель. Выполнить чертеж генплана с нанесением зданий, ТП и линий (рекомендуется выполнять на миллиметровой бумаге (формат 297х420) или с использованием графических программ на ЭВМ).

Продвинутый уровень. Дополнительно к базовому уровню, выбрать аппаратуру в РУ 0,4 кВ трансформаторной подстанции.

Студент допускается к защите контрольной работы, если в ней не содержится ошибок принципиального характера и соблюдены все требования, предъявляемые к оформлению.

Защита контрольной работы осуществляется в устной форме после ее проверки преподавателем и отметки о разрешении к защите.

Таблица 1 – Номенклатура электробытовых приборов и машин

№№ пп	Наименование	Установленная мощность, Вт
1	Осветительные приборы	1800 – 3700
2	Телевизоры	120 – 140
3	Радио и прочая аппаратура	70 – 100
4	Холодильники	165 – 300
5	Морозильники	140
6	Стиральные машины без подогрева воды	600
	с подогревом воды	2000 – 2500
7	Джакузи	2000 – 2500
8	Электропылесосы	650 – 1400
9	Электроутюги	900 – 1700
10	Электрочайники	1850 – 2000
11	Посудомоечная машина с подогревом воды	2200 – 2500
12	Электрокофеварки	650 – 1000
13	Электромясорубки	1100
14	Соковыжималки	200 – 300
15	Тостеры	650 – 1050
16	Миксеры	250 – 400
17	Электрофены	400 – 1600
18	СВЧ	900 – 1300
19	Надплитные фильтры	250
20	Вентиляторы	1000 – 2000
21	Печи-гриль	650 – 1350
22	Стационарные электрические плиты	8500 – 10500
23	Электрические сауны	12000

* при общей площади квартир от 70 до 150 м²

Таблица 2 – Удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир жилых зданий, кВт/квартира

№№ пп	Потребители электроэнергии	Количество квартир													
		1-3	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600	1000
1	Квартиры с плитами*: – на природном газе – на сжиженном газе (в том числе при групповых установках) и на твердом топливе – электрическими мощностью до 8,5 кВт	4,5	2,8	2,3	2	1,8	1,65	1,4	1,2	1,05	0,85	0,77	0,71	0,69	0,67
		6	3,4	2,9	2,5	2,2	2	1,8	1,4	1,3	1,08	1	0,92	0,84	0,76
		10	5,9	4,9	4,3	3,9	3,7	3,1	2,6	2,1	1,5	1,36	1,27	1,23	1,19
2	Квартиры повышенной комфортности с электрическими плитами мощностью до 10,5 кВт**	14	8,1	6,7	5,9	5,3	4,9	4,2	3,3	2,8	1,95	1,83	1,72	1,67	1,62
3	Домики на участках садоводческих товариществ	4	2,3	1,7	1,4	1,2	1,1	0,9	0,76	0,69	0,61	0,58	0,54	0,51	0,46

* в зданиях по типовым проектам

** рекомендуемые значения

Продолжение таблицы 2

Примечания:

1. Удельные расчетные нагрузки для промежуточного числа квартир определяются интерполяцией.
2. Удельные расчетные нагрузки квартир включают в себя нагрузку освещения общедомовых помещений (лестничных клеток, подполий, технических этажей, чердаков и т.д.).
3. Удельные расчетные нагрузки приведены для квартир средней общей площадью 70 м² (квартиры от 35 до 90 м²) в зданиях по типовым проектам и 150 м² (квартиры от 100 до 300 м²) в зданиях по индивидуальным проектам с квартирами повышенной комфортности.
4. Допускается определять расчетную электрическую нагрузку квартир повышенной комфортности по проекту внутреннего электрооборудования квартиры (здания) в зависимости от набора устанавливаемых приборов и режима их работы, характеризующегося средней вероятностью включения (коэффициентом спроса) и несовпадения хозяйственных работ в квартире.
5. Удельные расчетные нагрузки не учитывают покомнатное расселение семей в квартире.
6. Удельные расчетные нагрузки не учитывают общедомовую силовую нагрузку, осветительную и силовую нагрузку встроенных (пристроенных) помещений общественного назначения, нагрузку рекламы, а также применение в квартирах электрического отопления, электроводонагревателей и бытовых кондиционеров (для элитных квартир нагрузка кондиционеров учитывается).
7. Для определения при необходимости утреннего или дневного максимума нагрузок следует применять коэффициенты:
 - 0,7 – для жилых зданий с электрическими плитами;
 - 0,5 – для жилых зданий с плитами на сжиженном газе и твердом топливе.
8. Электрическую нагрузку жилых зданий в период летнего максимума нагрузок можно определить, умножив приведенные в таблице нагрузки зимнего максимума на коэффициенты:
 - 0,7 – для квартир с плитами на природном газе;
 - 0,6 – для квартир с плитами на сжиженном газе и твердом топливе;
 - 0,8 – для квартир с электрическими плитами

Таблица 3 – Удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников коттеджей, кВт/коттетж

№№ пп	Потребители электроэнергии	Количество квартир									
		1-3	6	9	12	15	18	24	40	60	100
1	Коттеджи с плитами на природном газе	11,5	6,5	5,4	4,7	4,3	3,9	3,3	2,6	2,1	2,0
2	Коттеджи с плитами на природном газе и электрической сауной мощностью до 12 кВт	22,3	13,3	11,3	10,0	9,3	8,6	7,5	6,3	5,6	5,0
3	Коттеджи с электрическими плитами мощностью до 10,5 кВт	14,5	8,6	7,2	6,5	5,8	5,5	4,7	3,9	3,3	2,6
4	Коттеджи с электрическими плитами мощностью до 10,5 кВт и электрической сауной мощностью до 12 кВт	25,1	15,2	12,9	11,6	10,7	10,0	8,8	7,5	6,7	5,5

Примечания*:

1. Удельные расчетные нагрузки приведены для коттеджей общей площадью от 150 до 600 м².
2. Удельные расчетные нагрузки для коттеджей общей площадью до 150 м² без электрической сауны определяются по таблице 2 как для типовых квартир с плитами на природном или сжиженном газе, или электрическими плитами.
3. Удельные расчетные нагрузки не учитывают применения в коттеджах электрического отопления и электроводонагревателей.

* См. также примечания 1,7 и 8 в таблице 2.

Таблица 4 – Коэффициенты спроса лифтовых установок жилых домов k'_C

Количество лифтовых установок	Этажность жилого дома	
	до 12	более 12
2 – 3	0,8	0,9
4 – 5	0,7	0,8
6	0,65	0,75
10	0,5	0,6
20	0,4	0,5
25 и выше	0,35	0,4

Таблица 5 – Коэффициенты спроса электродвигателей санитарно-технических устройств k_C

Количество электродвигателей	k_C
2	1 (0,8)*
3	0,9 (0,75)
5	0,8 (0,7)
8	0,75
10	0,7
15	0,65
20	0,65
30	0,6
50	0,55

* В скобках приведены значения для электродвигателей единичной мощности свыше 30 кВт.

Таблица 6 – Расчетные коэффициенты реактивной мощности жилых домов

Потребитель электроэнергии	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
Квартиры с электрическими плитами	0,98	0,2
Квартиры с плитами на природном, газообразном или твердом топливе	0,96	0,29
Хозяйственные насосы, вентиляционные и другие санитарно-технические устройства	0,8	0,75
Лифты	0,65	1,17

Таблица 7 – Удельные расчетные электрические нагрузки, Вт/м², жилых зданий на шинах 0,4 кВ ТП

№№ пп	Этажность застройки	Здание с плитами		
		на природном газе	на сжиженном газе или твердом топливе	электрическими
1	1 – 2 этажа	15,0/0,96	18,4/0,96	20,7/0,98
2	3 – 5 этажей	15,8/0,96	19,3/0,96	20,8/0,98
3	Более 5 этажей с долей квартир выше 6 этажей			
	20%	15,6/0,94	17,2/0,94	20,2/0,97
	50%	16,3/0,93	17,9/0,93	20,9/0,97
	100%	17,4/0,92	19,0/0,92	21,8/0,96
4	Более 5 этажей с квартирами повышенной комфортности (элитными)			17,8/0,96

Примечания:

1. В таблице учтены нагрузки насосов систем отопления, горячего снабжения и подкачки воды, установленных в ЦТП, или индивидуальных в каждом здании, лифтов и наружного освещения территории микрорайонов и не учтены нагрузки электроотопления, электроводонагрева и бытовых кондиционеров воздуха.
2. Удельные нагрузки определены исходя из средней общей площади квартир 70 м² в зданиях по типовым проектам и 150 м² – для квартир повышенной комфортности (элитных) в зданиях по индивидуальным проектам и относятся к расчетному сроку концепции (схемы) развития.
3. В знаменателе приведены значения коэффициента мощности.
4. При определении электрических нагрузок в существующих или проектируемых районах со средней площадью квартир 55 м² величины удельных нагрузок, приведенных в таблице 6, умножаются на коэффициент 1,3.

Таблица 8 – Удельные расчетные электрические нагрузки общественных зданий

№№ пп	Общественные здания	Единица измерения	Удельная нагрузка	Расчетные коэффициенты	
				$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
I	УЧРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ				
	Общеобразовательные школы:				
1	– с электрифицированными столовыми и спортзалами	кВт/ учащийся	0,25	0,95	0,38
2	– без электрифицированных столовых и спортзалов	–//–	0,17	0,92	0,43
3	– с буфетами без спортзалов	–//–	0,17	0,92	0,43
4	– без буфетов и спортзалов	–//–	0,15	0,92	0,43
5	Профессионально-технические училища со столовыми	–//–	0,46	0,8 – 0,92	0,75 – 0,43
6	Детские дошкольные учреждения	кВт/место	0,46	0,97	0,25
II	ПРЕДПРИЯТИЯ ТОРГОВЛИ				
	Продовольственные магазины:				
7	– без кондиционирования воздуха	кВт/м ² торгового зала	0,23	0,82	0,7
8	– с кондиционированием воздуха	–//–	0,25	0,8	0,75
	Непродовольственные магазины:				
9	– без кондиционирования воздуха	–//–	0,14	0,92	0,43
10	– с кондиционированием воздуха	–//–	0,16	0,9	0,48
III	ПРЕДПРИЯТИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ				
	Полностью электрифицированные с количеством посадочных мест:				
11	– до 400	кВт/место	1,04	0,98	0,2
12	– свыше 500 до 1000	–//–	0,86	0,98	0,2
13	– свыше 1100	–//–	0,75	0,98	0,2

Продолжение таблицы 8

№№ пп	Общественные здания	Единица измерения	Удельная нагрузка	Расчетные коэффициент ы	
				$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
	Частично электрифицированные (с плитами на газообразном топливе) с количеством посадочных мест:				
14	– до 100	–//–	0,9	0,95	0,33
15	– свыше 100 до 400	–//–	0,81	0,95	0,33
16	– свыше 500 до 1000	–//–	0,69	0,95	0,33
17	– свыше 1100	–//–	0,56	0,95	0,33
IV	ПРЕДПРИЯТИЯ КОММУНАЛЬНО- БЫТОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ				
18	Фабрики химчистки и прачечные самообслуживания	кВт/кг вещей	0,075	0,8	0,75
19	Парикмахерские	кВт/рабоче е место	1,5	0,97	0,25
V	УЧРЕЖДЕНИЯ КУЛЬТУРЫ И ИСКУССТВА				
	Кинотеатры и киноконцертные залы:				
20	– без кондиционирования воздуха	кВт/место	0,12	0,95	0,33
21	– с кондиционированием воздуха	–//–	0,14	0,92	0,43
22	Клубы	–//–	0,46	0,92	0,43
VI	ЗДАНИЯ ИЛИ ПОМЕЩЕНИЯ УЧРЕЖДЕНИЙ УПРАВЛЕНИЯ, ПРОЕКТНЫХ И КОНСТРУКТОРСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ, КРЕДИТНО- ФИНАНСОВЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ И ПРЕДПРИЯТИЙ СВЯЗИ				
23	– без кондиционирования воздуха	кВт/м ² общей площади	0,043	0,9	0,48
24	– с кондиционированием воздуха	–//–	0,054	0,87	0,57

Продолжение таблицы 8

№№ пп	Общественные здания	Единица измерения	Удельная нагрузка	Расчетные коэффициент ы	
				$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
VII	УЧРЕЖДЕНИЯ ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫЕ И ОТДЫХА				
25	Дома отдыха и пансионаты без кондиционирования воздуха	кВт/место	0,36	0,92	0,43
26	Детские лагеря	кВт/м ² жилых помещени й	0,023	0,92	0,43
VIII	УЧРЕЖДЕНИЯ ЖИЛИЩНО- КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА				
	Гостиницы:				
27	– без кондиционирования воздуха (без ресторанов)	кВт/место	0,34	0,9	0,48
28	– с кондиционированием воздуха	–//–	0,46	0,85	0,62

Примечания:

1. В удельной нагрузке пп. 5, 6 нагрузка бассейнов и спортзалов не учтена.
2. Удельная нагрузка пп. 11 – 17 не зависит от наличия кондиционеров.
3. В удельной нагрузке пп. 23 – 26 нагрузка пищеблоков не учтена. Удельную нагрузку пищеблоков следует принимать, как для предприятий общественного питания с учетом количества посадочных мест, рекомендованного СНиП для соответствующих зданий.
4. Удельную нагрузку ресторанов при гостиницах пп. 27, 28 следует принимать, как для предприятий общественного питания открытого типа.
5. Для предприятий общественного питания при промежуточном числе мест удельные нагрузки определяются интерполяцией.

Таблица 9 – Коэффициенты участия в максимуме нагрузки

Наименование зданий (помещений) с наибольшей расчетной нагрузкой	Жилые дома		Предприятия общественного питания		Средние учебные заведения и библиотеки	Общеобразовательные школы, профессионально-технические училища
	с электрическими плитами	с плитами на твердом или газообразном топливе	столовые	рестораны, кафе		
Жилые дома:						
с электрическими плитами	—	0,9	0,6	0,7	0,6	0,4
с плитами на твердом или газообразном топливе	0,9	—	0,6	0,7	0,5	0,3
Предприятия общественного питания (столовые, кафе и рестораны)	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8
Общеобразовательные школы, средние учебные заведения, профессионально-технические училища, библиотеки	0,5	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7
Предприятия торговли (односменные и полуторговых сменные)	0,5	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7
Организации и учреждения управления, проектные и конструкторские организации, учреждения финансирования и кредитования	0,5	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8
Гостиницы	0,8	0,8	0,6	0,8	0,4	0,3
Поликлиники	0,5	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8
Ателье и комбинаты бытового обслуживания, предприятия коммунального обслуживания	0,5	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8
Кинотеатры	0,9	0,9	0,4	0,6	0,3	0,2

Организации и учреждения	Предприятия торговли	Гостиницы	Парикмахерские	Детские	Поликлиники	Ателье и	Предприятия	Кинотеатры
--------------------------	----------------------	-----------	----------------	---------	-------------	----------	-------------	------------

управления, проектные и конструкторс кие организации, учреждения финансирован ия и кредитования	однос менн ые	полудо расмен ные, двухсм енные		рские	ясли- сады	ки	комбин аты бытово го обслуж ивания	комму нальн ого обслу живан ия	еат ры
0,6	0,6	0,8	0,7	0,8	0,4	0,7	0,6	0,7	0,9
0,4	0,5	0,8	0,7	0,7	0,4	0,6	0,5	0,5	0,9
0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5
0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,5
0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,4	0,7	0,5	0,7	0,9
0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
0,2	0,2	0,8	0,7	0,8	0,2	0,4	0,4	0,5	—

Таблица 10 – Коэффициенты совмещения максимумов нагрузок трансформаторов (k_y)

Характеристика нагрузки	Количество трансформаторов				
	2	3 – 5	6 – 10	11 – 20	более 20
Жилая застройка (70% и более нагрузки жилых домов и до 30% нагрузки общественных зданий)	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7
Общественная застройка (70% и более нагрузки общественных зданий и до 30% нагрузки жилых домов)	0,9	0,75	0,7	0,65	0,6
Коммунально-промышленные зоны (65% и более нагрузки промышленных и общественных зданий и до 35% нагрузки жилых домов)	0,9	0,7	0,65	0,6	0,55

Примечания:

1. Если нагрузка промышленных предприятий составляет менее 30% нагрузки общественных зданий, коэффициент совмещения максимумов нагрузок трансформаторов следует принимать как для общественных зданий.
2. Коэффициенты совмещения максимумов нагрузок трансформаторов для промежуточных значений состава потребителей определяются интерполяцией.

Таблица 11 – Коэффициенты совмещения максимумов нагрузок городских сетей и промышленных предприятий

Максимум нагрузок	Отношение расчетной нагрузки предприятий к нагрузке городской сети						
	0,2	0,6	1	1,5	2	3	4
Утренний	0,75/0,6	0,8/0,7	0,85/0,75	0,88/0,8	0,9/0,85	0,92/0,87	0,95/0,9
Вечерний	0,85 – 0,9	0,65 – 0,85	0,55 – 0,8	0,45 – 0,76	0,4 – 0,75	0,3 – 0,7	0,3 – 0,7

Примечания:

1. В числителе приведены коэффициенты для жилых домов с электроплитами, в знаменателе – с плитами на газовом или твердом топливе.
2. Меньшие значения коэффициентов в период вечернего максимума нагрузок следует принимать при наличии промышленных предприятий с односменным режимом работы, большие – когда все предприятия имеют двух-, трехсменный режим работы. Если режим работы предприятий смешанный, то коэффициент совмещения определяется интерполяцией пропорционально их соотношению.
3. При отношении расчетной нагрузки промпредприятий к суммарной нагрузке городской сети менее 0,2 коэффициент совмещения для утреннего и вечернего максимумов следует принимать равным 1. Если это отношение более 4, коэффициент совмещения для утреннего максимума следует принимать равным 1; для вечернего максимума, если все предприятия односменные – 0,25, если двух-, трехсменные – 0,65.

Таблица 12 – Укрупненные показатели удельной расчетной коммунально-бытовой нагрузки

№№ пп	Категория (группа) города	Расчетная удельная обеспеченность общей площадью, м²/чел.	город (район)					
			с плитами на природном газе, кВт/чел.			со стационарными электрическими плитами, кВт/чел.		
			в целом по городу (району)	в том числе		в целом по городу (району)	в том числе	
				центр	микрорайон (кварталы) застройки		центр	микрорайон (кварталы) застройки
1	Крупнейший	26,7	0,51	0,77	0,43	0,6	0,85	0,53
2	Крупный	27,4	0,48	0,7	0,42	0,57	0,79	0,52
3	Большой	27,8	0,46	0,62	0,41	0,55	0,72	0,51
4	Средний	29	0,43	0,55	0,4	0,52	0,65	0,5
5	Малый	30,1	0,41	0,51	0,39	0,5	0,62	0,49

Продолжение таблицы 12

Примечания:

1. Значения удельных электрических нагрузок приведены к шинам 10 (6) кВ ЦП.
2. При наличии в жилом фонде города (района) газовых и электрических плит удельные нагрузки определяются интерполяцией пропорционально их соотношению.
3. В тех случаях, когда фактическая обеспеченность общей площадью в городе (районе) отличается от расчетной, приведенные в таблице значения следует умножить на отношение фактической обеспеченности к расчетной.
4. Приведенные в таблице показатели учитывают нагрузки: жилых и общественных зданий (административных, учебных, научных, лечебных, торговых зрелищных, спортивных), коммунальных предприятий, объектов транспортного обслуживания (гаражей и открытых площадок для хранения автомобилей), наружного освещения.
5. В таблице не учтены различные мелкопромышленные потребители (кроме перечисленных в п. 4 примечания), питающиеся, как правило, по городским распределительным сетям. Для учета этих потребителей по экспертным оценкам к показателям таблицы следует вводить следующие коэффициенты:
 - для районов города с газовыми плитами 1,2 – 1,6.
 - для районов города с электроплитами 1,1 – 1,5.Большие значения коэффициентов относятся к центральным районам города, меньшие – к микрорайонам (кварталам) жилой застройки.
6. К центральным районам города относятся сложившиеся районы со значительным сосредоточением различных административных учреждений, учебных, научных, проектных организаций, банков, фирм, предприятий торговли и сервиса, общественного питания, зрелищных предприятий и пр.

Таблица 13 – Укрупненные показатели расхода электроэнергии коммунально-бытовых потребителей и годового числа часов использования максимума электрической нагрузки

№№ пп	Категория (группа) города	города			
		без стационарных электроплит		со стационарными электроплитами	
		удельный расход электроэнергии, кВт. ч/чел, в год	годовое число часов использования максимума электрической нагрузки	удельный расход электроэнергии, кВт.ч/чел. в год	годовое число часов использования максимума электрической нагрузки
1	Крупнейший	2880	5650	3460	5750
2	Крупный	2620	5450	3200	5650
3	Большой	2480	5400	3060	5600
4	Средний	2300	5350	2880	5550
5	Малый	2170	5300	2750	5500

Примечания:

1. Приведенные укрупненные показатели предусматривают электропотребление жилыми и общественными зданиями, предприятиями коммунально-бытового обслуживания, объектами транспортного обслуживания, наружным освещением.
2. Приведенные данные не учитывают применения в жилых зданиях кондиционирования, электроотопления и электроводонагрева.
3. Годовое число часов использования максимума электрической нагрузки приведено к шинам 10 (6) кВ ЦП.

Таблица 14 – Характеристики жилых зданий

[illegible]

Продолжение таблицы 14

68	2-х секционный жилой дом	5	30	5	30	4	24	5	30	5	36	5	30	5	30
69	6-ти секционный жилой дом	4	96	5	120	5	120	4	96	5	120	5	114	4	96
70	2-х секционный жилой дом	5	30	5	30	4	24	5	30	5	36	5	30	5	30
72	3-х секционный жилой дом	5	70	5	70	5	70	5	70	5	70	5	70	5	70
75	4-х секционный жилой дом	5	80	5	80	5	80	5	80	5	80	5	80	5	80
94, 95	6-ти секционный жилой дом	4	96	5	120	5	120	4	96	5	120	5	114	5	120
96	4-х секционный жилой дом	5	45	5	45	5	45	5	45	5	45	5	45	5	45
97-99	Жилой дом	9	54	9	54	9	54	9	54	9	54	9	54	9	54
101	3-х секционный жилой дом	5	30	5	30	4	24	5	30	5	36	5	30	5	30
102, 103	6-ти секционный жилой дом	4	96	5	120	5	120	4	96	5	120	5	114	4	96
104, 106–108	3-х секционный жилой дом	5	30	5	30	4	24	5	30	5	36	5	30	5	30
109, 110, 112, 113	3-х секционный жилой дом	5	30	5	30	4	24	5	30	5	36	5	30	4	24
111	6-ти секционный жилой дом	4	96	5	120	5	120	4	96	5	120	5	114	5	120
143	6-ти секционный жилой дом	9	144	9	144	9	146	9	132	9	120	9	148	9	144
144	6-ти секционный жилой дом	5	30	5	30	4	24	5	30	5	36	5	30	5	30
145	4-х секционный жилой дом	5	24	5	30	4	24	5	30	5	36	5	30	5	30
146	6-ти секционный жилой дом	5	70	5	60	5	75	5	90	4	60	4	48	5	70
147, 148	6-ти секционный жилой дом	5	90	5	90	5	90	5	90	5	90	5	90	5	90
115, 116	3-х секционный жилой дом	5	24	5	30	4	24	5	30	5	36	5	30	5	36
117, 119	6-ти секционный жилой дом	4	96	5	120	5	120	4	96	5	120	5	114	5	120
118	Жилой дом	9	56	9	54	9	48	9	50	9	64	9	80	9	80

Таблица 15 – Характеристики общественных зданий

Номера зданий	Наименование зданий	Характеристики зданий						
		Номер варианта						
		0	1	2	3	4	5	6
10	Магазин промтоварный	250 кв.м	300 кв.м	350 кв.м	200 кв.м	150 кв.м	220 кв.м	250 кв.м
11	Магазин продовольственный	250 кв.м	300 кв.м	350 кв.м	200 кв.м	150 кв.м	220 кв.м	300 кв.м
14	Детские ясли-сад	200 мест	280 мест	270 мест	300 мест	250 мест	320 мест	270 мест
17	Магазин овощи, цветы, спорткультуровары	1435 кв.м	1250 кв.м	1100 кв.м	1500 кв.м	1345 кв.м	1200 кв.м	1500 кв.м
22	Школа	1568 учащихся	1500 учащихся	1650 учащихся	1478 учащихся	1265 учащихся	1375 учащихся	1265 учащихся
47	Детский ясли-сад	200 мест	280 мест	270 мест	300 мест	250 мест	320 мест	320 мест
52	Телеателье, кассы, почта, телеграф	18 раб. мест	17 раб. мест	16 раб. мест	15 раб. мест	19 раб. мест	12 раб. мест	18 раб. мест
53*	Хлебный магазин в 3-х секционном жилом доме	200 кв.м	150 кв.м	220 кв.м	130 кв.м	170 кв.м	180 кв.м	150 кв.м
55*	Встроенная парикмахерская в 3-х секционном жилом доме	6 раб. мест	4 раб. мест	5 раб. мест	7 раб. мест	8 раб. мест	3 раб. мест	5 раб. мест
62	Клуб	400 мест	600 мест	450 мест	500 мест	550 мест	350 мест	500 мест
63*	Встроенная сберкасса в 6-ти секционном жилом доме	3 раб. места	2 раб. места	4 раб. места	5 раб. места	6 раб. места	2 раб. места	6 раб. места
64*	Встроенная почта в 3-х секционном жилом доме	3 раб. места	2 раб. места	4 раб. места	5 раб. места	6 раб. места	4 раб. места	4 раб. места
71	Кафе-столовая	50 мест	40 мест	60 мест	70 мест	80 мест	90 мест	50 мест
73, 74	Общежитие	360 мест	300 мест	400 мест	450 мест	400 мест	420 мест	300 мест
100	Школа	1568 учащихся	1500 учащихся	1650 учащихся	1478 учащихся	1265 учащихся	1375 учащихся	1650 учащихся
105	Школа	1478 учащихся	1265 учащихся	1375 учащихся	1568 учащихся	1500 учащихся	1650 учащихся	1568 учащихся
114	Школа	1500 учащихся	1650 учащихся	1265 учащихся	1375 учащихся	1568 учащихся	1478 учащихся	1568 учащихся
121	Детские ясли-сад	200 мест	280 мест	270 мест	300 мест	250 мест	320 мест	320 мест
141	Магазин продовольственный	860 кв.м	950 кв.м	800 кв.м	750 кв.м	1000 кв.м	900 кв.м	860 кв.м
142	Столовая	80 мест	90 мест	50 мест	40 мест	60 мест	70 мест	90 мест

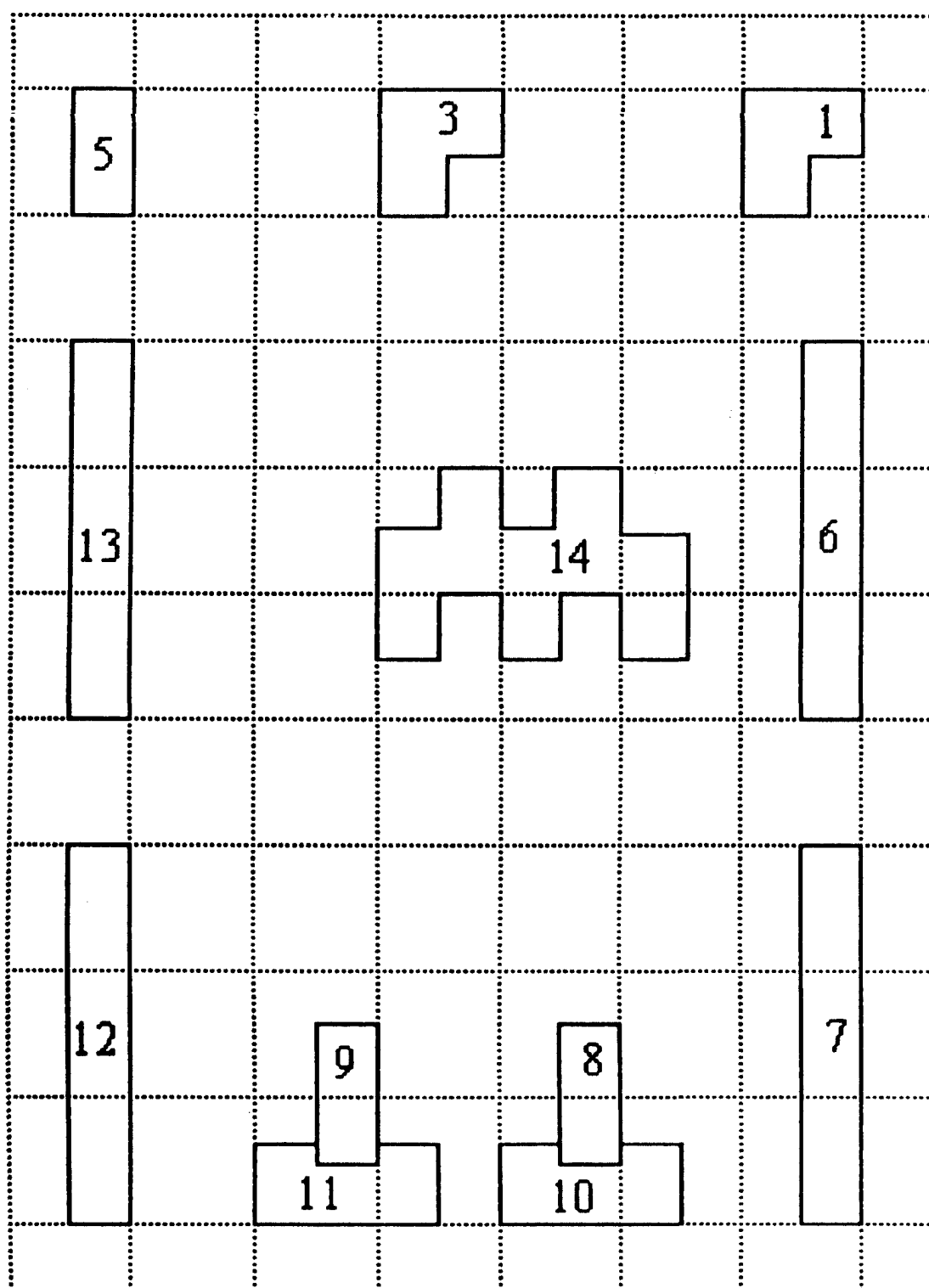


Рисунок 1

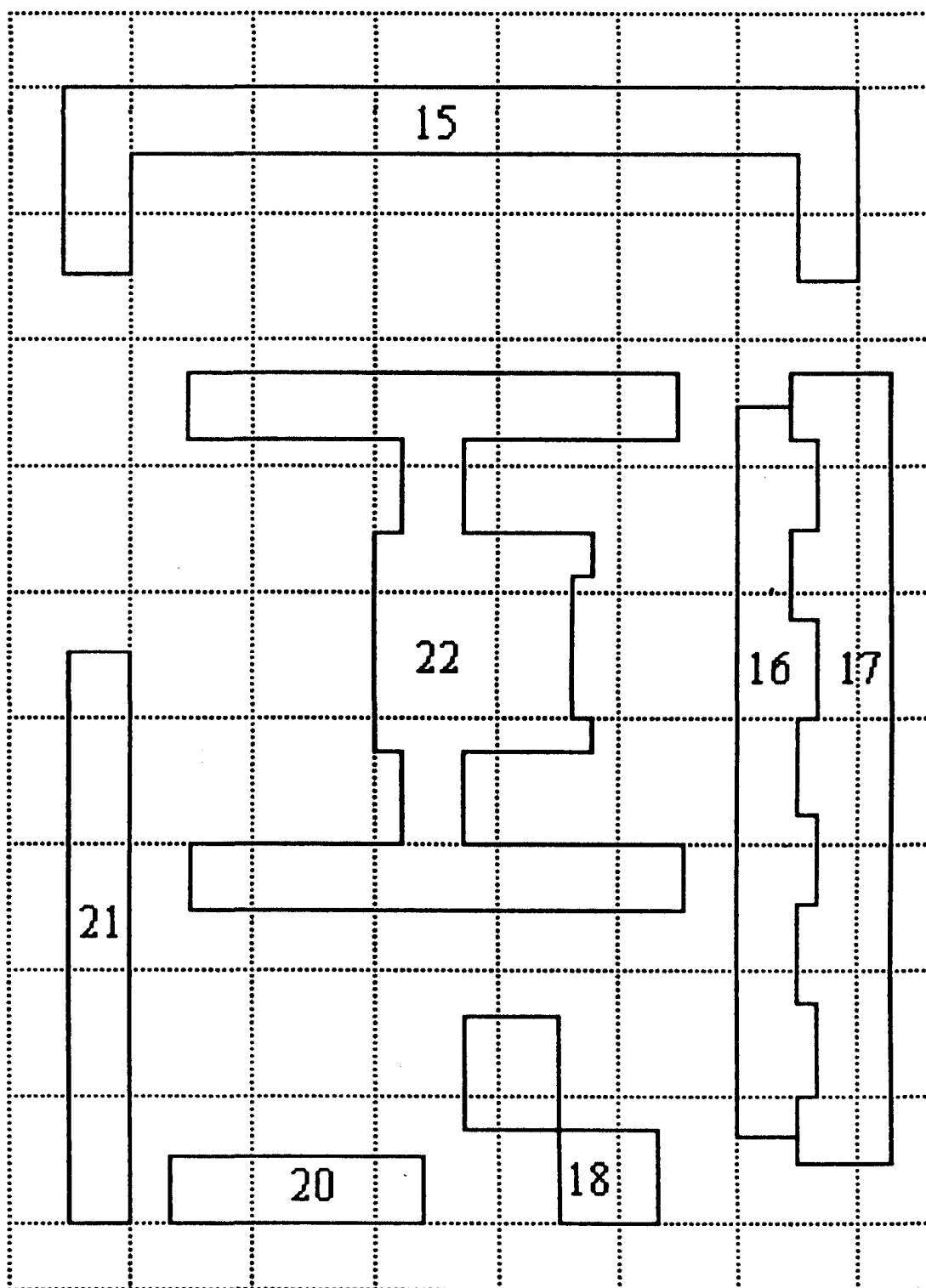


Рисунок 2

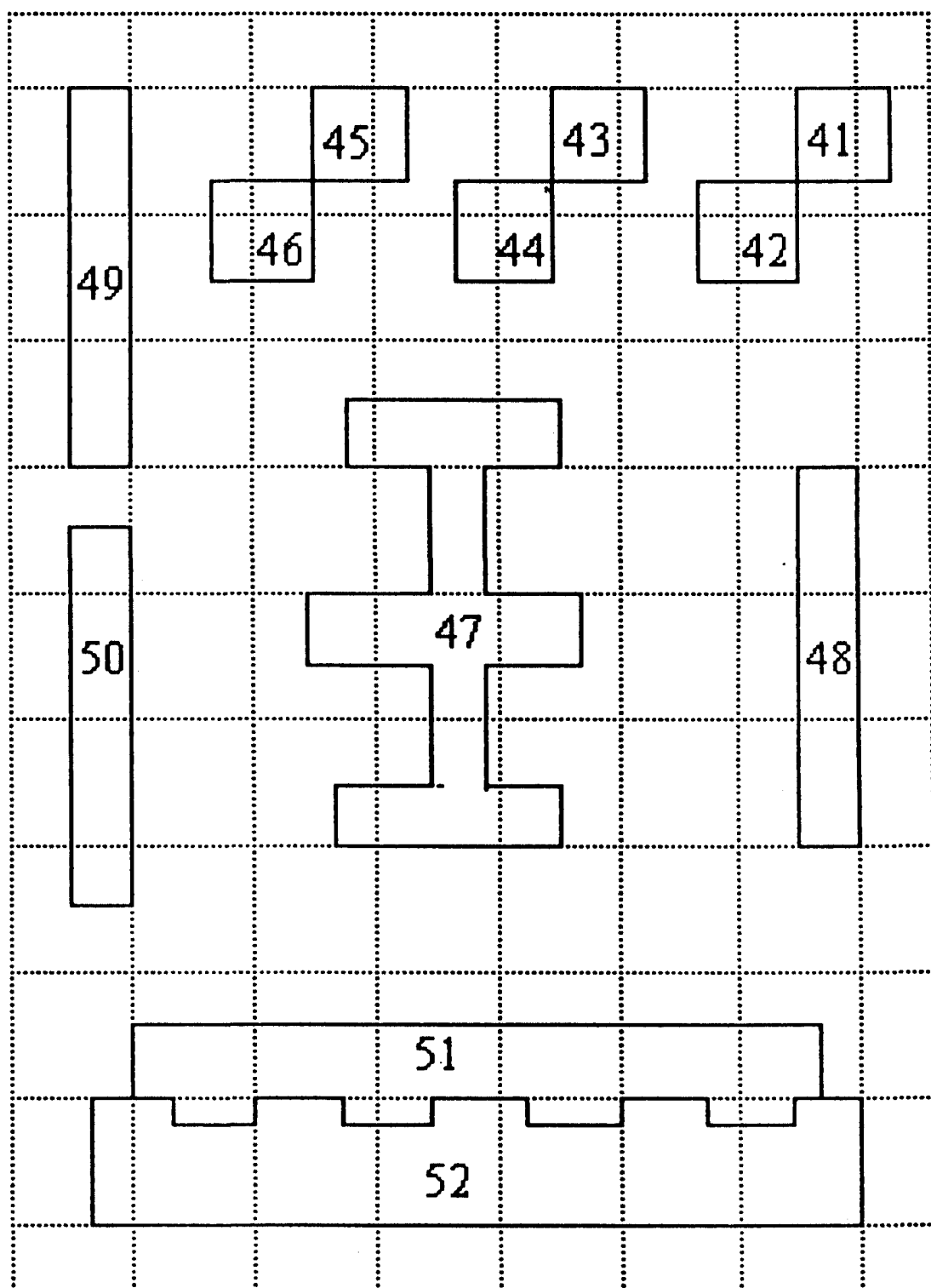


Рисунок 3

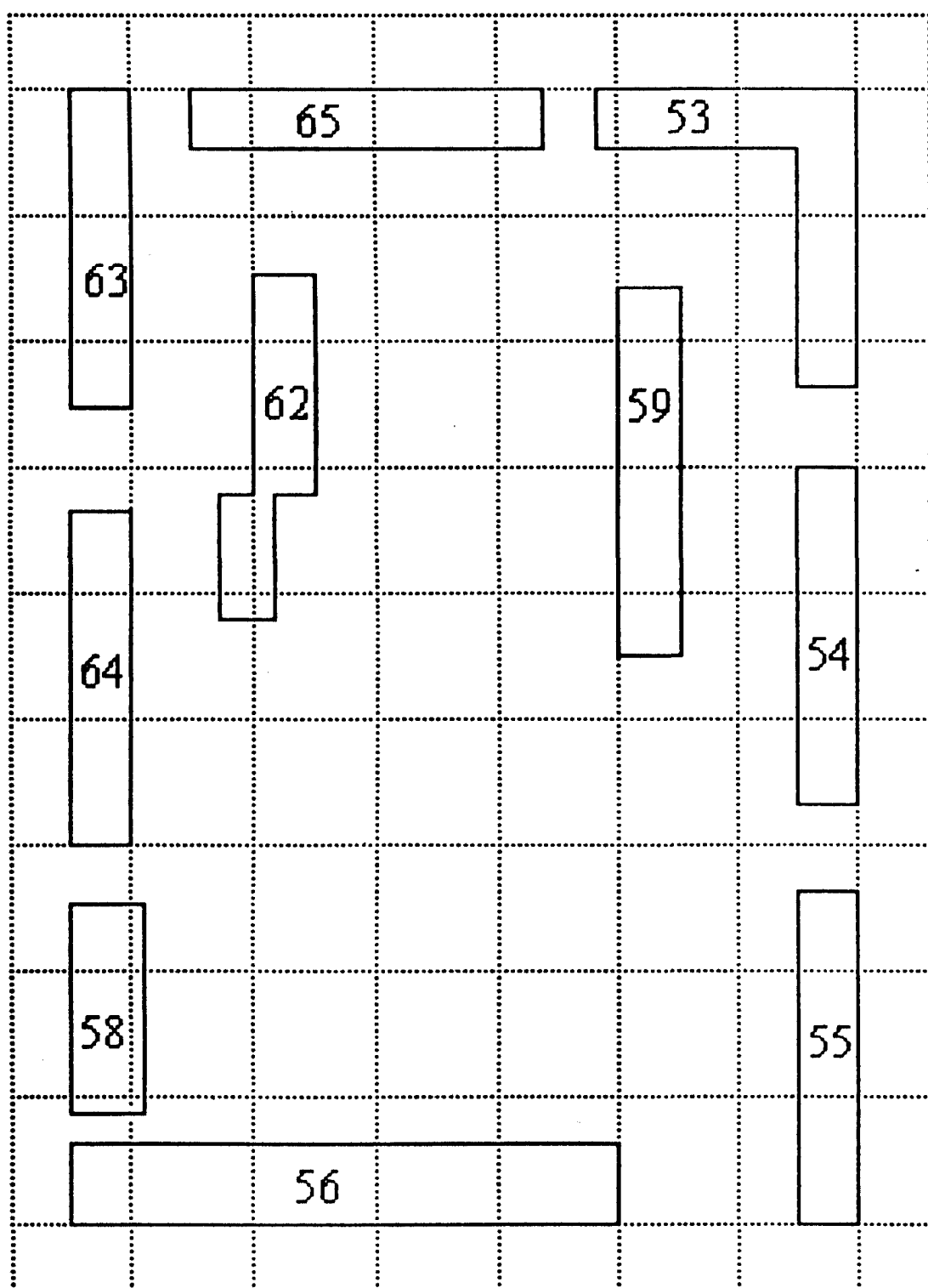


Рисунок 4

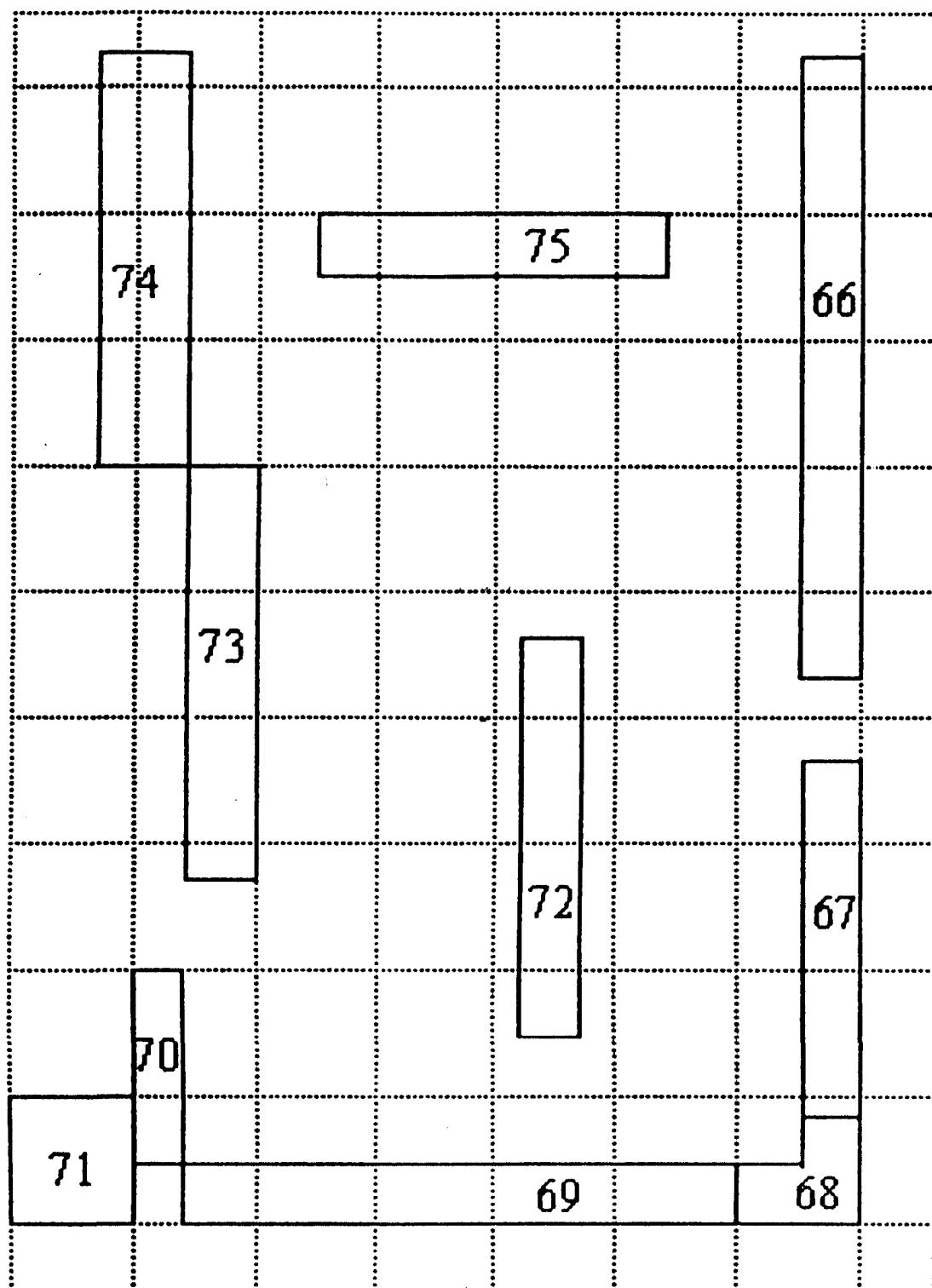


Рисунок 5

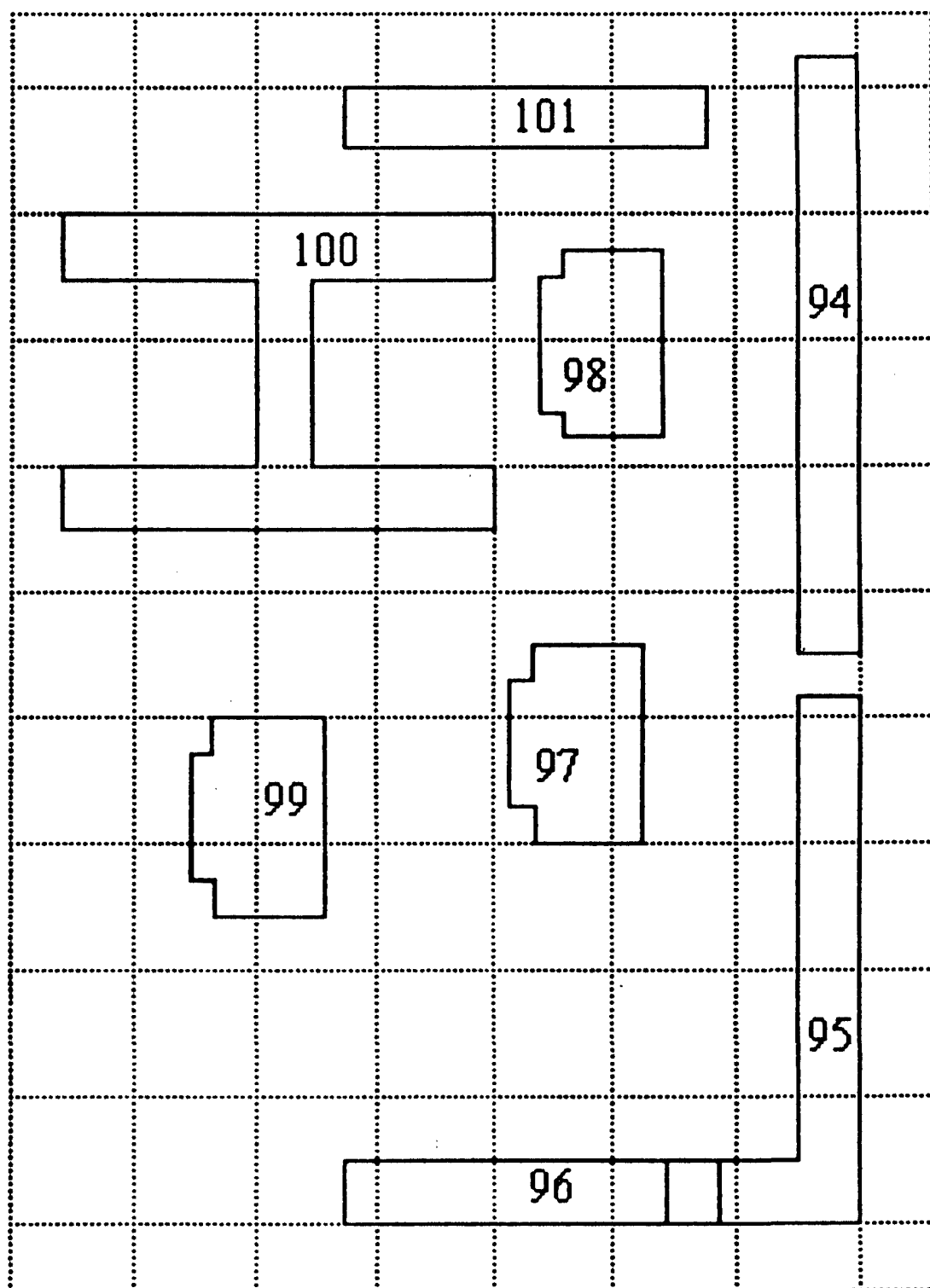


Рисунок 6

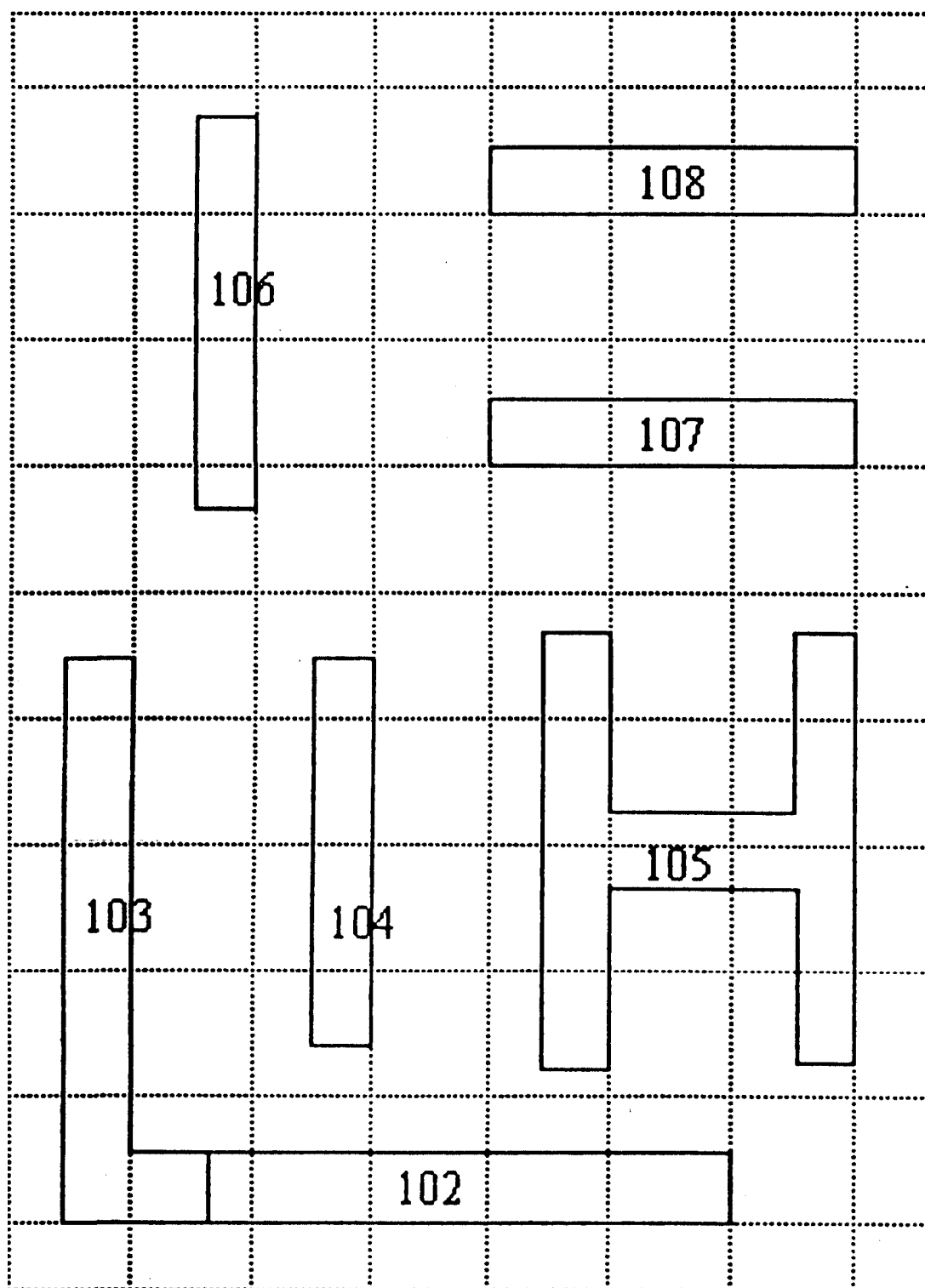


Рисунок 7

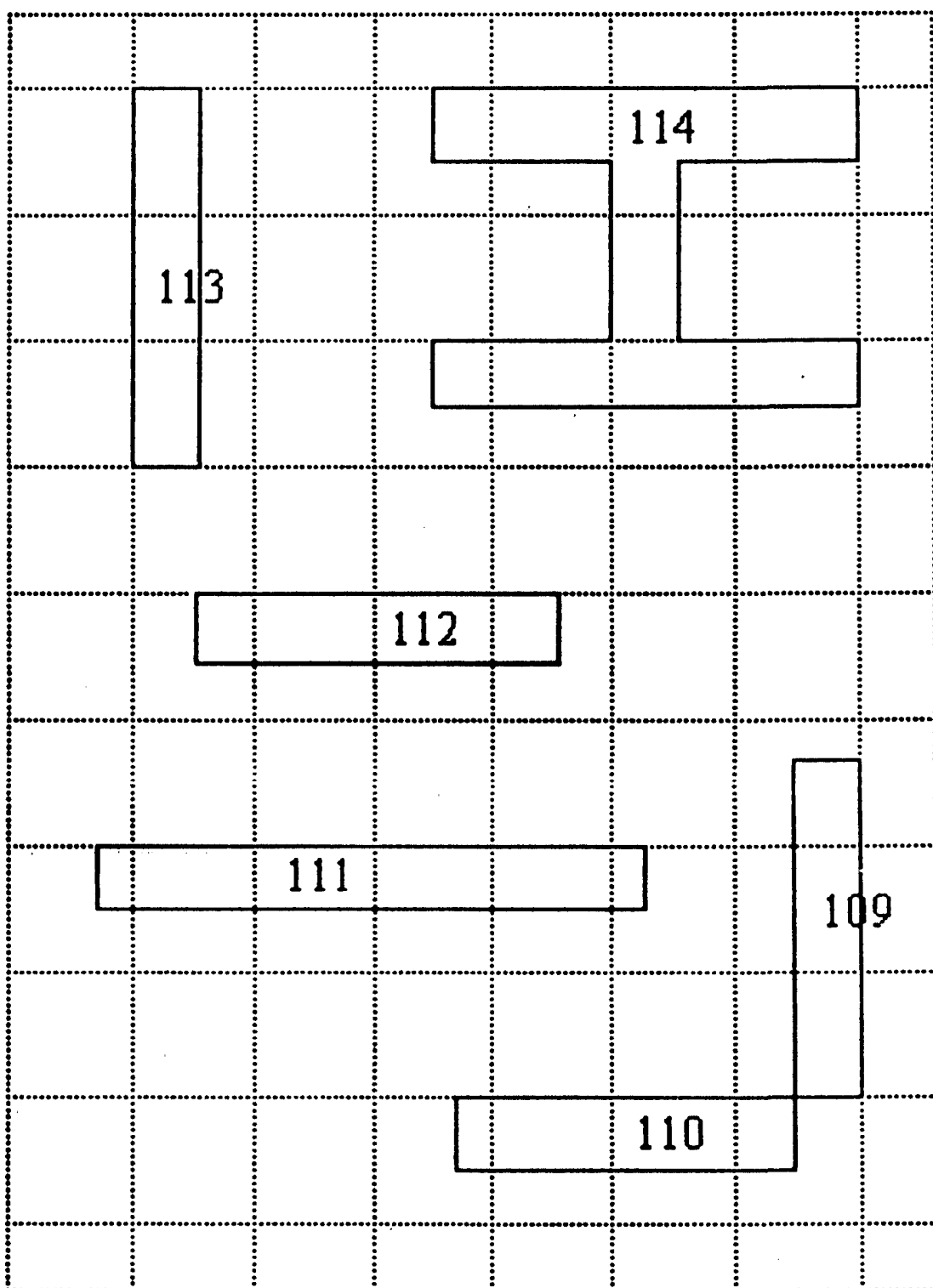


Рисунок 8

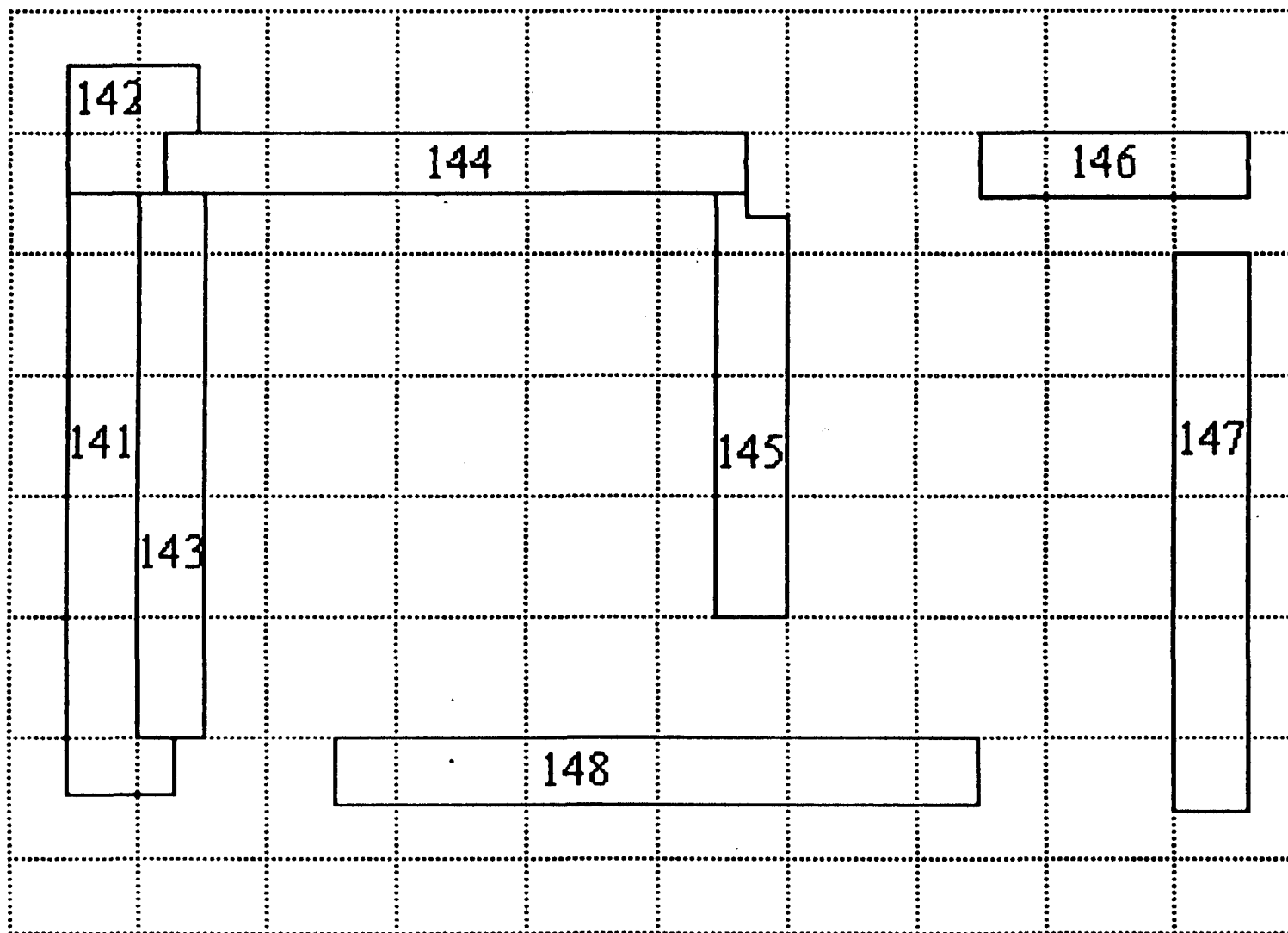


Рисунок 9

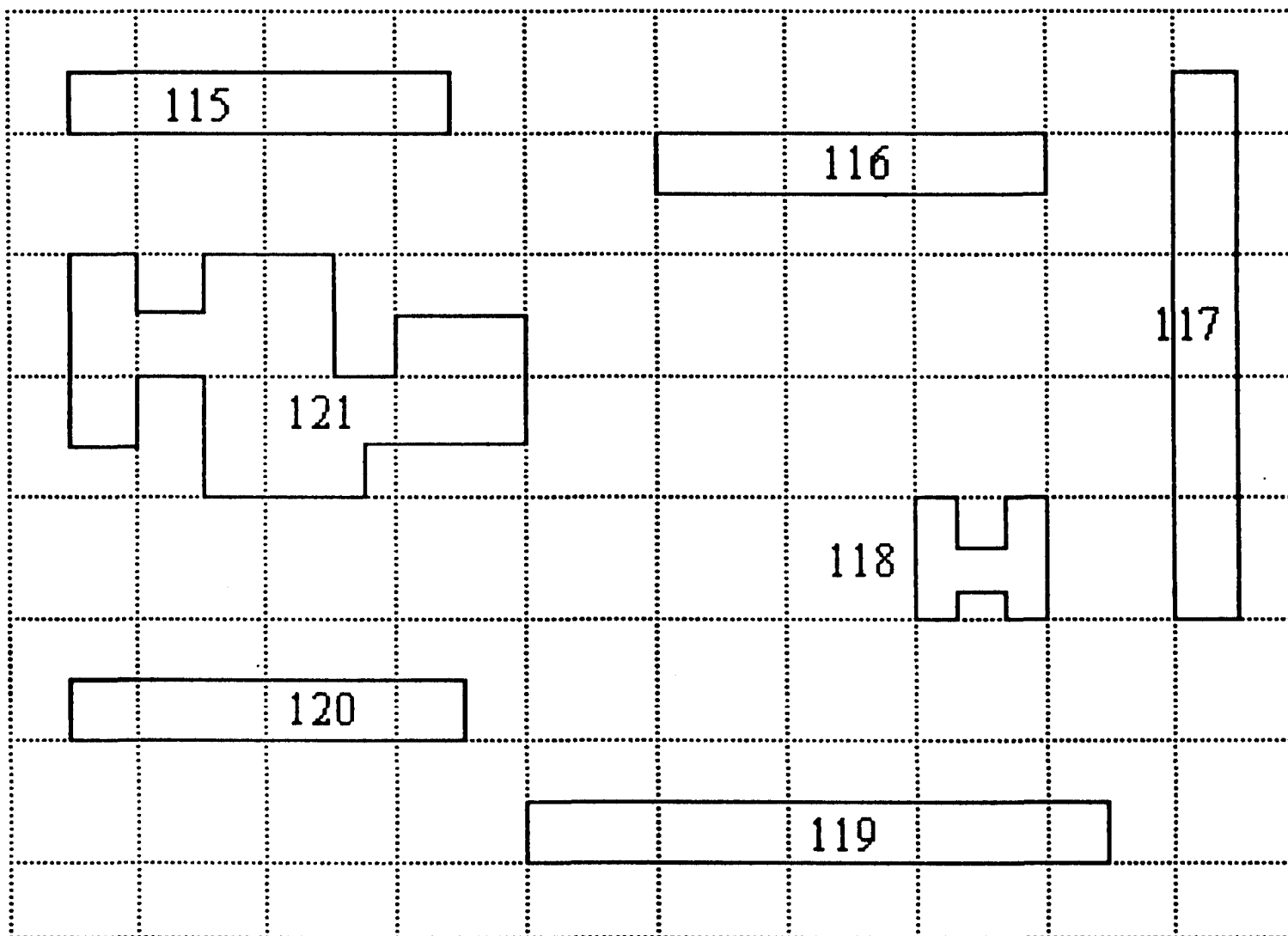


Рисунок 10

Список рекомендуемой литературы

1. Гужов Н.П. Системы электроснабжения: учебник / Н.П.Гужов, В.Я. Ольховский, Д.А. Павлюченко. – Ростов н/Д: Феникс, 2011.– 382 с.
2. Электротехнический справочник: В 4-х т.: Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. А.И. Попов). – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 964 с.
3. Гужов Н.П. Системы электроснабжения: учебник / Н.П.Гужов, В.Я. Ольховский, Д.А. Павлюченко. – Новосибирск: изд-во НГТУ, 2007.
4. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: Учебное пособие. М.: «Мастерство». 2002. – 320 с.
5. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во ДЕАН, 2005.– 854 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению контрольной работы по дисциплине
«Электроснабжение»:
«Определение расчетных нагрузок в городских СЭС»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Составитель: Макаров В.П., Жуков М.В., Мачеев В.А.

Редактор:

Подписано в печать

Формат 60x84 1/16.

Усл. п. л.

Уч.-изд. л. –

Бумага газетная.

Печать офсетная.

Заказ

Тираж 50 экз.

ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет»

355029, г. Ставрополь, пр. Кулакова, 2

Издательство Северо-Кавказского федерального университета

Отпечатано в типографии СКФУ

Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Электроснабжение»
для студентов направления подготовки
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Ставрополь, 2026 г.

Настоящие методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника.

Настоящие методические указания разработаны в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего образования, рабочим учебным планом и рабочей программой дисциплины «Электроснабжение».

В методических указаниях изложены цель и содержание лабораторных работ, основные теоретические сведения, необходимые для выполнения лабораторных работ. Также указаны необходимая аппаратура и материалы и указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ. Изложены методика и порядок выполнения работ, даны требования к отчету и его форме. Представлены вопросы для защиты работ и рекомендуемая литература.

Составители (авторы): Жуков М.В., Морозова Т.Ф.

Рецензент:

Лабораторная работа №1

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРА

1 Цель и содержание

Измерение параметров установившегося режима работы трансформатора, определение потерь активной и реактивной мощностей в нем.

2 Теоретическое обоснование

2.1 Общие сведения о силовых трансформаторах

Силовые трансформаторы являются основным электрическим оборудованием электроэнергетических систем, обеспечивающим передачу и распределение электроэнергии на переменном трехфазном токе от электрических станций к потребителям. С помощью трансформаторов напряжение повышается от генераторного до значений, необходимых для электропередач системы (35... 750) кВ, а также многократное ступенчатое понижение напряжения до значений, применяемых непосредственно в приемниках электроэнергии (0,22... 0,66) кВ.

В справочных данных на силовые трансформаторы приводятся: тип, номинальная мощность, номинальные напряжения обмоток, потери мощности холостого хода и короткого замыкания, напряжение короткого замыкания и ток холостого хода.

Конструктивно трансформаторы в зависимости от вида охлаждения подразделяются: с воздушным (сухие трансформаторы) и масляным (масляные трансформаторы) охлаждением; при этом охлаждение может быть естественное и с принудительной циркуляцией.

На повышающих и понизительных подстанциях применяют

трехфазные или группы однофазных трансформаторов с двумя или тремя отдельными обмотками. В зависимости от числа обмоток трансформаторы разделяются на двухобмоточные и трехобмоточные. Двухобмоточные трансформаторы номинальной мощностью больше 25 МВ·А выполняются с расщепленной обмоткой вторичного напряжения (6... 10) кВ. Обмотки высшего, среднего и низшего напряжений принято сокращенно обозначать соответственно ВН, СН и НН.

В настоящее время применяются трансформаторы следующих стандартных номинальных мощностей: 25, 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1600, 2500, 4000, 6300, 10000, 16000, 25000, 32000, 40000, 63000, 80000, 125000, 160000, 250000, 630000 кВ·А.

Условные обозначения трансформаторов состоят из буквенного и цифрового кода:

первые буквы в обозначении:

О – однофазный, Т – трехфазный;

Н – выполнение одной обмотки с устройством регулирования напряжения под нагрузкой (РПН);

Р – трансформатор с расщепленной обмоткой низшего напряжения;

Т – трехобмоточный трансформатор;

М, Д, ДЦ, СЗ – система охлаждения трансформаторов подразделяется:

М – масляные; Д – масляное охлаждение с дутьем (обдув радиаторов трансформатора вентиляторами); ДЦ – циркуляционное охлаждение масла путем его откачивания из бака и охлаждения воздухом (водой); СЗ – сухого защищенного исполнения.

Например, ТМ-1000/10 – трехфазный масляный трансформатор мощностью 1000 кВА, 10 кВ;

пример условного обозначения трансформатора ТРДН–40000/110: трехфазный трансформатор с расщепленной обмоткой НН, масляным

охлаждением, дутьем и естественной циркуляцией масла, РПН, номинальной мощностью 40000 кВ·А, напряжением 110 кВ;

или ТРДЦН-80000/110 – трехфазный масляный трансформатор с расщепленной обмоткой (Р), с циркуляционным охлаждением масла (ДЦ), с возможностью регулирования напряжения (Н) мощностью 80000 кВА на напряжение 110 кВ;

В настоящее время трансформаторы выполняются с переключением ответвлений обмотки без возбуждения (ПБВ) и с переключением ответвлений обмотки под нагрузкой – РПН (таблица 1).

Таблица 1 – Ответвления обмоток трансформаторов с РПН на обмотке ВН

Вид трансформатора	Напряжение, кВ	Мощность, МВА	Число ответвлений
Двухобмоточный	35	1 – 6,3	$\pm 6 \times 1,5\%$
	110	6,3 и более	$\pm 9 \times 1,78\%$
	220	32... 160	$\pm 8 \times 1,5\%$
Трехобмоточный	35	6,3	$\pm 6 \times 1,5 \%$
	110	6,3... 80	$\pm 9 \times 1,78 \%$
	220	25 ...63	$\pm 8 \times 1,5\%$

Переключение без возбуждения осуществляется после отключения всех обмоток от сети при помощи ответвлений обмотки ВН или СН. Трехфазные понижающие трансформаторы мощностью (25...80000) кВ·А напряжением до 35 кВ включительно имеют четыре ответвления ($\pm 2 \times 2,5 \%$) номинального напряжения. Понижающие трансформаторы напряжением 110 и 220 кВ имеют ответвления для ПБВ только в трехобмоточном исполнении на обмотках СН при напряжении 38,5 кВ.

Трансформаторы с воздушным охлаждением называются сухими (С). Изготавливаются мощностью до 1600 кВ·А включительно для установки в закрытых помещениях. Преимущество сухих трансформаторов заключается в их пожаробезопасности и сравнительной простоте

конструкции.

Естественное масляное охлаждение (М) применяется для трансформаторов мощностью до 6300 кВ·А.

При мощности трансформаторов 10000 кВ·А и более применяется масляное охлаждение с воздушным дутьем (Д). Обдувание поверхности радиаторов позволяет увеличить теплоотдачу на 50 % и более. В настоящее время трансформаторы снабжаются системой дутьевого охлаждения при помощи вентиляторов.

Масляное охлаждение с принудительной циркуляцией (Ц) позволяет значительно увеличить отвод тепла. К баку масляного трансформатора подключают центробежный насос, который прогоняет горячее масло через воздушный или водяной охладитель.

На трансформаторах мощностью 63 МВ·А и более используют две системы охлаждения ДЦ.

Трансформаторы с охлаждением негорючим жидким диэлектриком совтолом (Н) изготавливаются мощностью до 2500 кВ·А включительно.

Буква З обозначает, что трансформатор без расширителя и защита осуществляется с помощью азотной подушки.

Важным параметром подключения трансформатора к сети является группа и схема соединений его обмоток. Группой соединений называют угловое (кратное 30°) смещение векторов между одноименными вторичными и первичными линейными напряжениями холостого хода трансформатора. Возможны четыре схемы соединения силовых трансформаторов: звезда Y, звезда с выведенной нейтралью Y_N , треугольник Δ , зигзаг Z. Группа соединений указывается числами от 0 до 12. Например, группа 11 соответствует углу 330° .

На электрических станциях и подстанциях наибольшее распространение получили следующие схемы и группы соединений двухобмоточных трансформаторов:

«звезда-звезда с выведенной нейтралью» $Y/Y_H - 12$;

«звезда-треугольник» $Y/\Delta - 11$;

«звезда с выведенной нейтралью-треугольник» $Y_H/\Delta - 11$.

В трехобмоточных трансформаторах наиболее часто применяются соединения: «звезда-звезда с выведенными нейтральями-треугольник» с обозначением – $Y/Y_H/\Delta - 11, 12$.

2.2 Двухобмоточные трансформаторы

Двухобмоточный трансформатор (рисунок 1, а) можно представить в виде Г-образной схемы замещения (рисунок 1, б).

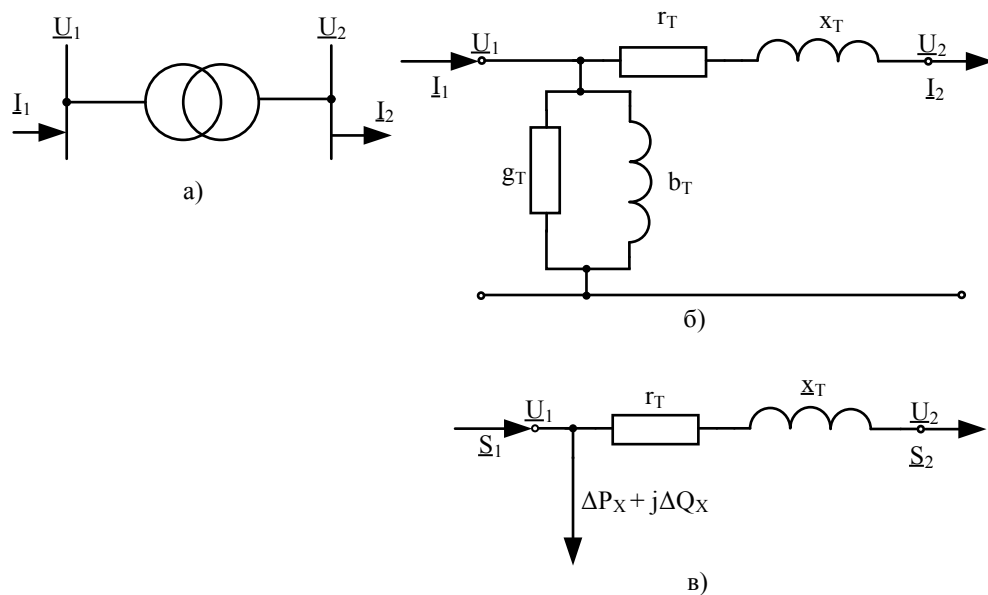


Рисунок 1 –Двухобмоточный трансформатор

а – условное обозначение; б – Г-образная схема замещения;

в – упрощенная схема замещения

Продольная часть схемы замещения содержит r_T и x_T – активное и реактивное сопротивления трансформатора. Эти сопротивления равны сумме соответственно активных и реактивных сопротивлений первичной и приведенной к ней вторичной обмоток. В такой схеме замещения

отсутствует трансформация, т.е. отсутствует идеальный трансформатор, но сопротивление вторичной обмотки приводится к первичной. При этом приведении сопротивление вторичной обмотки умножается на квадрат коэффициента трансформации. Если сети, связанные трансформатором, рассматриваются совместно, причем параметры сетей не приводятся к одному базисному напряжению, то в схеме замещения трансформатора учитывается идеальный трансформатор.

Поперечная ветвь схемы (ветвь намагничивания) состоит из активной и реактивной проводимостей g_t и b_t . Активная проводимость соответствует потерям активной мощности в стали трансформатора от тока намагничивания I_μ . Реактивная проводимость определяется магнитным потоком взаимной индукции в обмотках трансформатора.

В расчетах электрических сетей двухобмоточные трансформаторы при $U_{в.ном} \leq 220$ кВ представляют упрощенной схемой замещения (рисунок 1, в). В этой схеме вместо ветви намагничивания учитываются в виде дополнительной нагрузки потери мощности в стали трансформатора или потери холостого хода $\Delta P_x + j\Delta Q_x$.

Для каждого трансформатора известны следующие параметры (каталожные данные):

$S_{ном}$ – номинальная мощность, МВ·А;

$U_{в.ном}$, $U_{н.ном}$ – номинальные напряжения обмоток высшего и низшего напряжений, кВ;

ΔP_x – активные потери холостого хода, кВт;

$I_x\%$ – ток холостого хода, % $I_{ном}$;

ΔP_k – потери короткого замыкания, кВт;

$u_k\%$ – напряжение короткого замыкания, % $U_{ном}$.

По этим данным можно определить все параметры схемы замещения трансформатора (сопротивления и проводимости), а также потери мощности в нем.

Проводимости ветви намагничивания определяются результатами опыта холостого хода (ХХ). В этом опыте размыкается вторичная обмотка, а к первичной подводится номинальное напряжение. Ток в продольной части схемы замещения равен нулю, а к поперечной приложено $U_{\text{ном}}$ (рисунок 2,а). Трансформатор потребляет в этом режиме только мощность, равную потерям холостого хода, т.е. (рисунок 2,б):

$$\underline{S}_x = \Delta P_x + j\Delta Q_x.$$

Проводимости, См, определяются следующими выражениями:

$$g_T = \Delta P_x / U_{\text{ном}}^2, \quad (2.1)$$

$$b_T = \Delta Q_x / U_{\text{ном}}^2, \quad (2.2)$$

где напряжения выражены в киловольтах, а мощности – в мегаваттах и мегаварах.

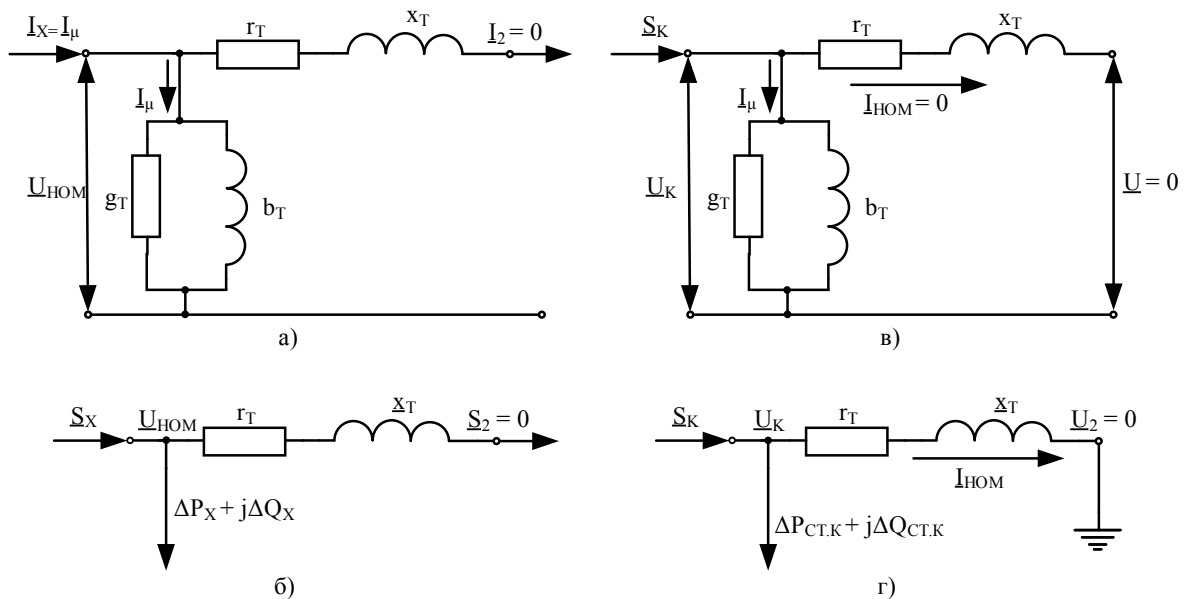


Рисунок 2 – Схемы опытов холостого хода и короткого замыкания

а, б – опыт холостого хода; в, г – опыт короткого замыкания

Потери активной мощности в стали определяются в основном напряжением и приближенно предполагаются не зависящими от тока и

мощности нагрузки (I_2 и S_2). В схеме на рисунке 1, б ΔP_x постоянна и равна каталожному значению. Ток намагничивания в трансформаторе имеет очень маленькую активную составляющую:

$$I_\mu = I_x \approx I_x'',$$

где I_x'' – реактивная составляющая I_x .

Поэтому

$$\Delta Q_x = 3I_x'' U_{ном.ф} \approx 3I_x U_{ном.ф} = 3 \frac{I_x \% I_{ном}}{100} U_{ном.ф} = \frac{I_x \% S_{ном}}{100}. \quad (2.3)$$

Отметим, что ΔP_x намного меньше, чем ΔQ_x , и полная мощность трансформатора в режиме холостого хода S_x приближенно равна намагничивающей мощности ΔQ_x .

С учетом (2.3) проводимость b_T определяется так:

$$b_T = \frac{I_x \% S_{ном}}{100 U_{ном}^2} \quad (2.2a)$$

Сопротивления трансформатора r_T и x_T определяются по результатам опыта короткого замыкания (КЗ). В этом опыте замыкается накоротко вторичная обмотка, а к первичной обмотке подводится такое напряжение, при котором в обеих обмотках трансформатора токи равны номинальному. Это напряжение и называется напряжением короткого замыкания u_k (рисунок 2, б и г). Потери в стали в опыте короткого замыкания $\Delta P_{СТ.к}$ очень малы, так как u_k намного меньше $U_{ном}$. Поэтому, приближенно считают, что все потери мощности в опыте КЗ ΔP_k идут на нагрев обмоток трансформатора, т. е.

$$\Delta P_k = 3I_{ном}^2 r_T = \frac{S_{ном}^2}{U_{ном}^2} r_T, \quad (2.4)$$

и

$$r_T = \frac{\Delta P_\kappa U_{ном}^2}{S_{ном}^2}. \quad (2.5)$$

В современных мощных трансформаторах $r_T \ll x_T$ и $u_k \approx u_k''$. Из опыта КЗ (рисунок 2,в)

$$u_k = \frac{u_k \% U_{ном}}{100} \approx \sqrt{3} I_{ном} x_T.$$

Умножая последнее выражение на $U_{ном}$, после преобразований получим

$$x_T = \frac{u_k \% U_{ном}^2}{100 S_{ном}}.$$

В (2.4), (2.5) сопротивления получаются в омах при подстановке напряжений в киловольтах, а мощностей – в мегавольт-амперах и в мегаваттах.

Потери активной мощности в r_T зависят от тока и мощности нагрузки I_2 и S_2 . Эти потери равны

$$\Delta P_T = 3 I_2^2 r_T = \frac{S_2^2}{U_2^2} r_T.$$

Если подставить в последнее выражение r_T из (2.4) и учесть, что $U_2^2 \approx U_{ном}^2$, то получим

$$\Delta P_T = \frac{\Delta P_\kappa S_2^2}{S_{ном}^2}. \quad (2.6)$$

Потери реактивной мощности в x_T аналогично (2.6) определяются так:

$$\Delta Q_T = 3 I_2^2 x_T = \frac{S_2^2}{U_2^2} x_T = \frac{u_k \% S_2^2}{100 S_{ном}} \quad (2.7)$$

Для трансформатора, через который проходят ток нагрузки I_2 и мощность S_2 , потери мощности с учетом (2.3), (2.6) и (2.7) равны

$$\Delta P = \Delta P_x + \Delta P_T = \Delta P_x + \frac{\Delta P_k S_2^2}{S_{ном}^2}, \quad (2.8)$$

$$\Delta Q = \Delta Q_x + \Delta Q_T = \frac{I_x \% S_{ном}}{100} + \frac{u_k \% S_2^2}{100 S_{ном}}. \quad (2.9)$$

Если на подстанции с суммарной нагрузкой S_2 работают параллельно k одинаковых трансформаторов, то их эквивалентные сопротивления в k раз меньше и равны $\frac{r_T}{k}$, $\frac{x_T}{k}$, а проводимости в k раз больше, т.е. равны kg_T , kb_T . Если учесть это в выражениях (2.9), (2.3), (2.6), (2.7), то получим следующие выражения для потерь мощности:

$$\Delta P = k\Delta P_x + \frac{1}{k} \frac{\Delta P_k S_2^2}{S_{ном}^2}, \quad (2.10)$$

$$\Delta Q = \frac{kI_x \% S_{ном}}{100} + \frac{1}{k} \frac{u_k \% S_2^2}{100 S_{ном}}, \quad (2.11)$$

Эти же выражения можно получить и другим способом. Если подставить в (2.6), (2.7) вместо S_2 поток мощности, текущей через каждый трансформатор и равной S_2 / k , то получим потери мощности в одном трансформаторе. Умножим их на k и получим выражения (2.8), (2.10) для потерь мощности в k параллельно работающих трансформаторах.

2.3 Трехобмоточные трансформаторы и автотрансформаторы

Трехобмоточные трансформаторы и автотрансформаторы. Во многих случаях на подстанции нужны три номинальных напряжения – высшее $U_в$, среднее $U_с$ и низшее $U_н$. Для этого можно было бы использовать два двухобмоточных трансформатора (рисунок 3,а). Более экономично, чем два двухобмоточных, применять один трехобмоточный трансформатор (рис. 3, б), все три обмотки которого имеют магнитную связь (рис. 2.7,а).

Еще более экономично применение трехобмоточных автотрансформаторов, условное обозначение которых в схемах электрических сетей приведено на рис. 3, в.

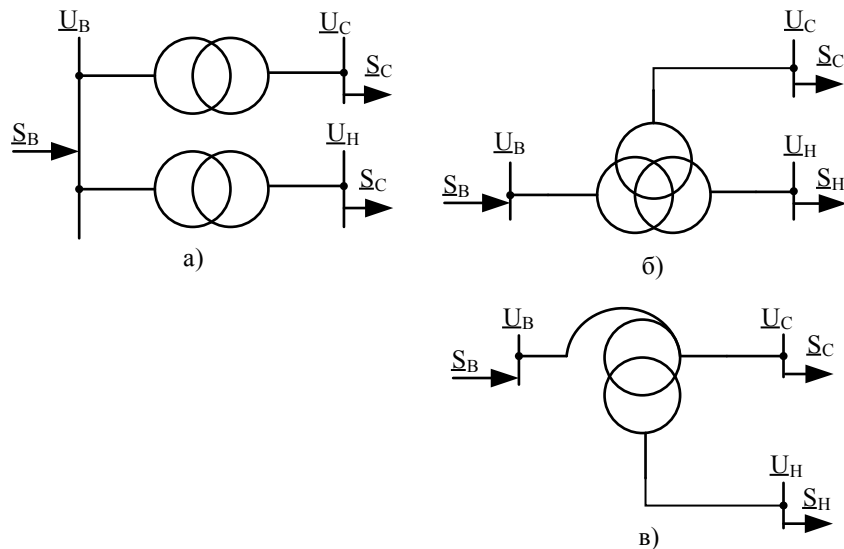


Рисунок 3 – Схемы подстанций с тремя номинальными напряжениями

а - два двухобмоточных трансформатора; б – трехобмоточный трансформатор;

в – автотрансформатор

Схема соединения обмоток автотрансформатора показана на рисунок 4, б. Обмотка низшего напряжения магнитно связана с двумя другими. Обмотки же последовательная и общая (П и О на рисунке 4, б) непосредственно электрически соединены друг с другом и, кроме того, имеют магнитную связь. По последовательной обмотке течет ток I_e , а по общей – $(I_e - I_c)$. Номинальной мощностью автотрансформатора называют мощность, которую автотрансформатор может принять из сети высшего напряжения или передать в эту сеть при номинальных условиях работы:

$$S_{ном} = \sqrt{3} U_{в.ном} I_{в.ном} \quad (2.12)$$

Эта мощность также называется *проходной*. Она равна предельной мощности, которую автотрансформатор может передать из сети высшего напряжения в сеть среднего напряжения и наоборот при отсутствии нагрузки на обмотке низшего напряжения.

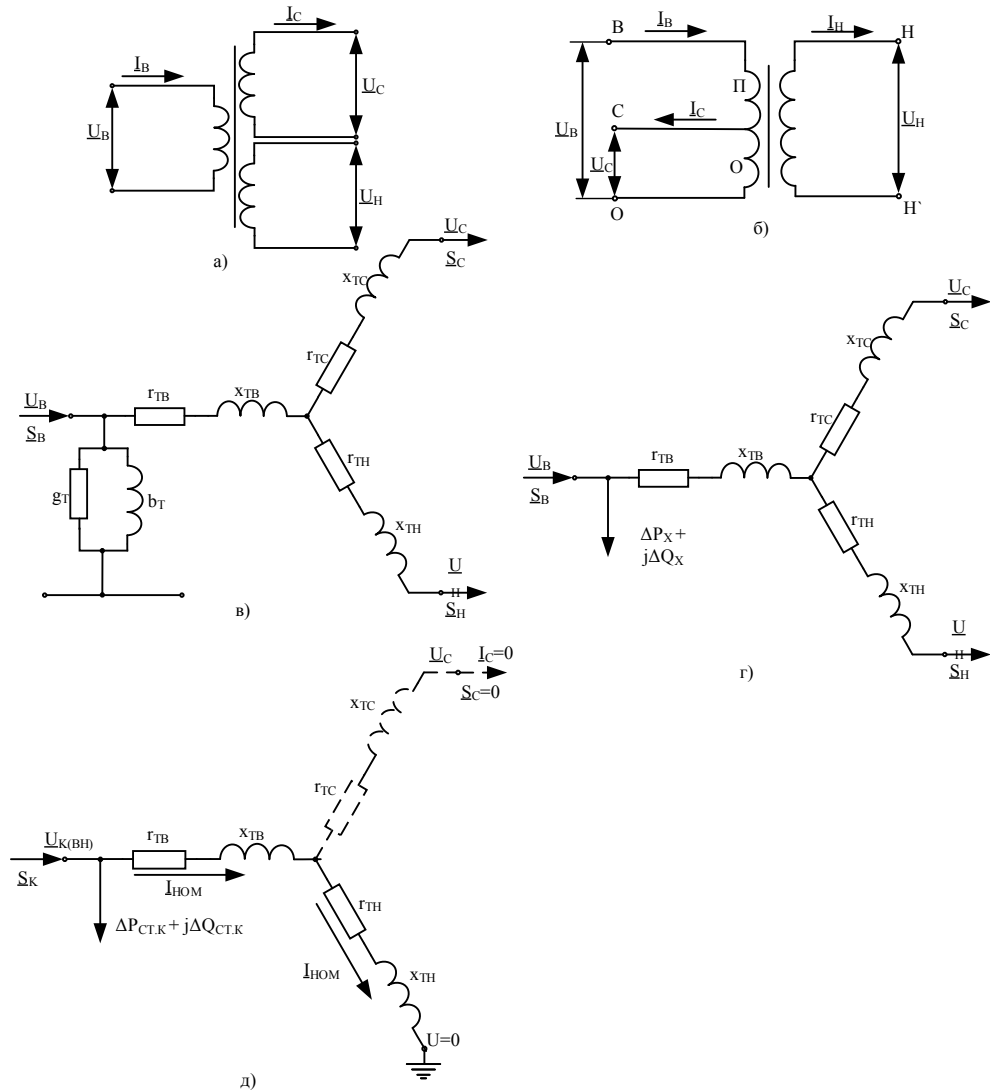


Рисунок 4 – Трехобмоточный трансформатор и автотрансформатор
 а, б – схемы соединения обмоток; в, г – Г-образная и упрощенная схемы замещения;
 д – схема опыта КЗ (ВН)

Последовательная обмотка П рассчитывается на *типовую мощность*

$$S_{min} = \sqrt{3}(U_{в.ном} - U_{с.ном})I_{в.ном} = S_{тип} \quad (2.13)$$

где $\alpha = 1 - U_{с.ном} / U_{в.ном}$ – коэффициент выгодности, показывающий, во сколько раз S_{min} меньше $S_{ном}$.

Напряжение общей обмотки меньше $U_{в.ном}$, ток в ней равен

$I_{в.ном} - I_{с.ном}$, поэтому ее мощность меньше $S_{ном}$. Можно показать, что мощность общей обмотки равна типовой.

Обмотка низшего напряжения также рассчитывается на $S_{мин}$ или на мощность меньше $S_{мин}$. Ее номинальная мощность выражается через номинальную мощность автотрансформатора так:

$$S_{н.ном} = \alpha_{н.н} S_{ном}, \quad (2.13a)$$

где для $U_{в.ном} \leq 330 \text{ кВ}$ $\alpha_{н.н} = 0,25; 0,4; 0,5$.

В трехобмоточном трансформаторе все три обмотки имеют мощность $S_{ном}$. В автотрансформаторе общая и последовательная обмотки рассчитаны на типовую мощность $S_{мин} < S_{ном}$, а обмотки низшего напряжения – на $\alpha_{н.н} S_{ном} < S_{ном}$. Таким образом, через понижающий автотрансформатор можно передать мощность, большую той, на которую выполняются его обмотки. Чем меньше коэффициент выгодности $\alpha = S_{мин} / S_{ном}$, тем более экономичен автотрансформатор по сравнению с трехобмоточным трансформатором. Чем ближе номинальные напряжения на средней и высшей сторонах автотрансформатора, тем меньше α и тем выгоднее использовать автотрансформатор. При $U_c = U_e \alpha = 0$.

Схема замещения трехобмоточного трансформатора и автотрансформатора с $U_{ном} > 220 \text{ кВ}$ приведена на рисунке 4, в, а с $U_{в.ном} \leq 220 \text{ кВ}$ – на рисунке 4, г. Как и для двухобмоточного трансформатора, в такой схеме замещения отсутствуют трансформации, т.е. идеальные трансформаторы, но сопротивления обмоток низшего и среднего напряжений приводят к высшему напряжению. Такое приведение соответствует умножению на квадрат коэффициента трансформации. Потери холостого хода ΔP_x и ΔQ_x определяются так же, как и для двухобмоточного трансформатора. Потери ΔP_x – известная каталожная величина, а ΔQ_x определяются из выражения (2.4) по каталожному

значению $I_x, \%$. Для трехобмоточных трансформаторов и автотрансформаторов задаются три значения потерь короткого замыкания по парам обмоток $\Delta P_{\kappa(в.н)}, \Delta P_{\kappa(в.с)}, \Delta P_{\kappa(с.н)}$ и три напряжения короткого замыкания по парам обмоток $u_{\kappa(в.н)} \%, u_{\kappa(в.с)} \%, u_{\kappa(с.н)} \%$. Каждое из каталожных значений ΔP_{κ} и $u_{\kappa} \%$ относится к одному из трех возможных опытов короткого замыкания. Значения $\Delta P_{\kappa(в.н)}$ и $u_{\kappa(в.н)} \%$ определяются при замыкании накоротко обмотки низшего напряжения при разомкнутой обмотке среднего напряжения и подведении к обмотке высшего напряжения такого напряжения $u_{\kappa(в.н)}$, чтобы ток в обмотке низшего напряжения трансформатора был равен номинальному. Схема этого опыта КЗ приведена на рисунке 4, д. Ненагруженная обмотка среднего напряжения изображена штрихами, чтобы подчеркнуть, что ток в ней равен нулю. Аналогично опыту КЗ для двухобмоточного трансформатора из данного опыта КЗ можно определить сумму сопротивлений обмоток высшего и низшего напряжений:

$$r_{T.B} + r_{T.H} = \Delta P_{\kappa(в.н)} U_{ном}^2 / S_{ном}^2. \quad (2.14)$$

Соответственно для опытов КЗ по другим обмоткам справедливы аналогичные выражения:

$$r_{T.B} + r_{T.C} = \Delta P_{\kappa(в.с)} U_{ном}^2 / S_{ном}^2, \quad (2.15)$$

$$r_{T.C} + r_{T.H} = \Delta P_{\kappa(с.н)} U_{ном}^2 / S_{ном}^2. \quad (2.16)$$

В уравнениях (2.12) – (2.16) три неизвестных – активные сопротивления обмоток трансформатора $r_{T.B}, r_{T.C}, r_{T.H}$. Решив эти три уравнения с тремя неизвестными, получим выражения, аналогичные (2.12):

$$r_{T.B} = \frac{\Delta P_{\kappa.в} U_{ном}^2}{S_{ном}^2}, \quad (2.17)$$

$$r_{T.C} = \frac{\Delta P_{K.C} U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}^2}, \quad (2.18)$$

$$r_{T.H} = \frac{\Delta P_{K.H} U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}^2}. \quad (2.19)$$

В (2.17) – (2.19) величины $\Delta P_{K.B}$, $\Delta P_{K.C}$, $\Delta P_{K.H}$, соответствующие лучам схемы замещения, определяются по каталожным значениям потерь КЗ для пар обмоток:

$$\Delta P_{K.B} = 0,5(\Delta P_{K(B.H)} + \Delta P_{K(B.C)} - \Delta P_{K(C.H)}), \quad (2.20)$$

$$\Delta P_{K.C} = 0,5(\Delta P_{K(B.C)} + \Delta P_{K(C.H)} - \Delta P_{K(B.H)}), \quad (2.21)$$

$$\Delta P_{K.H} = 0,5(\Delta P_{K(B.H)} + \Delta P_{K(C.H)} - \Delta P_{K(B.C)}) \quad (2.22)$$

Аналогично этому по каталожным значениям напряжении КЗ для пар обмоток $u_{K(B.H)}\%$, $u_{K(B.C)}\%$, $u_{K(C.H)}\%$ определяются напряжения КЗ для лучей схемы замещения $u_{K.B}\%$, $u_{K.C}\%$, $u_{K.H}\%$:

$$u_{K.B}\% = 0,5[u_{K(B.H)}\% + u_{K(B.C)}\% - u_{K(C.H)}\%], \quad (2.23)$$

$$u_{K.C}\% = 0,5[u_{K(B.C)}\% + u_{K(C.H)}\% - u_{K(B.H)}\%], \quad (2.24)$$

$$u_{K.H}\% = 0,5[u_{K(B.H)}\% + u_{K(C.H)}\% - u_{K(B.C)}\%]. \quad (2.25)$$

По найденным значениям $u_{K.B}\%$, $u_{K.C}\%$, $u_{K.H}\%$ определяются реактивные сопротивления обмоток $x_{T.B}$, $x_{T.C}$, $x_{T.H}$ по выражениям, аналогичным (2.13) для двухобмоточного трансформатора. Реактивное сопротивление одного из лучей схемы замещения трехобмоточного трансформатора (обычно среднего напряжения) близко к нулю.

Все современные трехобмоточные трансформаторы выпускаются с одинаковыми номинальными мощностями обмоток. Для ранее выпускавшихся трансформаторов, имеющих различные мощности отдельных обмоток, каталожные значения $u_K\%$, ΔP_K для пар обмоток должны быть приведены к одной мощности (обычно к мощности обмотки

высшего напряжения). Приведение $u_k\%$ производится пропорционально отношению мощностей обмоток, а приведение ΔP_k – пропорционально квадрату этого отношения.

Для автотрансформаторов дополнительно указывается номинальная мощность обмотки низшего напряжения в долях номинальной мощности автотрансформатора, т.е. $\alpha_{н.н}$ (2.13а). Значения $u_k\%$ для пар обмоток приведены к напряжению обмотки ВН и отнесены к $S_{ном}$. Значения $\Delta P_{к(в.с)}$ отнесены к номинальной мощности автотрансформатора $S_{ном}$, а $\Delta P_{к(в.н)}^H$ и $\Delta P_{к(с.н)}^H$ – к номинальной мощности обмотки низшего напряжения, т.е. к $\alpha_{н.н} S_{ном}$. Эта особенность записи параметров определяется условиями опыта КЗ автотрансформаторов. Например, при КЗ (ВН) напряжение на обмотке ВН поднимается до такого значения, при котором в закороченной обмотке низшего напряжения, рассчитанной на $S_{н.ном}$, ток будет соответствовать не $S_{ном}$, а $S_{н.ном}$. При КЗ (ВС) ток в последовательной обмотке (рисунок 4,б) поднимается до значения, соответствующего $S_{ном}$ (см. (2.22)).

Приведенные к разным мощностям паспортные значения ΔP_k для пар обмоток автотрансформатора необходимо привести к одной мощности – номинальной. Как отмечалось выше, это приведение пропорционально отношению квадратов мощностей обмоток:

$$\Delta P_{к(в.н)} = \frac{\Delta P_{к(в.н)}^H}{\alpha_{н.н}^2}, \quad (2.26)$$

$$\Delta P_{к(с.н)} = \frac{\Delta P_{к(с.н)}^H}{\alpha_{н.н}^2}. \quad (2.27)$$

3 Аппаратура и материалы

Перечень аппаратуры представлен в таблице 1, схема электрических соединений – на рисунке 5.

4 Указания по технике безопасности

Перед началом выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с экспериментальной установкой и четко уяснить схему подачи и снятия напряжения со стенда.

5 Методика и порядок выполнения работы

Убедиться, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

Соединить гнезда защитного заземления " $\oplus$ " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" однофазного источника питания G1.

Таблица 1 – Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218.2	~220 В /10 А
A1	Однофазный трансформатор	372.1	80 ВА 220/ 198...242 В
A4, A5	Активная нагрузка	306.4	~220 В/0...30 Вт
A6, A7	Индуктивная нагрузка	324.4	~ 220 В / 0...30 ВА _p
A8, A11	Коммутатор измерителя мощностей	349	5 положений
A9	Автоматический однополюсный выключатель	359	~230 В/0,5 А
P1	Блок мультиметров	509.2	2 мультиметра 0...1000 В $\cong$; 0...10 А $\cong$; 0...20 МОм
P2	Измеритель мощностей	507.2	15; 60; 150; 300; 600 В, 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 А.

Соединить аппаратуру в соответствии со схемой электрической

соединений.

Отключить (если включен) выключатель А9.

Установить переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора А1.

Установить переключателями желаемые параметры нагрузок А4...А7.

Включить источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.

Включить выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров Р1 и измерителя мощностей Р2.

Активизировать используемые мультиметры.

Включить выключатель А9.

С помощью мультиметров, включенных как вольтметры, блока Р1 измерять напряжения до и после исследуемого трансформатора А1.

Меняя положение переключателя коммутатора А8, с помощью измерителя Р2 измерять величины потоков активной и реактивной мощностей до и после исследуемого трансформатора А1 и по ним определите потери активной и реактивной мощностей в нем.

По завершении эксперимента отключить источник G1, выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей Р2 и блока мультиметров Р1.

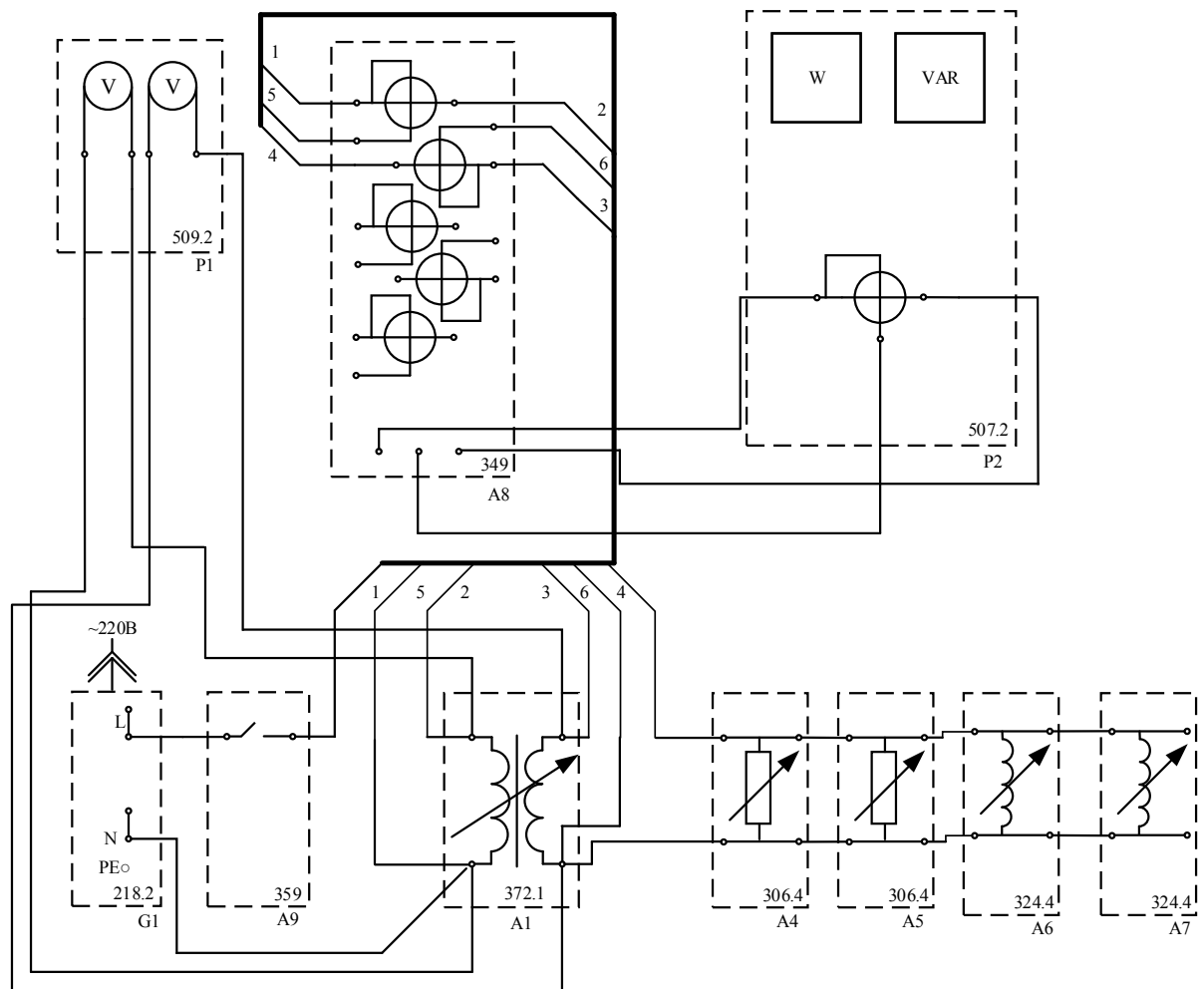


Рисунок 5 – Схема электрических соединений

Таблица 2 – Результаты измерений

Положение A8 (задает коэффициент трансформации)	Потоки мощностей до исследуемого т-ра		Потоки мощностей после исследуемого т-ра		Потери мощности в т-ре		Напряжение	
	P, Вт	Q, вар	P, Вт	Q, вар	ΔP , Вт	ΔQ , вар	U ₁ , В	U ₂ , В
0,9								
0,925								
0,95								
0,975								
1,0								
1,05								
1,1								

6 Содержание отчета и его форма

Отчет должен иметь титульный лист с указанием темы лабораторной работы, ФИО студента, номера группы и даты выполнения работы.

Отчет должен содержать:

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Принципиальные экспериментальные схемы.
3. Таблицы с экспериментальными данными, результатами расчетов, графиками зависимостей ($U_2=f(K_{mp})$ и $\Delta P=f(K_{mp})$, $\Delta Q=f(K_{mp})$), и поясняющими рисунками.
4. Выводы.

7 Вопросы для защиты работы

1. Какие схемы замещения применяются для трансформаторов и автотрансформаторов?
2. Как изменяются сопротивления трансформаторов и потери мощности в них с ростом номинального напряжения?
3. Как вычисляются потери мощности в трансформаторах?

8 Список рекомендуемой литературы

1. Идельчик, В.И. Электрические системы и сети : учебник для электроэнергетических специальностей / В.И. Идельчик. – 2-е изд., стер., перепеч. с изд. 1989 г. – М.: Альянс, 2009. – 592 с.
2. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Е.А. Конюхова. – М.: Издательство «Мастерство», 2002. – 320 с.

Лабораторная работа №2**ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА
РАБОТЫ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ****1 Цель и содержание**

Измерить параметры установившегося режима работы разомкнутой распределительной электрической сети.

2 Теоретическое обоснование**2.1 Общие положения**

Разомкнутыми сетями называют такие, в которых электроэнергия подается потребителям только с одной стороны.

В большинстве случаев такими сетями являются распределительные сети местного значения, то есть напряжением до 35 кВ, подающие энергию потребителям на расстояния, не превышающие 20-30 км. Однако в виде разомкнутых выполняют и часть сетей 110-220 кВ.

Простейшие возможные схемы таких сетей без ответвлений и с ответвлениями показаны на рисунке 1, а, б.

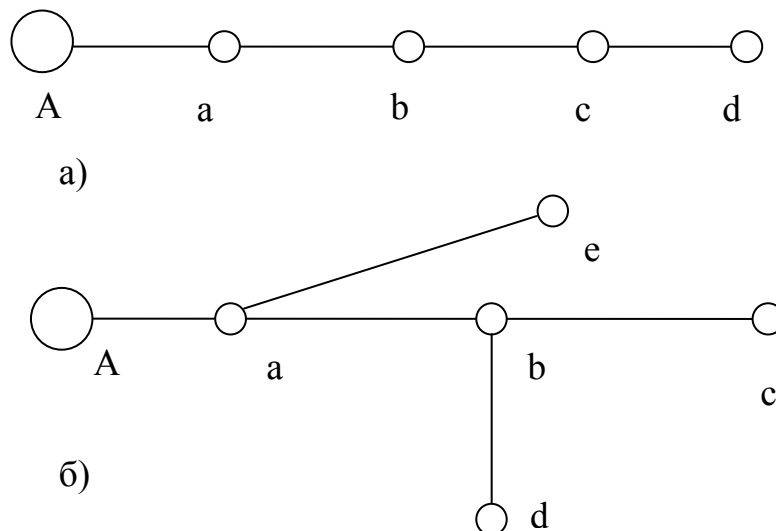


Рисунок 1 – Разновидности схем разомкнутых сетей

2.2 Общий ход расчета режимов простейших разомкнутых сетей

Обычно для расчета разомкнутых сетей применяется расчет «в два этапа». Первый этап состоит в определении потоков мощности по ветвям. Второй в определении падений напряжений и модулей напряжений в узлах.

Методики расчета простых разомкнутых сетей отличаются в зависимости от номинального напряжения сетей.

При расчете сетей 6-35 кВ обычно пренебрегают потерями мощности и, суммируя мощности нагрузки, можем найти линейные мощности (токи) на каждом участке. Таким образом, распределение мощностей в разомкнутых сетях является принудительным и определяется нагрузками потребителей к условию баланса мощности в узлах (первым законом Кирхгофа). Полная мощность в каждой из ветвей разомкнутой сети получается суммированием значений мощностей всех нагрузок, которые питаются по данному участку (ветви) сети.

Расчет потокораспределения в разомкнутых сетях 110-220 кВ (первый этап расчета), производится с учетом потерь мощности. При этом поток мощности в начале ветви отличается от потока мощности в конце ветви на величину потерь мощности в этой ветви. Кроме того, необходимо учитывать реактивную мощность, генерируемую линиями. Расчет потоков мощности и определение потерь мощности рекомендуется производить вначале для наиболее удаленного от передающего конца участка, последовательно передвигаясь к источнику питания.

В зависимости от того, где заданы при расчете режимные параметры (напряжение и мощность), существуют две разновидности расчета режима работы разомкнутых сетей:

- расчет по данным конца;
- расчет по данным начала.

2.3 Определение потери напряжения в трехфазной линии с нагрузкой на конце

Рассмотрим трехфазную линию с учетом ее активного и индуктивного сопротивлений, с активно-индуктивной нагрузкой, подключенной в конце линии. При равномерном распределении нагрузки по фазам, а также одинаковом сопротивлении проводов потеря напряжения может быть определена для одной фазы. При этом в расчете используются фазные напряжения в начале и конце линии.

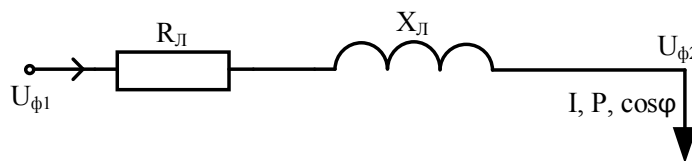


Рисунок 2 – Однолинейная схема линии трехфазного тока с нагрузкой на конце

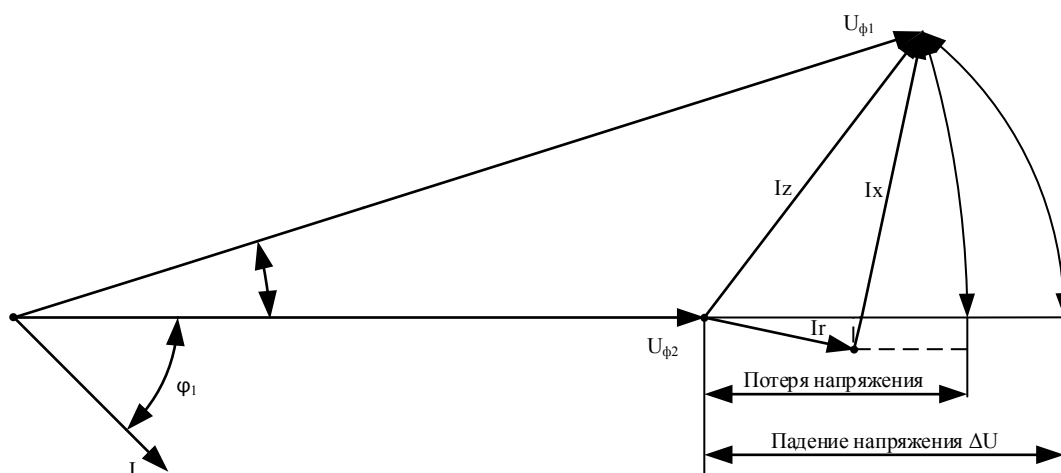


Рисунок 3 – Векторная диаграмма линии трехфазного тока с нагрузкой на конце

На рисунке 2 дана однолинейная расчетная схема трехфазной линии с нагрузкой, сосредоточенной на конце. Обозначим: R – активное сопротивление линии; x – индуктивное сопротивление линии; z – полное сопротивление линии; $U_{\phi 1}$ – фазное напряжение в начале линии; $U_{\phi 2}$ – фазное напряжение в конце линии; I – ток нагрузки; P – активная мощность нагрузки; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности нагрузки.

Построим векторную диаграмму напряжений и токов для одной фазы этой линии (рисунок 3). Отложим отрезок $\overline{Oa}$, представляющий в некотором масштабе вектор фазного напряжения $U_{\phi 2}$ в конце линии. Под углом φ к нему отложим вектор тока I нагрузки, полагая, что $\cos \varphi < 1$. От точки a параллельно вектору тока I отложим отрезок ab , представляющий падение напряжения IR в активном сопротивлении одной фазы линии. От точки b перпендикулярно отрезку $\overline{ab}$ отложим отрезок $\overline{bc}$, представляющий фазное падение напряжения Ix в индуктивном сопротивлении линии.

Из треугольника abc видно, что отрезок ac представляет собой геометрическую сумму падений напряжения в активном и индуктивном сопротивлениях одной фазы линии, т. е. полное падение напряжения I_z , где

$$z = \sqrt{R^2 + x^2}.$$

Из диаграммы видно также, что вектор фазного напряжения $U_{\phi 1}$ в начале линии определяется геометрической суммой фазного напряжения $U_{\phi 2}$ в конце линии и полного падения напряжения I_z в линии.

Геометрическая разность векторов напряжений в начале и конце линии называется падением напряжения:

$$\Delta \underline{U}_{\phi} = \underline{U}_{\phi 1} - \underline{U}_{\phi 2}.$$

Из диаграммы следует, что вектор напряжения в конце линии сдвинут относительно вектора напряжения в начале линии на угол

$$\alpha = \varphi_1 - \varphi.$$

Для электроприемников важна абсолютная величина напряжения на их зажимах, а не его фаза. Поэтому при расчете электрических сетей определяют потерю напряжения в линии, которая представляет собой *алгебраическую разность абсолютных величин напряжений в начале и конце линии.*

Величина потери напряжения может быть определена как разность

показаний вольтметров, включенных в начале и конце линии.

На диаграмме рисунка 3 потеря напряжения изображается отрезком

$$\overline{ae} = U_{\phi 1} - U_{\phi 2}.$$

Для упрощения расчетов за величину потери напряжения ΔU_{ϕ} принимают отрезок af , который является проекцией вектора ΔU_{ϕ} на направление вектора $U_{\phi 2}$. Ошибка, получающаяся при этом допущении, не превосходит 3%. Численную величину потери напряжения можно определить, сложив отрезки $\overline{ad}$ и $\overline{df}$, выраженные в масштабе напряжения.

Графически

$$\Delta U_{\phi} = \overline{ad} + \overline{df},$$

но

$$\overline{ad} = IR \cos \varphi,$$

$$\overline{df} = Ix \sin \varphi.$$

Следовательно,

$$\Delta U_{\phi} = IR \cos \varphi + Ix \sin \varphi.$$

Зная, что линейная потеря напряжения

$$\Delta U = \sqrt{3} \Delta U_{\phi},$$

получим формулу для определения потери напряжения в трехфазной линии переменного тока с нагрузкой на конце:

$$\Delta U \% = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 IL}{U_n} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi).$$

Если нагрузка на конце линии задана не током, а мощностью (P , кВт), то, подставляя значение

$$I = \frac{P \cdot 1000}{\sqrt{3} U_n \cos \varphi},$$

получим также выражение для потери напряжения:

$$\Delta U\% = \frac{10^5 \cdot PL}{U_n^2 \cos \varphi} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi),$$

а после незначительных преобразований

$$\Delta U\% = \frac{10^5 \cdot PL}{U_n^2} (r_0 + x_0 \operatorname{tg} \varphi).$$

3 Аппаратура и материалы

Перечень аппаратуры представлен в таблице 1, схема электрических соединений – на рисунке 4.

Таблица 1 – Перечень оборудования

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218.2	~ 220 В / 10 А
A1	Однофазный трансформатор	372.1	80 ВА 220/ 198...242 В
A2	Модель линии электропередачи	313.3	~ 220 В / 0,3 А
A4, A5	Активная нагрузка	306.4	~220 В/0...30 Вт
A6, A7	Индуктивная нагрузка	324.4	~ 220 В / 0...30ВАр
A8, A11	Коммутатор измерителя мощностей	349	5 положений
A9	Автоматический однополюсный выключатель	359	~230 В/0,5 А
P1	Блок мультиметров	509.2	2 мультиметра 0...1000В ≅ ; 0...10 А ≅ ; 0...20 МОм
P2	Измеритель мощностей	507.2	15; 60; 150; 300; 600 В, 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 А.

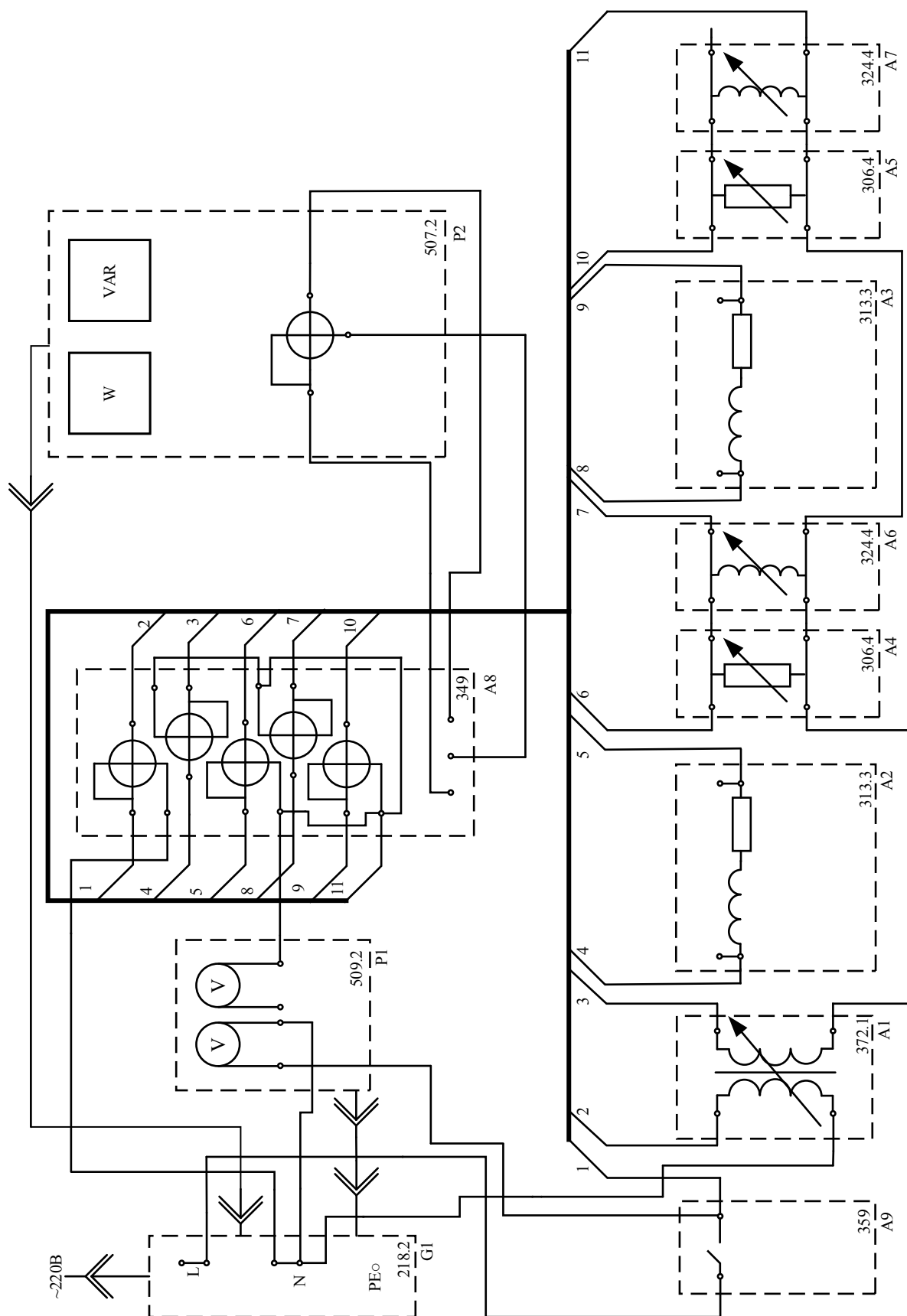


Рисунок 4 – Схема электрических соединений

4 Указания по технике безопасности

Перед началом выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться с экспериментальной установкой и четко уяснить схему подачи и снятия напряжения со стенда.

5 Методика и порядок выполнения работы

Убедиться, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

Соединить гнезда защитного заземления " " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" однофазного источника питания G1.

Соединить аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.

Отключить (если включен) выключатель A9.

Установить переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора A1.

Установить переключателями желаемые параметры модели линии электропередачи A2 и нагрузок A4...A7.

Включить источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.

Включить выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и измерителя мощностей P2.

Активизировать используемые мультиметры.

Включить выключатель A9.

С помощью мультиметров, включенных как вольтметры, блока P1 измеряйте напряжения до и после исследуемой линии электропередачи A2.

Меняя положение переключателя коммутатора A8, с помощью измерителя P2 измеряйте величины потоков активной и реактивной

мощностей до и после исследуемой линии электропередачи А2 и по ним определять потери активной и реактивной мощностей в ней.

По завершении эксперимента отключить источник G1, выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей P2 и блока мультиметров P1.

После проведения экспериментов данные занести в таблицы 2 и 3.

Таблица 2 – Данные измерений

№ точки	1	2	3	4	5
U, В					

Таблица 3 – Данные измерений

Положение коммутатора	Измеритель мощностей	
	P, кВт	Q, квар
1		
2		
3		
4		
5		

6 Содержание отчета и его форма

Отчет по лабораторной работе выполняется в объеме, предусмотренном требованиями данных методических указаний.

Отчет должен иметь титульный лист, на котором указывается:

- наименование вуза, факультета, кафедры;
- номер лабораторной работы, дисциплина, по которой выполняется работа, тема работы;
- номер группы, фамилия и инициалы студента; данные о преподавателе, под руководством которого выполняется работа;
- город, год выполнения.

Содержание отчета:

- таблицы, графики и схемы с пояснениями;
- выводы по проделанным опытам;

- общий вывод.

7 Вопросы для защиты работы

1. Расчет потерь и падений напряжений в линиях электропередачи.
2. Что понимается под «потерей» и «падением» напряжения?
3. Формулы для расчета «потерь» и «падения» напряжения.
4. Векторные диаграммы напряжений и токов линии электропередачи при различных режимах работы.

8 Список рекомендуемой литературы

1. Идельчик, В.И. Электрические системы и сети : учебник для электроэнергетических специальностей / В.И. Идельчик. – 2-е изд., стер., перепеч. с изд. 1989 г. – М.: Альянс, 2009. – 592 с.
2. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Е.А. Конюхова. – М.: Издательство «Мастерство», 2002. – 320 с.

Лабораторная работа №3**СНЯТИЕ СТАТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ МОЩНОСТИ ПО
НАПРЯЖЕНИЮ БАТАРЕИ КОНДЕНСАТОРОВ****1 Цель и содержание**

Получение сведений о реактивной мощности в системах электроснабжения, снятие статической характеристики мощности по напряжению батареи конденсаторов.

2 Теоретическое обоснование**2.1 Компенсация реактивной мощности. Реактивная мощность
в системах электроснабжения**

Большинство ЭП потребляют из электрической сети определенную мощность $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ т.е. по сети протекает активная мощность P (кВт) и реактивная Q (квар). Загрузка системы электроснабжения определяется полной мощностью S (кВА), активная составляющая которой представляется полезно потребленной и обратно к источнику питания (ИП) не возвращается. Реактивная составляющая полной мощности расходуется на создание магнитных полей в отдельных элементах электрической сети, в частности: трансформаторах, электрических двигателях, линиях электропередачи, газоразрядных источниках света, дуговых сталеплавильных печах и др. Практически она не потребляется, а перетекает от ИП (генератора) к электроприемнику (ЭП) и обратно с частотой $f = 2 \cdot f_{50}$. В электрической цепи, состоящей из индуктивности, в течение $1/4 T_{50}$ магнитный поток в ЭП возрастает, происходит накопление реактивной мощности (магнитной энергии), во второй четверти T_{50}

реактивная мощность (магнитная энергия) перетекает к ИП; в $3/4 T_{50}$ в ЭП опять происходит накопление энергии магнитного поля и в последней четверти реактивная мощность Q перетекает (в обратном направлении) к ИП (генератору). Для такой пульсации Q – от генератора к ЭП и обратно – не требуется никаких затрат. Но так как это перетекание Q совершается через элементы сети, содержащие активное сопротивление R , то на его нагрев расходуется мощность $\Delta P = 3 \cdot I^2 \cdot R$, т.е. от генератора требуется энергия, однако о расходе реактивной мощности речь не идет. Потери ΔP можно разложить на составляющие, а именно:

$$\Delta P = 3 \cdot R \cdot \left(\frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} \right)^2 = \frac{S^2 \cdot R}{U^2} = \frac{P^2 \cdot R}{U^2} + \frac{Q^2 \cdot R}{U^2}. \quad (1)$$

Здесь первый член – потери активной мощности за счет передачи по электрической цепи активной мощности P , второй – потери активной мощности за счет передачи по этой же цепи реактивной мощности Q . Потери за счет передачи реактивной мощности (а также и активной) тем больше, чем дальше расположен потребитель реактивной мощности от ИП.

В балансе реактивных нагрузок потери реактивной мощности в элементах системы электроснабжения достигают 20%. Естественный коэффициент мощности электрических нагрузок различных промышленных предприятий изменяется в пределах $\cos \varphi_{\text{ем}} = 0,7 - 0,9$. Это означает, что предприятия потребляют реактивную мощность $Q_P = P_P \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\text{ем}} = (1,02 - 0,48)$. Оценим потери активной мощности в сетях от передачи Q .

Рассмотрим два случая:

1. Примем за единицу ΔP_1 , от передачи электроприемнику чисто активной нагрузки при $U_{\text{сети}} = 1,05 U_H$, равное

$$\Delta P_1 = \frac{P_{нз}^2}{(1,05 \cdot U_H)^2} \cdot R = \frac{0,91 \cdot P_{нз}^2}{U_H^2} \cdot R \quad .(2)$$

2. Передается то же значение $P_{нз}$ и реактивная мощность с $\operatorname{tg} \varphi = 0,8$, при этом будет происходить снижение напряжения до $0,95 P_i$. Потери ΔP_2 составят

$$\Delta P_2 = \frac{P_{нз}^2 \cdot (1 + t_g^2 \varphi)}{(0,95 \cdot U_H)^2} \cdot R = 1,82 \cdot \frac{P_{нз}^2}{U_H^2} \cdot R = 2 \cdot \Delta P_1. \quad (3)$$

Таким образом, при принятых допущениях половина всех потерь активной мощности вызвана передачей реактивной мощности.

Если учесть, что потери электроэнергии в электрических сетях энергосистемы России составляют 9%, то становится понятной необходимость компенсации реактивной мощности.

Из этого рассмотрения можно заключить следующее:

- возникающие потери активной мощности и потери напряжения в сети за счет передачи Q увеличивают капитальные затраты в системе электроснабжения;
- реактивная мощность излишне загружает все элементы сети, поскольку они выбираются по полной мощности и полному току;
- загрузка элементов сети реактивной мощностью уменьшает пропускную способность линии и трансформаторов по активной мощности и току.

Полные затраты на производство и передачу всей необходимой предприятию реактивной мощности от шин электростанций в большинстве случаев значительно больше, чем затраты на производство реактивной мощности непосредственно в системе электроснабжения предприятия. Поэтому экономически целесообразно от генераторов электростанций передавать часть реактивной мощности, а большую – компенсировать на шинах ЭП (присоединениях).

2.2 Причины и значение проведения мероприятий по компенсации реактивной мощности

Для выяснения причин проведения этих мероприятий необходимо ответить на вопрос: от чего зависят величины напряжения, устанавливающиеся в узлах нагрузки энергосистемы и у электроприемников.

Известно, что активная и реактивная мощности в сети, питающей ЭП, зависят от частоты и напряжения на зажимах этих ЭП.

Хотя в действительности между значениями частоты в энергосистеме и значениями напряжения в ее узлах существует некоторая связь, при изложении будем для упрощения считать, что значение частоты является постоянным и зависимость между частотой и напряжением отсутствует. На рисунке 1 изображены зависимости $P = f(U)$ и $Q = f(U)$ для какой-то узловой точки сети. Эти зависимости называют статическими характеристиками нагрузки по напряжению. Приведенные на рисунке 1 зависимости соответствуют смешанной нагрузке, состоящей из силовой (АД) и осветительной.

Из этого рисунка видно, что в области нормальных значений U , лежащих вправо от $U_{кр}$, каждому значению напряжения соответствует только одна определенная величина нагрузки.

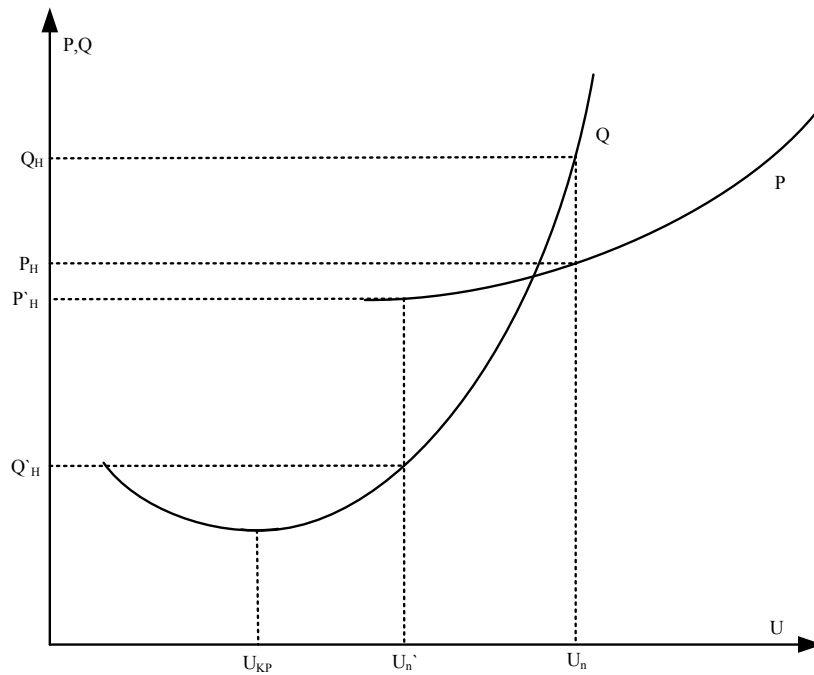


Рисунок 1 – Статистические характеристики нагрузки по напряжению

Если на рисунке 1 горизонтальная прямая P_n характеризует поступление мощности в рассматриваемый узел (подстанцию) от электростанции системы, то пересечение ее с характеристикой нагрузки $P = f(U)$ определяет уровень напряжения U_n , который может установиться у ЭП при наличии источников, способных выдать в тот же узел Q_n .

При отсутствии таких источников напряжение U_n в рассматриваемом узле сети не может быть установлено. Следовательно, на вопрос, поставленный в этом разделе, может быть дан следующий ответ: величина напряжения в узле нагрузки зависит от наличия в сети необходимых источников реактивной мощности.

В случае, если мощность этих источников недостаточна для покрытия нагрузки при заданном напряжении, произойдет снижение напряжения. При этом в соответствии с рисунком 1 понизятся и величины нагрузки до тех значений, которые может обеспечить источник питания.

Соответствие между Q , потребной для поддержания той или иной величины напряжения, и мощностью имеющихся ИП может быть выявлено путем составления баланса реактивной мощности, а именно:

$$Q_{\Sigma} = Q_n + \Delta Q_L + Q_T, \quad (4)$$

где Q_{Σ} – суммарная мощность ИП; Q_n – суммарная реактивная нагрузка потребителей; ΔQ_L , Q_T – соответственно потери мощности в линиях и трансформаторах сети.

Каждому конкретному значению величин этого уравнения соответствует свое значение напряжения. Поясним это на примере (рисунок 2).

Пусть в какой-то момент времени в установившемся режиме имеет место баланс по Q , которому соответствует напряжение в узле нагрузки U_n .

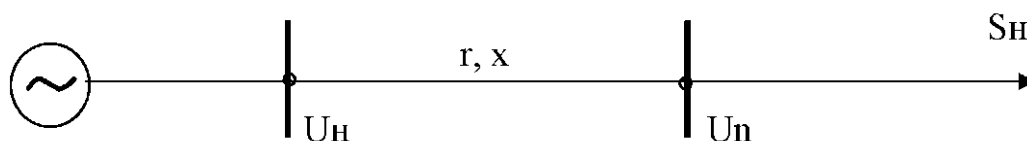


Рисунок 2 – Схема сети

Этому U_n по рисунку 1 соответствовала нагрузка $S_n = \sqrt{P_n^2 + Q_n^2}$. Напряжение источника при этом было U_u , причем между U_n и U_u существовала связь

$$U_n = U_u - \Delta U = U_u - \frac{P_n \cdot r + Q_n \cdot x}{U_n} \quad (5)$$

где ΔU – потеря напряжения в сети при нагрузках P_n и Q_n и напряжении U_n ; r и x – активное и реактивное сопротивления сети.

Понизим напряжение ИП до U'_u , а напряжение в узле нагрузки до

U_n' , при этом мощность потребителя уменьшится до $S_n' = \sqrt{(P_n')^2 - (Q_n')^2}$.

Напряжение на источнике и в месте присоединения нагрузки будут связаны уравнением

$$U_n' = U_u' - \Delta U' = U_u' - \frac{P_n' \cdot r + Q_n' \cdot x}{U_n'} \quad (6)$$

где $\Delta U'$ – потеря напряжения в сети при нагрузках P_n' и Q_n' и напряжении U_n'

Изменение напряжения на нагрузке произойдет под влиянием двух факторов: снижения напряжения на источнике и изменения потери напряжения в сети. Изменение напряжения в узле нагрузки будет несколько меньше, чем у источника, т.е.

$$U_n - U_n' < U_u - U_u' \quad (7)$$

так как зависимости $P = f(U)$ и $Q = f(U)$ нелинейны. Иначе говоря, в связи с изменением нагрузки происходит саморегулирование напряжения U_n в соответствии со статическими характеристиками потребителей.

Это явление называется регулирующим эффектом нагрузки по напряжению. В результате этого эффекта новым значением напряжений U_u и U_n будут соответствовать новые численные значения в уравнении баланса реактивной мощности (2).

Из рисунка 1 видно, что наибольшим регулирующим эффектом по напряжению обладает реактивная мощность, так как зависимость $Q = f(U)$ значительно круче зависимости $P = f(U)$.

Из рисунке 1 также видно, что регулирующий эффект нагрузки будет проявляться только до некоторого значения напряжения, называемого критическим $U_{кр}$. Для промышленных систем $U_{кр} = 75 - 85\%$. При $U_n < U_{кр}$ снижение напряжения вызовет рост реактивной нагрузки

потребителя и, как следствие этого, увеличение потерь напряжения в сети ΔU . Рост ΔU , в свою очередь, приведет к дальнейшему снижению U_n . В этом случае возникает неустановившийся переходный процесс снижения напряжения, длящийся несколько секунд и называемый лавиной напряжения, при котором баланс по Q нарушается. В результате происходит нарушение устойчивости нагрузки.

2.3 Батареи конденсаторов

Батареи конденсаторов (БК) являются нерегулируемыми или ступенчато регулируемыми ИРМ. Батарею разделяют на секции, каждую из которых следует подключать через отдельный коммутационный аппарат. БК способны только генерировать Q . Генерация $Q_{ген}$ батарей конденсаторов емкостью C , подключенной к электрической сети напряжением U , составляет

$$Q_{ген} = \left(\frac{U_c}{U_{БК}} \right)^2 \cdot Q_{нБК} \quad (8)$$

Квадратичная зависимость генерируемой Q ведет к тому, что при снижении напряжения, например на 10%, генерация Q уменьшается на 19%. Режим с понижением напряжения в сети характеризуется дефицитом Q , который еще более возрастает из-за уменьшения ее генерации батареями конденсаторов. БК чувствительны к несинусоидальности напряжения в сети. При несинусоидальном U конденсаторы перегружаются токами высших гармоник, что приводит к сокращению срока их службы. БК могут увеличивать несинусоидальность напряжения в сети из-за возможности резонанса токов на одной из высших гармоник.

Несмотря на отмеченные недостатки БК, на промышленных предприятиях они получили наибольшее распространение как ИРМ.

Основными их достоинствами являются:

- незначительные потери активной мощности, составляющие порядка 4,5 кВт/Мвар для U до 1 кВ и 2,5 кВт/Мвар для $U = 6 - 10$ кВ;
- отсутствие вращающихся частей, шума при работе, сравнительно малая масса установки с конденсаторами и в связи с этим отсутствие необходимости в фундаменте;
- более простая и дешевая эксплуатация, чем других ИРМ;
- возможность увеличения или уменьшения установленной мощности в зависимости от потребности;
- возможность установки в любой точке сети: у отдельных ЭП, на 2 – 5 ступенях. Кроме того, выход из строя отдельного конденсатора, при надлежащей его защите, обычно не отражается на работе всей конденсаторной установки.

Зависимость мощности БК от квадрата напряжения сети снижает устойчивость нагрузки, а при особо неблагоприятных условиях это может привести к лавине напряжения. Особенностью узлов нагрузки, в которых это возможно, является преобладание в них загруженных АД и преобразовательных агрегатов, потребность которых в Q покрывается за счет БК. Для предотвращения этого явления может быть применена форсировка мощности конденсаторной установки (КУ), которая производится автоматическим изменением схемы соединения конденсаторов в установке.

Статические конденсаторы классифицируются по следующим признакам: U_n , числу фаз, роду установки, виду пропитки изоляции, габаритным размерам. Конденсаторы $U_n = 220-660$ В выпускаются как однофазными, так и трехфазными (соединение секций в треугольник), а конденсаторы $U_n = 1050$ В и выше (до 10,5 кВ) только в однофазном.

По роду установки конденсаторы всех U_n могут изготавливаться как

для наружных, так и для внутренних установок. Конденсаторы для наружных установок изготавливаются с внешней изоляцией (выводами) на $U_n > 3150$ В. По виду пропитки конденсаторы разделяются на конденсаторы с пропиткой минеральным (нефтяным) маслом и конденсаторы с пропиткой синтетическим жидким диэлектриком (соволом или трихлордифенилом).

Конденсаторы единой серии $U_n < 1050$ В изготавливаются со встроенными плавкими предохранителями, последовательно соединенными с каждой секцией. Конденсаторы большего напряжения не имеют встроенных предохранителей и требуют отдельной их установки.

БК в установках с $U_n < 1$ кВ подключаются к сети с помощью автоматов или рубильников. БК в установках с $U_n > 1$ кВ подключаются к сети посредством выключателей или выключателей нагрузки. В целях экономии на аппаратах защиты не рекомендуется применять мощности БК менее:

- 400 кВАр при $U_n = 6-10$ кВ и присоединении БК к отдельному выключателю;
- 100 кВАр при $U_n = 6-10$ кВ и присоединении БК к общему с трансформатором или ЭП выключателю.

Для безопасности обслуживания отключенных БК при снятии электрического заряда требуется применение разрядных сопротивлений, присоединенных параллельно конденсаторам. Разрядные сопротивления могут быть встроенными внутрь конденсатора или внешними. В качестве разрядных сопротивлений в БК с напряжением 220 В применяются лампы накаливания в каждой фазе по две последовательно включенных лампы, а в БК с $U_n = 6-10$ кВ – однофазные трансформаторы напряжения (НОМ-6 или НОМ-10). Схема присоединения БК к шинам $U_n = 0,4$ кВ и $U_n = 6-10$ кВ приведена на рисунке 3.

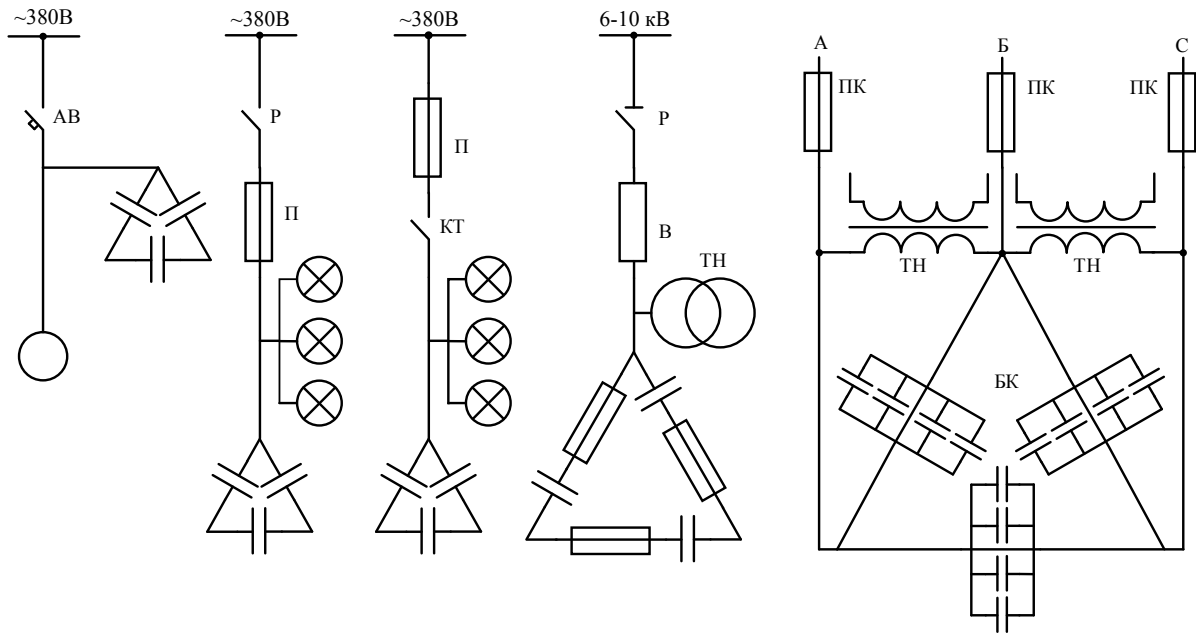


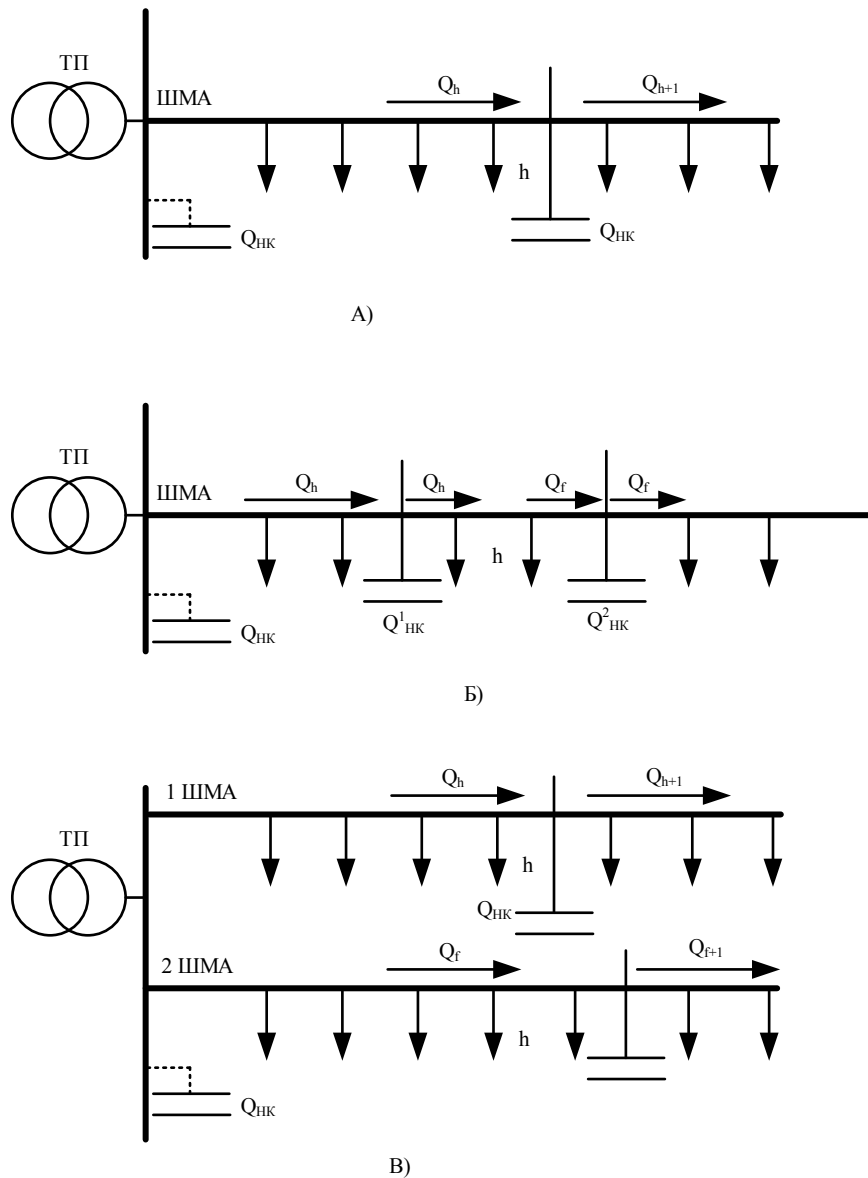
Рисунок 3 – Присоединение конденсаторов к шинам 0,4 кВ и 6-10 кВ

Реактивная мощность Q однофазного конденсатора или трехфазного конденсатора с соединением фаз в треугольник равна:

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot U^2 \cdot 10^{-9} \quad (9)$$

где C – сумма емкостей трех фаз для трехфазного конденсатора (МкФ); U – напряжение сети в месте присоединения БК (В).

В зависимости от места подключения конденсаторных установок компенсация может быть разделена на индивидуальную, групповую и централизованную.



а – одна НБК; б – два НБК;

в – два магистральных шинопровода с установкой по одной НБК

Рисунок 4 – Схема подключения НБК к магистральным шинопроводам

Индивидуальная компенсация - КУ наглухо подсоединяется к выводам ЭП (УР1). В этом случае вся электрическая цепь от ИП до ЭП разгружается от реактивного тока. Недостаток этого способа - КУ используется только во время работы электроприемника.

Групповая компенсация осуществляется подключением КУ к

распределительным шкафам или шинопроводам цеховой сети (рисунок 2.4). Такая компенсация применяется в цехах, среда которых не агрессивна и не опасна по пожару и взрыву. В противном случае КУ размещаются в отдельном помещении и такая компенсация называется централизованной.

3. Аппаратура и материалы

Перечень аппаратуры представлен в таблице 1, схема электрических соединений – на рисунке 5.

Таблица 1 – Перечень оборудования

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218,2	~220 В / 10 А
A1	Однофазный трансформатор	372,1	80 ВА 220 / 198...242 В
A2	Модель линии электропередачи	313,3	~220 В / 0,3 А
A9	Автоматический однополюсный выключатель	359	~230 В / 0,5 А
A12	Емкостная нагрузка	317,3	~ 220 В / 0...30 ВАр
P1	Блок мультиметров	509,2	2 мультиметра 0...1000 В ~; 0...10А~; 0...20 МОм
P2	Измеритель мощностей	507,2	15; 60; 150; 300; 600В, 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 А.

4. Указания по технике безопасности

5. Методика и порядок выполнения работы

Убедиться, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

Соединить гнезда защитного заземления "" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" однофазного источника питания G1.

Соединить аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений. Отключить (если включен) выключатель А9.

Установить переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора А1.

Установить переключателями желаемые параметры модели А2 линии электропередачи и емкостной нагрузки А12.

Включить источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.

Включить выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров Р1 и измерителя мощностей Р2. Активизировать используемый мультиметр. Включить выключатель А9.

Варьируя коэффициент трансформации трансформатора А1, изменять напряжение U на емкостной нагрузке А12 (батарее конденсаторов) и заносить показания мультиметра, включенного как вольтметр, блока Р1 а также варметра измерителя Р2 (реактивную мощность Q , потребляемую емкостной нагрузкой А12 (батареей конденсаторов)) в таблицу 2.

Таблица 2 – Данные измерений

[illegible]

По завершении эксперимента отключить источник G1, выключатели «СЕТЬ» измерителя мощностей P2 и блока мультиметров P1.

Используя данные таблицы 2.2 построить искомую статическую характеристику по напряжению $Q = f(U)$ батареи конденсаторов.

6. Содержание отчета и его форма

Отчет должен иметь титульный лист с указанием темы лабораторной работы, ФИО студента, номера группы и даты выполнения работы.

Отчет должен содержать:

1. Название и цель лабораторной работы.
2. Принципиальные экспериментальные схемы.
3. Таблицы с экспериментальными данными, результатами расчетов, необходимыми графиками и поясняющими рисунками.
4. Выводы.

7. Вопросы для защиты работы

1. Как влияет загрузка элементов сети реактивной мощностью на пропускную способность линии и трансформаторов по активной мощности и току?
2. От чего зависят величины напряжения, устанавливающиеся в узлах нагрузки энергосистемы и у электроприемников?
3. Основные достоинства и недостатки БК.
4. Классификация статических конденсаторов.

8 Список рекомендуемой литературы

1. Идельчик, В.И. Электрические системы и сети : учебник для электроэнергетических специальностей / В.И. Идельчик. – 2-е изд., стер., перепеч. с изд. 1989 г . – М.: Альянс, 2009. – 592 с.

2. Конюхова, Е.А. Электроснабжение объектов : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Е.А. Конюхова. – М.: Издательство «Мастерство», 2002. – 320 с.

Лабораторная работа №4**ИЗУЧЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ****1 Цель и содержание**

Целью данной лабораторной работы является подробное изучение конструкций РП.

В результате выполнения любой работы студент приобретает подробные знания по конкретному оборудованию, выпускаемому в настоящее время.

2 Теоретическое обоснование**2.1 Системы питания электроэнергией**

Требования, предъявляемые к схемам электроснабжения и к источникам питания, многообразны. Они зависят от характера производства предприятий и от потребляемой ими мощности. Принята следующая условная градация объектов: большие – с установленной мощностью электроприемников 75 – 100 МВт и более; средние – с установленной мощностью в диапазоне от 5 – 7,5 до 75 МВт; малые – с установленной мощностью до 5 МВт.

При построении схемы электроснабжения необходимо учитывать ряд специфических факторов, свойственных отдельным промышленным предприятиям, в частности наличие зон с загрязненной и агрессивной средой, наличие особых групп электроприемников, требующих повышенной надежности питания, наличие электроприемников с резко переменной ударной нагрузкой и др. Эти факторы вызывают дополнительные требования к системам электроснабжения.

Нужно знать и учитывать специфические особенности работы отдельных производств, в частности их наиболее ответственных агрегатов, нормальное функционирование которых обеспечивает бесперебойность

технологических процессов. Необходимо отметить, что технологический фактор при определении степени бесперебойности питания и установлении структурной схемы электроснабжения все еще недостаточно учитывается при проектировании. Между тем недоучет этого фактора вследствие плохого знания технологии может привести как к недостаточному уровню резервирования, так и к неоправданным затратам на излишнее резервирование.

Основным документом, определяющим структуру и состав электроустановок, являются Правила устройства электроустановок, в дальнейшем кратко называемые ПУЭ. Этот документ регулярно (один раз в десять лет) пересматривается, перерабатывается и дополняется. ПУЭ обобщают и узаконивают передовой опыт эксплуатации, учитывают перспективы развития и состояние электроэнергетики. В работе над ПУЭ принимают участие ведущие эксплуатационные, монтажные, наладочные, проектные и научно-исследовательские организации страны.

Электрическая сеть сооружается для электроснабжения потребителей. В соответствии с ПУЭ *электроснабжение* – обеспечение потребителей электрической энергией. Более широкое понятие *энергоснабжение* означает снабжение потребителей всеми видами энергии (электрической, тепловой, газом и др.). *Системой электроснабжения* называют совокупность электроустановок, предназначенных для электроснабжения.

Электрической сетью называют совокупность электроустановок для передачи и распределения электрической энергии, состоящую из подстанций, распределительных устройств, токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории.

Следует различать приемники и потребители электрической энергии (в дальнейшем кратко именуются приемниками и потребителями).

Приемник – аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

Потребитель – приемник или группа приемников, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории.

К системе электроснабжения предъявляют следующие основные требования:

1. Обеспечение требуемого качества электроснабжения потребителей. Под качеством электроснабжения обычно понимают требуемые уровни надежности электроснабжения и напряжений на зажимах приемников.

2. Экономическая целесообразность сооружения и эксплуатации, т.е. сочетание относительно невысоких стоимостей оборудования, затрат на строительство и эксплуатацию, включая потери электроэнергии.

3. Обеспечение возможности развития сети без ее коренного переустройства.

4. Удобство и безопасность обслуживания.

Сеть, наилучшим образом удовлетворяющая всем указанным требованиям, является *оптимальной*, т.е. наилучшей с учетом налагаемых реальной жизнью ограничений. Следует отметить, что с математической точки зрения эти требования являются *критериями оптимизации*, т.е. условиями, по которым судят о том, какой из вариантов сети является наилучшим. Поскольку таких критериев несколько, то говорят о *многоцелевой* (в данном случае с тремя целями) *оптимизации*. Основным по важности из них является первое требование.

Система электроснабжения представляет собой совокупность электрических сетей различных напряжений, обычно (исключая мегаполисы) напряжением 220 – 35, 6 – 10 и до 1 кВ. Совокупность сетей напряжением 220 – 35 кВ называется *электроснабжающими сетями*. Они,

как правило, относятся к АО «Энерго». В состав электроснабжающих сетей входят подстанции и линии напряжением 220 – 35 кВ. Сборные шины подстанций этих сетей напряжением 6 – 10 кВ называют *центрами питания (ЦП)* сетей. Сети напряжением 6 – 10 кВ (в частности 35 кВ) предназначены для распределения электроэнергии между группами потребителей или питания отдельных потребителей. Такие сети принято называть *распределительными сетями (РС)*.

В общем случае РС включают в себя питающую сеть 6 – 10 кВ и непосредственно распределительную сеть того же напряжения. *Питающая сеть 6 – 10 кВ* часто состоит из питающих линий, распределительных пунктов и прямых связей между последними.

Питающая линия – линия напряжением 6 – 10 кВ, соединяющая распределительный пункт с ЦП и не имеющая распределения энергии по своей длине.

Распределительный пункт (РП) – подстанция 6 – 10 кВ, предназначенная для приема электроэнергии от ЦП и распределения ее без преобразования частоты (выпрямления) и напряжения (трансформации).

Прямая связь между РП – линия 6 – 10 кВ, связывающая 2 РП между собой.

Распределительная сеть 6 – 10 кВ состоит из распределительных линий 6 – 10 кВ и трансформаторных подстанций.

Распределительная линия – линия 6 – 10 кВ, подающая питание на трансформаторные подстанции или (и) на вводы электроустановок потребителей от РП или ЦП $S_{НОМ} = (250 \div 630)$ кВА.

Трансформаторная подстанция (ТП) – электроустановка, осуществляющая понижение напряжения с 6 – 10 кВ на уровень до 1 кВ, чаще всего 0,4 кВ. В типовых ТП сети устанавливаются трансформаторы с номинальной мощностью.

В состав РС входят полностью или частично разветвленные сети

напряжением до 1 кВ.

2.2 Электрооборудование электрических сетей

Распределительные пункты и трансформаторные подстанции оснащают основным и вспомогательным электрооборудованием.

Основным называют оборудование, непосредственно участвующее в передаче и распределении электрической энергии. *Вспомогательное* предназначено для обеспечения указанных выше процессов. К обеспечивающим системам относятся управление (включая средства диспетчерского телеуправления), релейная защита и электроавтоматика, измерение параметров электрических величин, учет электроэнергии, собственные нужды (освещение, отопление, вентиляция, подогрев приводов и др.).

В составе любого РП и ТП имеются одно или несколько распределительных устройств РУ.

Распределительным устройством называется сооружение, предназначенное для сбора электрической энергии от ее источников и распределения ее между потребителями *на одном* напряжении. На ТП может быть два РУ – напряжением выше 1 кВ и напряжением до 1 кВ.

В общем случае в состав РУ входят:

- сборные типы (необходимы для подключения к ним всех элементов – источников и приемников);
- ошиновка – токоведущие части отдельных элементов (трансформаторов, линий);
- коммутационные аппараты, необходимые для включения или отключения электрических цепей;
- измерительные трансформаторы тока и напряжения;
- оборудование высокочастотной обработки линий электропередачи.

Выключатель – аппарат, предназначенный для ручного (дистанционно или с места установки аппарата) и автоматического включения и отключения токов нагрузочных режимов и КЗ. Возможность коммутанта обеспечивается дугогасительным устройством.

Выключатель нагрузки – выключатель, способный коммутировать токи нагрузочных режимов. Отличается от *выключателя* относительно слабым дугогасительным устройством.

Разъединитель – аппарат, предназначенный для обеспечения видимого разрыва в обесточенной электрической цепи. Разъединитель не может коммутировать токи нагрузочных режимов, тем более коротких замыканий, из-за отсутствия дугогасительного устройства.

Отделители и короткозамыкатели в совокупности предназначены для отключения поврежденного трансформатора на подстанциях без выключателей.

Коммутационные аппараты напряжением до 1 кВ по существу выполняют те же функции, что и аппараты напряжением выше 1 кВ, но часто имеют другие названия. В таблице 1 приведена аналогия между указанными аппаратами.

Таблица 1 – Таблица аналогий коммутационных аппаратов

Коммутационные аппараты	
Напряжением до 1 кВ	Напряжением выше 1 кВ
Выключатель	Автоматический выключатель (автомат)
Выключатель нагрузки	Контактор, магнитный пускатель
Разъединитель	Рубильник

Следует отметить, что магнитным пускателем называют контактор, оснащенный защитой от перегрузки (тепловыми реле).

Измерительные трансформаторы тока ТА и напряжения ТУ

предназначены для уменьшения тока и напряжения до значений, которые могут быть измерены обычными амперметрами (с пределами измерения 5 А или 1 А) и вольтметрами (с пределом измерения 100 В).

Разрядники F предназначены для защиты оборудования РУ от перенапряжений.

Предохранители F предназначены для защиты оборудования от действия токов короткого замыкания, а в отдельных случаях — и от перегрузки.

2.3 Принципы построения городской электрической сети

Электрическая сеть строится на базе следующих принципов:

- максимальное приближение ЦП к приемникам;
- исключение «холодного» (т.е. обесточенного) резерва;
- раздельная работа ИП по условиям снижения уровня токов КЗ;
- применение АВР для питания приемников I категории;
- ступенчатое распределение электрической энергии (принципы распределенной коммутации и распределенной трансформации);
- широкое применение кабельных (а не воздушных) линий электропередачи.

3 Аппаратура и материалы

При выполнении лабораторной работы используются ресурсы сети Internet (класс открытого доступа), справочники по электрооборудованию, а так же типовые проекты, проспекты и каталоги продукции фирм и компаний, выпускающих электрооборудование.

4 Указания по технике безопасности

Во время выполнения лабораторной работы студент обязан выполнять указания инструкций по технике безопасности, находящихся в лаборатории электроснабжения и классе открытого доступа.

5 Методика и порядок выполнения работы

1. Студент получает индивидуальное задание от преподавателя.

2. Студент находит необходимый справочный материал

В качестве справочного материала могут быть использованы:

- справочники по электрооборудованию, изданные не позднее, чем 5 – 6 лет назад;
- каталоги и альбомы ведущих предприятий и фирм, выпускающих электрооборудование;
- подробные рекламные материалы;
- информацию, содержащуюся на сайтах компьютерной сети Internet;
- материалы, имеющиеся на кафедре АЭС в бумажном и электронном виде.

Использование ресурсов сети Internet при выполнении данной лабораторной работы обязательным не является, но их использование крайне желательно, так как дает самую свежую информацию.

3. Производится изучение найденного материала.

4. Оформляется отчет по лабораторной работе (индивидуальный).

6 Содержание отчета и его форма

Отчет по лабораторной работе оформляется индивидуально и должен содержать:

- титульный лист с указанием названия лабораторной работы, индивидуального задания, а также группы и Ф.И.О. студента;

- цель работы;
- сведения об источниках полученной информации;
- необходимые данные по схемам и параметрам оборудования (желательно в табличной форме)
- область применения данного оборудования;
- выводы по работе.

Пример отчета приведен в Приложении 1.

7 Вопросы для защиты работы

1. Что такое электроприемник, потребитель, система электроснабжения?
2. Что такое РП, ЦРП?
3. Как подразделяются электроустановки по величине напряжения, режиму нейтрали, роду тока и частоте?
4. Рассмотрите особенности графического изображения схем и планов электроснабжения применительно к каждому из уровней системы электроснабжения.
5. Рассмотрите принципы выбора аппаратов по номинальным параметрам совместно с техническими условиями энергосистем и требованиями потребителей.
6. Свяжите выбор высоковольтных выключателей с номинальными параметрами, задаваемыми заводами-изготовителями, и расчетными величинами возможных режимов электрических сетей предприятия, включая режим КЗ.
7. Нужна ли проверка аппаратов на термическую стойкость? Если да, то в каких аппаратах?
8. Определите максимальное количество приборов, которые могут быть присоединены к выбранному трансформатору тока.
9. Для расстояний между шинами и между изоляторами, принятыми

заводами-изготовителями для стандартных ячеек КРУ, проверьте токоведущие устройства на динамическую стойкость.

10. Каковы особенности и аппаратные средства измерения: отклонений и колебаний напряжения; несимметрии напряжений; несинусоидальности напряжения (коэффициента несинусоидальности и коэффициента гармонической составляющей напряжения)?

11. Каковы назначение, организация, виды учета и расхода электроэнергии?

12. Какие счетчики электроэнергии и информационно-измерительные системы применяются в системах электроснабжения?

8 Список рекомендуемой литературы

1. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – М.: МарТ, 2003.

2. Правила устройства электроустановок. Изд. 7-е. – М.: Энергоатомиздат, 2002.

3. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1995.

4. Кужеков С.Л., Гончаров С.В. Городские электрические сети: Учебное пособие – Ростов н/Д: МарТ, 2001.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА АЭС и Э

ОТЧЕТ

по лабораторной работе

«Изучение современного электрооборудования»

Индивидуальное задание «Ячейки КСО–6 (10)–Э1»

Выполнил:

студент 3 курса

группы

.....

Проверил:

преподаватель

.....

Ставрополь, 2026

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Подробное изучение конструкций КСО.

СВЕДЕНИЯ ОБ ИСТОЧНИКАХ ПОЛУЧЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

Информация взята из проспекта ОАО ПО «Элтехника» «Техническая информация ТИ–013–2000. АВРОРА КСО – 6 (10) – Э1», а также с сайта www.elteh.ru.

НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Ячейки «АВРОРА» типа КСО–6(10)–Э1 предназначены для комплектования распределительных устройств напряжением 6 и 10 кВ трехфазного переменного тока частотой 50 Гц с изолированной или компенсированной нейтралью и применяются в распределительных и трансформаторных подстанциях.

Ячейки предназначены для работы внутри помещений при следующих условиях:

- высота над уровнем моря до 1000 м;
- температура окружающего воздуха от минус 25°С до плюс 40°С;
- окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли и агрессивных газов или паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию.

По требованию заказчика в ячейках устанавливаются нагревательные элементы, обеспечивающие нормальные температурные условия работы аппаратуры, включающиеся автоматически.

Ресурс по механической стойкости до первого капитального ремонта:

- 50000 циклов включений – отключений вакуумного выключателя ВВ/TEL;

– 2000 включений и 2000 отключений выключателя нагрузки (разъединителя), заземляющего разъединителя, производимых предназначенными для них приводами;

– 1000 открываний и 1000 закрываний каждой двери.

Коммутационный ресурс вакуумного выключателя ВВ/TEL:

– при отключении номинального тока – 50000 циклов включений – отключений;

– при отключении тока (60–100) % от номинального тока отключения – 100 циклов.

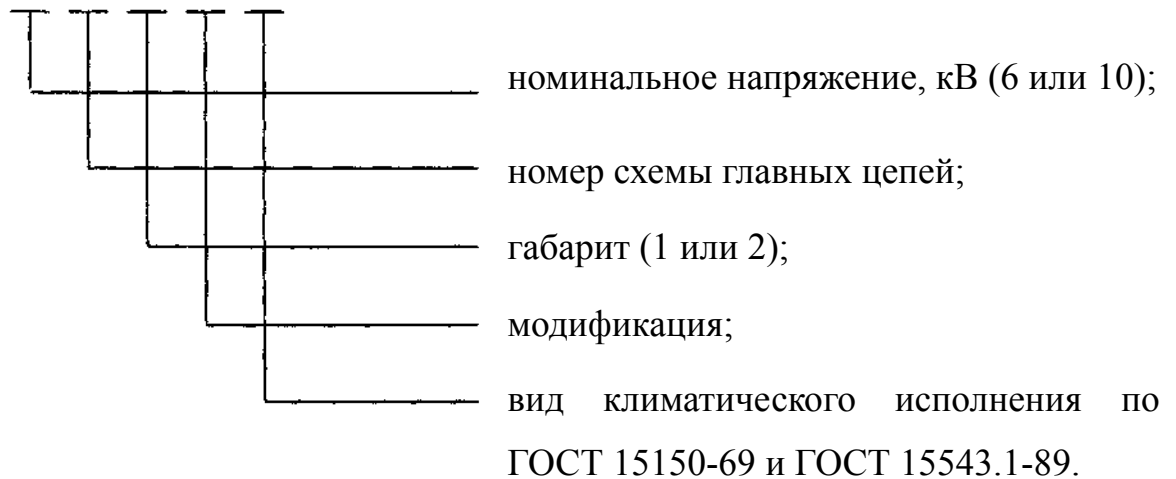
Коммутационный ресурс выключателя нагрузки:

– 100 включений и 100 отключений при коммутации номинального тока.

Ячейки «АВРОРА» имеют срок службы 20 лет.

СТРУКТУРА УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ ЯЧЕЙКИ

КСО – Х – Х – Х – Э1 У 3



ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

В ячейках устанавливаются:

вакуумные выключатели	ВВ/TEL («Таврида Электрик»)
выключатели нагрузки	IML («Sagel», Италия)
3-х позиционные разъединители	SML («Sagel»)
2-х позиционные разъединители	SVR («Sagel»)
заземлители	STL («Sagel»)
предохранители	SIBA (Германия)
трансформаторы напряжения	НАМИТ и НОЛ
трансформаторы тока	ТОЛ
трансформаторы собственных нужд	ТСКС
ограничители перенапряжений	TEL

Оперативные цепи выполнены на переменном токе напряжением 220 В.

Схемы вторичной коммутации выполнены с применением микропроцессорных блоков релейной защиты совместного производства ОАО «ПО Элтехника» и фирмы ORION (Италия). Возможно применение МБРЗ других производителей, по специальному требованию заказчика.

Выбор предохранителей.

Номинальный ток в А, без перегрузки при $5^{\circ}\text{C} < t^{\circ} < 40^{\circ}\text{C}$

Таблица 1 – Номинальный ток плавкой вставки, А

Рабочее напряжение, кВ	Номинальная мощность трансформатора, кВА							
	25	40	63	100	160	250	400	630
6	10	16	20	25	31,5	50	80	100
10	6,3	6,3	10	16	25	31,5	50	63

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Основные параметры и характеристики ячейки «АВРОРА» приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные параметры ячейки «АВРОРА»

Наименование параметра	Значение
Номинальное напряжение, кВ	6,0; 10,0
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2; 12,0
Номинальный ток главных цепей, А	400; 630, 1000
Номинальный ток сборных шин, А	630, 1000
Номинальный ток плавкой вставки предохранителей, А	6,3; 10; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200.
Номинальный ток отключения предохранителей, кА: – 6,3 – 160 А – 200 А	63 50
Номинальный ток трансформаторов тока, А	50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600.
Номинальный ток выключателей нагрузки, А	400; 630.
Нормированные параметры тока включения на КЗ выключателей нагрузки, кА: – наибольший пик – начальное действующее значение периодической составляющей	31, 5; 40; 51 12,5; 16; 20,
Номинальный ток вакуумных выключателей, А	630; 1000.
Номинальный ток отключения вакуумных выключателей, кА	12,5; 20
Ток электродинамической стойкости, кА	31, 5; 40; 51.
Ток термической стойкости, в течение 1с, кА	12,5; 16; 20.

Продолжение таблицы 2

Номинальное напряжение вспомогательных цепей, В	
– постоянного тока	110; 220
– переменного тока	110; 220
– освещения	36
Степень защиты оболочкой по ГОСТ – 14254-96	IP31
Габаритные размеры, мм:	
– ширина	300; 500; 750
– глубина	800
– высота	2180; 2380.
Масса, кг	не более 350

ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ

Ячейка КСО-б(10)-Э1 представляет собой металлоконструкцию, изготовленную из оцинкованной стали $\delta = 2$ мм. Детали металлоконструкции изготовлены на высокоточном оборудовании с ЧПУ, методом холодной штамповки. Все несущие соединения выполнены на усиленных стальных вытяжных заклепках. Наружные элементы конструкции (двери, боковые панели и т.д.) окрашены порошковой краской PAL 7032.

С целью обеспечения безопасности ячейка разделена на три отсека: отсек сборных шин, высоковольтный отсек, кабельный отсек, а также шкаф релейной защиты и вторичной коммутации.

Выключатели нагрузки (разъединители) устанавливаются на границе отсека сборных шин и высоковольтного отсека. Конструктивно верхние контакты выключателей нагрузки (разъединителей) являются опорными изоляторами для сборных шин.

В высоковольтном отсеке располагается аппаратура главных цепей: вакуумный выключатель, трансформаторы тока, трансформаторы

напряжения, предохранители. Сетка схем главных цепей показана на рисунке 1 .

В шкафу релейной защиты и вторичной коммутации установлены: микропроцессорные блоки релейной защиты, приборы контроля и учета электроэнергии, клеммный ряд и т.д. На задней стенке ячейки имеются разгрузочные клапаны. Ячейки отделены друг от друга металлическими перегородками.

Ячейка имеет отдельные двери как для шкафа релейной защиты и вторичной коммутации, так и для высоковольтного и кабельного отсеков.

Для обзора внутреннего пространства ячейки на дверях отсеков расположены смотровые окна. В ячейках установлены светильники с лампами накаливания напряжением 36 В, обеспечивающие возможность замены ламп без открывания дверей.

Сборные шины изготовлены из электротехнической меди и установлены внутри отсека сборных шин.

Все аппараты и приборы, установленные в ячейке и подлежащие заземлению, заземлены. Верхняя дверь, на которой установлены приборы вспомогательных цепей, заземлена гибким проводом. Нижняя дверь заземлена гибкой перемычкой. При установке ячейки сболчиваются друг с другом, образуя единый контур заземления. Для соединения с внешним заземляющим контуром каждая ячейка имеет в нижней части доступный для осмотра болт заземления.

Приводы выключателей нагрузки, разъединителей, заземлителей и аппаратов управления, реле защиты, управления, сигнализации, приборы учета и измерения расположены с фасадной стороны ячейки.

Каналом для магистральных шинок, шинок оперативных цепей, цепей управления и сигнализации служит короб для межкамерных соединений, расположенный на верхней панели шкафа релейной защиты и вторичной коммутации.

В шкафу релейной защиты и вторичной коммутации установлен клеммный ряд для выполнения межкамерных соединений вспомогательных цепей.

Общий вид ячейки показан на рисунке 2.

При двухрядном расположении ячеек в помещении распределительного устройства между рядами ячеек устанавливается шинный мост. Шинный мост представляет собой металлоконструкцию, собранную из закрытых коробов, с установленными в них изоляторами и шинами.

Основные технические характеристики выключателей нагрузки, разъединителей и заземляющих разъединителей приведены в таблице 3.

ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

Ячейки КСО – 6 (10) – Э1 являются современным и надежным оборудованием, полностью соответствующим ГОСТ и одобренным Госэнергонадзором РФ.

В ячейках предусмотрена многоуровневая система безопасности, реализуемая системой механических блокировок, не допускающих ошибочных переключений при обслуживании и ремонте. Наличие мнемосхемы с индикацией положения аппаратов повышает эксплуатационную надежность ячеек и безопасность оперативного персонала.

Схема №1 Габарит 1 500х2180х800 Габарит 2 500х2380х800	Схема №2 Габарит 1 500х2180х800 Габарит 2 500х2380х800	Схема №3 Габарит 1 300х2180х800 Габарит 2 300х2380х800	Схема №3.2 Габарит 1 300х2180х800 Габарит 2 300х2380х800	Схема №4 Габарит 1 500х2180х800 Габарит 2 500х2380х800	Схема №5 Габарит 1 500х2180х800 Габарит 2 500х2380х800	Схема №6 Габарит 1 500х2180х800 Габарит 2 500х2380х800	Схема №7 Габарит 1 500х2180х800 Габарит 2 500х2380х800	Схема №10 Габарит 1 750х2180х800 Габарит 2 750х2380х800	Схема №11 Габарит 2 750х2380х800	Схема №12 Габарит 1 500х2180х800 Габарит 2 500х2380х800	Схема №14 Габарит 1 750х2180х800 Габарит 2 750х2380х800	Схема №16 Габарит 1 500х2180х800 Габарит 2 500х2380х800	Схема №17 Габарит 1 500х2180х800 Габарит 2 500х2380х800	Схема №19 Габарит 1 750х2180х800 Габарит 2 750х2380х800	Схема №21 Габарит 1 750х2180х800 Габарит 2 750х2380х800	Схема №22 Габарит 1 750х2180х800 Габарит 2 750х2380х800	Схема №23 Габарит 1 500х2180х800 Габарит 2 500х2380х800	Схема №24 Габарит 2 500х2380х800	Схема №30 Габарит 2 500х2380х800	Схема №33 Габарит 1 750х2180х800 Габарит 2 750х2380х800	Схема №35 Габарит 1 500х2180х800 Габарит 2 500х2380х800	Схема №37 Габарит 1 500х2180х800 Габарит 2 500х2380х800	Схема №38 Шинный мост L=3300-6000 мм с шагом 100 мм
---	---	---	---	---	---	---	---	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	---	---	--	--	--	---

Рисунок 1 – Сетка схем главных цепей

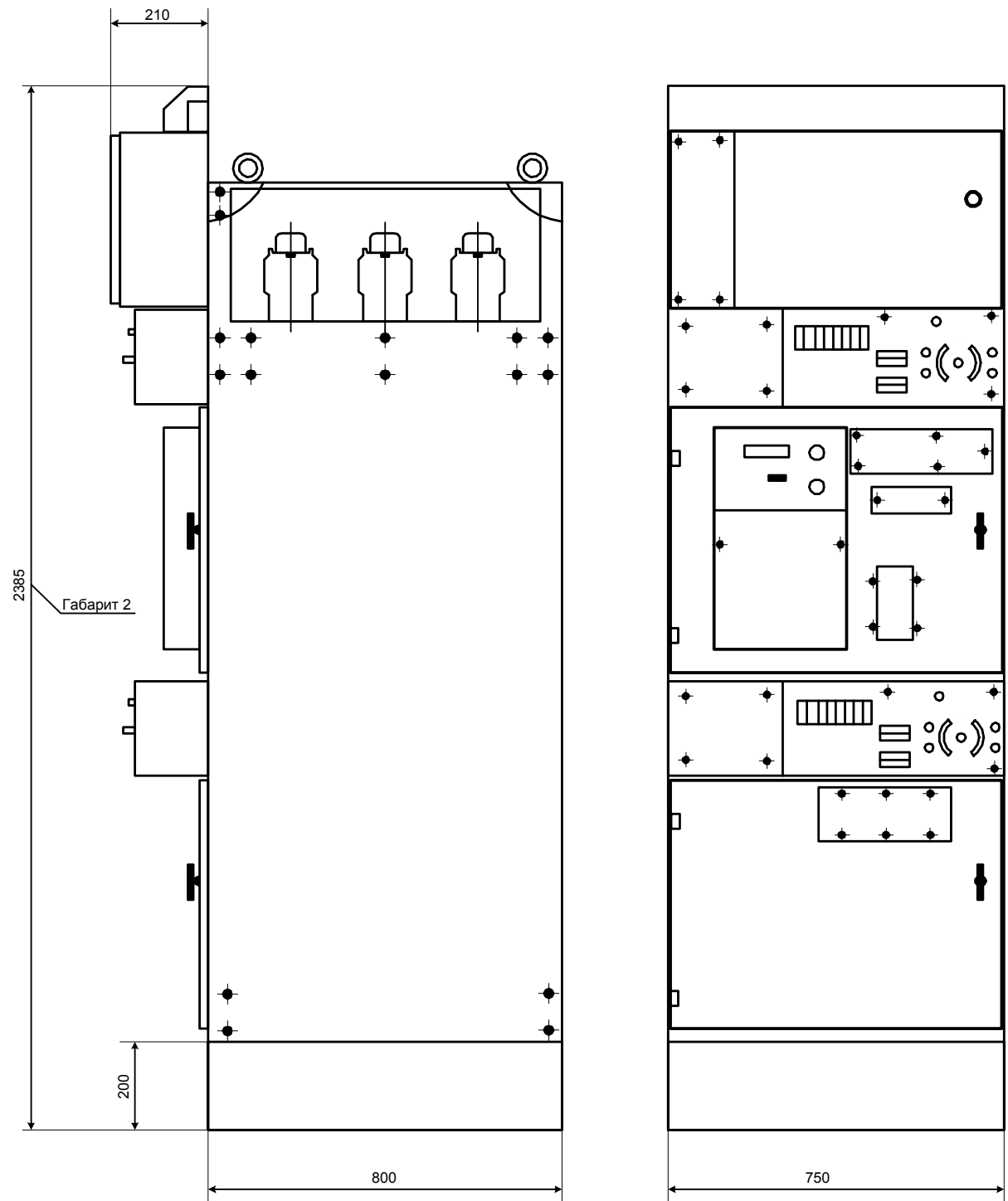


Рисунок 2 – Общий вид ячейки (схема 11)

Таблица 3 – Основные технические данные ВН, РЗ, ЗР

Наименование	Выключатель нагрузки	Разъединитель	Заземляющий разъединитель
Номинальное напряжение, кВ	10	10	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	12	12	12
Номинальный ток, А	400; 630	400; 630	—
Наибольший ток отключения при $\cos\varphi > 0,7$, А	400; 630	—	—
Номинальный ток отключения ненагруженного трансформатора, А	4; 16	—	—
Номинальный ток отключения ненагруженного кабеля, А	25	—	—
Нормированные параметры сквозных токов короткого замыкания:			
– ток электродинамической стойкости, кА;	31, 5; 40; 51	31,5; 40; 51	31, 5; 40; 51
– начальное действующее значение периодической составляющей, кА;	12,5; 16; 20	12, 5; 16; 20	12,5; 16; 20
– ток термической стойкости, кА;	12,5; 16; 20	12,5; 16; 20	12,5; 16; 20
– время протекания тока короткого замыкания, с	1	1	1

Продолжение таблицы 3

Нормированные параметры тока включения на короткое замыкание: – ток электродинамической стойкости, кА; – начальное действующее значение периодической составляющей сквозного тока короткого замыкания, кА	31,5; 40; 51 12,5; 16,20	— "	31, 5; 40; 51 12,5; 16; 20
Номинальное напряжение цепей управления и элементов вспомогательных цепей, В: – при постоянном токе – при переменном токе	110; 220 110; 220	110; 220 110; 220	110; 220 110; 220
Диапазон рабочих напряжений цепей управления и элементов вспомогательных цепей (в процентах от номинального), %: –при постоянном токе – при переменном токе	70-110 65-110	70-110 65-110	70-110 65-110
испытательные напряжения изоляции главной токоведущей цепи, кВ – одномоментное, промышленной частоты 50 Гц; – грозовой импульс 1,2/50 мкс	42 85	42 85	42 85

Продолжение таблицы 3

Полное электрическое сопротивление главной токоведущей цепи полюса, не более, мкОм	200	200	200
Ресурс по механической стойкости (количество циклов В-тп-О до капитального ремонта)	2000	2000	2000
Коммутационный ресурс (количество циклов В-тп-О, выполняемых при коммутации номинального тока без замены и ревизии контактов}, не менее	100	—	—
Срок службы до списания, не менее, лет	30	30	30
Масса, не более, кг	30	30	20

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Электроснабжения»
для студентов направления подготовки
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Составитель: Жуков М.В., Морозова Т.Ф.

Подписано в печать __.__.20__

Формат 60x84 1/16. Усл. п. л. – 4,85. Уч.-изд. л. – 3,9.

Бумага газетная. Печать офсетная. Заказ №018 Тираж 50 экз.

ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет»

355029, г. Ставрополь, пр. Кулакова, 2

Издательство Северо-Кавказского федерального университета
Отпечатано в типографии СКФУ

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего профессионального
образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

Методические указания
к выполнению самостоятельной работы
по дисциплине «Электроснабжение»
для студентов направления подготовки
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Ставрополь 2026

Оглавление

Введение	3
1. Основные мотивы самостоятельной работы студентов	4
2. Способы самостоятельной работы при чтении учебной и научной литературы	5
3. Формы ведения записей.....	14
4. Как слушать и конспектировать лекции	24
5. Использование компьютера в процессе самостоятельной работы студентов.	28
6. Подготовка к экзаменам и зачетам	36
Рекомендуемая литература.....	39

Введение

Основная задача высшего образования заключается в формировании творческой личности специалиста, способного к саморазвитию, самообразованию, инновационной деятельности. Решение этой задачи вряд ли возможно только путем передачи знаний в готовом виде от преподавателя к студенту. Для решения этой задачи в учебные планы всех специальностей включена самостоятельная работа, составляющая 50% учебного времени студента.

В связи с этим, студенту из пассивного потребителя знаний необходимо превратиться в активного их творца, умеющего сформулировать проблему, проанализировать пути ее решения, найти оптимальный результат и доказать его правильность. Происходящая в настоящее время реформа высшего образования связана по своей сути с переходом парадигмы обучения к парадигме образования. В этом плане следует признать, что самостоятельная работа студентов является не просто важной формой образовательного процесса, а должна стать его основой. Это предполагает ориентацию на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей студентов, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей личности.

В широком смысле под самостоятельной работой студентов следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов как в учебной аудитории, так и вне ее, в контакте с преподавателем и в его отсутствие.

Самостоятельная работа реализуется:

1. Непосредственно в процессе аудиторных занятий – на лекциях, практических и семинарских занятиях, при выполнении лабораторных работ.
2. В контакте с преподавателем вне рамок расписания – на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при

ликвидации задолженностей, при выполнении студентом учебных и творческих задач.

Границы между этими видами работ достаточно размыты, а сами виды самостоятельной работы пересекаются.

Следует с первых дней обучения в вузе приучать себя к целесообразному распределению занятий по месяцам и неделям семестра. При этом очень важна равномерная работа как основное условие успешных занятий в вузе.

Высшей ступенью обучения является приобретение навыков самостоятельной творческой работы, а творческому применению знаний нужно учиться параллельно с их приобретением.

1. Основные мотивы самостоятельной работы студентов

Активная самостоятельная работа студентов возможна только при наличии серьезной и устойчивой мотивации. Самый сильный мотивирующий фактор – подготовка к дальнейшей эффективной профессиональной деятельности. Среди внутренних факторов, способствующих активизации самостоятельной работы выделяют следующие:

1. Полезность выполняемой работ заключается в том, что результаты самостоятельной работы могут быть использованы на семинарских и практических занятиях, лабораторном практикуме, при подготовке публикации. Другим вариантом использования фактора полезности является активное применение результатов работы в профессиональной подготовке. Так, например, если студент получил задание на дипломную работу на одном из младших курсов, он может выполнять самостоятельные задания по ряду дисциплин гуманитарного и социально-экономического, естественно-научного и общепрофессионального циклов дисциплин, которые затем войдут в его выпускную квалификационную работу.

2. *Творческая деятельность.* Это может быть участие в научно-исследовательской, опытно-конструкторской или методической работе, проводимой на той или иной кафедре.

3. *Участие* в олимпиадах по учебным дисциплинам, конкурсам научно-исследовательских или прикладных работ и т.д.

4. *Участие* в научно – практических конференциях.

5. *Подготовка публикаций* для сборников тезисов и докладов научно-практических конференций, журналов, учебных пособий и т.д.

6. *Участие в грантовых конкурсах.*

2 Способы самостоятельной работы при чтении учебной и научной литературы

При остром недостатке времени у студентов встает вопрос об оптимизации обучения, то есть такой организации учебного процесса, которая обеспечила бы условия для продуктивного самообучения и самовоспитания. Важнейшую роль здесь играет овладение способами самостоятельной работы. Речь идет о том, что чтобы прежде всего научиться рациональному использованию времени при работе с книгой.

В этом особенно нуждаются первокурсники, которые еще недостаточно владеют навыками умственной деятельности, обеспечивающей успешное обучение.

Начинать самостоятельные занятия следует с первых же дней учебы в университете. Первые дни семестра важны, чтобы включиться в работу, установить определенный равномерный ритм на весь семестр. Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься самостоятельно по 4-5 часов ежедневно, кроме выходных дней.

Под ритмом работы понимают ежедневные занятия в одни и те же часы, при чередовании их с перерывами для отдыха. Вначале для организации ритмичной работы требуется сознательное напряжение воли, затем

принуждение снимается, возникает привычка и работа становится потребностью.

Ритмичная работа позволяет студенту заниматься много, не уставая, не снижая производительности и не перегружая себя. Для этого необходимо:

- сменять один вид работы другим, что позволяет сохранять высокую работоспособность, поскольку при однообразных видах занятий человек утомляется больше, чем при работе разного характера;

- заниматься несколькими предметами в один и тот же день не всегда целесообразно, поскольку при каждом переходе нужно вновь концентрировать внимание и затрачивать время;

- умение сосредотачиваться – необходимое условие для умственного труда, иначе работа оказывается малопродуктивной и даже бесполезной;

- начинать занятия немедленно, как только сел за стол. Следует начинать с уверенностью, что вскоре придет сосредоточенное состояние, но если внимание наступает не сразу или нарушается на время, нужно выяснить и устранить причины этого;

- нужно научиться не прерывать внимания, пока читаемое не получит логического завершения и не будет пройден какой-либо этап. Нередко внимание отвлекается посторонними мыслями, которые во время занятий следует решительно отгонять. Перерыв в занятиях следует приурочить к концу изучения параграфа, раздела или главы книги, так как в этом случае не будет потери времени при возобновлении работы. Умение сосредоточиться, углубиться в работу приобретается в результате практики, создающей определенные навыки;

- повысить производительность умственного труда может порядок на рабочем месте и обстановка, благоприятствующая работе.

Большая часть самостоятельной работы студента состоит в **изучении литературы**. Одна из задач студента – научиться самостоятельно работать с книгой, а это требует определенных затрат энергии и времени. Поэтому надо научиться делать эту работу рационально, то есть необходимо учиться читать.

Как работать с учебной и научной книгой

Методы эффективной работы с книгой в целях развития интеллекта можно условно разделить на две группы:

1. Правильная организация процесса чтения.
2. Повышение скорости чтения и восприятия.

В комплексе оба метода могут в 2-3 раза сократить время прочтения различных материалов.

При чтении текста мозг формирует «свою трактовку содержания» прочитанного. Происходит перекодирование сообщения на языке собственных мыслей читателя. Мозг выделяет «ядерное», сущностное значение из текста. Эффективность такой перекодировки зависит от осмысления и внимательности чтения.

Как показали эксперименты, знание и умелое применение некоторых упражнений дают возможность извлекать «ядерное» значение в тексте быстро и надежно. Эти упражнения основаны на использовании дифференциального алгоритма чтения. Центральное место в этом алгоритме занимает «блок доминанта». Это слово в переводе с латинского языка означает «господствующий, основной, главный». Что же такое доминанта применительно к тексту?

Доминанта – главная смысловая часть текста. Она выражается своими словами, на языке собственных мыслей, является результатом переработки текста, его осмысления в соответствии с индивидуальными особенностями читателя, выявления основного замысла автора.

Дифференциальный алгоритм чтения в соответствии с блоками позволяет реализовать логико-семантический анализ текста: вначале выделить ключевые слова, затем построить смысловые ряды и, наконец, выделив цепь знаний, сформулировать доминанту. Именно так можно увидеть главное, действительно, проникнуть в суть вещей, явлений, излагаемых автором.

Возможны три основных способа чтения:

- первый способ – артикуляция или проговаривание вслух (или почти вслух) того, что читаешь (скорость такого чтения невелика);

- второй способ – чтение про себя, при котором речевой процесс проявлен в форме внутренней речи, то есть без открытой артикуляции. Текст, при этом усваивается более эффективно (способ в принципе допускает быстрое чтение);

- третий, наиболее совершенный способ чтения – тоже молча, но в условиях максимального сжатия внутренней речи, при котором она проявляется в виде коротких залпов ключевых слов и смысловых рядов, адекватно отражающих смысл текста.

Итак, артикуляция замедляет процесс чтения и от нее необходимо избавиться. Однако не приведет ли сокращение артикуляции при повышении скорости чтения к снижению качества восприятия и осмысления полученной информации?

Как показали исследования психологов, иногда при чтении слова могут быть заменены наглядными представлениями, пространственными схемами. Целые группы слов – одним словом.

Быстро читающие люди обладают способностью, не проговаривая читаемый текст, сразу улавливать и фиксировать замысел автора, а затем усваивать его на уровне внутренней речи. В этом случае, несмотря на высокую скорость чтения, происходит глубокое понимание и усвоение прочитанного, так как основная идея понятна с самого начала. Задачу научиться такому чтению можно решать в два этапа. Первый предполагает сокращение артикуляции, если она ярко выражена, второй – овладение приемами чтения, при которых текст воспринимается крупными информационными блоками.

Как известно, людей по способу восприятия и переработки информации делят на три типа:

- зрительный;

- слуховой;
- кинестетический.

Люди зрительного типа при чтении используют код наглядных образов, тогда как люди слухового типа применяют менее производительный код речедвижений. Наблюдения за людьми, читающими быстро, показывают, что они, как правило, относятся к зрительному типу. Вот пример, как описывает О.Бальзак процесс быстрого чтения: «Впитывание мысли в процессе чтения достигло у него способности феноменальной. Взгляд его охватывал семь – восемь строчек сразу, и разум постигал смысл со скоростью, соответствующей скорости глаз. Часто одно-единственное слово позволяло ему усвоить смысл целой фразы».

Направленным обучением можно практически любого здорового человека научить в процессе чтения использовать код наглядных зрительных образов при соответствующем сокращении артикуляции.

С опорой на работу Л.Г. Одинцова «Как научиться хорошо учиться» (М., 1996) приводим следующие рекомендации по работе с книгой:

- в тексте всегда есть элементы, нахождение и использование которых позволяет извлечь требуемую информацию наиболее быстро. Например, при чтении учебника в первую очередь отыскивается наиболее важная информация данной главы, параграфа, а она часто следует после слов: в итоге, в результате, выводы и т.д.;

- попробуйте в процессе чтения мысленно заглянуть вперед, представить себе, о чем будет идти речь, к какому выводу придет автор, как далее будет строиться изложение и т.д., например, если описывается одна сторона явления, то, очевидно, далее будет описана и другая и т.д. Это позволяет предварительно подготовиться к последующей информации;

- хорошим упражнением по развитию навыков «предвидения» является остановка чтения в момент, когда, по вашему мнению, заканчивается какая-то часть текста. Попробуйте предугадать содержание следующей части;

– до начала чтения текста важно собрать о нем как можно больше информации, чтобы точнее представить, что можно получить из данного текста и как лучше работать с ним. Это помогут сделать название, автор, издательство, аннотация, оглавление, предисловие и заключение. Предварительное ознакомление с книгой перед настоящим чтением позволяет сберечь время и труд.

Как правило, предисловие пишется крупным специалистом в данной области, и поэтому излагаемая проблема показывается как бы целиком, в общем плане, без подробностей. А это позволяет лучше сориентироваться, начинать чтение, зная основную цель автора:

– перед углубленным чтением любого текста (статьи, книги, конспекта, лекции перед экзаменом) сначала бегло просмотрите его целиком. При этом постарайтесь выявить основные стержневые идеи, наиболее крупные части и логику их изложения. Лишь после такого просмотра переходите к более детальному чтению;

– перед чтением статьи или параграфа учебника попробуйте проделать следующее: прочитайте внимательно первый абзац, потом бегло просмотрите первые или последние фразы следующих абзацев (в них обычно содержится основная информация), обратите внимание на курсивы, разрядки, подзаголовочный текст и, наконец, внимательно прочтите один-два последних абзаца; постарайтесь выявить основное направление текста и его построение;

– прочитав в тексте интересную идею, полезно остановить свое внимание на ней, прислушаться к тем мыслям, которые она у вас вызвала, подумать о тех последствиях, которые из нее вытекают, попытаться развивать ее дальше:

– существенно замедляют чтение регрессии – частые возвратные движения глаз, многократное повторное прочитывание материала. Возвратиться к уже прочитанному, но недостаточно хорошо понятому участку лучше всего, когда прочитан законченный смысловой фрагмент

текста и сделана хотя бы попытка его осмысления, а не в процессе чтения предложения;

– любой текст не однороден по своей информационной насыщенности. В некоторых предложениях, абзацах сконцентрировано очень много информации, например, формулируются основные положения, ведущие идеи и т.д., а другие служат лишь иллюстрацией, фоном. Таким образом, текст имеет «смысловой рельеф». Чем точнее читатель умеет определить степень важности каждого отрезка текста и приспособить к «смысловому барьеру» способ своего чтения (то есть замедлить и углубить в более важных местах и ускорять в менее важных), тем продуктивнее чтение. Постарайтесь гибко варьировать способ работы с текстом в соответствии с его «смысловым барьером»;

– чтобы чтение было эффективным, попробуйте по прочитанному всегда отвечать на 6 вопросов: *«Кто делает? Что делает? Когда? Почему? Где? Как?»*

Освойте технику быстрого чтения по специальной методике, например, по книге О.А. Андреева, Л.Н. Хромова. Учитесь быстро читать (М., 1991).

Большое значение при чтении учебной и научной литературы имеет умение запоминать прочитанный материал, а для этого необходимо тренировать память. Существуют приемы, позволяющие тренировать память, которыми необходимо овладеть, что позволит повысить эффективность работы с учебной и научной литературой.

Тренировка памяти. В учебной деятельности важно не только, и не столько быстро читать, но и усваивать материал, сохранять в памяти. Память прекрасно тренируема и управляема. Однако прежде чем ее развивать, подумайте, какая именно память вам нужна: на идеи, на логику изложения материала, на схемы и формулы. Это разные виды памяти и развивать их надо по-разному.

Наблюдая за собой, выясните, как вам легче запомнить информацию – если вы ее видите, слышите или записываете. В дальнейшем постарайтесь

так организовать работу, чтобы максимально использовать ведущий тип своей памяти.

Если у вас хорошая **зрительная память**, то хорошо запоминаются рисунки, расположение информации на странице, цвет и т.д. помогите себе, выделяя цветными карандашами отдельные места конспекта, обводя рамками, делая значки, пометки на полях, представляя зрительно отдельные аспекты текста.

При хорошей **слуховой памяти** лучше запоминается звучащая речь. Используйте эту особенность, выделяя интонацией, тембром голоса отдельные места текста, слушая его в записи на магнитофоне, рассуждая в слух и т.д.

В случае **памяти на движение** помогает повторная сокращенная запись запоминаемого материала, например, выводов, основных положений текста, рисование таблиц, графиков, схем, а при выполнении лабораторных работ лучше все потрогать и проделать самому.

Наряду с использованием ведущего типа памяти, специально позаботьтесь и о развитии отстающих, так как при многих видах профессиональной деятельности они также могут потребоваться.

Использование приемов логического, осмысленного запоминания в несколько раз повышает продуктивность деятельности. Например, при запоминании лекции, глав учебников особенно действенным является основные аспекты содержания, но и запомнить логику – целесообразную связь отдельных частей материала.

Постарайтесь с первого курса развивать память на то, что непосредственно касается вашей будущей профессии. Это и основной круг идей данной отрасли знаний, и методы, и наиболее интересные факты, и фамилии ведущих специалистов области и т.д. при этом лучше не ждать, что запомнится само, а специально стараться запомнить нужное.

Вообще установка на запоминание, особенно длительное, положительно сказывается на прочности и точности сохранения материала в

памяти. Прикажите себе запомнить надолго, а не так как нерадивый студент, спешно «набивающий» себе голову информацией непосредственно перед экзаменом с единственной целью – удержать выученное на один – два дня.

Любая информация запоминается лучше, если в ней намечены какие-то спорные моменты – ориентиры. И как по камушкам переходят реку, так и по этим ориентирам потом легче воспроизвести содержание. При запоминании текста выделяйте «смысловые опорные пункты», которые легко запоминаются, но с которыми тесно связаны целые фрагменты материала. Это может быть крылатая фраза, яркая цитата, пример, идея и т.д.

Материал запоминается непроизвольно, то есть легко и без затраты специальных усилий, если он является целью какой-либо поисковой деятельности. Например, если вы задались вопросом и нашли ответ на то, что долго искали, или нашли подтверждение гипотезы, которую вы сами выдвинули, то это запоминается само собой. Отсюда вывод – организуйте свою деятельность так, чтобы предмет запоминался, являлся целью этой деятельности. Например, ищите, выделяйте в тексте наиболее важные его положения – и они запомнятся, делите текст на части, анализируйте связи между ними – и запомнится логика текста.

При повторении курса лекций, запоминая материал по отдельным темам или даже вопросам, не забывайте повторить связь между ними. Именно тогда в голове укладывается система знаний, которая гораздо эффективнее, чем разрозненные обрывки.

В процессе развития памяти старайтесь не использовать стихийно сложившиеся мнения, механическое зазубривание, а применяйте научно обоснованные методы сознательной и рациональной организации развития памяти и поиск новых приемов.

Предпосылкой хорошей памяти являются осознание человеком своей деятельности и разграничение информации на ту, которая решающим образом помогает скорейшему достижению своих целей, и на менее существенную информацию. Начинайте любое дело с четкой и ясной

формулировки его цели; определите, какая информация может оказать решающее воздействие на ее достижение, и сконцентрируйтесь на ней.

Прочному запоминанию способствует многомодельность восприятия, то есть запоминаемый текст читается, проговаривается и прослушивается. Везде, где это возможно, постарайтесь использовать три приема (слух, зрение и чувства) обработки запоминаемой информации сразу несколько органов чувств.

Не очень осмысленную вами информацию, которую, тем не менее, надо запомнить, можно удержать с помощью ассоциативных приемов мнемотехники, суть которых в том, что новое связывается с известным не прямо, а через цепочку дополнительных промежуточных ассоциаций (помните цвета спектра – «Каждый охотник желает знать, где сидит фазан»). Везде, где трудно запомнить прямо, найдите дополнительный связующий мостик. Такими «связующими» мостиками являются буквальные «узелки» на память, завязываемые многими на носовом платке. В течение дня человек неизбежно пользуется носовым платком, а там – узелок, «напоминающий», что нужно не забыть сделать определенное дело.

Память будет работать прекрасно, если наряду с имеющимися приемами вы будете придумывать все новые, адекватные различным видам информации. Если такая работа привычна для вас, то с каждым годом память будет становиться все более мощной и продуктивной.

3. Формы ведения записей

Самостоятельная работа с книгой может быть успешной, если текст не только прочитан, но и законспектирован. Существует несколько **форм записей**, но любая форма записи не даст нужного результата, если не будет пробуждать мысли того, кто ее ведет, если отсутствует активная работа ума и формирование своих выводов из прочитанного.

Выбор формы записи зависит от индивидуальных особенностей человека, его образованности и опыта. При этом не меньшую роль играет назначение записей, то есть то, какие задачи ставит перед собой человек (для самообразования, для выступления на семинаре, для использования в будущем).

Введение записей мобилизует наряду со зрительной памятью, также и моторную память. Кроме того, у человека, систематически ведущего записи изучаемой литературы, создается свой фонд материалов для быстрого повторения и мобилизации накопленных знаний.

Все записи должны быть убористыми и компактными. Интервалы между строками должны быть достаточными, чтобы вписывать дополнения. Рекомендуются вести записи ручкой, а карандашом или ручкой другого цвета пользоваться для отметок и выделений при последующей работе. Полезно также датировать записи.

Записи могут носить различный характер: план, выписки, тезисы, аннотирование, конспектирование, реферирование.

1. План - наиболее краткая формой записи. Это перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. План обычно раскрывает структуру произведения, логику автора, способствует лучшей ориентации в содержании.

Так, составленным планом можно воспользоваться, чтобы вспомнить прочитанное или быстро отыскать в книге нужное место. Представление об основных пунктах плана дает оглавление книги, поэтому во многих случаях наименования глав и разделов можно использовать в качестве пунктов. Составление плана приучает логически мыслить, вырабатывать умение сжато и последовательно излагать суть вопроса в письменной и устной форме.

Существует два способа составления плана: работа над ним по ходу чтения и составление плана после ознакомления с произведением. При этом план получается более последовательным и стройным.

Трудность составления плана состоит в том, что надо выяснить для себя, прежде всего, построение изучаемого текста, ход мыслей автора и лишь

затем изложить содержание работы кратко и ясно. При всей своей краткости план дает представление о содержании прочитанного. Следует учесть, что форма плана не исключает цитирования отдельных мет и обобщений. Различают простой и развернутый план. В отличие от простого плана развернутый план не только содержит перечисление вопросов, но и раскрывает основные идеи произведения, может включать выдержки из него, схемы, таблицы. Планом, особенно развернутым, необходимо пользоваться при написании выступления или статьи.

В целом развернутый план дает гораздо большее представление о произведении, его основных идеях, задачах, которые в нем решаются. Он может включать положения, замечания, собственные мысли студента.

Важно знать, что составление планов помогает вырабатывать способность к отвлеченному, абстрактному мышлению, но наибольшую пользу составление плана даст подготовленным лицам, которые бывают достаточно лишь взглянуть на перечень основных вопросов, чтобы воспроизвести содержание прочитанного.

2. Тезисы – более сложная и совершенная форма записи, чем составление плана.

Это сжатое изложение основных мыслей прочитанного произведения или подготовляемого выступления. Особенностью тезисов является их утвердительный характер.

В них сосредотачивается самое главное, только выводы и обобщения, в них меньше доказательств, иллюстрации и пояснений. Тезисы не должны повторять дословно текст, но в ряде мест могут быть близки к нему, воспроизводя некоторые характерные выражения автора, важные для понимания хода его мыслей. Составление тезисов помогает глубже понять основные идеи произведения, выделить главное в нем; приучают сжато, точно и четко сформулировать свои мысли, повышает культуру речи и письма. При составлении тезисов учитывают следующее. Прежде всего, если произведение небольшое, необходимо внимательно изучать его в целом, если

большое – изучать по главам и разделам. Затем, когда будут ясны основные идеи, кратко и последовательно излагать их в виде пунктов.

Различают простые и сложные, развернутые тезисы. Если записывают только утверждение чего – либо, такой тезис называют простым, а сложным тезисом будет выражение главной мысли, содержащее, кроме утверждения, еще и краткое ее доказательство.

Часто тезисы формулируются самим автором как выводы и обобщения в заключении книги или разделах книги. Нередко тезисы выделяются в тексте другим шрифтом.

Рекомендуется делать тезисные записи своими словами, причем можно записывать один абзац за другим, учитывая смысловую связь между ними. Но в большинстве случаев следует составлять сводный тезис, сложный по форме. При этом объединяется несколько утверждений, тесно связанных между собой.

Тезисы по содержанию очень близки к **конспекту**, но конспект носит более описательный характер, и его положения не столь категоричны, как в тезисах. Кроме того, конспект представляет собой более полную форму записи.

Следует отметить, что различие между формами записей условно, но в любой форме запись – важнейшая часть самостоятельной работы с книгой.

3. Выписки. Это записи текста из книги: теоретических положений, статистических данных, имеющих по мнению читателя важное значение.

Достоинство выписок состоит в точности воспроизведения текста книги, удобстве пользования записями при последующей работе, в накоплении обобщений и фактического материала. Выписки полезны для повторения, освежения в памяти прочитанного, для быстрой мобилизации своих знаний, когда необходимо в короткий срок вспомнить материал. Выписки выделяют из текста самое главное и тем самым помогают глубже понять его. Без них трудно обойтись при подготовке доклада, реферата,

выступления. Выписки следует рассматривать как составную часть тезисов и конспектов.

Выписывать текст можно и по ходу чтения и после его завершения. В последнем случае надо замечать места, которые потом будут выписаны. Необходимо каждую выписку снабжать ссылкой на источник с указанием соответствующей страницы. Это нужно, чтобы в последствии можно было быстро найти в книге соответствующее место. Целесообразно выписывать из текста только такие места, в которых содержится самое главное, суть вопроса. Выписки должны быть ориентированы на изучение произведения в целом, а не отдельных мест, поскольку положения, вырванные из общего контакта, понимаются нередко совсем не так, как этого хотел автор. Иначе говоря, отдельно взятые, лишенные пояснений выдержки могут быть не поняты или поняты неправильно.

Выписки бывают дословные (цитаты) и «свободные», когда мысли автора излагаются своими словами. Следует учесть, что большие отрывки, которые трудно цитировать, целесообразнее в краткой форме переложить своими словами, но «яркие» и важные места лучше выписывать дословно. Каждую цитату следует заключать в кавычки. Если ее берут из середины предложения, то после вводных кавычек ставят три точки. Ставят их и в конце цитаты, если из предложения опущены последние слова.

Следует знать, что какого-либо единого метода выписок, годного для всех случаев, не существует, поскольку у каждого человека свои особенности мышления и восприятия, свой подход к теме. Все это влияет на содержание и характер выписок.

Выписки рекомендуется хранить в картотеке, конвертах или папках, на которых следует обозначить общую тему.

4. Аннотация – еще одна форма записи, являющаяся кратким обобщением содержания книги. Ею удобно пользоваться, если имеется намерение вернуться к изучаемому произведению. Аннотация может быть необходима и для того, чтобы не забыть о нем.

Для составления аннотации надо сначала полностью прочитать и глубоко продумать произведение. При всей своей краткости аннотация может содержать отдельные фрагменты авторского текста, а не только оценку книги или статьи.

5. Резюме – запись, являющаяся краткой оценкой прочитанного материала близкого к аннотации. Различие между ними состоит в том, что аннотация сжато характеризует произведение в целом, а резюме концентрирует внимание на его выводах, главных итогах.

6. Конспект – наиболее совершенная и наиболее сложная форма записи. Слово «конспект» происходит от латинского «conspectus», что означает «обзор, изложение». В правильно составленном конспекте обычно выделено самое основное в изучаемом тексте, сосредоточено внимание на наиболее существенном, в кратких и четких формулировках обобщены важные теоретические положения.

Конспект представляет собой относительно подробное, последовательное изложение содержания прочитанного. На первых порах целесообразно в записях ближе держаться тексту, прибегая зачастую к прямому цитированию автора. В дальнейшем, по мере выработки навыков конспектирования, записи будут носить более свободный и сжатый характер.

Конспект книги обычно ведется в тетради. В самом начале конспекта указывается фамилия автора, полное название произведения, издательство, год и место издания. При цитировании обязательная ссылка на страницу изучаемой литературы. Если цитата взята из собрания сочинений, то необходимо указать соответствующий том. Следует помнить, что четкая ссылка на источник – неременное правило конспектирования. Если конспектируется статья, то указывается, где и когда она была напечатана.

Конспект подразделяется на части в соответствии с заранее продуманным планом. Пункты плана записываются в тексте или на полях конспекта. Писать его рекомендуется четко и разборчиво, так как небрежная запись с течением времени становится малопонятной для ее автора.

Существует правило: конспект, составленный для себя, должен быть по возможности написан так, чтобы его легко воспринял кто-либо другой.

Формы конспекта могут быть разными и зависят от его целевого назначения (изучение материала в целом или под определенным углом зрения, подготовка к докладу, выступлению на занятии и т.д.), а также от характера произведения (монография, статья, документ и т.п.). Если речь идет просто об изложении содержания работы, текст конспекта может быть сплошным, с выделением особо важных положений подчеркиванием или различными значками.

В случае, когда не ограничиваются переложением содержания, а фиксируют в конспекте и свои собственные суждения по данному вопросу или дополняют конспект соответствующими материалами их других источников, следует отводить место для такого рода записей. Рекомендуется разделить страницы тетради пополам по вертикали и в левой части вести конспект произведения, а в правой свои дополнительные записи, совмещая их по содержанию.

Конспектирование в большей мере, чем другие виды записей, помогает вырабатывать навыки правильного изложения в письменной форме важные теоретических и практических вопросов, умение четко их формулировать и ясно излагать своими словами.

Таким образом, составление конспекта требует вдумчивой работы, затраты времени и труда. Зато во время конспектирования приобретаются знания, создается фонд записей.

Конспект может быть текстуальным или тематическим. В **текстуальном конспекте** сохраняется логика и структура изучаемого произведения, а запись ведется в соответствии с расположением материала в книге. За основу тематического конспекта берется не план произведения, а содержание какой-либо темы или проблемы.

Текстуальный конспект желательно начинать после того, как вся книга прочитана и продумана, но это, к сожалению, не всегда возможно. В первую

очередь необходимо составить план произведения письменно или мысленно, поскольку в соответствии с этим планом строится дальнейшая работа. Конспект включает в себя тезисы, которые составляют его основу. Но, в отличие от тезисов, конспект содержит краткую запись не только выводов, но и доказательств, вплоть до фактического материала. Иначе говоря, конспект – это расширенные тезисы, дополненные рассуждениями и доказательствами, мыслями и соображениями составителя записи.

Как правило, конспект включает в себя и выписки, но в него могут войти отдельные места, цитируемые дословно, а также факты, примеры, цифры, таблицы и схемы, взятые из книги. Следует помнить, что работа над конспектом только тогда будет творческой, когда она не ограничена текстом изучаемого произведения. Нужно дополнять конспект данными из других источников.

В конспекте необходимо выделять отдельные места текста в зависимости от их значимости. Можно пользоваться различными способами: подчеркиваниями, вопросительными и восклицательными знаками, репликами, краткими оценками, писать на полях своих конспектов слова: «важно», «очень важно», «верно», «характерно».

В конспект могут помещаться диаграммы, схемы, таблицы, которые придадут ему наглядность.

Составлению **тематического конспекта** предшествует тщательное изучение всей литературы, подобранной для раскрытия данной темы. Бывает, что какая-либо тема рассматривается в нескольких главах или в разных местах книги. А в конспекте весь материал, относящийся к теме, будет сосредоточен в одном месте. В плане конспекта рекомендуется делать пометки, к каким источникам (вплоть до страницы) придется обратиться для раскрытия вопросов. Тематический конспект составляется обычно для того, чтобы глубже изучить определенный вопрос, подготовиться к докладу, лекции или выступлению на семинарском занятии. Такой конспект по

содержанию приближается к реферату, докладу по избранной теме, особенно если включает и собственный вклад в изучение проблемы.

Следующим методом самостоятельной работы с книгой является **реферирование** на определенную тему. Слово реферат употребляется в двух различных значениях:

1. Краткое изложение содержания книги, научной работы;
2. Доклад за заданную тему на основе критического образа литературных источников.

7. Реферат – это один из самых сложных видов самостоятельной работы с книгой, а для этого следует овладеть более простыми приемами работы – разработкой плана, составлением тезисов и конспектов. Подготовка реферата и выступление с его изложением углубляет знания, расширяет кругозор, приучает логически, творчески мыслить, развивать культуру речи.

При просмотре литературы намечается ориентировочный план реферата, в который включается обычно 3-4 основных вопроса или раздела. Каждом из разделов формулируются подвопросы, помогающие последовательно раскрыть содержание проблемы.

В процессе изучения материала формулировки подвопросов и разделов обычно уточняются. При реферировании следует делать выписки, записывать мысли, возникающие при чтении; следует также точно записывать и определения тех понятий, которые будут использованы в реферате. Из прочитанной литературы нужно заимствовать не буквальный текст, а важнейшие мысли, идеи, теоретические положения; можно цитировать небольшие отрывки, приводить диаграммы, схемы, чертежи, но главное – высказывать собственные соображения по вопросам реферата. Приведенные выше советы следует рассматривать как примерные, предполагающие и другие подходы, поскольку у каждого человека вырабатываются свои приемы и навыки составления рефератов. Большую помощь в работе над рефератом оказывают предисловия к монографиям и

сборникам. В них можно найти сведения о цели издания, а также о существующих пробелах в исследовании.

При разработке плана реферата важно учитывать, чтобы каждый его пункт раскрывал одну из сторон избранной темы, а все пункты в совокупности охватывали тему целиком. Различают несколько композиционных решений реферата: во-первых, хронологическое, когда тема раскрывается в исторической последовательности; во-вторых, описательное, при котором тема расчленяется на составные части, в целом раскрывающие определенное явление; в-третьих, аналитическое, когда тема исследуется в ее причинно-следственных связях и взаимозависимых проблемах. Важно следить за тем, чтобы каждый пункт плана был соотнесен с главной темой и не содержал повторения в других пунктах. Важными разделами реферата является вступление и заключение. Во вступлении надо обосновать актуальность темы, обозначить круг составляющих ее проблем, четко и кратко определить задачу своей работы. В заключении делаются краткие выводы, подводятся итоги. В конце реферата должен быть приложен список литературы.

В отличие от тематического конспекта реферат требует большей творческой активности, самостоятельности в обобщении изученной литературы, умения логически стройно изложить материал, оценить различные точки зрения на исследуемую проблему и высказать о ней собственное мнение. В реферате важно связать теоретические положения с практикой.

Итак, реферат – это самостоятельное произведение автора, которое должно свидетельствовать о знании литературы по данной теме, ее основной проблематике, отражать точку зрения автора реферата на эту проблематику, его умение осмысливать явления жизни на основе теоретических знаний.

При оценке реферата обычно руководствуются следующими критериями:

1. Удалось ли его автору раскрыть сущность данной проблемы;

2. Сумел ли автор показать связь рассматриваемой проблемы с жизнью;
3. Проявил ли автор самостоятельность и творческий подход в изложении реферата;
4. Можно ли считать реферат логически стройным и т.д.

4. Как слушать и конспектировать лекции

Основы знаний закладываются на лекциях, им принадлежит ведущая роль в учебном процессе. На лекциях дается самое важное, основное в изучаемой дисциплине. Основные задачи, стоящие перед лектором: помочь студентам понять основы и усвоить материал на самой лекции, дать указания на то, что требует наибольшего внимания, учить правильному мышлению и создавать ясное представление о методологии изучаемой науки.

Лекции являются эффективным видом занятий для формирования у студентов способности быстро воспринимать новые факты, идеи, обобщать их, а также самостоятельно мыслить.

Лектор излагает теоретический и практический материал, относящийся к основному курсу. Из большого числа монографий, учебников, сборников лектор выбирает самое главное, помогает усвоить логику рассуждений. Интонацией голоса и манерой изложения лектором подчеркивает наиболее существенное, выделяет главное и второстепенное.

Лектор может приводить наблюдения и факты из своего личного опыта, что придает материалу убедительность, повышает интерес к предмету лекции, способствует его усвоению.

Важно помнить, что лекция – это творческий процесс, в котором участвуют одновременно и лектор, и студенты, поэтому она требует атмосферы сотрудничества и уважительного отношения к труду лектора.

Студенту следует научиться понимать и основную идею лекции, а также, следуя за лектором, участвовать в усвоении новых мыслей. Но для этого надо быть подготовленным к восприятию очередной темы. Время, отведенное на лекцию, можно считать использованным полноценно, если студенты понимают роль лектора, задачи лекции, если работают вместе с лектором, а не бездумно ведут конспект.

Подготовленным можно считать такого студента, который, присутствуя на лекции, усвоил ее содержание, а перед лекцией припомнил материал раздела, излагаемого на ней или просмотрел свой конспект, или учебник.

Перед лекцией необходимо прочитывать конспект предыдущей лекции, а после окончания крупного раздела курса рекомендуется проработать его по конспектам и учебникам.

Для наиболее важных дисциплин, вызывающих наибольшие затруднения, рекомендуется перед каждой лекцией просматривать содержание предстоящей лекции по учебнику с тем, чтобы лучше воспринять материал лекции. В этом случае предмет усваивается настолько, что перед экзаменом остается сделать немного для закрепления знаний.

Важно помнить, что ни одна дисциплина не может быть изучена в необходимом объеме только по конспектам. Для хорошего усвоения курса нужна систематическая работа с учебной и научной литературой, а конспект может лишь облегчить понимание и усвоение материала.

Основная задача при слушании лекции – учиться мыслить, понимать идеи, излагаемые лектором. Большую помощь при этом может оказать конспект. Передача мыслей лектора своими словами помогает сосредоточить внимание, не дает перейти на механическое конспектирование. Механическая запись лекции приносит мало пользы.

Ведение конспекта создает благоприятные условия для запоминания услышанного, т.к. в этом процессе принимают участие слух, зрение и рука. Конспектирование способствует запоминанию только в том случае, если

студент понимает излагаемый материал. При механическом ведении конспекта, когда просто записываются слова лектора, присутствие на лекции превращается в бесполезную трату времени.

Некоторые студенты полагают, что при наличии учебных пособий, учебников нет необходимости вести конспект. Такие студенты нередко совершают ошибку, так как не используют конспект как средство, позволяющее активизировать свою работу на лекции или полнее и глубже усвоить ее содержание.

Определенная часть студентов считает, что конспекты лекции могут заменить учебники, поэтому они стремятся к дословной записи лекции и нередко не задумываются над ее содержанием. В результате при разборе учебного материала по механической записи требуется больше труда и времени, чем при понимании и кратком конспектировании лекции.

Конспект ведется в тетради или на отдельных листах. Записи в тетради легче оформить, их удобно брать с собой на лекцию или практические занятия. Рекомендуются в тетради оставлять поля для дополнительных записей, замечаний и пунктов плана. Но конспектирование в тетради имеет и недостаток: в нем мало места для пополнения новыми материалами, выводами и обобщениями. В этом отношении более удобен конспект на отдельных листах (карточках). Из него нетрудно извлечь отдельную необходимую запись, конспект можно быстро пополнить листами, в которых содержатся новые выводы, обобщения, фактические данные. При подготовке выступлений, докладов легко подобрать листки из различных конспектов и свести их вместе. В результате такой работы конспект может стать тематическим.

Но вести конспект на отдельных листках или карточках более трудоемко, чем в тетради. Карточки легко рассыпать и перепутать, приходится обзаводиться ящичками для хранения карточек, возникает необходимость на каждом листке писать его порядковый номер.

Но затрата труда и времени окупается преимуществами конспектирования на карточках перед конспектом в тетради.

Рекомендуется делать такие карточки, которые помещаются в обычный почтовый конверт. Карточки удобно тасовать, менять при необходимости их последовательность, раскладывать на столе для обзора. Например, учителю истории карточки служили бы долго. Перед уроком можно взять соответствующий конверт и найти в нем материал по узловым вопросам темы, записанный еще в вузе.

При конспектировании допускается сокращение слов, но необходимо соблюдать меру. Каждый студент обычно вырабатывает свои правила сокращения. Но если они не введены в систему, то лучше их не применять, т.к. случайные сокращения ведут к тому, что спустя некоторое время конспект становится непонятным.

Следует знать, что не существует какого-либо единого, годного для всех метода конспектирования. Каждый ведет записи так, как ему представляется наиболее целесообразным и удобным. Собственный метод складывается по мере накопления опыта, но во всех случаях надо стремиться к тому, чтобы конспективные записи были краткими и наилучшим образом содействовали глубокому усвоению изучаемого материала. Известный отечественный педагог В.А. Сухомлинский, рекомендовал учиться думать над конспектом уже на лекции и работать над записями ежедневно хотя бы в течение 2 часов. Он советовал также делить конспект на две графы: в первой кратко записывать изложенные лекции, а во второй – то, над чем надо подумать; сюда же следовало заносить узловые, главные вопросы, над которыми надо подумать постоянно, связывая с этим повседневное чтение. Он подчеркивал, что узловые вопросы предмета будут программой, на основе которой припоминается весь материал.

5 Использование компьютера в процессе самостоятельной работы студентов

Наиболее комплексный ряд заданий, выполняемых студентом в процессе учебы в вузе, развивающих самостоятельность – это написание реферативных, курсовых и дипломных работ, выполнение которых требует применения всего спектра знаний, умений и навыков, приобретенных студентом в процессе обучения. Алгоритм, методика и формы выполнения этих работ практически одинаковы, они различаются содержанием и глубиной проработанности материала. И реферат, и курсовая, и дипломная работы должны выполняться в соответствии с действующими требованиями ГОСТов.

На современном этапе никто уже не представляет себе самостоятельную работу без использования международной информационной сети – **Интернет**. Необходимость использования Интернета возникает не только при подготовке к практическим и семинарским занятиям, но, в большей степени, при написании различных исследовательских и творческих работ. Многие современные монографии, периодические журналы изданы только в электронном виде и с ними можно познакомиться только в Интернете.

Написание работ творческого и исследовательского характера требует знания и умения применять различные компьютерные технологии. Можно предложить следующий алгоритм работы по написанию исследовательских и творческих работ с использованием компьютера:

– первый этап заключается в наборе материала на компьютере. Для этого необходимо, чтобы на компьютер были установлен текстовый и графический редакторы для набора текста и выполнения различных рисунков, графиков или схем. Если материал неоднородный, т.е. содержит графики, схемы, чертежи, текст, то для этих целей лучше выбрать интегрированный пакет, который позволяет совмещать различного формата файлы (например,

Word, PageMaker и др.). Цитаты из книг и журналов можно переснимать на сканере – удобно и быстро. Здесь как раз и понадобится база данных, которая значительно упростит работу с выбранной литературой;

– второй этап – корректировка ошибок, недочетов. Практика показывает, что чтение с листа более привычно и корректировать удобнее файлы, имея распечатанный образец перед собой;

– третий этап – печать начисто. Откорректированный и исправленный текст необходимо не забыть проверить на орфографию (по возможности и стилистику) перед тем как распечатать. Чертежи лучше выводить на бумагу на графопостроителе;

– четвертый этап - рецензия специалистов, работающих в данной области;

– пятый этап – защита курсовых или дипломных работ на кафедре или в лаборатории. Желательно использовать презентационные компьютерные программы (например, Power point) при ответе – это увеличит наглядность доклада и использовать презентационные средства типа Proxima – проектор, позволяющий выводить на экран содержимое дисплея. Можно также использовать телевизор вместо монитора при наличии специального блока сопряжения.

Почти на всех этапах студент работает самостоятельно. За время выполнения исследования у него развиваются:

1. Навыки и методы работы с литературой: ее анализ, отбор необходимого материала.
2. Навыки и методы работы с персональным компьютером: профессиональный набор текста, выполнение рисунков и чертежей, схем и др.
3. Исследовательские навыки и др.

Поиск в Интернете.

1. Поиск информации в Интернете лучше всего начинать с работы в **Интернет-каталоге**.

Один из наиболее полных и хорошо систематизированных каталогов в русскоязычном секторе Интернета находится на сайте www.aport.ru. Есть много других Интернет-каталогов: www.yandex.ru, www.list.ru, www.rambler.ru (русскоязычные), www.altavista.com (англоязычный) и др. Выбор каталога зависит от вкусов пользователя, степени проработанности его тематической структуры, скорости доступа к ресурсам каталога и т.д.

2. Чтобы попасть на эту страничку, вам надо вписать URL(адрес) данного сайта в адресную строку вашего Интернет-обозревателя (браузера), которая находится в верхней части окна.

3. Перед вами откроется главная страница поисковой системы, например, «Апорт».

4. Находим на этой странице ссылку на подкаталог «Наука и образование» и кликаем на ней мышью. Теперь мы попадаем на следующую страницу каталога, где пользователю предлагается выбрать интересующую его рубрику.

5. Ищем на этой странице ссылку на рубрики. Кликаем на нее. Загружается следующая страница, на которой будут ссылки на подрубрики. Под списком рубрик появятся ссылки на конкретные Интернет-ресурсы. Вы выбираете интересующий вас ресурс (при этом можно пользоваться краткой аннотацией, рейтингом популярности сайта, информацией о времени его последнего обновления) и кликаете на его ссылке. Откроется новое окно браузера, в которое будет загружен выбранный вами сайт.

Помимо **тематического поиска** в любом Интернет-каталоге есть **контекстный поиск**. Попробуем по Интернет-каталогу найти **ссылки** на газету «География».

1. Набираем в окне браузера адрес любого из русскоязычных каталогов.

2. В появившемся поисковом окне набираем целиком словосочетание, например «газета География», если система может работать со словосочетаниями, или слово «газета», а потом во втором поиске «география», если такой функции в системе не предусмотрено (www.aport.ru). Не забудьте только при втором поиске напротив поискового окна поставить галочку «Искать в найденном».

3. Через несколько секунд на экране вашего компьютера появятся первые десять или двадцать ссылок на Интернет-страницы, где поисковая система нашла указанные вами слова. При необходимости после просмотра первой порции ссылок на Интернет-ресурсы можно перейти к следующим. Ссылки на них вы найдете внизу экрана.

4. Для сохранения интересующих вас Интернет-страниц достаточно кликнуть мышкой на меню «файл» (оно находится в самой верхней части браузера) и выбрать пункт «сохранить как».

5. Появится диалоговое окно, где вам нужно будет указать папку для сохранения данной страницы, вписать имя, под которым она будет сохранена (по умолчанию страница сохраняется под тем же именем, что она имеет в Интернете).

6. Если все указано правильно, смело нажимайте на «ОК», в противном случае выбирайте «Отмену».

Часто бывает так, что всю страницу сохранять необязательно, так как интерес вызывают лишь отдельные ее элементы. Текстовая часть страницы без графики и средств мультимедиа сохраняется как файл языка HTML. Часто имеет смысл сохранять только текст, так как любые графические объекты занимают много места на дискетах и жестких дисках компьютера.

Если вам необходимо сохранить только графические элементы страницы (рисунки, фотографии и т.д.), достаточно кликнуть на интересующей вас картинке правой клавишей мыши. Появится диалоговое окно, в котором следует выбрать пункт «Сохранить рисунок как».

Следует помнить, что вы не сможете редактировать составленные в формате HTML Интернет-страницы. В случае если вам по каким-то причинам нужно **внести** в них **правку**, дополнить своими материалами, включить в готовый текстовый документ, то нужно:

1. Выделить мышью в окне браузера необходимый фрагмент текста (весь текст выделяется после нажатия на команды меню «правка» и «выделить все»).
2. Копировать его (команда «копировать» на вкладке «Правка» / «edit»).
3. Вставить в нужный текстовый файл в программе Word (команда «Вставить» / «Paste»).

Вы также можете **распечатать** нужные вам страницы:

1. Одновременно нажмите клавиши ctrl и P или выберите команду «Печать» / «Print» на вкладке «Файл».
2. Если вам не нужно распечатывать всю страницу, то вы можете распечатать ее фрагмент. Для этого вы выделяете интересующий участок страницы мышью, а в диалоговом окне печати, указывая диапазон печати, выберите пункт «Выделенный фрагмент».
3. Если вы хотите вернуться на предыдущую страницу, достаточно кликнуть мышкой кнопку «Назад», которая находится в левом верхнем углу окна вашего браузера. Обратный шаг можно сделать, нажав на стрелку «Вперед».

Для того чтобы в следующий раз точно попасть на нужную вам страницу Интернета, совсем не обязательно переписывать ее адрес, часто громоздкий и сложный. Достаточно всего лишь добавить ссылку на страницу в папке «Избранное» (она расположена вверху экрана, на рабочей панели браузера). Если вы хотите запомнить много страниц и к тому же систематизировать их, то направляйтесь на специальный сайт www.zakladki.ru, где вы сможете сохранить гиперссылку на любую Интернет-страницу. В этом случае вы сможете работать не только со

ссылками, подобранными вами, но и другими пользователями (при условии, что доступ к ним не закрыт паролем).

Использование электронной почты

Интернет предоставляет еще одну уникальную возможность – вступить в переписку с другими пользователями глобальной компьютерной сети посредством **электронной почты** (e-mail).

В настоящий момент существует много серверов (такие, как www.mail.ru, www.hotmail.ru и др.), которые дают возможность завести бесплатный электронный почтовый ящик.

Чтобы пользоваться почтовым ящиком вам надо:

1. Зарегистрироваться на этих сайтах.
2. Внимательно изучите все условия пользования своим электронным ящиком. Помните, что многие бесплатные почтовые ящики прекращают свое существование, если клиент к ним долгое время не обращается.
3. Не забывайте также и то, что сам электронный ящик находится у вас дома лишь виртуально. На самом деле он размещен на сервере обслуживающей вас компании, которая предоставляет вам определенный участок сервера (как правило, около 5 мб).
4. Чтобы не возникало проблем с приемом и пересылкой сообщений, не забывайте регулярно чистить свой электронный почтовый ящик, уничтожая старые сообщения или пересохраняя их на жестком диске вашего компьютера.

Чтобы пользоваться **электронной почтой**, вам необходимо уметь проделывать следующие операции:

1. Вызовите программу по отправке почтовых сообщений (например, «Outlook express»).

2. Если вы хотите отправить электронное сообщение, необходимо кликнуть мышкой на кнопке «Создать сообщение» или «Написать письмо».
3. Появится окно вашего письма.
4. В строке «Кому» указывается адрес электронной почты получателя. Адрес обязательно должен включать символ @.
5. Наберите с клавиатуры компьютера электронный адрес получателя вашего сообщения, например geo@1september.ru – адрес электронного почтового ящика газеты «География».
6. В строке «Копия» указываются адреса электронной почты тех адресатов, кому вы хотите послать копию данного сообщения (поле необязательно к заполнению).
7. В строке «Тема» указывается то словосочетание, которое увидит получатель вашего сообщения еще до ознакомления с его содержанием. Часто в этой строке в кратком виде формулируют основную идею послания (например, «Привет!» или «Материал к докладу» и др.).
8. После того как заполнена шапка письма, можете переходить в основное окно, где непосредственно пишете текст вашего сообщения.

По электронной почте вы можете **переслать любой файл с вашего компьютера** любому адресату.

1. При создании письма вам следует кликнуть по виртуальной кнопке «Вложить» в верхней части экрана.
2. Появится диалоговое окно, которое позволит выбрать нужный файл (или файлы) для пересылки. Вы должны знать, что прикреплять к вашему электронному сообщению можно не только текстовые файлы, но и графические, установочные и вообще любые.
3. Когда письмо готово, еще раз проверьте, верно ли указан адрес, после чего нажимаете клавишу «Отправить». Ваше сообщение отправлено.
4. Если вы по ошибке указали несуществующий адрес или электронный ящик вашего адресата по каким-нибудь причинам не работает, то ваше

сообщение через несколько минут вернется обратно с уведомлением о существующих проблемах пересылки.

Для прочтения той почты, которая приходит к вам, необходимо:

1. Открыть папку «Входящие» вашей почтовой программы. Кликните мышкой на ссылке «Входящие».
2. Перед вами появится окно с обратными адресами, темами и сроками прихода всех неудаленных писем, которые пришли на ваш электронный адрес.
3. Чтобы прочесть письмо, достаточно кликнуть на его заголовке. Перед вами откроется окно с содержанием данного письма.
4. Вы можете ответить на это письмо, кликнув по ссылке «ответить». В этом случае компьютер автоматически заполнит строку с адресом, вписав туда адрес, с которого вам пришло это письмо. Весь текст исходного письма отобразится в основном окне и станет доступен для редактирования и дополнения.
5. Чтобы сохранить на своем компьютере пришедший к вам вложенный файл (письма с вложенными файлами помечены символом скрепки), надо открыть это письмо. Если вложен графический файл, он будет открыт в основном окне сообщения. В том случае, если прикрепленный файл имеет какой-либо другой формат, то, нажав на скрепку, вы можете ознакомиться с именами и форматом приложенных файлов. Эти файлы можно открыть, кликнув на них мышью, а можно сохранить, не открывая, выбрав пункт «сохранить вложения» из нисходящего списка под изображением скрепки.

При необходимости вы можете **переслать** пришедшее вам письмо другому адресату по вашему выбору, для этого надо кликнуть правой клавишей мыши по ссылке на это сообщение в окне «Входящие» и выбрать из нисходящего списка команду «Переслать».

6. Подготовка к экзаменам и зачетам

Экзаменационная сессия – очень тяжелый период работы для студентов и ответственный труд для преподавателей. Главная задача экзаменов – проверка качества усвоения содержания дисциплины.

На основе такой проверки оценивается учебная работа не только студентов, но и преподавателей: по результатам экзаменов можно судить и о качестве всего учебного процесса. При подготовке к экзамену студенты повторяют материал курсов, которые они слушали и изучали в течение семестра, обобщают полученные знания, выделяют главное в предмете, воспроизводят общую картину для того, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины.

Экзаменам, как правило, предшествует сдача зачетов. К экзаменам допускаются только те студенты, которые сдали зачеты.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программы курса и конспект, которые указывают, что в курсе наиболее важно. Основной материал должен прорабатываться по учебнику, поскольку конспекта недостаточно для изучения дисциплины. Учебник должен быть проработан в течение семестра, а перед экзаменом важно сосредоточить внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением в памяти его краткого содержания в логической последовательности.

До экзамена обычно проводится консультация, но она не может возместить отсутствия систематической работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает лишь ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы. Польза от консультации будет только в том случае, если студент до нее проработает весь материал. Надо учиться задавать вопросы, вырабатывать привычку пользоваться справочниками, энциклопедиями, а не

быть на иждивении у преподавателей, который не всегда может тут же, «с ходу» назвать какой-либо факт, имя, событие.

На экзамене нужно показать не только знание предмета, но и умение логически связно построить устный ответ.

Получив билет, надо вдуматься в поставленные вопросы для того, чтобы правильно понять их. Нередко студент отвечает не на тот вопрос, который поставлен, или в простом вопросе ищет скрытого смысла. Не поняв вопроса и не обдумав план ответа, не следует начинать писать. Конспект своего ответа надо рассматривать как план краткого сообщения на данную тему и составлять ответ нужно кратко. При этом необходимо показать умение выражать мысль четко и доходчиво.

Отвечать нужно спокойно, четко, продуманно, без торопливости, придерживаясь записи своего ответа.

На экзаменах студент показывает не только свои знания, но и учится владеть собой. После ответа на билет могут следовать вопросы, которые имеют целью выяснить понимание других разделов курса, не вошедших в билет. Как правило, на них можно ответить кратко, достаточно показать знание сути вопроса. Часто студенты при ответе на дополнительные вопросы проявляют поспешность: не поняв смысла того, что у них спрашивают, начинают отвечать и нередко говорят не по сути.

Студент должен знать, что на экзамене осуществляется не только контроль и выставляется оценка, но это еще и дополнительная возможность, систематизация знаний. Если говорить о сверхзадаче экзаменатора, то она состоит в уяснении не только и не столько того, что студент выучил, сколько того, чему он научился и что останется у него после экзамена, поскольку этот остаток будет характеризовать образовательный уровень студента.

Следует помнить, что необходимым условием правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон, поэтому подготовка к экзаменам не должна быть в ущерб сну. Установлено, что сильное эмоциональное напряжение во время экзаменов неблагоприятно

отражается на нервной системе и многие студенты из-за волнений не спят ночи перед экзаменами. Обычно в сессию студенту не до болезни, так как весь организм озабочен одним – сдать экзамены. Но это еще не значит, что последствия неправильно организованного труда и чрезмерной занятости не скажутся потом. Поэтому каждый студент помнить о важности рационального распорядка рабочего дня и о своевременности снятия или уменьшения умственного напряжения.

Рекомендуемая литература

1. Борикина Л.В., Виноградова Н.А. Пишем реферат, доклад, выпускную квалификационную работу: Учеб. пособ. М., 2000.
2. Виноградова Н.А. Методические рекомендации по выполнению письменных работ. М., 1999.
3. Гарунов М.Г., Пидкасистый П.И. Самостоятельная работа студентов. М., 1978.
4. Демидова А.К. Пособие по русскому языку: научный стиль. Оформление научной работы. М., 1991.
5. Самостоятельная познавательная деятельность студента: методическое пособие / Сост. Е.В. Гребенникова. М., 2002.
6. Соловьева Н.Н. Основы подготовки к научной деятельности и оформление ее результатов (для студентов и аспирантов). М., 2000.
7. Соловьева Н.Н. Учусь общаться: читаю, слушаю, говорю, пишу: Учеб. пособ. по культуре речи и речевому общению. М., 1996.
8. Чернилевский Д.В. Дидактические технологии в высшей школе. М., 2002.
9. Загашев И.О., Заир — Бек С.И. Критическое мышление: технологии развития. Спб, 2003.- 284 с.

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических занятий
по дисциплине «Электроснабжение»
для студентов направления подготовки
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра АЭСИЭ СКФУ

Ставрополь

Настоящие методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Настоящие методические указания разработаны в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования, учебным планом и рабочей программой дисциплины «Электроснабжение».

Составитель (автор): Морозова Т.Ф., Жуков М.В.

Рецензент: Гринь А.И.

Кафедра АЭСиЭ СКФУ

Содержание

Практическое занятие №1. Схемы электроснабжения промышленных предприятий	4
Практическое занятие №2. Схемы электроснабжения городской электрической сети	12
Практическое занятие №3. Определение центра электрических нагрузок промышленного предприятия	20
Практическое занятие №4. Картограмма электрических нагрузок промышленного предприятия	22
Практическое занятие №5. Расчет электрических нагрузок по удельным расходам электроэнергии	32
Практическое занятие №6. Расчет электрических нагрузок по удельным плотностям нагрузки	35
Практическое занятие №7. Определение электрических нагрузок на напряжении 0,4 кВ методом коэффициента спроса	38
Практическое занятие №8. Определение электрических нагрузок на напряжении 6-10 кВ и по предприятию в целом методом коэффициента спроса	42
Практическое занятие №9. Расчет электрических нагрузок электроприемников методом коэффициента расчетной активной мощности	44
Практическое занятие №10. Расчет электрических нагрузок промышленных потребителей методом коэффициента расчетной активной мощности	55
Практическое занятие №11. Расчет электрических нагрузок промышленных потребителей методом коэффициента расчетной активной мощности	55
Практическое занятие №12. Расчет осветительных нагрузок	57
Практическое занятие №13. Определение расчетных электрических нагрузок жилых зданий	59
Практическое занятие №14. Определение расчетных электрических нагрузок общественных зданий.	67
Практическое занятие №15. Выбор сечений кабельных линий напряжением 10 кВ	69
Практическое занятие №16. Выбор сечений кабельных линий напряжением 0,4 кВ	73
Практическое занятие №17. Выбор числа и мощности трансформаторов главной понизительной подстанции	75
Практическое занятие №18. Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций	77

Практическое занятие №1. Схемы электроснабжения промышленных предприятий

Теоретическая часть

Электроснабжение – процесс поставки электроэнергии для электрифицированной жизнедеятельности человека.

Имеется огромное разнообразие схемных решений систем электроснабжения, которое определяется особенностями территориального расположения потребителя, его категорией по надежности электроснабжения, а также особенностями технологического функционирования. В процессе многолетнего проектирования систем электроснабжения сформировались некоторые наиболее распространенные подходы при обосновании схем центров электрического питания, высоковольтных и низковольтных распределительных сетей, трансформаторных подстанций.

Одной из структурных частей электроснабжения является высоковольтная распределительная сеть (ВВРС), служащая для передачи и распределения электроэнергии от центра электрического питания (ЦЭП) между высоковольтными электроприемниками и подстанциями 10(6)/0,4 кВ.

Напряжение 6 кВ приводит к наибольшим затратам, вследствие повышенных потерь электроэнергии в сети, и оно оправдано только в двух случаях. Первый случай – при большом количестве у потребителя электроприемников мощностью 300 – 1000 кВт с номинальным напряжением 6 кВ. Второй – при напряжении существующего источника питания 6 кВ. Это характерно для электроснабжения небольших потребителей от близкорасположенной системы электроснабжения, высоковольтная электрическая сеть которой по определенным причинам реализована на напряжении 6 кВ, т.е. в тех случаях, когда нет других вариантов.

Наиболее распространенным для ВВРС является напряжение 10 кВ, как более экономичное, чем 6 кВ. При этом, если у потребителя имеется

несколько электроприемников на напряжение 6 кВ, то их целесообразно запитать от ТП 10/6 кВ. На это напряжение в нашей стране производится наибольшее количество электротехнической продукции, и оно является основным для ВВРС системы электроснабжения (СЭС).

Напряжение 20 кВ самое экономичное, но пока не используется из-за отсутствия необходимого электрооборудования.

Основными факторами, влияющими на выбор схемы ВВРС для конкретного потребителя, являются следующие:

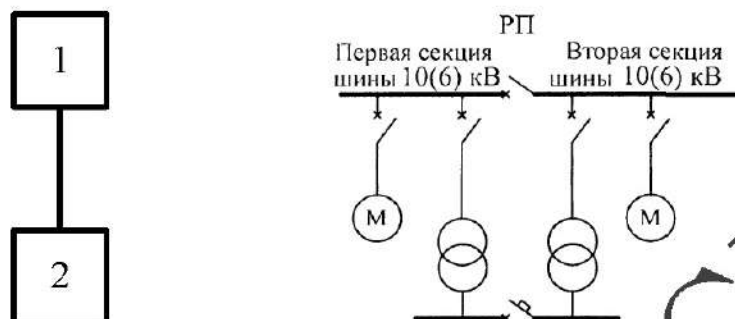
- принятый к исполнению конкретный вид структуры СЭС;
- распределяемая сетью мощность;
- требуемая степень надежности электроснабжения;
- особенности расположения подстанций на генеральном плане объекта и их общее количество;
- условия прокладки сетей и особенности среды.

При проектировании СЭС прорабатываются и рассчитываются несколько возможных вариантов схем ВВРС из числа удовлетворяющих заданным условиям, из которых выбирается оптимальный по условиям технико-экономических критериев (с наименьшими приведенными затратами). На основании опыта проектирования и эксплуатации систем электроснабжения в настоящее время сформировались следующие типовые схемные решения электрических сетей:

- радиальная;
- магистральная;
- радиально-магистральная;
- кольцевая;
- с двусторонним питанием.

Радиальной называется схема, когда каждая отдельная подстанция питается от центра электрического питания по отдельной линии, подключенной к РУ через отдельную ячейку. Другими словами, это схема, в которой линия электропередачи соединяет подстанцию верхнего уровня с

подстанцией нижнего уровня (или устройством распределения электроэнергии, приемником электроэнергии) без промежуточных отборов мощности (подстанции на рисунке 1 представлены не принципиально, а структурно).



1 – подстанция верхнего уровня; 2 – подстанция нижнего уровня

Рисунок 1 – Радиальная схема высоковольтной распределительной сети:

Если подстанция двухтрансформаторная, то к ней в радиальной сети идет двухцепная (радиальная) линия электропередачи с разных секций ЦЭП (пример такой схемы приведен на рисунке 1).

Радиальные схемы имеют наибольшую надежность по сравнению с магистральными, так как при повреждении какой-либо линии отключается только один потребитель. Но они и самые дорогие, так как требуют прокладки большого количества кабелей и установки большого количества ячеек в РУ или в РП 10 кВ. Радиальные схемы целесообразны в тех случаях, когда существуют крупные сосредоточенные нагрузки, расположенные в различных направлениях от центра питания.

Магистральной называется такая схема, когда каждая магистраль, отходящая от центра электрического питания, запитывает по цепочке несколько ТП 10/0,4 кВ. При магистральной схеме от подстанции верхнего уровня питаются по одной линии электропередачи (магистральной) несколько подстанций нижнего уровня (или устройств распределения электроэнергии). Магистральные схемы распределения электроэнергии следует применять при распределенных нагрузках и при таком взаимном расположении подстанций (ППВ, РП, ТП) на территории проектируемого объекта, когда магистрали

могут быть проложены без значительных обратных направлений.

Различают следующие разновидности магистральных схем:

– одиночная магистраль, когда к подстанциям идут одноцепные линии электропередачи (рисунок 2); наиболее характерна при наличии в СЭС однотрансформаторных подстанций);

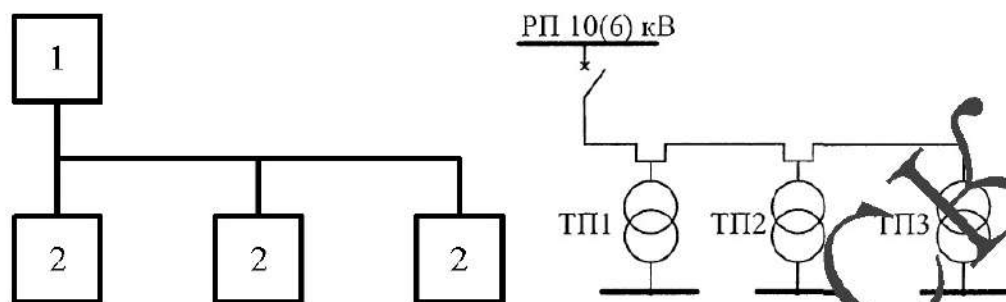


Рисунок 2 – Одиночная магистраль с односторонним питанием

– одиночная магистраль с двусторонним питанием (рисунок 3);

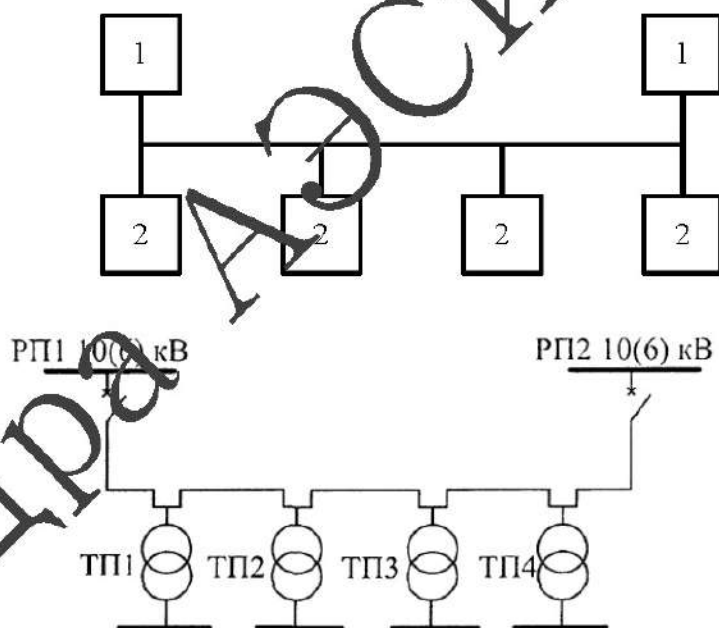


Рисунок 3 – Одиночная магистраль с двусторонним питанием (петлевая)

– двойная магистраль с односторонним питанием, когда к подстанциям идут двухцепные линии электропередачи (рисунок 4);

– двойные (встречные) магистрали с двусторонним питанием (рисунок 5), когда цепочки линий электропередачи двух магистралей идут к двухтрансформаторным ТП от разных секций РУ встречно друг другу.

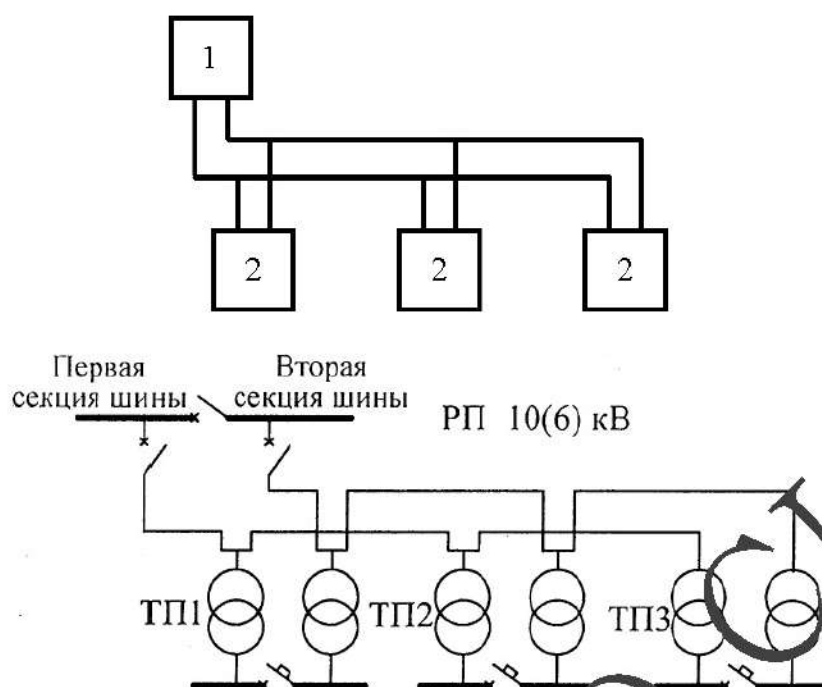


Рисунок 4 – Двойная магистраль с односторонним питанием

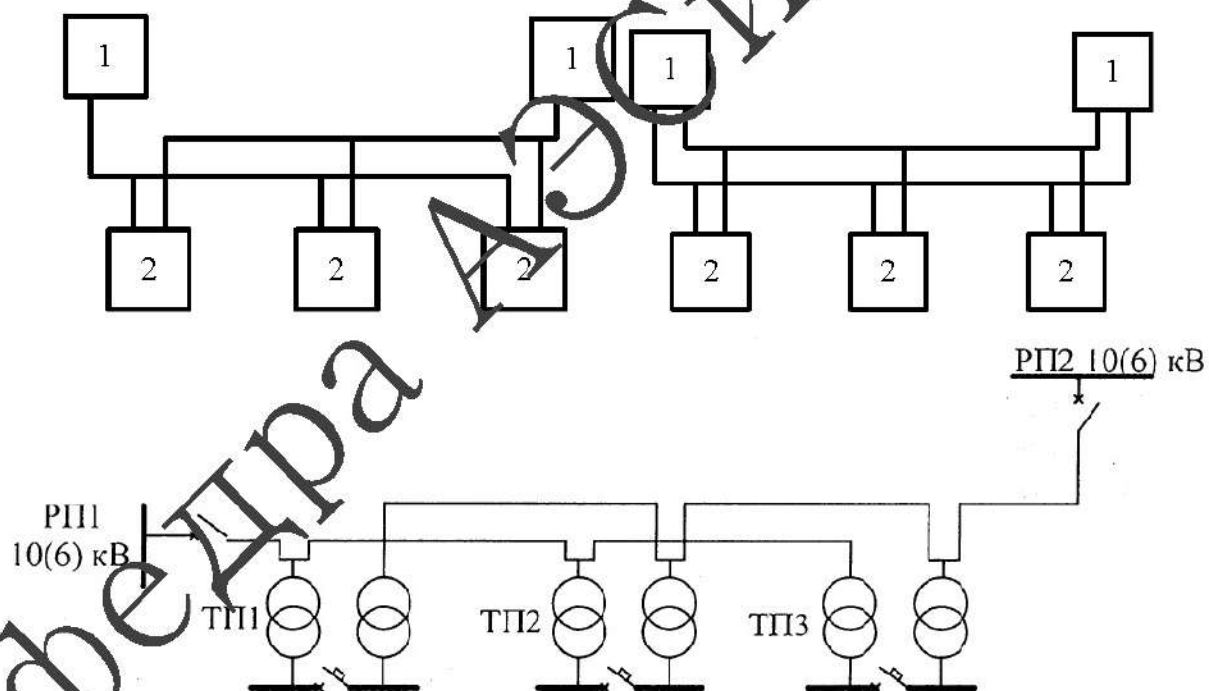


Рисунок 5 – Двойная магистраль с двухсторонним питанием

Особенностями магистральных схем по сравнению с радиальными при прочих равных условиях являются их меньшая стоимость, определяемая меньшим количеством электрических аппаратов в РУ центра электрического питания, и меньшая надежность. Например, выход из строя линии

электропередачи головного участка магистрали приводит к прекращению электроснабжения всех потребителей, подключенных к ней.

Радиально-магистральной (смешанной) является такая схема, когда в ней присутствуют фрагменты радиальных и магистральных схем. Смешанной схеме присущи особенности радиальных и магистральных схем в той степени, в которой она стремится к тому или иному крайнему решению, так как является промежуточным решением между ними.

Кольцевая схема представляет собой развитие магистральной, заключающееся в том, что начинается она с одной секции РУ, а заканчивается на другой секции (рисунок 6).

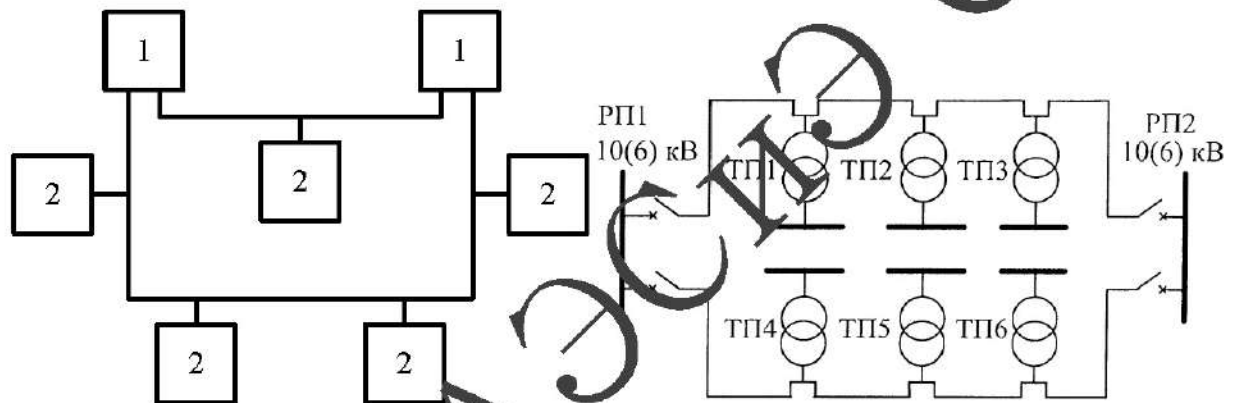


Рисунок 6 – Кольцевая схема

Из указанного выше определения кольцевой схемы вытекает ее главная особенность – кольцо, состоящее из некоторого количества линий электропередачи, соединяющих между собой подстанции и секции распределительного устройства источника питания, должно быть разомкнуто в какой-либо точке.

В противном случае по кольцу будет протекать уравнивающий ток, определяемый разностью потенциалов одноименных фаз секций РУ источника (так как секционный аппарат разомкнут) и суммарным сопротивлением линий кольца. Таким образом, нормальное оперативное состояние кольцевой схемы состоит в том, что одна из линий находится в разомкнутом состоянии, но только с одной стороны, т.е. под напряжением.

Достоинством кольцевых схем является их высокая надежность по

сравнению с вышерассмотренными схемами, обусловленная тем, что выход из строя любой из линий не приводит к ограничению электроснабжения потребителей, подключенных к ТП, так как всегда может быть найдено оперативное состояние схемы, позволяющее передать электроэнергию.

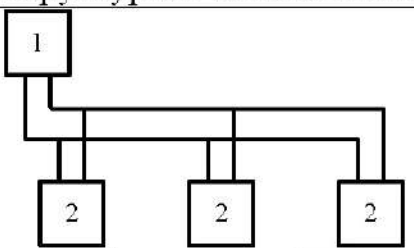
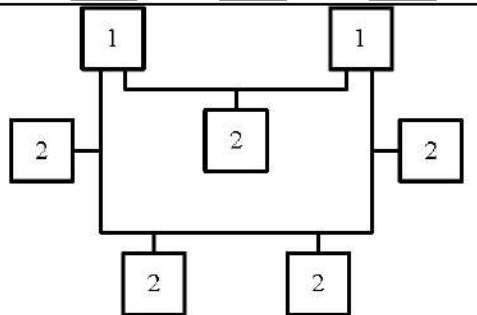
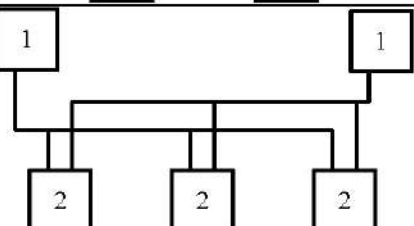
Недостаток кольцевых схем состоит в том, что при прочих равных условиях они дороже, что объясняется большей протяженностью линий электропередачи и большим их сечением.

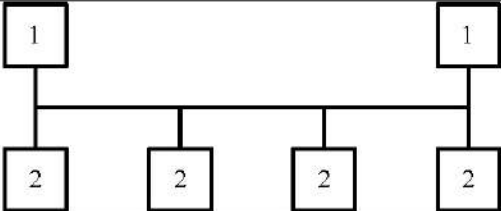
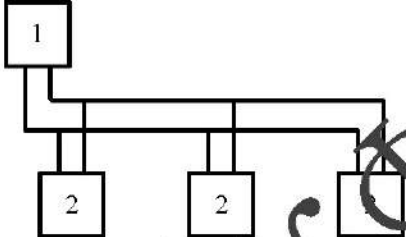
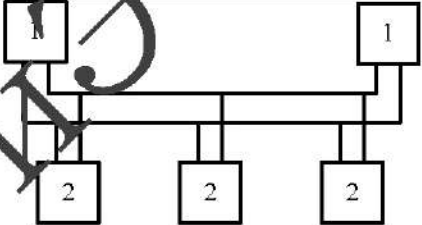
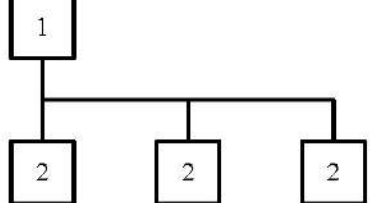
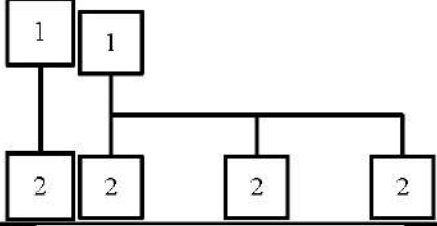
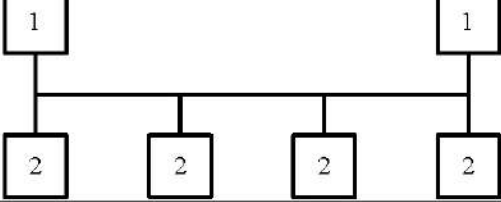
Задача

Заключается в просмотре и обсуждении презентаций по схемам электроснабжения промышленных предприятий, для чего необходимо выбрать и представить на обсуждение схему электроснабжения в соответствии с номером варианта, который выдается преподавателем.

Варианты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Варианты схем электроснабжения

Вариант	Тип схемы	Структурное обозначение
1	двойная магистраль с односторонним питанием	
2	кольцевая	
3	двойная магистраль с двухсторонним питанием	

4	одиначная магистраль с двусторонним питанием	
5	двойная магистраль с односторонним питанием	
6	радиальная	
7	двойная магистраль с двухсторонним питанием	
8	одиначная магистраль с односторонним питанием	
9	смешанная	
10	одиначная магистраль с двусторонним питанием	

Практическое занятие №2. Схемы электроснабжения городской электрической сети

Теоретическая часть

Электроснабжающие сети

Городские электрические сети классифицируются на:

- **электроснабжающие** (напряжением 35 – 220 кВ), к которым относятся линии электропередачи 35 кВ и выше вместе с опорными подстанциями и подстанциями глубоких вводов;

- **питающие** (напряжением 6-20 кВ), состоящие из линий электропередачи от шин 6-10 кВ опорных подстанций, подстанций глубокого ввода или ТЭЦ до шин 6-20 кВ распределительных пунктов и связей между ними вместе с распределительными пунктами;

- **распределительные** (напряжением 6-20 кВ), состоящие из линий электропередачи от шин 6-20 кВ распределительных пунктов до шин 6-20 кВ трансформаторных подстанций 6-20/0,4 кВ вместе с трансформаторными подстанциями;

- **распределительные** (напряжением 380 В), состоящие из линий электропередачи от шин 380 В трансформаторных подстанций 6-20/0,4 кВ до вводных распределительных устройств зданий и сооружений;

- **внутренние** (напряжением 380 В) сети зданий.

Электроснабжающая сеть города выполняет двойственную роль:

- осуществляет параллельную работу источников питания;
- используется для распределения электроэнергии среди районов города.

Особенности ее построения определяются местными условиями: технической характеристикой источников питания, размерами города, величиной и плотностью нагрузки. Для крупных городов электроснабжающая сеть выполняется в виде кольцевой (рисунок 1) или магистральной сети с двухсторонним питанием.

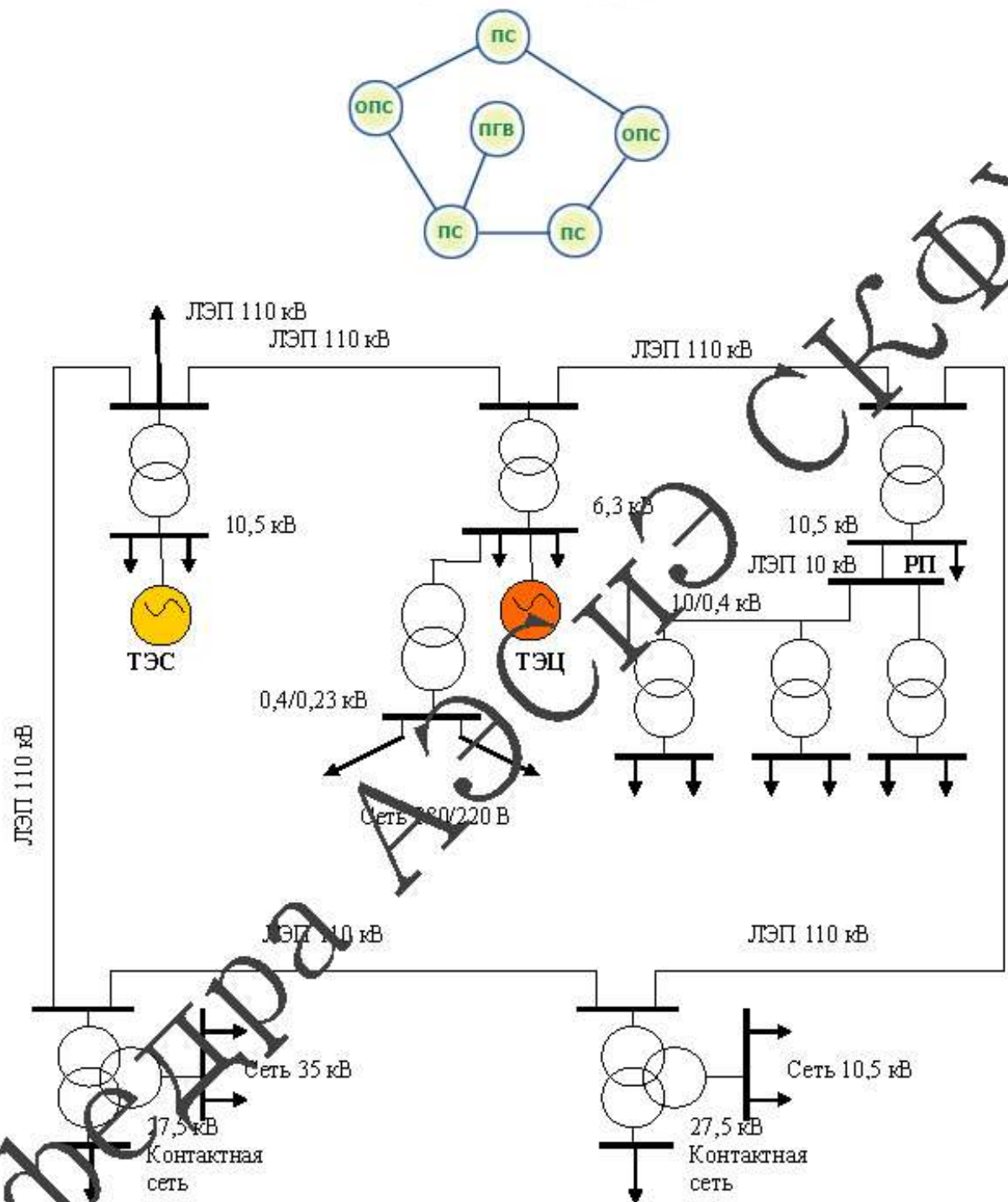
Кольцевая схема
электропитания города

Рисунок 1 – Кольцевая схема электропитающей сети

Источниками питания служат подстанции энергосистемы или электрические станции. Кольцевое исполнение линии обеспечивает надежную и гибкую систему электропитания города, а также достаточно экономичное развитие электропитающей сети с ростом нагрузки

отдельных районов города. Напряжение кольцевой сети определяется размерами города. Для крупных городов сеть выполняется на напряжение 110 (220) кВ и выше. Кольцевая сеть 110 кВ и выше крупнейших городов должна быть связана по сети внешнего электроснабжения не менее чем с двумя независимыми источниками питания энергосистемы через разные опорные подстанции.

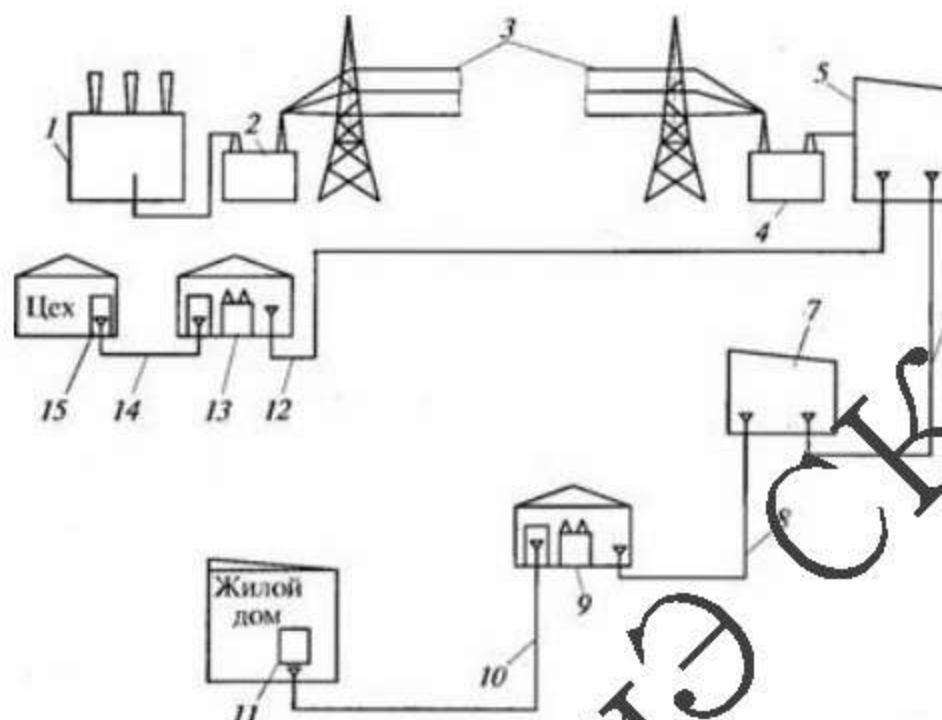
Опорной подстанцией (ОПС) называется подстанция, получающая электроэнергию от источника питания и распределяющая ее по кольцевой или магистральной сети и по подстанциям глубокого ввода. Опорные подстанции рекомендуется располагать в противоположных местах кольцевой сети. Линии связи кольцевой сети с опорными подстанциями энергосистемы во всех случаях должны сооружаться по разным трассам. В сетях 110 кВ рекомендуется присоединение к одной линии электропередачи с двусторонним питанием, как правило, не более трех подстанций при условии сохранения питания потребителей при аварийном отключении любого участка линии.

При разработке схемы электроснабжающих сетей крупных городов дополнительно к кольцевой магистральной сети напряжением 110 кВ и выше с двусторонним питанием города следует предусматривать сооружение подстанций глубокого ввода напряжением 110 кВ и выше для питания отдельных районов города, не охватываемых кольцевой сетью указанного напряжения. В зависимости от местных условий питание подстанций глубокого ввода может предусматриваться от разных секций шин одной или разных опорных подстанций, а также ответвлениями от кольцевой сети с двусторонним питанием. Подстанции глубокого ввода необходимо выполнять двухтрансформаторными с подключением по схеме блоков «линия - трансформатор».

Радиальная схема питания подстанции глубокого ввода предусматривает применения упрощенных схем первичной коммутации.

Построение электроснабжающих сетей должно обеспечивать ограничение

транзитных перетоков через городскую систему электроснабжения.



- 1 – районная электростанция; 2 – повышающий трансформатор; 3 – ВЛ напряжением 220 кВ; 4 – подстанция глубокого ввода (центр питания); 5 – распределительное устройство; 6 – питающая кабельная линия; 7 – распределительный пункт; 8 – распределительная кабельная линия; 9 – понижительная трансформаторная подстанция; 10, 14 – кабельные линии напряжением 0,4 кВ; 11 – вводно-распределительное устройство; 12 – кабельная линия напряжением 35 кВ; 13 – главная понижительная подстанция предприятия; 15 – распределительный щит на напряжение 0,4/0,23 кВ

Рисунок 2 – Структурная схема электроснабжения города

Питающие и распределительные сети 10 кВ

В качестве основного среднего напряжения питающих и распределительных городских сетей принято напряжения 10 кВ.

Питающие сети состоят из линий электропередачи от шин 10 кВ опорной подстанции (ОПС) или подстанции глубокого ввода (ПГВ или ГПП) до шин 10 кВ РП и связей между РП. Шины 10 кВ ОПС или ПГВ (ГПП) называются центрами питания (ЦП).

Назначение питающих электрических сетей – концентрированная передача мощности на РП в районы, удаленные от ЦП указанных

подстанций. РП осуществляют прием электрической энергии от ЦП и её распределение на среднем классе напряжения 10 кВ.

Целесообразность сооружения РП напряжением 10 кВ должна определяться в каждом конкретном случае технико-экономическими расчетами и при условии, что нагрузка на их шинах не менее 7 МВт. Питание РП должно осуществляться по радиальным взаимно резервируемым линиям, подключенным к разным секциям ЦП. Распределительные пункты на 10 кВ выполняются, как правило, с одной секционированной системой сборных шин. На секционном выключателе должно предусматриваться устройство автоматического ввода резерва (АВР).

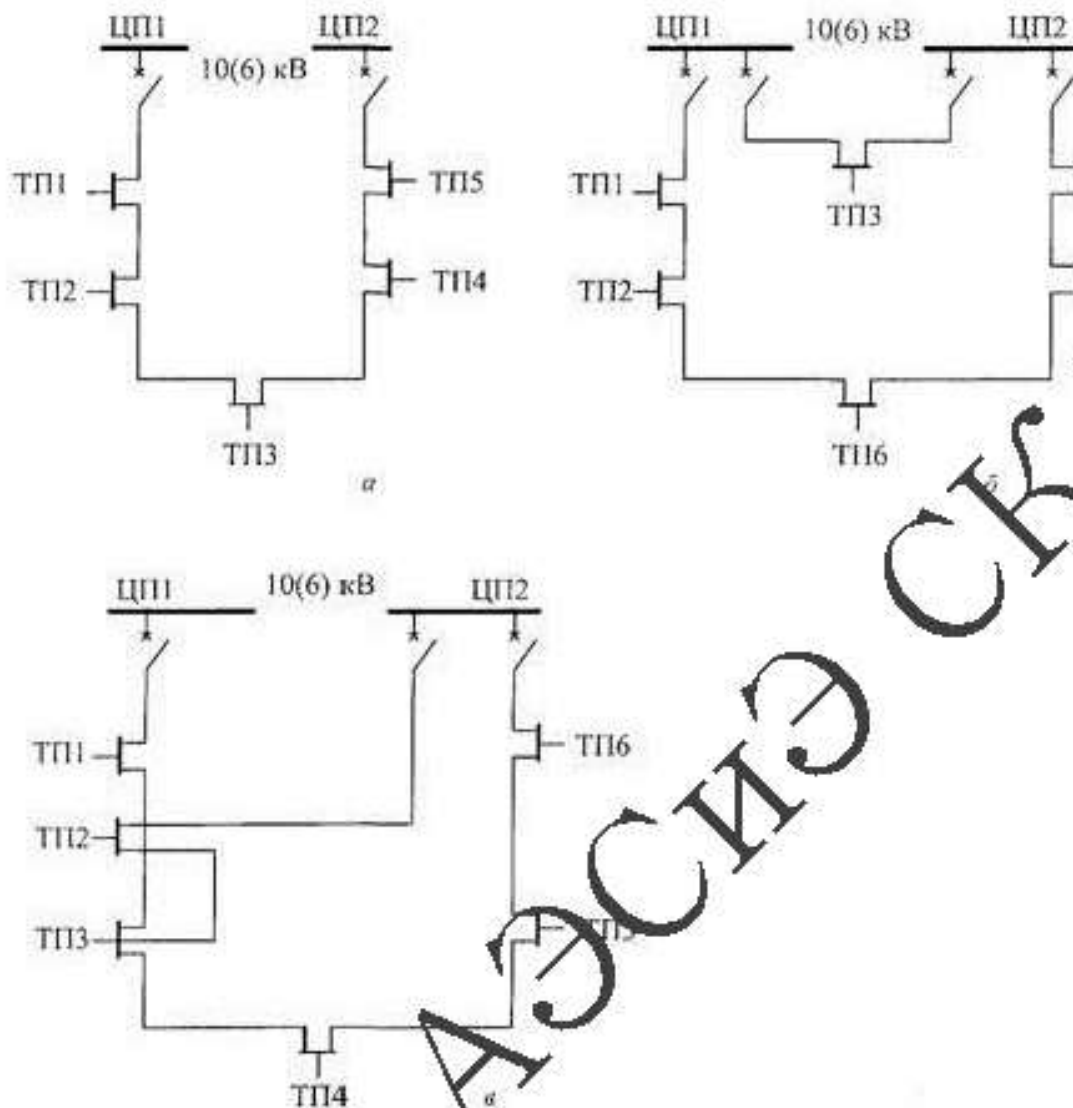
Распределительные сети – сети от шин 10 кВ РП до распределительных трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ. Распределительная сеть 10 кВ представляет собой сочетание радиальных, кольцевых и лучевых (магистральных) схем питания городских распределительных подстанций.

Для электроснабжения потребителей с электроприемниками первой категории рекомендуются следующие схемы:

- радиальные;
- двухлучевая с односторонним питанием (двойная магистраль с односторонним питанием);
- двухлучевая с двухсторонним питанием (двойная магистраль с двухсторонним питанием).

Наиболее распространенные схемы питания городских распределительных подстанций – это радиальная и двухлучевая с односторонним питанием (двойная магистраль с односторонним питанием).

Для электроснабжения потребителей с электроприемниками особой группы первой категории рекомендуются двухлучевая схема с двухсторонним питанием, при условии подключения взаимно резервирующих линий 10 кВ к разным независимым источникам питания.



а – петлевая, б – кольцевая, в – комбинированная: петлевая и однолучевая

Рисунок 3 – Схемы питания трансформаторных подстанций в городских сетях

При этом на секционном выключателе распределительного устройства 0,4 кВ двухтрансформаторных ТП должно быть предусмотрено устройство АРР.

Основным принципом построения распределительной сети 10 кВ для электроприемников второй категории является сочетание петлевых и кольцевых схем 10 кВ, обеспечивающих двухстороннее питание каждой ТП, и петлевых схем 0,4 кВ.

Для электроснабжения районов города с электроприёмниками первой и второй категорий рекомендуется применение на напряжении 10 кВ

комбинированной петлевой и двухлучевой схемы с двухсторонним питанием.

Основным принципом построения распределительной сети 10 кВ для электроприемников третьей категории является сочетание петлевых линий 10 кВ и радиальных линий 0,38 кВ к потребителям. Для электроснабжения потребителей с электроприемниками третьей категории рекомендуется применение однотрансформаторных подстанций питающихся по петлевым схемам.

Питание тяговой подстанции троллейбусов целесообразно осуществлять по радиальной двухлучевой схеме с установкой секционного выключателя с АВР на стороне ВН преобразовательной подстанции.

Распределительные сети 0,4 кВ

Распределительные сети 0,4 кВ — сети от шин 0,4 кВ распределительных трансформаторных подстанций до вводных распределительных устройств (ВРУ) или главных распределительных щитов (ГРЩ) зданий и сооружений.

На вводе в здание или сооружение должны быть установлены вводно-распределительные устройства или главные распределительные щиты.

Ввода ВРУ и ГРЩ при питании электроприемников первой и второй категорий следует осуществлять от разных трансформаторных подстанций, присоединенных к независимым источникам питания. На секционном выключателе шин 0,4 кВ двухтрансформаторных ТП и на ВРУ должно быть предусмотрено устройство АВР. На ВРУ и ГРЩ на всех вводах питающих линий должны быть установлены аппараты защиты.

Для электроприемников второй категории рекомендуются к применению петлевые схемы на 0,38 кВ в сочетании с петлевыми схемами на стороне 10 кВ. При этом линии 0,38 кВ в петлевых схемах могут присоединяться к одной или разным ТП.

Для электроприемников третьей категории рекомендуется схема

одионочной магистралн с односторонним питанием.

Распределительные сети 0,4 кВ должны выполняться с глухим заземлением нейтрали распределительных трансформаторов.

Применение устройств защитного отключения (УЗО) в электроустановках жилых и общественных зданиях позволяет обеспечить высокую степень защиты людей от поражения электрическим током при прямом и косвенном прикосновении и снизить пожарную опасность электроустановок.

Задача 1

Заключается в просмотре и обсуждении презентаций по схемам электроснабжения городов, для чего необходимо выбрать и представить на обсуждение схему электроснабжения в соответствии с номером варианта, который выдается преподавателем.

Варианты представлены в таблице 1

Таблица 1 – Варианты схем электроснабжения города

Вариант	Тип схемы и величина напряжения	Количество ТП и жилых помещений
1	Петлевая, 10 кВ	10 ТП
2	Комбинированная (радиальная и петлевая), 0,4 кВ	7 жилых домов и школа
3	Кольцевая, 10 кВ	9 ТП
4	Комбинированная (петлевая и однолучевая), 10 кВ	8 ТП
5	Двухлучевая с односторонним питанием (двойная магистраль с односторонним питанием), 10 кВ	9 ТП
6	Двухлучевая с двухсторонним питанием (двойная магистраль с двухсторонним питанием) 10 кВ	10 ТП
7	Комбинированная (радиальная и петлевая), 0,4 кВ	8 жилых домов, больница, детский сад/ясли
8	Петлевая, 0,4 кВ	10 жилых домов
9	Кольцевая, 10 кВ	7 ТП
10	Комбинированная (радиальная и петлевая), 0,4 кВ	4 жилых дома, школа и продовольственный магазин
11	Комбинированная (радиальная и петлевая), 0,4 кВ	Поликлиника, лицей и 7 жилых домов
12	Кольцевая, 10 кВ	12 ТП

Практическое занятие №3. Определение центра электрических нагрузок промышленного предприятия

Теоретическая часть

Для нахождения центра электрического питания (ЦЭН) промышленного предприятия и размещения подстанции глубокого ввода необходимо найти условный центр электрических нагрузок. Подстанцию следует располагать как можно ближе к этому центру. Это позволяет снизить расход электроэнергии, уменьшить расход проводникового материала за счет сокращения протяженности кабельных линий и приближения высокого напряжения к центру потребления электрической энергии.

Условные координаты центра электрических нагрузок определяются по выражениям:

$$x_{\text{ЦЭН}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Pi} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n P_{Pi}}, \quad y_{\text{ЦЭН}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Pi} \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n P_{Pi}}; \quad (1)$$

$$x_{\text{ЦЭН}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{Pi} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n Q_{Pi}}, \quad y_{\text{ЦЭН}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{Pi} \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n Q_{Pi}}; \quad (2)$$

По выражению (1) определяются координаты центра активных нагрузок, по (2) – реактивных. В центре активных нагрузок желательно размещать ГПП, а в центре реактивных – КУ.

Задача

По исходным данным построить оси X и Y генплана и нанести центры электрических нагрузок (ЦЭН) каждого цеха. Определить центры электрических нагрузок и нанести их на генплан. Варианты заданий представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Барометрические данные (P в кВг, X и Y в км)

ВАРИАНТ	P_1	X_1	Y_1	$\cos\phi_1$	P_2	X_2	Y_2	$\cos\phi_2$	P_3	X_3	Y_3	$\cos\phi_3$	P_4	X_4	Y_4	$\cos\phi_4$	P_5	X_5	Y_5	$\cos\phi_5$
1	25	84	0,7	0,7	40	0,5	1,4	0,75	63	1,5	1,2	0,8	100	2,4	1	0,85	160	1,5	0,5	0,9
2	160	0,5	1,5	0,7	100	0,5	1,2	0,75	63	1,6	1,3	0,8	40	2,5	1,2	0,85	25	1,6	1,7	0,9
3	100	0,5	1,5	0,85	25	1,5	1,2	0,7	40	2,6	1	0,75	64	1,6	0,7	0,8	160	0,5	0,5	0,9
4	40	0,5	1,4	0,75	63	1,4	1,5	0,8	100	2,7	1,2	0,85	160	1,8	0,8	0,9	25	0,6	0,7	0,7
5	63	0,4	0,9	0,8	100	1,2	1,6	0,85	160	2,6	1,3	0,9	25	1,8	0,6	0,7	40	0,7	0,9	0,75
6	250	0,7	1	0,9	100	1,5	1,8	0,8	400	1,6	0,8	0,9	630	1,9	2	0,85	1000	0,5	2	0,83
7	100	0,5	0,5	0,8	400	0,6	1,6	0,9	630	1,5	0,5	0,85	1000	1,7	1,2	0,83	250	2,6	1	0,72
8	400	0,4	0,6	0,9	630	0,6	1,5	0,85	1000	1,5	0,6	0,83	250	1,8	1,3	0,72	100	2,5	1,2	0,8
9	630	0,6	0,7	0,85	1000	0,6	1,2	0,83	250	1,6	0,7	0,72	100	1,8	1,4	0,8	400	2,4	1,5	0,9
10	1000	0,7	0,8	0,83	250	0,7	1,4	0,72	100	1,6	0,6	0,8	630	1,7	1,5	0,9	400	2,5	1,4	0,85
11	160	0,6	0,5	0,85	100	0,6	1,2	0,7	25	1,5	0,4	0,75	40	1,5	1,2	0,8	63	2,6	0,6	0,9
12	100	0,5	0,6	0,7	63	0,5	0,4	0,7	25	1,3	0,5	0,75	40	1,3	1,4	0,8	160	2,7	0,8	0,85
13	63	0,4	0,5	0,9	40	0,4	1,5	0,8	25	0,4	0,6	0,75	160	1,4	1,3	0,85	100	2,5	1	0,7
14	40	0,5	0,4	0,8	25	0,5	1,6	0,7	160	1,2	0,7	0,85	100	1,2	1,5	0,7	63	2,4	1,2	0,9
15	25	0,4	0,6	0,75	160	0,4	1,5	0,85	160	1,6	0,5	0,7	63	1,6	1,6	0,9	40	2,5	1,5	0,8
16	1000	0,6	0,3	0,7	630	0,5	1,5	0,75	400	1,5	1,2	0,8	100	1,4	0,4	0,85	250	2,5	0,5	0,9
17	630	0,5	0,4	0,7	400	0,5	1,5	0,75	100	1,5	1,3	0,8	250	1,4	0,5	0,85	160	2,5	0,8	0,9
18	400	0,4	0,5	0,75	100	0,5	1,5	0,8	250	1,5	1,4	0,85	160	1,4	0,6	0,9	1000	2,5	1	0,7
19	100	0,7	0,4	0,8	250	0,5	1,5	0,85	160	1,5	1,2	0,9	1000	1,4	0,5	0,7	630	2,5	1,2	0,75
20	250	0,5	0,6	0,85	160	0,5	1,6	0,9	1000	1,5	1,2	0,7	630	1,4	0,4	0,75	400	2,5	1,6	0,8
21	630	0,7	0,7	0,7	1000	0,5	1,6	0,8	400	1,4	1,2	0,9	250	1,2	0,4	0,75	160	2,7	0,4	0,85
22	400	0,6	0,6	0,7	1000	0,5	1,5	0,8	250	1,4	1,3	0,9	160	1,2	0,5	0,75	630	2,7	0,6	0,85
23	100	0,3	0,3	0,7	1000	0,5	1,4	0,9	630	1,4	1,4	0,8	250	1,2	0,6	0,85	160	2,7	0,8	0,75
24	250	0,4	0,4	0,8	1000	0,5	1,5	0,7	160	1,4	1,5	0,85	400	1,2	0,7	0,75	630	2,7	1	0,85
25	160	0,5	0,5	0,75	1000	0,5	1,2	0,8	630	1,4	1,6	0,85	100	1,2	0,5	0,9	250	2,7	1,2	0,7
26	100	0,3	0,3	0,6	630	0,4	1	0,8	400	1,2	1,4	0,85	25	1,6	0,4	0,7	1000	2,8	0,6	0,9
27	250	0,4	0,4	0,8	630	0,4	1,1	0,8	400	1,2	1,2	0,7	40	1,6	0,5	0,6	1000	2,8	0,8	0,85
28	25	0,3	0,3	0,6	400	0,4	1,2	0,7	630	1,2	1,6	0,8	63	1,6	0,3	0,75	1000	2,8	1	0,9
29	40	0,4	0,4	0,7	400	0,4	1,3	0,8	630	1,2	1,7	0,9	63	1,6	0,5	0,6	1000	2,8	1,2	0,85
30	63	0,5	0,4	0,7	1000	0,4	1,5	0,8	220	1,2	1,8	0,7	40	1,7	0,5	0,75	630	2,8	1,6	0,9
31	400	0,6	0,4	0,9	630	1,5	0,6	0,85	1000	0,6	1,5	0,83	250	1,3	1,8	0,72	100	1,2	2,5	0,8
32	100	1,5	0,5	0,85	25	1,2	1,5	0,7	40	1	2,6	0,75	64	0,7	1,6	0,8	160	0,5	0,5	0,9
33	400	0,5	0,4	0,75	100	1,5	0,5	0,8	250	1,4	1,5	0,85	160	0,7	1,4	0,9	1000	1	2,5	0,7
34	100	0,6	0,5	0,7	63	0,4	0,5	0,9	25	0,5	1,3	0,75	40	1,4	1,3	0,8	160	0,8	2,7	0,85
35	100	0,3	0,3	0,7	1000	1,4	0,5	0,9	630	1,4	1,4	0,8	250	0,6	1,2	0,85	160	0,8	2,7	0,75
36	25	0,3	0,3	0,6	400	1,2	0,4	0,7	630	1,6	1,2	0,8	63	0,3	1,6	0,7	1000	1	2,8	0,9
37	63	0,9	0,4	0,8	100	1,6	1,2	0,85	160	1,3	2,6	0,9	25	0,6	1,8	0,7	40	0,9	0,7	0,75
38	25	0,6	0,4	0,75	160	1,5	0,4	0,85	100	0,5	1,6	0,7	63	1,6	1,6	0,9	40	1,5	2,5	0,8
39	100	0,3	0,3	0,6	630	1	0,4	0,8	400	1,4	1,2	0,85	25	0,4	1,6	0,7	1000	0,6	2,8	0,9
40	250	0,6	0,5	0,85	160	1,6	0,5	0,9	1000	1,2	1,5	0,7	630	0,4	1,4	0,75	100	1,6	2,5	0,8

Практическое занятие №4. Картограмма электрических нагрузок промышленного предприятия

Теоретическая часть

Картограммой называют план, на котором изображена средняя интенсивность распределения нагрузок приемников электроэнергии. Для ее построения на плане указывают в соответствующем масштабе электрическую нагрузку в виде кругов, площадь которых равна нагрузке цеха.

$$P_i = m \cdot \pi \cdot r_i^2, \quad (8.1)$$

где $m = \text{const}$, кВт/см², r_i – радиус круга в выбранном масштабе, см.

В качестве центра круга выбирают центр электрической нагрузки (ЦЭН) приемника, а радиус для каждого определяют как

$$r_i = \sqrt{\frac{P_i}{m \cdot \pi}}, \quad (8.2)$$

Сектор осветительной нагрузки определяется по формуле:

$$\alpha_0 = 360 \cdot \frac{P_{\text{ОСВ}}}{P_{\text{Р}} + P_{\text{ОСВ}}}, \quad (8.3)$$

Найдем вначале координаты центров электрических нагрузок цехов. Границы предприятия совпадают с осями X и Y . Центры электрических нагрузок цехов находятся в их центре.

Для определения ЦЭН воспользуемся методикой определения центра тяжести однородных, плоских фигур сложной формы. Учитывать третью координату Z не имеет смысла, так как потребители электрической энергии размещены примерно на одном уровне.

Задача

По данным рисунков 1-14 и таблицы 1 построить картограмму электрических нагрузок промышленного предприятия. Расчет вести в таблице, формат которой представлен в таблице 2.

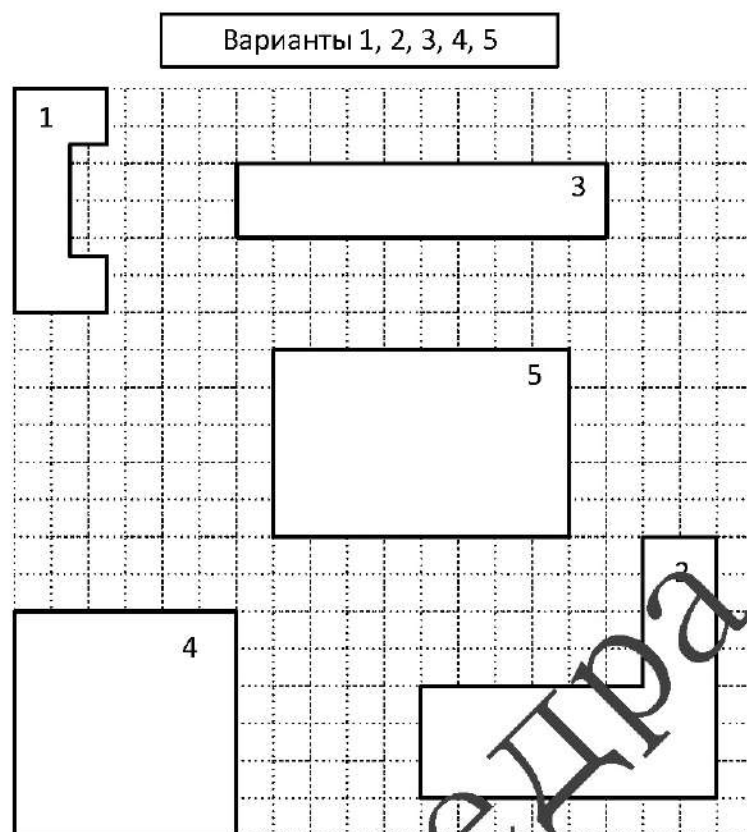


Рисунок 1 – Варианты заданий

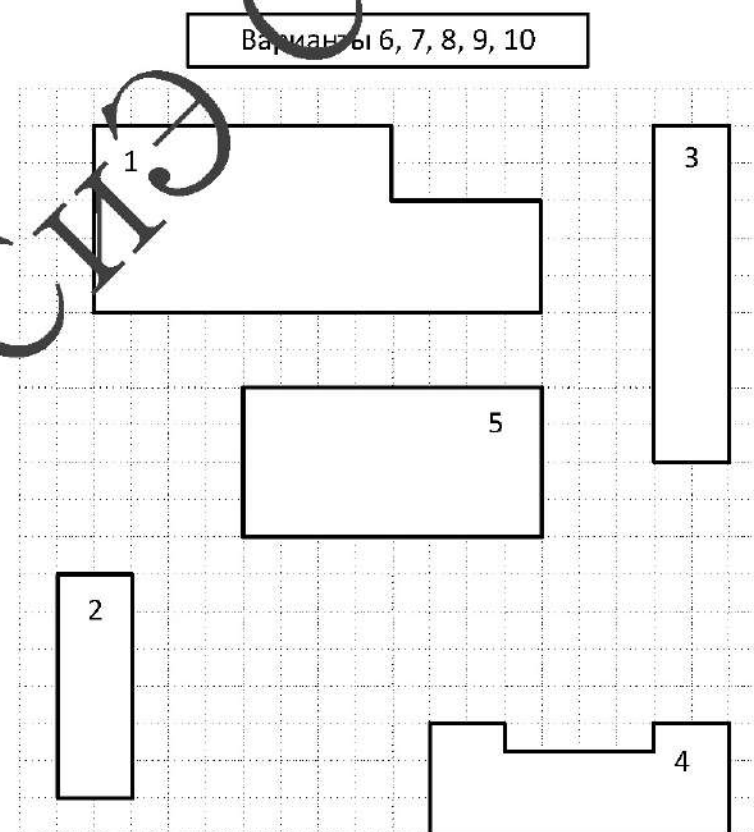


Рисунок 2 – Варианты заданий

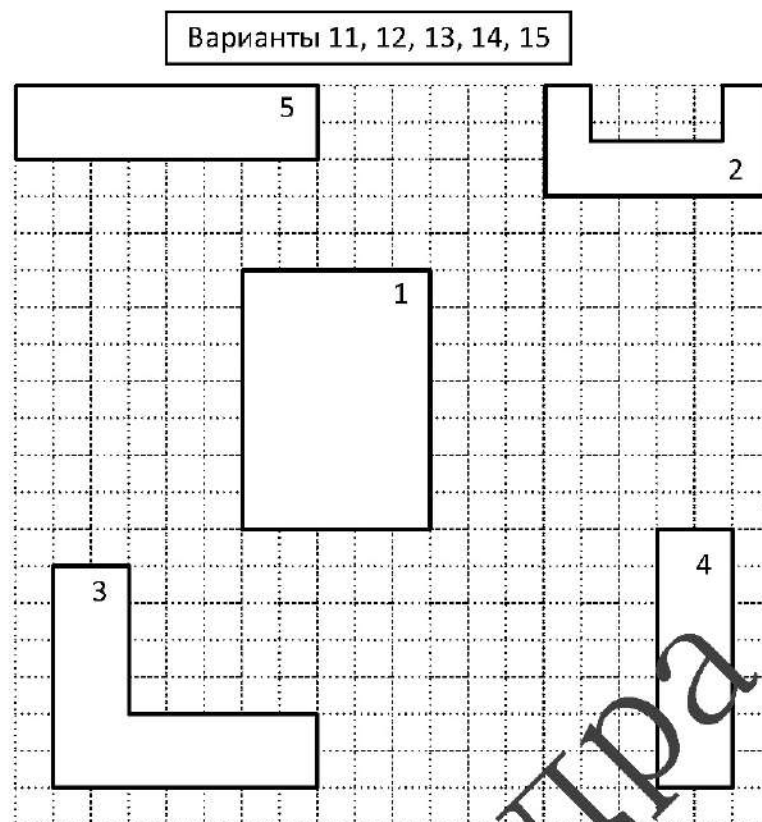


Рисунок 3 – Варианты заданий

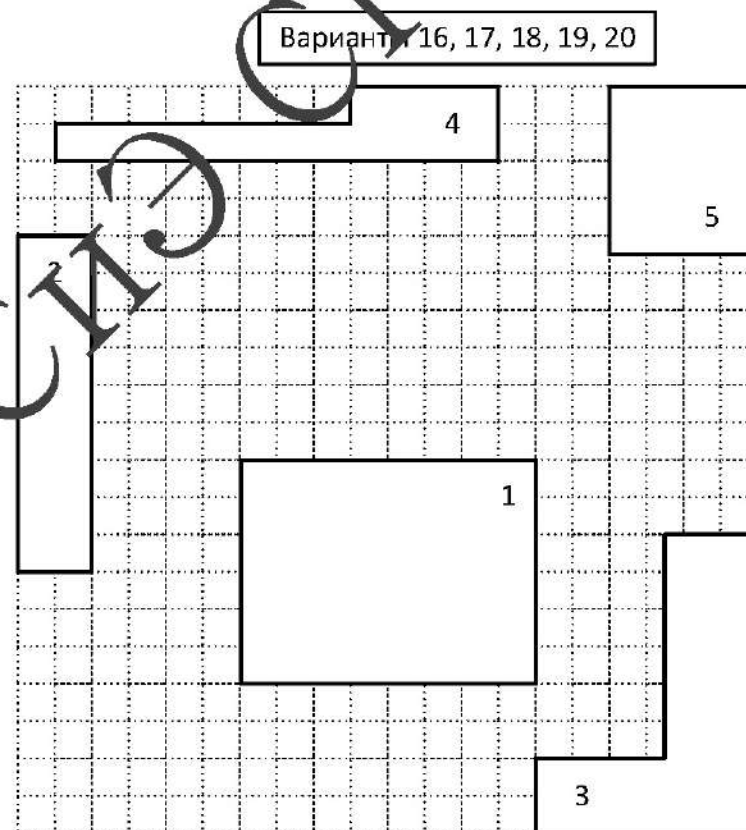


Рисунок 4 – Варианты заданий

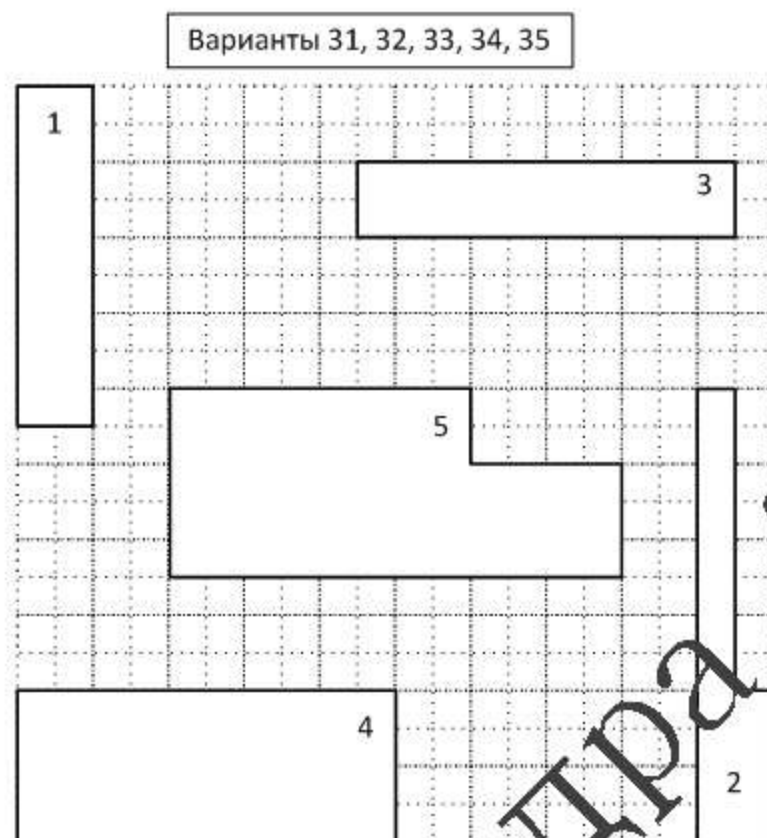


Рисунок 5 – Варианты заданий

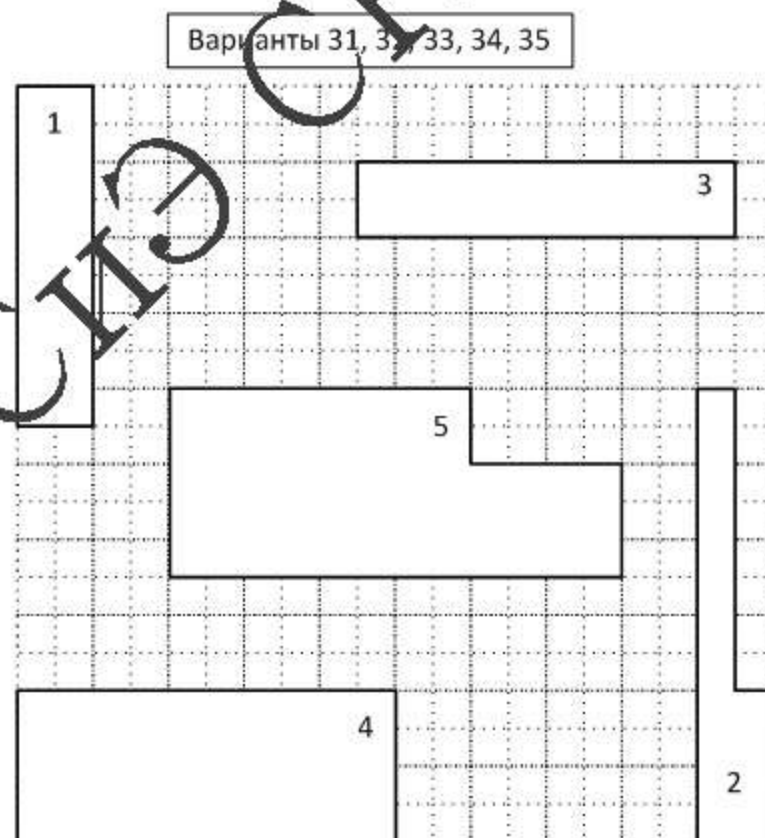


Рисунок 6 – Варианты заданий

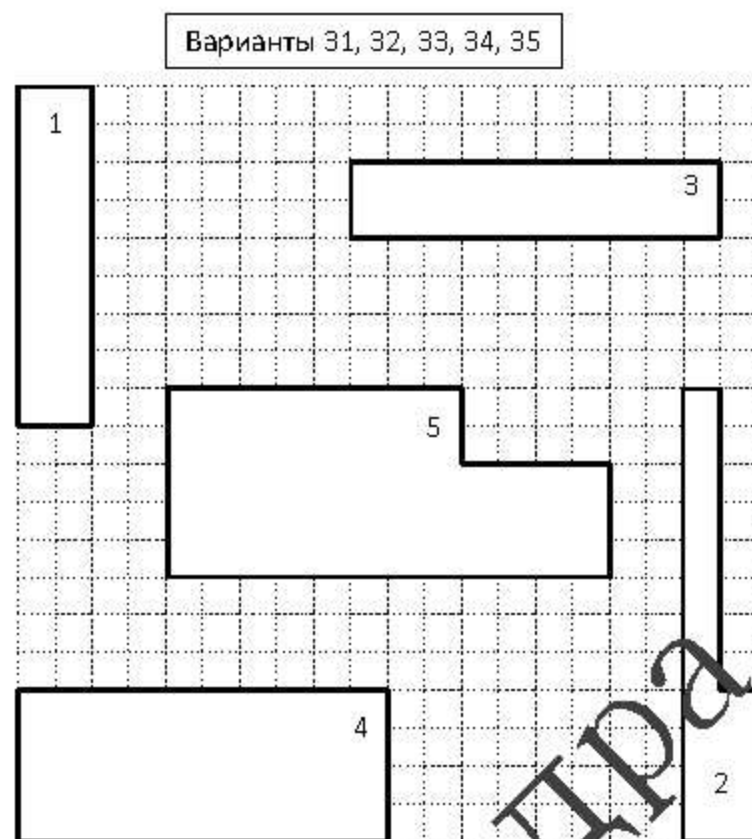


Рисунок 7 – Варианты заданий

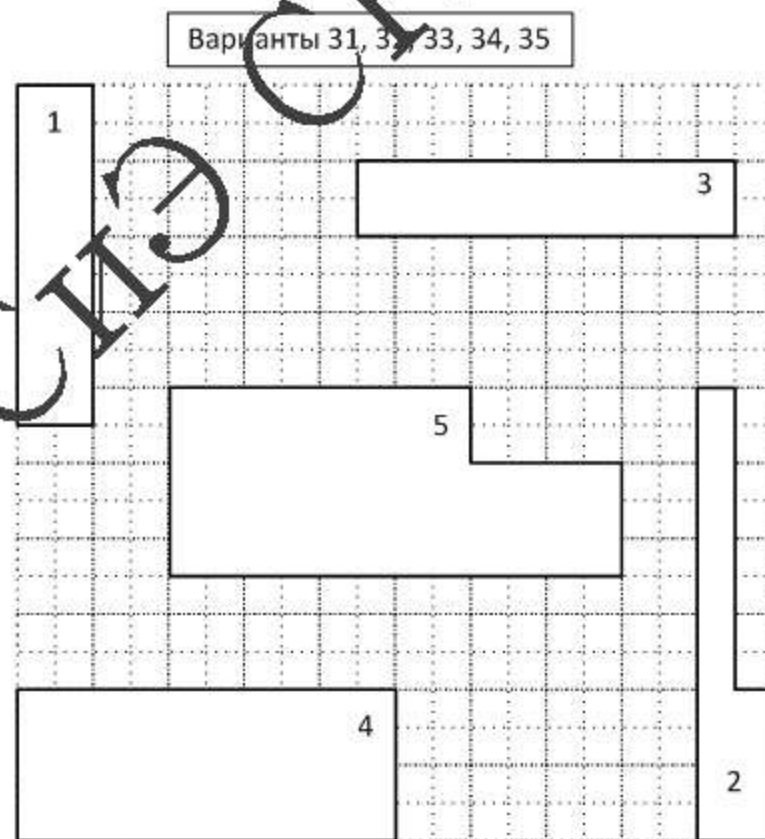


Рисунок 8 – Варианты заданий

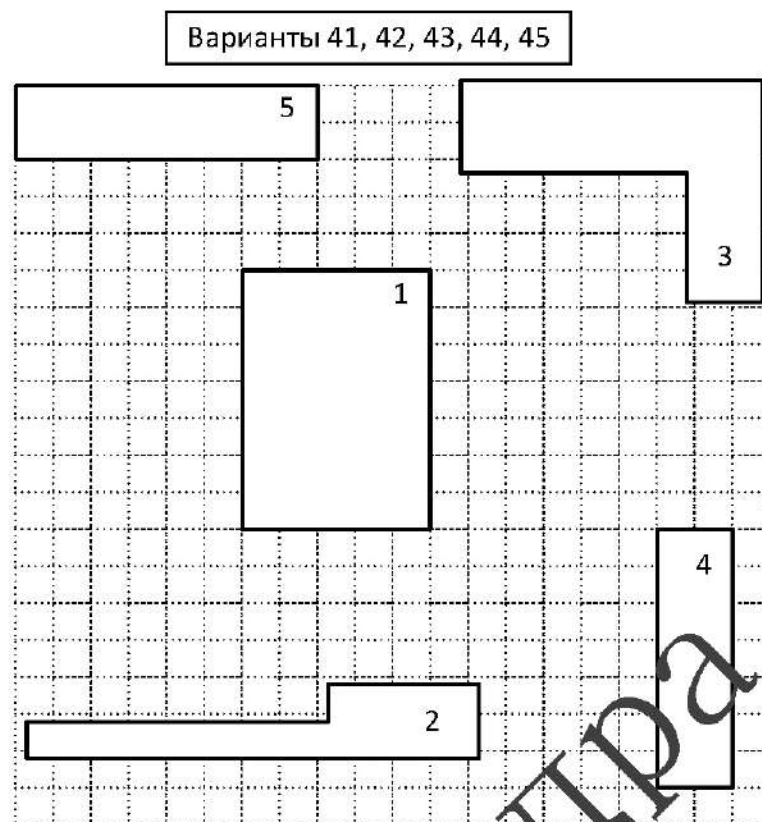


Рисунок 9 – Варианты заданий

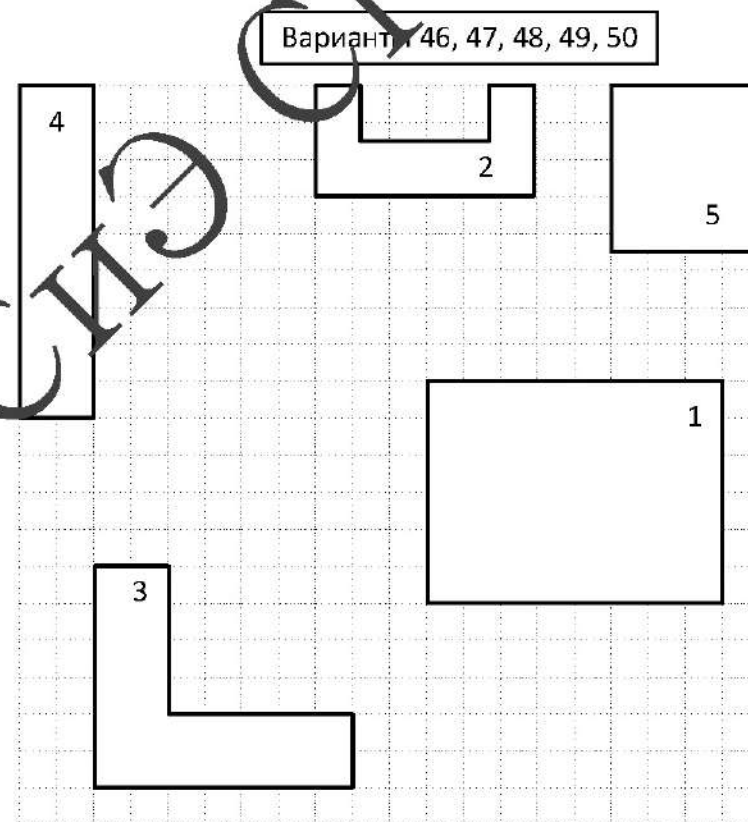


Рисунок 10 – Варианты заданий

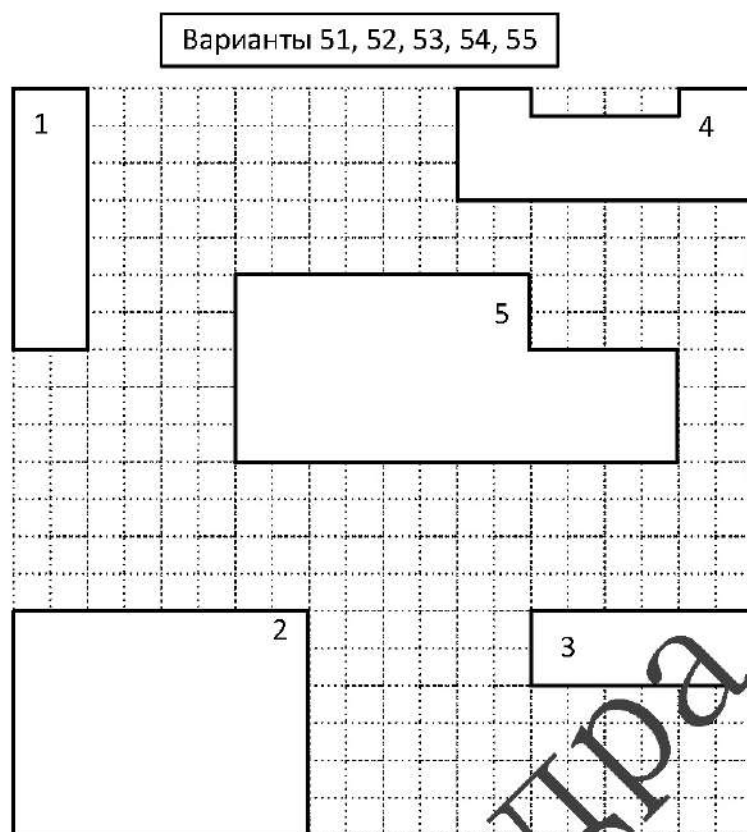


Рисунок 11 – Варианты заданий

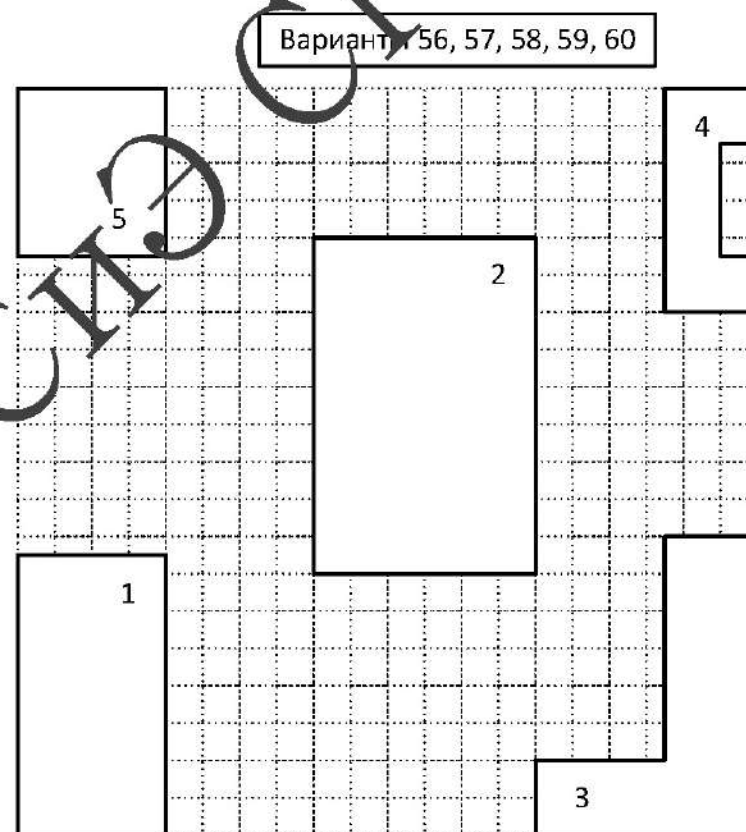


Рисунок 12 – Варианты заданий

Варианты 61, 62, 63, 64, 65

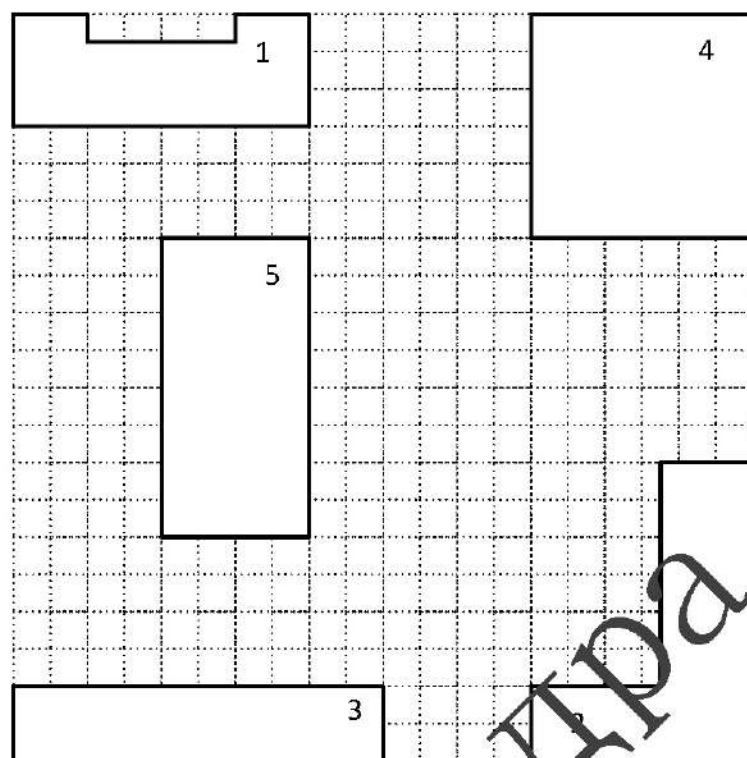


Рисунок 13 – Варианты заданий

Варианты 66, 67, 68, 69, 70

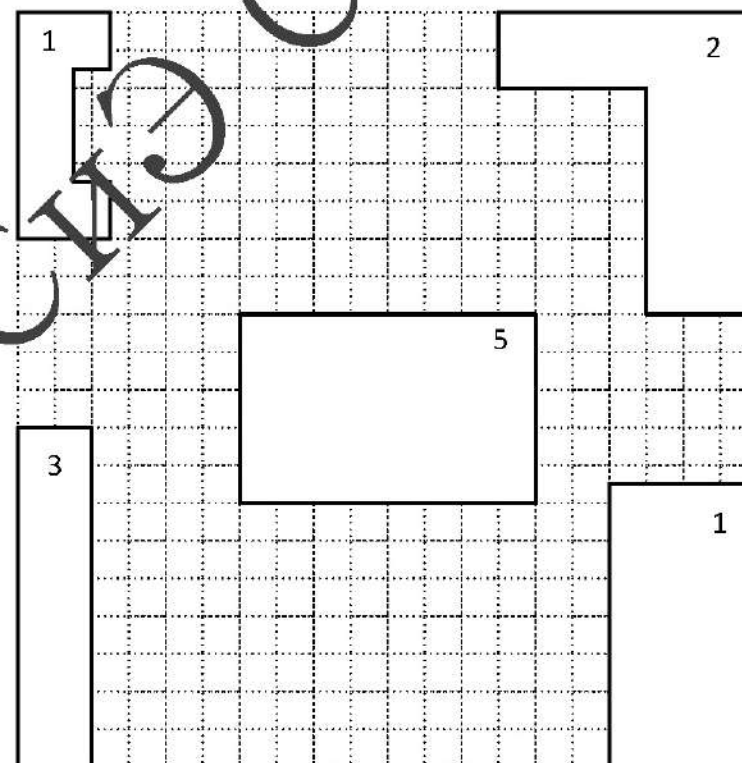


Рисунок 14 – Варианты заданий

Таблица 1 – Варианты заданий

№ варианта	Масштаб	ЦЕХ									
		1		2		3		4		5	
		Рс, кВт	Ро, кВт	Рс, кВт	Ро, кВт	Рс, кВт	Ро, кВт	Рс, кВт	Ро, кВт	Рс, кВт	Ро, кВт
1	1:10000	3000	1200	800	480	1250	250	1800	900	2500	1000
2	1:9000	2750	1100	850	510	1200	240	1850	925	2400	960
3	1:8000	2500	1000	900	540	1150	230	1900	950	2300	920
4	1:7000	2250	900	950	570	1100	220	1950	975	2200	880
5	1:6000	2000	800	1000	600	1050	210	2000	1000	2100	840
6	1:6000	2150	860	1050	630	1150	230	1900	950	2150	860
7	1:7000	2300	920	1100	660	1250	250	1800	900	2200	880
8	1:8000	2450	980	1150	690	1350	270	1700	850	2250	900
9	1:9000	2600	1040	1200	720	1450	290	1600	800	2300	920
10	1:10000	2750	1100	1250	750	1550	310	1500	750	2350	940
11	1:10000	3000	1200	800	480	2500	1000	2500	1000	1150	230
12	1:9000	2750	1100	850	510	2400	960	2400	960	1250	250
13	1:8000	2500	1000	900	540	2300	920	2300	920	1350	270
14	1:7000	2250	900	950	570	2200	880	2200	880	1450	290
15	1:6000	2000	800	1000	600	2100	840	2100	840	1550	310
16	1:6000	2150	860	1050	630	2150	860	2150	860	1900	950
17	1:7000	2300	920	1100	660	2200	880	2200	880	1800	900
18	1:8000	2450	980	1150	690	2250	900	2250	900	1700	850
19	1:9000	2600	1040	1200	720	2300	920	2300	920	1600	800
20	1:10000	2750	1100	1250	750	2350	940	2350	940	1500	750
21	1:10000	1250	250	1800	900	2500	1000	3000	1200	800	480
22	1:9000	1200	240	1850	925	2650	1060	2750	1100	850	510
23	1:8000	1150	230	1900	950	2800	1120	2500	1000	900	540
24	1:7000	1100	220	1950	975	2950	1180	2250	900	950	570
25	1:6000	1050	210	2000	1000	3100	1240	2000	800	1000	600
26	1:6000	3000	450	800	280	1250	312,5	1800	720	2500	750
27	1:7000	2850	427,5	840	294	1220	305	1900	760	2450	735
28	1:8000	2700	405	880	308	1190	297,5	2000	800	2400	720
29	1:9000	2550	382,5	920	322	1160	290	2100	840	2350	705
30	1:10000	2400	360	960	336	1130	282,5	2200	880	2300	690
31	1:10000	2250	337,5	1000	350	1100	275	2300	920	2250	675
32	1:9000	2100	315	1040	364	1070	267,5	2400	960	2200	660
33	1:8000	1950	292,5	1080	378	1040	260	2500	1000	2150	645
34	1:7000	1980	297	1120	392	1010	252,5	2460	984	2100	630
35	1:6000	2010	301,5	1160	406	1060	265	2420	968	2050	615
36	1:6000	2040	306	1200	420	1110	277,5	2380	952	2000	600
37	1:7000	2070	310,5	1170	409,5	1160	290	2340	936	1950	585
38	1:8000	2100	315	1140	399	1210	302,5	2300	920	1980	594
39	1:9000	2130	319,5	1110	388,5	1260	315	2260	904	2010	603

40	1:10000	2160	324	1080	378	1310	327,5	2220	888	2040	612
41	1:10000	2190	547,5	1050	420	1360	408	2180	327	2070	724,5
42	1:9000	2220	555	1020	408	1410	423	2140	321	2100	735
43	1:8000	2250	562,5	990	396	1460	438	2100	315	2130	745,5
44	1:7000	2280	570	960	384	1510	453	2060	309	2160	756
45	1:6000	2310	577,5	930	372	1470	441	2020	303	2190	766,5
46	1:6000	2340	585	900	360	1430	429	1980	297	2220	777
47	1:7000	2370	592,5	870	348	1390	417	1940	291	2250	787,5
48	1:8000	2400	600	840	336	1350	405	1900	285	2280	798
49	1:9000	2430	607,5	810	324	1310	393	1860	279	2310	808,5
50	1:10000	2460	615	830	332	1270	381	1820	273	2340	819
51	1:10000	2490	747	850	127,5	1230	430,5	1780	717	2370	592,5
52	1:9000	2520	756	870	130,5	1190	416,5	1810	724	2400	600
53	1:8000	2550	765	890	133,5	1150	402,5	1840	736	2430	607,5
54	1:7000	2580	774	910	136,5	1110	388,5	1870	748	2460	615
55	1:6000	2610	783	930	139,5	1070	374,5	1900	760	2490	622,5
56	1:6000	2640	792	950	142,5	1030	360,5	1930	772	2450	612,5
57	1:7000	2670	801	970	145,5	1090	381,5	1960	784	2410	602,5
58	1:8000	2700	810	990	148,5	1150	402,5	1990	796	2370	592,5
59	1:9000	2730	819	1010	151,5	1210	423,5	2020	808	2330	582,5
60	1:10000	2760	828	1030	154,5	1270	444,5	2050	820	2290	572,5
61	1:10000	2790	837	1050	157,5	1330	465,5	2080	832	2250	562,5
62	1:9000	2820	846	1070	160,5	1390	486,5	2110	844	2210	552,5
63	1:8000	2850	855	1090	163,5	1345	470,75	2140	856	2170	542,5
64	1:7000	2880	864	1110	166,5	1300	455	2170	868	2130	532,5
65	1:6000	2910	873	1130	169,5	1255	439,25	2200	880	2090	522,5
66	1:6000	2940	882	1150	172,5	1210	423,5	2230	892	2050	512,5
67	1:7000	2970	891	1170	175,5	1165	407,75	2260	904	2010	502,5
68	1:8000	3000	900	1190	178,5	1120	392	2290	916	1970	492,5
69	1:9000	3030	909	1210	181,5	1075	376,25	2320	928	1930	482,5
70	1:10000	3060	918	1230	184,5	1030	360,5	2350	940	1890	472,5

Таблица 2 – Шаблон таблицы для выполнения расчетов

№ по плану	P_O , кВт	P_P+P_O , кВт	r , см	α_O , град	x , м	y , м
2						
...						

Практическое занятие №5. Расчет электрических нагрузок по удельным расходам электроэнергии

Теоретическая часть

В соответствии с «Указаниями по расчету электрических нагрузок систем электроснабжения» (РТМ 36.18.32.-4-92) расчетную нагрузку трехфазных потребителей можно определить по удельным расходам электроэнергии и плотностям нагрузки

а) если известны удельные расходы электроэнергии на единицу продукции в натуральном выражении $\varepsilon_{уд}$ и выпускаемая за год продукция M :

$$P_p = \frac{\varepsilon_{уд} \cdot M}{T_{\text{макс}}} \quad (3.1)$$

где $T_{\text{макс}}$ – годовое число часов использования максимума активной мощности; значения $\varepsilon_{уд}$ по отдельным видам продукции приводятся в справочниках;

б) если известны удельные плотности максимальной нагрузки $p_{уд}$ на квадратный метр площади цеха $F_{ц}$:

$$P_p = p_{уд} \cdot F_{ц} \quad (3.2)$$

Этот метод применим при равномерном распределении нагрузки по площади цеха: для силовых нагрузок $p_{удс} \leq 0,3 \text{ кВт/м}^2$; для осветительных нагрузок $p_{удо} \leq 8...25 \text{ Вт/м}^2$.

Задача

Рассчитать электрические нагрузки по удельным расходам электроэнергии. Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Варианты заданий

№ варианта	Удельный расход на единицу продукции, кВт.ч/шт.	Выпускаемая в год продукция, шт.	T _{макс} , ч
1	0,2	1500000	4500
2	0,21	1505000	4510
3	0,22	1510000	4520
4	0,23	1515000	4530
5	0,24	1520000	4540
6	0,25	1525000	4550
7	0,26	1530000	4560
8	0,27	1535000	4570
9	0,28	1540000	4580
10	0,29	1545000	4590
11	0,3	1550000	4600
12	0,31	1555000	4615
13	0,32	1560000	4630
14	0,33	1565000	4645
15	0,34	1570000	4660
16	0,35	1575000	4675
17	0,36	1580000	4690
18	0,37	1585000	4705
19	0,38	1590000	4720
20	0,39	1595000	4735
21	0,4	1600000	4750
22	0,41	1605000	4765
23	0,44	1610000	4780
24	0,47	1615000	4790
25	0,5	1611000	4800
26	0,48	1607000	4810
27	0,46	1603000	4820
28	0,44	1599000	4830
29	0,42	1595000	4840
30	0,4	1591000	4850
31	0,38	1587000	4860
32	0,36	1583000	4870
33	0,34	1579000	4880
34	0,32	1575000	4890
35	0,3	1571000	4900
36	0,28	1567000	4910
37	0,26	1563000	4920
38	0,24	1559000	4930
39	0,22	1555000	4940
40	0,2	1551000	4950
41	0,18	1547000	4960
42	0,205	1559000	4970
43	0,23	1571000	4980
44	0,255	1583000	4990
45	0,28	1595000	5000
46	0,305	1607000	5010
47	0,33	1619000	5020
48	0,355	1631000	5030
49	0,38	1643000	5040
50	0,405	1655000	5050
51	0,43	1667000	5020

52	0,455	1679000	4990
53	0,44	1691000	4960
54	0,425	1703000	4930
55	0,41	1697000	4900
56	0,395	1691000	4870
57	0,38	1685000	4840
58	0,365	1679000	4810
59	0,35	1673000	4780
60	0,335	1667000	4750
61	0,32	1661000	4720
62	0,305	1655000	4690
63	0,29	1649000	4660
64	0,275	1643000	4630
65	0,26	1637000	4600
66	0,245	1631000	4570
67	0,23	1625000	4540
68	0,215	1619000	4510
69	0,2	1613000	4480
70	0,185	1607000	4450

Кафедра АЭСИЭ

Практическое занятие №6. Расчет электрических нагрузок по удельным плотностям нагрузки

Теоретическая часть

Приведена в теоретической части практического занятия №5.

Задача

Рассчитать электрические нагрузки по удельным плотностям нагрузки. Исходные данные приведены в таблицах 1 – 2.

Таблица 1 – Ориентировочные удельные плотности нагрузок на 1м² полезной площади производственных зданий

Цех. корпус, завод	Плотность нагрузки, Вт/м ²	
	силовой	осветительной - при лампах накаливания
Цехи:		
литейные и плавильные	230-370	12-19
термообрубные и скрапоразделочные	260-280	12-19
механические и сборочные	300-580	11-16
механосборочные	280-390	12-19
электросварочные и термические	300-600	13-15
металлоконструкций	350-390	11-13
инструментальные	330-560	15-16
деревообрабатывающие и модельные	75-140	14-17
блоки вспомогательных цехов	260-300	17-18
Инженерные корпуса	270-330	16-20
Центральные заводские лаборатории	130-290	20-27
Заводы:		
горно-шахтного оборудования	400-420	10-13
бурового оборудования и гидрооборудования	260-330	14-15
краностроения	330-350	10-11
насосно-аппаратурные	220-270	17-18

Таблица 2 – Варианты заданий

№ варианта	Площадь цеха, м ²												
	Чугунно-литейный цех	Кузнечный цех	Термический цех	Механосборочный цех	Дизельный цех	Инструментальный цех	Ремонтный цех	Ремонтно-строительный цех	Котельная	Ремонтно-литейная	Компрессорная	Гараж	Лаборатория
1	28800	29250	7875	12375	18788	5400	8100	5175	270	2250	7200	2025	13500
2	28512	28958	8033	12623	18600	5508	8262	5279	275	2295	7344	2066	13700
3	28227	28668	8193	12875	18414	5618	8427	5384	281	2341	7491	2107	14043
4	27945	28381	8357	13132	18229	5731	8596	5492	287	2388	7641	2149	14326
5	27665	28097	8524	13395	18047	5845	8768	5602	292	2435	7791	2192	14613
6	27389	27816	8695	13663	17867	5962	8943	5714	298	2484	7949	2236	14905
7	27115	27538	8869	13936	17688	6081	9122	5828	304	2534	8108	2280	15203
8	26843	27263	9046	14215	17511	6203	9304	5944	310	2585	8271	2326	15507
9	26575	26990	9227	14499	17336	6327	9490	6063	316	2636	8436	2373	15817
10	26309	26720	9411	14789	17163	6453	9680	6185	323	2689	8605	2420	16134
11	26046	26453	9600	15085	16991	6583	9874	6308	329	2743	8777	2468	16456
12	25786	26189	9792	15387	16821	6714	10071	6434	336	2798	8952	2518	16786
13	25528	25927	9987	15694	16653	6849	10273	6563	342	2854	9131	2568	17121
14	25273	25667	10187	16008	16486	6985	10478	6694	349	2911	9314	2620	17464
15	25020	25411	10391	16329	16322	7125	10688	6828	356	2969	9500	2672	17813
16	24770	25157	10599	16655	16158	7268	10902	6965	363	3028	9690	2725	18169
17	24522	24905	10811	16988	15997	7413	11120	7104	371	3089	9884	2780	18533
18	24277	24656	11027	17328	15837	7561	11342	7246	378	3151	10082	2835	18903
19	24034	24410	11247	17675	15678	7713	11569	7391	386	3214	10283	2892	19281
20	23794	24165	11472	18028	15522	7861	11800	7539	393	3278	10489	2950	19667
21	23556	23924	11702	18380	15366	8024	12036	7690	401	3343	10699	3009	20060
22	23320	23685	11936	18756	15213	8185	12277	7844	409	3410	10913	3069	20461
23	23087	23448	12175	19131	15061	8348	12522	8000	417	3478	11131	3131	20871
24	23549	23917	12053	18940	15362	8265	12397	7920	413	3444	11020	3099	20662
25	24020	24395	11932	18751	15669	8182	12273	7841	409	3409	10910	3068	20455
26	24500	24883	11813	18563	15982	8100	12151	7763	405	3375	10800	3038	20251
27	24990	25381	11695	18378	16302	8019	12029	7685	401	3341	10692	3007	20048
28	25490	25885	11578	18194	16628	7939	11909	7608	397	3308	10586	2977	19848
29	26000	26406	11462	18012	16961	7860	11790	7532	393	3275	10480	2947	19649
30	26520	26934	11348	17832	17300	7781	11672	7457	389	3242	10375	2918	19453
31	27050	27473	11234	17653	17646	7703	11555	7382	385	3210	10271	2889	19258
32	27591	28022	11122	17477	17999	7626	11439	7309	381	3178	10168	2860	19066
33	28143	28583	11010	17302	18359	7550	11325	7235	378	3146	10067	2831	18875
34	28706	29154	10900	17129	18726	7475	11212	7163	374	3114	9966	2803	18686
35	29280	29737	10791	16958	19101	7400	11100	7091	370	3083	9866	2775	18499
36	29865	30332	10683	16788	19483	7326	10989	7021	366	3052	9768	2747	18315
37	30463	30939	10577	16620	19872	7253	10879	6950	363	3022	9670	2720	18131
38	31072	31558	10471	16454	20270	7180	10770	6881	359	2992	9573	2693	17950
39	31693	32189	10366	16290	20675	7108	10662	6812	355	2962	9478	2666	17771
40	32327	32832	10262	16127	21089	7037	10556	6744	352	2932	9383	2639	17593
41	32004	32504	10159	15966	20878	6967	10450	6677	348	2903	9289	2613	17417
42	31364	31854	9956	15647	20460	6828	10241	6543	341	2845	9103	2561	17069
43	30423	30898	9657	15178	19846	6623	9934	6347	331	2760	8830	2484	16557
44	29206	29662	9271	14571	19052	6358	9537	6093	318	2650	8477	2385	15895
45	27746	28179	8807	13842	18099	6040	9060	5788	302	2518	8053	2266	15100
46	26081	26488	8279	13011	17013	5678	8516	5441	284	2367	7570	2130	14194
47	24255	24634	7699	12100	15822	5281	7920	5060	264	2201	7040	1981	13200
48	22315	22663	7083	11132	14556	4859	7286	4655	243	2025	6477	1823	12144
49	20307	20623	6446	10130	13246	4422	6630	4236	221	1843	5894	1659	11051

50	18276	18561	5801	9117	11921	3980	5967	3812	199	1659	5305	1493	9946
51	16266	16519	5163	8114	10610	3542	5311	3393	177	1477	4721	1329	8852
52	16193	16445	5140	8077	10562	3526	5287	3378	176	1470	4700	1323	8812
53	16047	16297	5094	8004	10467	3494	5239	3348	174	1457	4658	1311	8733
54	15830	16077	5025	7896	10326	3447	5168	3303	172	1437	4595	1293	8615
55	15545	15788	4935	7754	10140	3385	5075	3244	169	1411	4512	1270	8460
56	15195	15433	4824	7580	9912	3309	4961	3171	165	1379	4410	1241	8270
57	14785	15016	4694	7375	9644	3220	4827	3085	161	1342	4291	1207	8047
58	14319	14543	4546	7143	9340	3119	4675	2988	156	1300	4156	1169	7794
59	13804	14019	4382	6886	9004	3007	4507	2880	150	1253	4006	1127	7513
60	13245	13451	4205	6607	8639	2885	4324	2763	144	1202	3844	1081	7209
61	12649	12846	4016	6310	8250	2755	4129	2639	138	1148	3671	1032	6885
62	12023	12210	3817	5998	7842	2619	3925	2508	131	1091	3489	981	6544
63	11374	11551	3611	5674	7419	2478	3713	2373	124	1032	3301	928	6191
64	10709	10875	3400	5342	6985	2333	3496	2234	117	972	3108	874	5829
65	10034	10190	3186	5005	6545	2186	3276	2093	110	911	2912	819	5462
66	9357	9502	2971	4667	6103	2038	3055	1952	103	850	2715	764	5093
67	8683	8818	2757	4331	5664	1891	2835	1811	96	789	2520	709	4726
68	8019	8143	2546	4000	5231	1746	2618	1672	89	729	2321	655	4364
69	7369	7483	2340	3676	4807	1605	2406	1537	82	676	2132	602	4011
70	6739	6843	2140	3362	4396	1468	2200	1406	75	613	1956	551	3668

Кафедра АЭСИЭ

Практическое занятие №7. Определение электрических нагрузок на напряжении 0,4 кВ методом коэффициента спроса

Теоретическая часть

В соответствии с «Указаниями по расчету электрических нагрузок систем электроснабжения» (РТМ 36.18.32.-4-92) расчетную нагрузку трехфазных потребителей можно определить следующими методами по коэффициенту спроса K_C

$$P_P = K_C \cdot P_{\text{НОМ}}, \quad (1)$$

$$Q_P = P_P \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2)$$

где $P_{\text{НОМ}}$ – установленная мощность цеха, принимаемая по исходным данным;

K_C – коэффициент спроса данного цеха;

$\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент реактивной мощности электроприемников, соответствующий средневзвешенному значению $\cos \varphi$ данного цеха.

Этот метод является приближенным и применяется, когда отсутствуют данные о числе электроприемников и их мощности, об удельном потреблении электроэнергии на единицу продукции, об удельной плотности нагрузок 1 м² площади цеха; сведения о K_C приводятся в справочниках.

Задача

Рассчитать электрические на напряжении 0,4 кВ методом коэффициента спроса. Исходные данные приведены в таблицах 1.1 – 1.6.

Таблица 1.1 – Сведения об электрических нагрузках текстильного комбината

№ п/п	Наименование цеха	Площадь цеха, м ²	Установленная мощность, кВт									
			Вариант									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Прядильный	8000	640	500	710	900	400	550	730	650	490	520
2	Ткацкий	12000	530	400	690	520	450	610	570	520	480	600
3	Красильный	6000	800	700	600	590	750	630	680	820	850	750
4	Швейная фабрика	1000	630	700	1200	1000	1100	800	750	600	1200	700
5	Механический	300	350	720	680	660	420	570	480	650	500	700
6	Инструментальный	350	950	350	850	930	710	600	690	580	830	450
7	Столярный	200	400	300	320	200	500	550	530	430	380	280
8	Заводоуправление	290	100	95	80	150	110	87	93	120	117	85
9	Склад готовых изделий	300	50	20	60	70	55	47	45	30	43	62
10	Насосная 10 кВ (СД)	100	1000	050	1100	950	920	1000	1020	980	940	1070

Таблица 1.2 – Сведения об электрических нагрузках механического завода

№ п/п	Наименование цеха	Площадь цеха, м ²	Установленная мощность, кВт									
			Вариант									
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Механический	10000	900	450	490	740	560	600	590	880	700	490
2	Термический	6000	200	800	600	500	820	360	190	280	560	700
3	Заготовочный	4000	250	400	350	280	300	200	210	330	220	280
4	Инструментальный	2500	490	700	600	900	500	580	750	700	900	520
5	Кузнечный	1000	480	620	800	750	630	920	900	850	780	950
6	Электроцех	500	360	400	250	280	290	390	300	200	270	370
7	Экспериментальный	400	370	270	200	300	390	200	280	250	400	360
8	Насосная 10 кВ (АД)	150	600	900	290	800	380	700	590	290	660	900
9	Лаборатория	90	150	200	230	250	180	160	170	210	280	320
10	Ремонтно-механический	120	500	400	840	600	820	790	790	970	590	580

Таблица 1.3 – Сведения об электрических нагрузках автозавода

№ п/п	Наименование цеха	Площадь цеха, м ²	Установленная мощность, кВт									
			Вариант									
			21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Главный конвейер	12000	900	890	800	390	700	650	690	700	950	850
2	Моторный	8000	400	500	700	590	390	420	720	690	990	350
3	Кузовной	7500	700	900	600	390	490	250	280	680	590	800
4	Инструментальный	1000	700	600	480	500	400	800	300	200	450	520
5	Ремонтно-механический	500	400	300	250	300	500	450	370	430	290	350
6	Литейный	1500	800	850	790	580	620	680	480	900	700	820
7	Кузнечный	2000	950	700	800	1300	1250	1100	1050	870	900	830
8	Заводоуправление	200	120	110	120	140	130	125	137	145	135	115
9	Компрессорная 10 кВ (СД)	250	100	97	112	125	85	118	90	80	80	85
10	Столовая	150	500	530	470	450	510	400	480	510	520	500

Таблица 1.4 – Сведения об электрических нагрузках предприятия металлообрабатывающей промышленности

№ п/п	Наименование цеха	Площадь цеха, м ²	Установленная мощность, кВт											
			Вариант											
			31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		
1	Заводоуправление	6200	200	220	250	260	240	215	190	210	225	195		
2	Механический	10700	6200	5400	6300	5600	5900	6100	5500	5700	5800	6400		
3	Литейный черного литья	14250	1840	1700	1720	1820	1760	1780	1740	1790	1800	1730		
4	Термической обработки	9500	3640	3540	3480	3580	3620	3450	3540	3520	3460	3650		
5	Компрессорная	3100	200	120	140	150	130	160	170	180	190	210		
6	Проходная	150	25	30	28	22	20	12	17	32	15	10		
7	Литейный	8000	4670	4500	4580	4740	4760	4700	4620	4840	4520	4800		
8	Термический	3600	6000	5850	6100	6050	5950	6200	6250	5900	6150	5800		
9	Стержневая	750	150	200	250	170	120	220	180	130	160	210		
10	Насосная 10 кВ (АД)	900	1260	1890	1660	2060	1430	800	1600	2520	2290	1830		

Таблица 1.5 – Сведения об электрических нагрузках текстильного комбината

№ п/п	Наименование цеха	Площадь цеха, м ²	Установленная мощность, кВт									
			Вариант									
			41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	Прядильный	8800	704	550	781	990	440	605	803	715	539	572
2	Ткацкий	13200	583	440	759	572	495	671	627	572	528	660
3	Красильный	6600	880	770	660	649	825	693	748	902	935	825
4	Швейная фабрика	1100	693	770	1320	1100	1210	880	825	660	1320	770
5	Механический	330	385	792	748	726	462	627	528	715	550	770
6	Инструментальный	385	1045	385	935	1023	781	660	759	638	913	495
7	Столярный	220	440	330	352	220	550	605	583	473	418	308
8	Заводоуправление	310	110	104,5	88	165	121	95,7	102,3	132	128,7	93,5
9	Склад готовых изделий	330	55	22	66	77	60,5	51,7	49,5	33	47,3	68,2
10	Насосная 10 кВ (СД)	110	1100	155	1210	1045	1012	1100	1122	1078	1034	1177

Таблица 1.6 – Сведения об электрических нагрузках механического завода

№ п/п	Наименование цеха	Площадь цеха, м ²	Установленная мощность, кВт									
			Вариант									
			51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1	Механический	11000	990	495	539	814	616	660	649	968	770	539
2	Термический	6600	220	880	660	550	902	396	209	308	616	770
3	Заготовочный	4400	275	440	385	308	330	220	231	363	242	308
4	Инструментальный	2750	539	770	660	990	550	638	825	770	990	572
5	Кузнечный	1100	528	682	880	825	693	1012	990	935	858	1045
6	Электропеч	550	396	440	275	308	220	429	330	220	297	407
7	Экспериментальный	440	407	297	220	330	429	220	308	275	440	396
8	Насосная 10 кВ (АД)	165	660	990	319	880	418	770	649	319	726	990
9	Лаборатория	99	165	220	253	275	198	176	157	231	308	352
10	Ремонтно-механический	132	550	440	924	660	902	869	869	1067	649	638

Практическое занятие №8. Определение электрических нагрузок на напряжении 6-10 кВ и по предприятию в целом методом коэффициента спроса

Теоретическая часть

Расчетная нагрузка электроприемников выше 1 кВ, подключенных к распределительным пунктам (РП) 6-10 кВ (активная – АД, СД и печей; реактивная АД и печей), принимается равной средней мощности:

$$P_{р.вн} = \sum_1^n K_{иi} \cdot P_{номi}, \quad Q_{р.вн} = \sum_1^n K_{иi} \cdot P_{номi} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1; \quad (1.8)$$

где $P_{номi}$ – установленная мощность высоковольтных электроприемников, принимаемая по исходным данным;

$K_{иi}$ – коэффициент использования для высоковольтных электроприемников (значения приведены в [2, 5-6]);

$\operatorname{tg} \varphi_1$ – коэффициент реактивной мощности.

Для синхронного двигателя определяется максимальная реактивная мощность, которую он может вырабатывать:

$$Q_{р.вн.сд} = \frac{P_{сд\sum} \cdot K_{зQ} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{сд}}{\eta_{сд}}, \quad (1.9)$$

где $P_{сд\sum}$ – суммарная установленная мощность синхронных двигателей;

$K_{зQ}$ – коэффициент наибольшей допустимой нагрузки синхронных двигателей по реактивной мощности (значения приведены в [3]);

$\operatorname{tg} \varphi_{сд}$ – коэффициент реактивной мощности;

$\eta_{сд}$ – КПД синхронных двигателей (значения приведены в [9]).

Результаты расчетов нагрузки электроприемников выше 1 кВ представлены в таблице 1.2.

Расчетная нагрузка предприятия, отнесенная к шинам вторичного напряжения ГПП с учетом потерь в сетях и цеховых трансформаторах и коэффициента максимумов силовой нагрузки $K_{Од}$, определяется по

выражениям [4]:

$$\left. \begin{aligned} P_{\text{р.пп}} &= (\sum P_{\text{р.нн}} + \sum P_{\text{р.вн}}) \cdot K_{\text{од}} + \sum P_{\text{р.он}} + 0,03 \cdot \sum S_{\text{р.нн}\Sigma}; \\ Q_{\text{р.пп}} &= (\sum Q_{\text{р.нн}} + \sum Q_{\text{р.вн}} + \sum Q_{\text{р.вн.сд}}) \cdot K_{\text{од}} + \sum Q_{\text{р.он}} + 0,1 \cdot \sum S_{\text{р.нн}\Sigma}; \\ S_{\text{р.пп}} &= \sqrt{P_{\text{р.пп}}^2 + Q_{\text{р.пп}}^2}. \end{aligned} \right\}, \quad (1.10)$$

Коэффициент $K_{\text{од}}$ принимается в зависимости от значения средневзвешенного коэффициента использования $K_{\text{и.пп}}$ всех электроприемников, подключенных к шинам ГПП [4].

$$K_{\text{и.пп}} = \frac{P_{\text{р.нн}\Sigma} + P_{\text{р.вн}\Sigma}}{P_{\text{ном.нн}\Sigma} + \sum p_{\text{удон}} \cdot F_{\text{ц}} + P_{\text{ном.вн}\Sigma}}. \quad (1.11)$$

Коэффициент максимумов силовой нагрузки принимает значение $K_{\text{од}} = 0,75$ при $K_{\text{и.пп}} \leq 0,5$; $K_{\text{од}} = 0,8$ при $0,3 < K_{\text{и.пп}} < 0,5$; $K_{\text{од}} = 0,85$ при $K_{\text{и.пп}} \geq 0,5$ [4].

Задача

Рассчитать электрические напряжения 6-10 кВ и по предприятию в целом методом коэффициента спроса. Исходные данные приведены в таблицах 1.1 – 1.6 практического занятия №7. Приступить к определению электрических нагрузок по предприятию в целом можно после решения задачи практического занятия №12.

Практическое занятие №9. Расчет электрических нагрузок электроприемников методом коэффициента расчетной активной мощности

Теоретическая часть

В соответствии с «Указаниями по расчету электрических нагрузок систем электроснабжения» (РТМ 36.18.32.-4-92) расчетную нагрузку трехфазных потребителей можно определить по коэффициенту расчетной активной мощности K_p ; этот метод применяется, когда известны данные о числе электроприемников, их мощности и режиме работы.

Расчетная силовая нагрузка напряжением до 1 кВ определяется следующим образом:

$$P_{p,HH} = K_p \sum_{j=1}^m P_{cj}, \quad (1)$$

где j – подгруппа электроприемников группы, имеющих одинаковый тип работы, т.е. одинаковый коэффициент использования $K_{иi}$;

m – число подгрупп электроприемников;

P_{cj} – средняя мощность рабочих электроприемников j -ой группы.

Средняя активная мощность P_{cj} силовых электроприемников одинакового режима работы определяется в соответствии с формулой:

$$P_{cj} = \sum_{i=1}^n K_{иi} \cdot P_{номi}, \quad (2)$$

где $P_{номi}$ – установленная (номинальная) мощность i -го электроприемника;

$K_{иi}$ – коэффициент использования активной мощности i -го электроприемника;

n – количество электроприемников.

Значения коэффициентов $K_{иi}$ определяют по материалам обследования действующих предприятий.

Средняя реактивная мощность Q_{cj} равна

$$Q_{\Sigma} = \sum_1^n K_{\text{И}i} \cdot P_{\text{НОМ}i} \cdot \text{tg} \varphi_1, \quad (3)$$

где $\text{tg} \varphi_1$ – коэффициент реактивной мощности, соответствующий средневзвешенному коэффициенту мощности $\cos \varphi_1$, характерному для i -го электроприемника данного режима работы.

Величина коэффициента расчетной активной мощности K_p приведена в таблицах 1 и 2 в зависимости от величины группового коэффициента использования $K_{\text{И}}$, эффективного числа электроприемников в группе n_{Σ} , и постоянной времени нагрева T_0 выбираемого элемента сети.

Групповой коэффициент использования $K_{\text{И}}$ активной мощности рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{И}} = \frac{\sum_1^m P_{\Sigma}}{\sum_1^m P_{\text{НОМ}j}}, \quad (4)$$

Эффективное число электроприемников в группе из n электроприемников равно:

$$n_{\Sigma} = \frac{\left(\sum_1^n P_{\text{НОМ}i} \right)^2}{\sum_1^n (P_{\text{НОМ}i})^2}, \quad (5)$$

Для многодвигательных приводов при определении n_{Σ} , учитывают все одновременно работающие электродвигатели данного привода. Если в числе этих двигателей имеются одновременно включаемые (с одинаковым режимом работы), то их учитывают в расчете как один электроприемник с номинальной мощностью, равной сумме номинальных мощностей этих двигателей.

Существует упрощенная формула определения n_{Σ} , а именно:

$$n_{\Sigma} = \frac{2 \cdot \sum_1^n P_{\text{НОМ}i}}{P_{\text{НОМ.МАКС}}}, \quad (6)$$

Таблица 1 – Значения расчетного коэффициента активной мощности для сетей напряжением до 1 кВ, питающих распределительные пункты и шинопроводы, сборки, щиты ($T_0 = 10$ мин)

[illegible]

Таблица 2 – Значения коэффициентов расчетной нагрузки K_P на шинах низшего напряжения цеховых трансформаторов и магистральных шинопроводов (для постоянной времени нагрева $T_0 = 2,5 \dots 3$ ч)

n_{Σ}	Коэффициент использования $K_{\text{и}}$							
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7 и более
1	8,00	5,33	4,00	2,67	2,00	1,60	1,33	1,11
2	5,01	3,44	2,69	1,90	1,52	1,24	1,11	1,00
4	2,28	1,73	1,46	1,19	1,06	1,04	1,00	0,91
5	1,31	1,12	1,02	1,00	0,98	0,96	0,94	0,93
6-8	1,20	1,00	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
9-10	1,10	0,97	0,91	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
10-25	0,80	0,80	0,80	0,85	0,85	0,85	0,90	0,90
25-50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,80	0,85	0,85
Более 50	0,65	0,65	0,65	0,70	0,70	0,75	0,80	0,80

В случае, когда $P_{\text{НОМ.МАКС}}/P_{\text{НОМ.МИН}} \leq 3$, n_{Σ} принимают равным n – действительному числу электроприемников; здесь $P_{\text{НОМ.МИН}}$ – номинальная мощность наименьшего по мощности приемника.

В цехе кроме трехфазных электроприемников, могут быть и однофазные электроприемники, включаемые на фазное или линейное напряжение. Как правило, стремятся однофазные приемники равномерно распределить по фазам. Если суммарная номинальная мощность, остающейся нераспределенной равномерно по фазам, превышает 15 % от общей мощности трехфазных и однофазных приемников, равномерно распределенных по фазам, то определяют условную трехфазную номинальную мощность $P_{\text{НОМ.У}}$, неравномерно распределенных приемников.

Величину $P_{\text{НОМ.У}}$ можно определить приближенно, если число неравномерно распределенных по фазам однофазных приемников менее четырех:

– при включении однофазных приемников на фазные напряжения

$$P_{\text{НОМ.У}} = 3 \cdot P_{\text{НОМ.М.Ф}}, \quad (7)$$

где $P_{\text{НОМ.М.Ф}}$ – номинальная мощность максимально загруженной фазы;

– при включении однофазных приемников на линейные напряжения

$$P_{\text{НОМ.Л}} = \sqrt{3} \cdot P_{\text{НОМ}} \quad (\text{при одном приемнике}),$$

$$P_{\text{НОМ.Л}} = 3 \cdot P_{\text{НОМ}}, \quad (\text{при двух-трех приемниках}),$$

где $P_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность одного приемника.

Если число неравномерно распределенных по фазам однофазных приемников более четырех, то

$$P_{\text{НОМ.Л}} = 3 \cdot P_{\text{НОМ.З.Ф.}}, \quad (8)$$

где $P_{\text{НОМ.З.Ф.}}$ – номинальная мощность наиболее загруженной фазы.

Наиболее загруженной фазой считают фазу, имеющую наибольшую среднюю нагрузку от однофазных приемников.

В том случае, когда часть приемников включена на фазное напряжение, а часть – на линейное, среднюю нагрузку каждой фазы определяют суммированием этих нагрузок с помощью коэффициентов приведения

Задача

Рассчитать электрические нагрузки электроприемников методом коэффициента расчетной активной мощности. Исходные данные приведены в таблицах 3–4.

Таблица 3 – Варианты заданий

Вариант	Площадь цеха F , м ²	Номера электроприемников
1	500	19, 31, 34, 7, 18, 28, 29, 38, 47, 52
2	675	77, 82, 32, 3, 10, 44, 51, 54, 61, 67
3	600	34, 81, 19, 29, 36, 39, 42, 54, 70, 40
4	550	30, 81, 77, 11, 14, 41, 53, 55, 58, 62
5	490	19, 80, 82, 6, 21, 22, 52, 53, 59, 61
6	520	31, 33, 79, 7, 17, 23, 46, 48, 62, 73
7	480	19, 34, 81, 5, 8, 35, 45, 70, 73, 60
8	470	31, 81, 82, 4, 7, 10, 22, 26, 21, 43
9	450	32, 77, 82, 13, 32, 47, 51, 53, 58, 67

10	550	30, 77, 80, 4, 5, 21, 41, 54, 62, 73
11	610	33, 31, 19, 6, 12, 22, 58, 68, 47, 38
12	525	19, 34, 78, 5, 10, 13, 45, 59, 62, 70
13	490	30, 31, 80, 2, 9, 29, 44, 56, 61, 73
14	620	77, 34, 19, 3, 17, 35, 51, 54, 61, 73
15	510	33, 80, 81, 17, 24, 25, 40, 42, 45, 71
16	475	31, 78, 81, 1, 7, 9, 14, 57, 73, 57
17	540	30, 32, 77, 13, 15, 24, 51, 75, 76, 69
18	530	19, 34, 77, 8, 11, 20, 22, 37, 41, 49
19	630	30, 33, 80, 25, 43, 50, 59, 62, 65, 72
20	530	19, 30, 78, 2, 3, 17, 44, 47, 64, 66
21	545	30, 32, 78, 16, 20, 38, 41, 59, 62, 75
22	585	34, 80, 81, 3, 24, 38, 50, 59, 69, 20
23	515	19, 34, 79, 18, 49, 24, 45, 52, 53, 66
24	615	19, 79, 81, 9, 36, 39, 40, 46, 62, 71
25	575	32, 33, 79, 14, 15, 28, 43, 47, 51, 55
26	495	22, 79, 82, 13, 18, 20, 21, 23, 24, 69
27	485	31, 34, 78, 16, 29, 49, 60, 64, 72, 73
28	655	79, 19, 78, 12, 37, 38, 53, 61, 70, 76
29	455	31, 32, 34, 49, 23, 60, 51, 10, 63, 70
30	555	32, 77, 78, 3, 10, 11, 27, 43, 24, 60
31	450	30, 32, 80, 20, 28, 38, 51, 53, 74, 75
32	500	31, 34, 82, 11, 25, 23, 42, 45, 52, 71
33	550	33, 34, 78, 4, 28, 35, 51, 67, 69, 75
34	600	19, 77, 82, 3, 13, 17, 58, 64, 75, 60
35	400	19, 34, 78, 1, 3, 11, 38, 53, 60, 63
36	450	33, 34, 79, 13, 25, 24, 55, 63, 65, 66
37	505	19, 34, 77, 23, 43, 44, 47, 51, 60, 77
38	550	34, 30, 19, 6, 13, 28, 36, 38, 68, 69
39	630	77, 78, 31, 26, 43, 50, 52, 60, 65, 66
40	620	78, 81, 19, 2, 10, 39, 21, 24, 22, 39
41	550	19, 33, 30, 4, 29, 35, 43, 49, 53, 70
42	510	77, 31, 34, 20, 22, 25, 36, 50, 59, 61
43	450	81, 19, 78, 13, 25, 45, 50, 52, 69, 39

44	400	30, 77, 32, 9, 12, 23, 46, 55, 59, 73
45	350	79, 82, 33, 21, 22, 40, 50, 70, 72, 76
46	500	19, 32, 30, 2, 29, 35, 38, 39, 47, 71
47	450	82, 81, 79, 11, 39, 27, 51, 41, 69, 74
48	600	34, 78, 77, 20, 26, 21, 48, 63, 64, 74
49	530	80, 30, 19, 22, 63, 38, 45, 60, 65, 78
50	380	31, 78, 82, 4, 22, 25, 43, 51, 57, 71
51	570	33, 77, 19, 1, 42, 39, 51, 55, 56, 20
52	420	34, 81, 79, 27, 38, 4, 55, 57, 64, 71
53	540	19, 31, 77, 4, 17, 40, 49, 62, 71, 74
54	355	34, 81, 32, 9, 15, 24, 38, 43, 48, 59
55	420	30, 79, 31, 5, 22, 43, 56, 57, 69, 68
56	655	19, 34, 81, 23, 35, 37, 38, 50, 52, 73
57	570	32, 77, 82, 14, 28, 45, 48, 54, 64, 68
58	325	30, 81, 80, 1, 22, 37, 45, 49, 56, 60
59	440	33, 31, 19, 3, 16, 39, 46, 51, 56, 80
60	590	30, 22, 31, 21, 25, 39, 52, 67, 70, 76
61	360	77, 79, 81, 9, 20, 38, 50, 64, 65, 66
62	470	19, 34, 30, 21, 22, 24, 55, 56, 57, 69
63	390	32, 77, 78, 15, 26, 42, 45, 47, 74, 27
64	555	33, 79, 34, 11, 17, 21, 27, 40, 46, 75
65	605	81, 30, 19, 8, 22, 36, 54, 66, 76, 18
66	375	33, 31, 79, 13, 14, 16, 39, 47, 51, 75
67	570	78, 81, 80, 49, 23, 50, 54, 58, 62, 65
68	465	19, 33, 34, 5, 12, 10, 39, 44, 50, 68
69	380	30, 77, 82, 2, 8, 20, 24, 56, 20, 75
70	590	82, 19, 32, 24, 40, 59, 62, 67, 69, 20

Таблица 3 – Характеристики электроприемников

№ по плану цеха	Наименование электроприемника	Кол-во, шт.	Установленная мощность, кВт	K_H	$\cos \varphi$
1	Токарно-винторезный станок	5	11,25	0,14	0,5
2	Токарно-винторезный станок	4	4,625	0,14	0,5
3	Токарно-винторезный станок	1	4,6	0,14	0,5
4	Токарно-револьверный станок	3	5,475	0,14	0,5
5	Долбежный станок	3	3,8	0,14	0,5
6	Токарно-строгальный станок	3	11	0,14	0,5
7	Универсальный фрезерный станок	3	1,7	0,14	0,5
8	Горизонтально-фрезерный станок	1	3,525	0,14	0,5
9	Вертикально-фрезерный станок	2	12,925	0,14	0,5
10	Зубофрезерный станок	4	0,725	0,14	0,5
11	Круглошлифовальный станок	1	19,45	0,14	0,5
12	Плоскошлифовальный станок	2	12,65	0,14	0,5
13	Вертикально-сверлильный станок	4	2,925	0,14	0,5
14	Радиально-сверлильный станок	2	6,925	0,14	0,5
15	Настольно-сверлильный станок	7	0,6	0,14	0,5
16	Координатно-расточный станок	2	6,52	0,14	0,5
17	Карусельный станок	1	33,28	0,14	0,5
18	Универсально-заочный станок	4	1,25	0,14	0,5
19	Кран-балка 1 т ПВ=25 %	2	4,85	0,2	0,6
20	Вентилятор	5	14,7	0,65	0,8
21	Отрезной станок	1	1,95	0,14	0,5

22	Ножницы	2	7,0	0,14	0,5
23	Пресс правильный	2	14,0	0,14	0,5
24	Пресс кривошипный	1	10	0,14	0,5
25	Пресс листогибочный	1	15,7	0,14	0,5
26	Настольно-сверлильный станок	5	0,6	0,14	0,5
27	Обдирочно-шлифовальный станок	3	2,8	0,14	0,5
28	Радиально-сверлильный станок	2	6,925	0,14	0,5
29	Труборазрезный станок	1	2,8	0,14	0,5
30	Преобразователь сварочный ПВ=60 %	2	22	0,1	0,6
31	Машина электросварочная ПВ=40 %	1	75 кВ·А	0,3	0,6
32	Машина электросварочная точечная ПВ=25 %	1	25 кВ·А	0,3	0,6
33	Трансформатор сварочный ПВ=40 %	4	25 кВ·А	0,3	0,6
34	Кран мостовой 5 т ПВ=25 %	1	24,2	0,2	0,6
35	Вентилятор	3	10	0,65	0,8
36	Молот пневматический	1	10	0,14	0,5
37	Обдирочно-точильный станок	2	2,8	0,14	0,5
38	Горно двухогневое коксовое	1	0,8	0,8	0,95
39	Электрод печь сопротивления	1	45	0,8	0,95
40	Печь нагревательная	1	45	0,8	0,95
41	Кран-балка 2 т ПВ=25 %	1	4,85	0,2	0,6
42	Вентилятор лутцевой	1	1,2	0,65	0,8
Продол43	Вентилятор	1	4,5	0,65	0,8
44	Электрод печь сопротивления	2	24	0,8	0,95
45	Шкаф сушильный	1	1,1	0,8	0,95

46	Электроды сопротивления	1	15	0,8	0,95
47	Электроды сопротивления	2	19	0,8	0,95
48	Электроды ванна	1	22	0,8	0,95
49	Муфельная печь	2	2,2	0,8	0,95
50	Вентилятор	2	2,28	0,65	0,8
51	Вентилятор	2	7,0	0,65	0,8
52	Сушильный шкаф	2	10	0,8	0,95
53	Селеновый выпрямитель	2	22	0,7	0,95
54	Полировочный станок	1	3,2	0,1	0,5
55	Вентилятор	3	4,5	0,65	0,8
56	Компрессорная установка	5	28	0,65	0,8
57	Вентиляторная установка	4	15	0,7	0,8
58	Насосная установка	8	55	0,8	0,8
59	Станок фрезерный	14	11,5	0,14	0,5
60	Станок токарный	12	14	0,14	0,5
61	Станок строгальный	10	11	0,14	0,5
62	Станок карусельный	2	40	0,14	0,5
63	Станок наждачный	5	2,8	0,14	0,5
64	Станок винторезный	6	15	0,14	0,5
65	Станок расточный	2	42	0,14	0,5
66	Станок шлифовальный	15	3	0,14	0,5
67	Станок слиткообдирочный	4	45	0,14	0,5
68	Станок галтовочный	8	4	0,14	0,5
69	Молот ковочный	7	15	0,24	0,65

70	Пресс штамповочный	12	4,5	0,24	0,65
71	Автомат фрезерный	20	8	0,17	0,65
72	Печь индукционная	4	30	0,75	0,35
73	Печь дуговая	4	30	0,75	0,87
74	Печь сопротивления	6	35	0,8	0,85
75	Конвейер ленточный	2	35	0,55	0,75
76	Транспортер роликовый	3	10	0,55	0,75
77	Кран мостовой ПВ=25 %	2	30	0,005	0,5
78	Тележка подвесная ПВ=40 %	8	4	0,1	0,5
79	Тельфер транспортный ПВ=60 %	3	10	0,1	0,5
80	Трансформатор сварочный ПВ=40 %	5	28 кВ·А	0,2	0,4
81	Аппарат дуговой сварки ПВ=60 %	5	16 кВ·А	0,3	0,35
82	Аппарат стыковой сварки ПВ=25 %	5	14 кВ·А	0,35	0,55

**Практическое занятие №10. Расчет электрических нагрузок
промышленных потребителей методом коэффициента расчетной
активной мощности**

Теоретическая часть

Приведена в теоретической части практического занятия №9.

Задача

Рассчитать электрические нагрузки промышленных потребителей методом коэффициента расчетной активной мощности. Исходные данные приведены в таблицах 3–4 практического занятия №9.

**Практическое занятие №11. Расчет электрических нагрузок
промышленных потребителей методом коэффициента расчетной
активной мощности**

Теоретическая часть

Приведена в теоретической части практического занятия №9.

Задача

Рассчитать электрические нагрузки промышленных потребителей методом коэффициента расчетной активной мощности. Исходные данные приведены в таблицах 3–4 практического занятия №9. Результаты расчетов занести в сводную ведомость нагрузок (бланк представлен в таблице 1). Приступить к определению электрических нагрузок по предприятию в целом можно после решения задачи практического занятия №12.

[illegible][illegible]

Практическое занятие №12. Расчет осветительных нагрузок

Теоретическая часть

Активная расчетная осветительная нагрузка определяется по формуле:

$$P_{P.OH} = K_{C.OH} \cdot p_{уд.OH} \cdot F_{Ц} \cdot K_{ПРА}, \quad (1)$$

где $K_{C.OH}$ – коэффициент спроса осветительной нагрузки;

$p_{уд.OH}$ – удельная мощность осветительных установок, кВт/м²;

$F_{Ц}$ – площадь освещаемого цеха, м²;

$K_{ПРА}$ – коэффициент, учитывающий потери в пускорегулирующей аппаратуре.

Расчетная реактивная осветительная нагрузка определяется по формуле:

$$Q_{P.OH} = P_{P.OH} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{OH}, \quad (2)$$

где $\operatorname{tg} \varphi_{OH}$ соответствует $\cos \varphi$ осветительной установки.

Коэффициент спроса имеет следующие значения:

1 – для групповой сети и всех звеньев сети аварийного освещения, для мелких производственных зданий, торговых помещений, наружного освещения;

0,95 – для производственных зданий, состоящих из отдельных крупных пролетов;

0,9 – для библиотек, административных зданий и предприятий общественного питания;

0,8 – для производственных зданий, состоящих из большого числа отдельных помещений, лечебных, детских и учебных учреждений, конторско-бытовых и лабораторных зданий;

0,6 – для складских зданий непроизводственного назначения.

Коэффициент $K_{ПРА}$ принимает значения: 1,1 – для ламп типа ДРЛ и ДРИ; 1,2 – для люминесцентных ламп со стартерными схемами включения; 1,3 ÷ 1,35 – для люминесцентных ламп с бесстартерными схемами

включения.

Светильники с люминесцентными лампами, обычно, поставляются с конденсаторами для индивидуальной компенсации реактивной мощности. Их $\cos\varphi$ составляет $0,92 \div 0,95$. Светильники с лампами типа ДРЛ и ДРИ, как правило, не имеют индивидуальной компенсации реактивной мощности, их $\cos\varphi$ составляет $0,5 \div 0,65$.

Задача

Рассчитать осветительные нагрузки для задач 7–11

Кафедра АЭСиЭ СКФУ

Практическое занятие №13. Определение расчетных электрических нагрузок жилых зданий

Теоретическая часть

Расчетная электрическая нагрузка квартир $P_{\text{кв}}$, кВт, приведенная к вводу жилого дома, определяется по формуле:

$$P_{\text{кв}} = P_{\text{кв.уд}} \cdot n, \quad (1)$$

где $P_{\text{кв.уд}}$ – удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников квартир (зданий) по таблице 5.1, кВт/квартира; n – количество квартир.

При определении расчетной электрической нагрузки линии или на шинах 0,4 кВ ТП должны учитываться суммарное количество квартир, лифтовых установок и другого силового электрооборудования, питающегося от ТП, и потери мощности в питающих линиях 0,38 кВ.

Расчетная нагрузка силовых электроприемников $P_{\text{с}}$, кВт, приведенная к вводу жилого дома, определяется по формуле

$$P_{\text{с}} = P_{\text{р.л}} + P_{\text{ст.у}}. \quad (2)$$

Мощность лифтовых установок $P_{\text{р.л}}$, кВт, определяется по формуле

$$P_{\text{р.л}} = k'_c \cdot \sum_1^{n_{\text{л}}} P_{ni}. \quad (3)$$

где k'_c – коэффициент спроса по таблице 2; $n_{\text{л}}$ – количество лифтовых установок; P_n – установленная мощность электродвигателя лифта, кВт.

Мощность электродвигателей насосов водоснабжения, вентиляторов и других санитарно-технических устройств $P_{\text{ст.у}}$, кВт, определяется по их установленной мощности с учетом коэффициента спроса k_c по таблице 3;

$$P_{\text{ст.у}} = k''_c \cdot \sum_1^n P_{\text{ст.у}i}. \quad (4)$$

Мощность резервных электродвигателей, а также электроприемников противопожарных устройств при расчете электрических нагрузок не учитывается.

Расчетная электрическая нагрузка жилого дома (квартир и силовых электроприемников) $P_{Р.ЖД}$, кВт, определяется по формуле

$$P_{Р.ЖД} = P_{КВ} + k_y \cdot P_C, \quad (5)$$

где $P_{КВ}$ – расчетная электрическая нагрузка квартир, приведенная к вводу жилого дома, кВт; P_C – расчетная нагрузка силовых электроприемников жилого дома, кВт; k_y – коэффициент участия в максимуме нагрузки силовых электроприемников (равен 0,9).

Расчетные коэффициенты реактивной мощности жилых домов следует принимать по таблице 4.

Расчетная электрическая нагрузка жилых зданий микрорайона (квартала), $P_{Р.МР}$, кВт, приведенная к шинам 0,4 кВ ТП, ориентировочно может определяться по формуле:

$$P_{Р.МР} = P_{Р.ЖД.уд} \cdot S \cdot 10^{-3}, \quad (6)$$

где $P_{Р.ЖД.уд}$ – удельная расчетная нагрузка жилых зданий, Вт/м² приведена в таблице 5.5; S – общая площадь жилых зданий микрорайона (квартала), м².

Задача

Рассчитать электрические нагрузки жилых зданий и микрорайона в целом. Принять здания с плитами на природном газе.

В 6-9-этажных домах:

– лифты с электродвигателем мощностью 3 кВт;

В домах высотой 10 этажей и выше:

– лифты с электродвигателем мощностью 4,5 кВт;

– лифты с электродвигателем мощностью 7 кВт.

Мощность электродвигателей насосов водоснабжения, вентиляторов и других санитарно-технических устройств принять равной 3 кВт.

Остальные исходные данные приведены в таблицах 6 – 7.

Таблица 5.1 – Удельная электрическая нагрузка электроприемников квартир жилых зданий, кВт/квартира

№№ пп	Потребители электроэнергии	Количество квартир													
		3	6	9	12	15	18	24	40	60	100	200	400	600	1000
1	Квартиры с плитами*: – на природном газе – на сжиженном газе (в том числе при групповых установках) и на твердом топливе	4,5	2,8	2,3	2	1,8	1,65	1,4	1,2	1,05	0,85	0,77	0,71	0,69	0,67
	– электрическими мощностью до 8,5 кВт	6	3,4	2,5	2,2	2	1,8	1,4	1,3	1,08	1	0,92	0,84	0,76	
	Квартиры повышенной комфортности с электрическими плитами мощностью до 10,5 кВт**	10	5,9	4,9	4,5	3,9	3,7	3,1	2,6	2,1	1,5	1,36	1,27	1,23	1,19
2	Домики на участках садоводческих товариществ	14	8,1	6,7	5,9	5,3	4,9	4,2	3,3	2,8	1,95	1,83	1,72	1,67	1,62
3		4	2,3	1,7	1,4	1,2	1,1	0,9	0,6	0,59	0,61	0,58	0,54	0,51	0,46

* в зданиях по типовым проектам

** рекомендуемые значения

Продолжение таблица 5.1

Примечания:

1. Удельные расчетные нагрузки для промежуточного числа квартир определяются интерполяцией.
2. Удельные расчетные нагрузки квартир включают в себя нагрузку освещения общедомовых помещений (лестничных клеток, подполий, технических этажей, чердаков и т.д.).
3. Удельные расчетные нагрузки приведены для квартир средней общей площадью 70 м^2 (квартиры от 35 до 90 м^2) в зданиях по типовым проектам и 150 м^2 (квартиры от 100 до 300 м^2) в зданиях по индивидуальному проектам с квартирами повышенной комфортности.
4. Допускается определять расчетную электрическую нагрузку квартир повышенной комфортности по проекту внутреннего электрооборудования квартиры (здания) в зависимости от набора устанавливаемых приборов и режима их работы, характеризующегося средней вероятностью включения (коэффициентом спроса) и несовпадения хозяйственных работ в квартире.
5. Удельные расчетные нагрузки не учитывают покомнатное расселение семей в квартире.
6. Удельные расчетные нагрузки не учитывают общедомовую силовую нагрузку, осветительную и силовую нагрузку встроенных (пристроенных) помещений общественного назначения, нагрузку рекламы, а также применение в квартирах электрического отопления, электродонагревателей и бытовых кондиционеров (для жилых квартир нагрузка кондиционеров учитывается).
7. Для определения при необходимости утреннего или дневного максимального нагрузок следует применять коэффициенты:

0,7	– для жилых зданий с электрическими плитами;
0,5	– для жилых зданий с плитами на сжиженном газе и твердом топливе;
8. Электрическую нагрузку жилых зданий в период летнего максимума нагрузок можно определить, умножив приведенные в таблице нагрузки зимнего максимума на коэффициенты:

0,7	– для квартир с плитами на природном газе;
0,6	– для квартир с плитами на сжиженном газе и твердом топливе;
0,8	– для квартир с электрическими плитами

Таблица 2 – Коэффициенты спроса лифтовых установок жилых домов k'_C

Количество лифтовых установок	Этажность жилого дома	
	до 12	более 12
2 – 3	0,8	0,9
4 – 5	0,7	0,8
6	0,65	0,75
10	0,5	0,6
20	0,4	0,5
25 и выше	0,35	0,4

Таблица 3 – Коэффициенты спроса электродвигателей санитарно-технических устройств k_C

Количество электродвигателей	k_C
2	1 (0,8)*
3	0,9 (0,75)
5	0,8 (0,7)
8	0,75
10	0,7
15	0,65
20	0,65
30	0,6
50	0,55

* В скобках приведены значения для электродвигателей единичной мощности свыше 30 кВт.

Таблица 4 – Расчетные коэффициенты реактивной мощности жилых домов

Потребитель электроэнергии	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
Квартиры с электрическими плитами	0,98	0,2
Квартиры с плитами на природном, газе, древесном или твердом топливе	0,96	0,29
Хозяйственные насосы, вентиляционные и другие санитарно-технические устройства	0,8	0,75
Лифты	0,65	1,17

Таблица 5.5 – Удельные расчетные электрические нагрузки, Вт/м², жилых зданий на шинах 0,4 кВ ТП

№ пп	Этажность застройки	Здание с плитами		
		на природном газе	на сжиженном газе или твердом топливе	электрическими
1	1 – 2 этажа	15,0/0,96	18,4/0,96	20,7/0,98
2	3 – 5 этажей	15,8/0,96	19,3/0,96	20,8/0,98
3	Более 5 этажей с долей квартир выше 6 этажей 20% 50% 100%	15,6/0,94 16,3/0,93 17,4/0,92	17,2/0,94 17,9/0,93 19,0/0,92	20,2/0,97 20,9/0,97 21,8/0,96
4	Более 5 этажей с квартирами повышенной комфортности (элитными)			17,8/0,96

Примечания:

1. В таблице учтены нагрузки насосов систем отопления, горячего водоснабжения и подкачки воды, установленных в ЦТП, или индивидуальных в каждом здании, лифтов и наружного освещения территории микрорайонов и не учтены нагрузки электроотопления, электроводонагрева и бытовых кондиционеров воздуха.
2. Удельные нагрузки определены исходя из средней общей площади квартир 70 м² в зданиях по типовым проектам и 150 м² – для квартир повышенной комфортности (элитных) в зданиях по индивидуальным проектам и относятся к расчетному сроку концепции (схемы) развития.
3. В знаменателе приведены значения коэффициента мощности.
4. При определении электрических нагрузок в существующих или проектируемых районах со средней площадью квартир 55 м² величины удельных нагрузок, приведенных в таблице 6, умножаются на коэффициент 1,3.

Таблица 6 – Варианты заданий

№ Варианта	Номера зданий				
1	1	6	53	63	101
2	2	7	54	64	102
3	3	8	55	65	103
4	4	9	56	66	104
5	5	21	55	67	144
6	6	20	58	68	106
7	7	12	59	69	107
8	8	13	43	70	108
9	9	18	44	94	109
10	41	15	45	72	110
11	42	16	63	95	111
12	12	19	64	96	112
13	13	18	65	75	113
14	1	21	41	97	143
15	2	20	42	98	115
16	3	18	43	99	116
17	4	19	44	94	117
18	5	15	45	95	120
19	6	16	46	96	119
20	7	12	48	97	145
21	8	13	49	98	146
22	9	19	50	99	147
23	1	18	51	63	148
24	2	49	53	64	103
25	3	48	54	65	104
26	4	50	55	66	144
27	5	1	56	67	106
28	16	2	57	68	107
29	21	3	58	69	108
30	20	4	59	70	109
31	18	5	41	72	110
32	19	6	42	75	111
33	51	7	43	63	112
34	50	8	44	64	113
35	20	9	45	65	115
36	21	12	46	66	116
37	1	13	48	67	117
38	2	15	49	68	120
39	3	16	50	69	119
40	4	18	51	70	113

Таблица 7 – Характеристики зданий

Номера зданий	Наименование зданий	Кол-во этажей	Кол-во квартир	Площадь на генплане
1,2,3,4	Угловая блок-секция	9	36	1200
5	2-х секционный жилой дом	5	30	200
6,7,12, 13	6-ти секционный жилой дом	5	90	600
8,9	Жилой дом	9	48	200
15	8-ми секционный жилой дом	9	220	1500
16	6-ти секционный жилой дом	9	192	1200
18,19	Жилой дом	13	48	225
20	4-х секционный жилой дом	5	45	400
21	8-ми секционный жилой дом	5	90	900
41-46	Жилой дом	12	48	225
48,49, 50	3-х секционный жилой дом	5	60	600
51	6-ти секционный жилой дом	9	192	1650
53	3-х секционный жилой дом	5	50	850
54	3-х секционный жилой дом	5	60	500
55	3-х секционный жилой дом	5	60	500
56	6-ти секционный жилой дом	5	90	1350
58	2-х секционный жилой дом	5	48	525
59	4-х секционный жилой дом	5	70	600
63	6-ти секционный жилой дом	5	60	500
64	3-х секционный жилой дом	5	60	500
65	4-ти секционный жилой дом	5	45	600
66	6-ти секционный жилой дом	5	90	1000
67	3-х секционный жилой дом	5	60	600
68	2-х секционный жилой дом	5	30	250
69	6-ти секционный жилой дом	5	90	900
70	2-х секционный жилой дом	5	30	300
72	3-х секционный жилой дом	5	70	600
75	4-х секционный жилой дом	5	80	600
94,95	6-ти секционный жилой дом	5	90	1000
96	4-х секционный жилой дом	5	45	500
97-99	Жилой дом	9	54	600
101	3-х секционный жилой дом	5	60	600
107,108	6-ти секционный жилой дом	5	90	900
104,106-108	3-х секционный жилой дом	5	60	600
109,110, 112,113	3-х секционный жилой дом	5	60	600
111	6-ти секционный жилой дом	5	90	900
143	6-ти секционный жилой дом	9	144	900
144	6-ти секционный жилой дом	5	60	900
145	4-х секционный жилой дом	5	60	700
146	6-ти секционный жилой дом	5	45	400
147,148	6-ти секционный жилой дом	5	90	950
115,116	3-х секционный жилой дом	5	60	600
117,119	6-ти секционный жилой дом	5	90	900
120	Жилой дом	9	54	600

Практическое занятие №14. Определение расчетных электрических нагрузок общественных зданий.

Теоретическая часть

Теоретическая часть приведена в методических указаниях к выполнению контрольной работы.

Задача

Рассчитать электрические нагрузки общественных зданий.

Исходные данные приведены в таблицах 1 – 2.

Таблица 1 – Варианты заданий

№ Варианта	Номера зданий				
1	10	11	14	17	22
2	47	52	62	71	73
3	100	105	114	141	74
4	142	121	123	147	75
5	148	149	150	151	76
6	160	161	162	163	77
7	10	11	114	147	76
8	47	52	123	151	77
9	100	105	150	163	22
10	142	121	162	17	73
11	148	149	14	71	74
12	160	161	62	141	75
13	10	14	100	17	148
14	11	47	123	141	149
15	160	121	114	123	150
16	161	14	100	147	151
17	162	47	105	62	114
18	163	121	114	22	142
19	22	17	11	14	10
20	73	71	52	62	47
21	74	141	105	114	100
22	75	147	121	123	142
23	76	151	149	150	148
24	77	163	161	162	160
25	76	147	11	114	10
26	77	151	52	123	47
27	22	163	105	150	100
28	73	17	121	162	142
29	74	71	149	14	148
30	75	141	161	62	160
31	148	17	14	100	10
32	149	141	47	105	11
33	150	123	121	114	160
34	151	147	14	100	161
35	114	62	47	105	162

№ Варианта	Номера зданий				
36	142	22	121	114	163
37	161	162	160	10	141
38	148	17	151	100	149
39	47	150	114	105	162
40	162	121	123	142	149
41	10	11	14	71	74
42	47	52	62	141	75
43	100	105	114	17	148
44	142	121	123	141	149
45	148	149	150	123	150
46	160	161	162	147	151
47	10	11	114	62	114
48	47	52	123	22	142
49	100	105	150	14	10
50	142	121	162	62	47
51	148	149	14	114	100
52	160	161	62	123	142
53	10	14	100	150	148
54	11	47	105	162	160
55	160	121	114	105	10
56	161	14	100	123	47
57	162	47	105	150	100
58	163	121	114	162	142
59	22	17	11	14	148
60	73	71	52	62	160
61	74	141	105	100	10
62	75	147	121	105	11
63	76	151	149	114	160
64	77	163	161	100	161
65	76	147	11	105	162
66	77	151	52	114	163
67	22	163	105	10	141
68	73	17	121	100	149
69	74	71	149	105	162
70	75	141	161	142	149

Таблица 2 – Характеристики зданий

Номера зданий	Наименование зданий
10	Магазин промтоварный, 250 кв. м
11	Магазин продовольственный, 250 кв. м
14	Детские ясли-сад, 280 мест
17	Магазин овощи, цветы, спорткульттовары, 1435 кв.м
22	Школа, 1568 учащихся
47	Детский ясли-сад, 180 мест
52	Телеателье, кассы, почта, телеграф, 18 раб. мест
62	Клуб на 400 мест
71	Кафе-столовая на 50 мест
73, 74, 75, 76, 77	Общежитие на 360 мест
100	Школа на 1280 учащихся
105	Школа на 1380 учащихся
114	Школа на 1480 учащихся
141	Магазин продовольственный, 86 кв. м
142	Столовая на 80 мест
121	Детские ясли-сад, 240 мест
123	Магазин промтоварный, 250 кв. м
147	Магазин продовольственный, 250 кв. м
148	Телеателье, кассы, почта, телеграф, 19 раб. мест
149	Телеателье, кассы, почта, телеграф, 16 раб. мест
150	Телеателье, кассы, почта, телеграф, 12 раб. мест
151	Телеателье, кассы, почта, телеграф, 14 раб. мест
160	Магазин промтоварный, 350 кв. м
161	Магазин продовольственный, 350 кв. м
162	Магазин промтоварный, 300 кв. м
163	Магазин продовольственный, 300 кв. м

Практическое занятие №15. Выбор сечений кабельных линий напряжением 10 кВ

Теоретическая часть

Выбор сечения кабельных линий производим по экономической плотности тока в зависимости от металла провода и числа часов использования максимума нагрузки по формуле:

$$F_{\text{ЭК}} = \frac{I_{\text{Р}}}{j_{\text{ЭК}}}, \quad (1)$$

где $I_{\text{Р}}$ – расчетный ток, А, определяется по формуле:

$$I_{\text{Р}} = \frac{S_{\text{Р}}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}}; \quad (2)$$

n – число кабелей;

$j_{\text{ЭК}}$ – экономическая плотность тока;

$S_{\text{Р}}$ – полная расчетная нагрузка ГП.

В послеаварийном режиме ток определяется как:

$$I_{\text{Р}}^{\text{П/АВ}} = \frac{S_{\text{Р}}^{\text{П/АВ}}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}}. \quad (3)$$

Далее проверяем выбранное сечение жил кабельной линии на нагрев нормальном и послеаварийном режиме током $I'_{\text{Р}}$, определяемым по выражению.

$$I'_{\text{Р}} = \frac{S'_{\text{Р}}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}}, \quad (4)$$

где $S'_{\text{Р}}$ – мощность, которую должны пропустить КЛ, исходя из полной загрузки основного оборудования.

$$I_{\text{ДОП}} = I_{\text{ДОП.ТАБЛ}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{П}} \geq I'_{\text{Р}}, \quad (5)$$

$$I_{\text{ДОП}}^{\text{П/АВ}} = K_{\text{ПЕР}} \cdot I_{\text{ДОП}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{П}} \geq I_{\text{Р}}^{\text{П/АВ}}, \quad (6)$$

где $K_{\text{П}}$ – поправочный коэффициент на число работающих кабелей, лежащих рядом в земле;

K_T – поправочный коэффициент на температуру окружающей среды и допустимую температуру кабеля;

$K_{\text{ПЕР}}$ – коэффициент перегрузки $K_{\text{ПЕР}} = 1,23$ при прокладке в земле.

Коэффициент загрузки кабеля в нормальном режиме определяется по формуле:

$$K_3 = \frac{I_p}{I_{\text{доп}}}. \quad (7)$$

Коэффициент загрузки кабеля в нормальном режиме определяется по формуле:

$$K_3^{\text{П/АВ}} = \frac{I_p^{\text{П/АВ}}}{I_{\text{доп}}}. \quad (8)$$

Потери напряжения:

$$\Delta U_{\text{н}} \% = \frac{K_3 \cdot L}{l_{\text{уд}}}, \quad (9)$$

где $l_{\text{уд}}$ – длина кабеля на 1 % потерь напряжения;

L – длина кабеля, км.

Потери мощности:

$$\Delta P = n \cdot K_3^2 \cdot L \cdot P_{\text{уд}}. \quad (10)$$

Потери электроэнергии:

$$\Delta W = \Delta P \cdot \tau, \quad (11)$$

где $P_{\text{уд}}$ – длина кабеля на 1 % потерь мощности.

Задача

Выбрать сечение кабельной линии напряжением 10 кВ питающей трансформаторную подстанцию 10/0,4 кВ. Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Варианты заданий

№ варианта	Линия	L , м	$U_{ном}$, кВ	S_p , кВА	$\cos\varphi$	$S_{ТР-РА}$, кВА	$N_{ТРАНС}$, шт.
1	ГПП-ТП	150	10,5	2080	0,75	1600	2
2	ГПП-ТП	155	10,5	1300	0,76	1000	2
3	ГПП-ТП	160	10,5	3250	0,77	2500	2
4	ГПП-ТП	165	10,5	2176	0,78	1600	2
5	ГПП-ТП	170	10,5	1360	0,79	1000	2
6	ГПП-ТП	175	10,5	3400	0,8	2500	2
7	ГПП-ТП	180	10,5	2272	0,81	1600	2
8	ГПП-ТП	185	10,5	1420	0,82	1000	2
9	ГПП-ТП	190	10,5	3550	0,83	2500	2
10	ГПП-ТП	195	10,5	2368	0,84	1600	2
11	ГПП-ТП	200	10,5	1480	0,85	1000	2
12	ГПП-ТП	205	10,5	3700	0,86	2500	2
13	ГПП-ТП	210	10,5	2464	0,87	1600	2
14	ГПП-ТП	215	10,5	1540	0,88	1000	2
15	ГПП-ТП	220	10,5	3850	0,89	2500	2
16	ГПП-ТП	225	10,5	2560	0,9	1600	2
17	ГПП-ТП	230	10,5	1600	0,91	1000	2
18	ГПП-ТП	235	10,5	4000	0,92	2500	2
19	ГПП-ТП	240	10,5	2656	0,93	1600	2
20	ГПП-ТП	245	10,5	1660	0,94	1000	2
21	ГПП-ТП	250	10,5	4150	0,93	2500	2
22	ГПП-ТП	255	10,5	2752	0,92	1600	2
23	ГПП-ТП	260	10,5	1720	0,91	1000	2
24	ГПП-ТП	265	10,5	4300	0,9	2500	2
25	ГПП-ТП	270	10,5	2848	0,89	1600	2
26	ГПП-ТП	275	10,5	1780	0,88	1000	2
27	ГПП-ТП	280	10,5	4450	0,87	2500	2
28	ГПП-ТП	285	10,5	2944	0,86	1600	2
29	ГПП-ТП	290	10,5	1840	0,85	1000	2
30	ГПП-ТП	295	10,5	4600	0,84	2500	2
31	ГПП-ТП	300	10,5	3040	0,83	1600	2
32	ГПП-ТП	305	10,5	1900	0,82	1000	2
33	ГПП-ТП	310	10,5	4750	0,81	2500	2
34	ГПП-ТП	315	10,5	1952	0,8	1600	2
35	ГПП-ТП	320	10,5	1220	0,79	1000	2
36	ГПП-ТП	325	10,5	3050	0,78	2500	2
37	ГПП-ТП	330	10,5	2016	0,77	1600	2
38	ГПП-ТП	335	10,5	1260	0,76	1000	2
39	ГПП-ТП	340	10,5	3150	0,75	2500	2
40	ГПП-ТП	345	10,5	2080	0,74	1600	2
41	ГПП-ТП	350	10,5	1300	0,73	1000	2
42	ГПП-ТП	355	10,5	3250	0,72	2500	2
43	ГПП-ТП	360	10,5	2144	0,71	1600	2
44	ГПП-ТП	365	10,5	1340	0,72	1000	2
45	ГПП-ТП	370	10,5	3350	0,73	2500	2
46	ГПП-ТП	375	10,5	2208	0,74	1600	2
47	ГПП-ТП	370	10,5	1380	0,75	1000	2

48	ГПП-ТП	365	10,5	3450	0,76	2500	2
49	ГПП-ТП	360	10,5	2272	0,77	1600	2
50	ГПП-ТП	355	10,5	1420	0,78	1000	2
51	ГПП-ТП	350	10,5	3550	0,79	2500	2
52	ГПП-ТП	345	10,5	2336	0,8	1600	2
53	ГПП-ТП	340	10,5	1460	0,81	1000	2
54	ГПП-ТП	335	10,5	3650	0,82	2500	2
55	ГПП-ТП	330	10,5	2400	0,83	1600	2
56	ГПП-ТП	325	10,5	1500	0,84	1000	2
57	ГПП-ТП	320	10,5	3750	0,85	2500	2
58	ГПП-ТП	315	10,5	2464	0,86	1600	2
59	ГПП-ТП	310	10,5	1540	0,87	1000	2
60	ГПП-ТП	305	10,5	3850	0,88	2500	2
61	ГПП-ТП	300	10,5	2528	0,89	1600	2
62	ГПП-ТП	295	10,5	1580	0,9	1000	2
63	ГПП-ТП	290	10,5	3950	0,91	2500	2
64	ГПП-ТП	285	10,5	2592	0,92	1600	2
65	ГПП-ТП	280	10,5	1620	0,93	1000	2
66	ГПП-ТП	275	10,5	4050	0,94	2500	2
67	ГПП-ТП	270	10,5	2720	0,95	1600	2
68	ГПП-ТП	265	10,5	1700	0,96	1000	2
69	ГПП-ТП	260	10,5	4250	0,97	2500	2
70	ГПП-ТП	255	10,5	2784	0,98	1600	2

Кафедра АЭС

Практическое занятие №16. Выбор сечений кабельных линий напряжением 0,4 кВ

Теоретическая часть

Выбор сечения линий 0,4 кВ производится по нагреву аналогично выбору сечений линий 10 кВ.

Задача

Выбрать сечение кабельной линии напряжением 0,4 кВ, питающейся от трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ. Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Варианты заданий

№ варианта	Линия	L , м	$U_{ном}$, кВ	S_p , кВ $\cdot$ мм	$\cos\varphi$	Категория электроснабжения
1	ТП-РУ	175	0,4	275	0,75	1
2	ТП-РУ	350	0,4	200	0,76	1
3	ТП-РУ	60	0,4	198	0,77	1
4	ТП-РУ	175	0,4	315	0,78	1
5	ТП-РУ	225	0,4	195	0,79	1
6	ТП-РУ	200	0,4	370	0,8	1
7	ТП-РУ	205	0,4	400	0,81	1
8	ТП-РУ	180	0,4	495	0,82	1
9	ТП-РУ	184	0,4	289	0,83	1
10	ТП-РУ	368	0,4	210	0,84	1
11	ТП-РУ	63	0,4	208	0,85	1
12	ТП-РУ	184	0,4	331	0,86	1
13	ТП-РУ	236	0,4	205	0,87	1
14	ТП-РУ	210	0,4	389	0,88	1
15	ТП-РУ	215	0,4	420	0,89	1
16	ТП-РУ	189	0,4	520	0,9	1
17	ТП-РУ	167	0,4	263	0,91	1
18	ТП-РУ	335	0,4	191	0,92	1
19	ТП-РУ	57	0,4	189	0,93	1
20	ТП-РУ	167	0,4	301	0,94	1
21	ТП-РУ	215	0,4	186	0,93	1
22	ТП-РУ	191	0,4	354	0,92	1
23	ТП-РУ	195	0,4	382	0,91	1
24	ТП-РУ	172	0,4	473	0,9	1
25	ТП-РУ	159	0,4	250	0,89	1
26	ТП-РУ	319	0,4	182	0,88	1
27	ТП-РУ	54	0,4	180	0,87	1
28	ТП-РУ	159	0,4	287	0,86	1

29	ТII-РУ	205	0,4	177	0,85	1
30	ТII-РУ	182	0,4	337	0,84	1
31	ТII-РУ	186	0,4	364	0,83	1
32	ТII-РУ	164	0,4	450	0,82	1
33	ТII-РУ	179	0,4	281	0,81	1
34	ТII-РУ	357	0,4	204	0,8	1
35	ТII-РУ	61	0,4	202	0,79	1
36	ТII-РУ	179	0,4	321	0,78	1
37	ТII-РУ	230	0,4	199	0,77	1
38	ТII-РУ	204	0,4	377	0,76	1
39	ТII-РУ	209	0,4	408	0,75	1
40	ТII-РУ	184	0,4	505	0,74	1
41	ТII-РУ	188	0,4	295	0,73	1
42	ТII-РУ	375	0,4	214	0,72	1
43	ТII-РУ	64	0,4	212	0,71	1
44	ТII-РУ	188	0,4	338	0,72	1
45	ТII-РУ	241	0,4	209	0,73	1
46	ТII-РУ	214	0,4	397	0,74	1
47	ТII-РУ	219	0,4	428	0,75	1
48	ТII-РУ	193	0,4	530	0,76	1
49	ТII-РУ	170	0,4	268	0,77	1
50	ТII-РУ	342	0,4	195	0,78	1
51	ТII-РУ	58	0,4	193	0,79	1
52	ТII-РУ	170	0,4	307	0,8	1
53	ТII-РУ	219	0,4	190	0,81	1
54	ТII-РУ	195	0,4	361	0,82	1
55	ТII-РУ	199	0,4	390	0,83	1
56	ТII-РУ	175	0,4	482	0,84	1
57	ТII-РУ	162	0,4	255	0,85	1
58	ТII-РУ	325	0,4	186	0,86	1
59	ТII-РУ	55	0,4	184	0,87	1
60	ТII-РУ	172	0,4	293	0,88	1
61	ТII-РУ	209	0,4	181	0,89	1
62	ТII-РУ	186	0,4	344	0,9	1
63	ТII-РУ	190	0,4	371	0,91	1
64	ТII-РУ	167	0,4	459	0,92	1
65	ТII-РУ	183	0,4	287	0,93	1
66	ТII-РУ	364	0,4	208	0,94	1
67	ТII-РУ	62	0,4	206	0,95	1
68	ТII-РУ	183	0,4	327	0,96	1
69	ТII-РУ	235	0,4	203	0,97	1
70	ТII-РУ	208	0,4	385	0,98	1

Практическое занятие №17. Выбор числа и мощности трансформаторов главной понизительной подстанции

Теоретическая часть

При наличии потребителей 1-й и 2-й категории электроснабжения на ГПП устанавливаются два трансформатора, номинальная мощность каждого из них определяется как

$$S_{\text{ТР}} \geq \frac{S_{\text{ГПР}}}{1,6 \div 1,7}, \quad (1)$$

Задача

Выбрать число и мощность трансформаторов главных понизительных подстанций. Исходные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Варианты заданий

№ варианта	Главная понизительная подстанция									
	1		2		3		4		5	
	P, МВт	cosφ	P, МВт	cosφ	P, МВт	cosφ	P, МВт	cosφ	P, МВт	cosφ
1	8	0,76	13	0,87	33	0,92	42	0,74	34	0,82
2	11	0,83	16	0,94	36	0,96	45	0,81	37	0,89
3	14	0,9	19	0,92	39	0,92	43	0,88	40	0,96
4	17	0,97	22	0,9	42	0,88	41	0,95	39	0,94
5	20	0,93	25	0,88	45	0,84	39	0,93	38	0,92
6	23	0,89	28	0,86	43	0,8	37	0,91	37	0,9
7	26	0,85	31	0,84	41	0,76	35	0,89	36	0,88
8	24	0,81	34	0,82	39	0,72	33	0,87	35	0,86
9	21	0,77	37	0,8	37	0,68	31	0,85	34	0,84
10	20	0,73	40	0,78	35	0,67	29	0,83	33	0,82
11	18	0,75	43	0,76	33	0,66	27	0,81	32	0,8
12	16	0,77	38	0,74	31	0,67	25	0,79	31	0,78
13	14	0,79	33	0,72	29	0,68	23	0,77	30	0,76
14	12	0,81	28	0,7	27	0,69	21	0,75	29	0,74
15	10	0,83	23	0,74	25	0,7	19	0,73	28	0,72
16	15	0,85	18	0,78	23	0,71	17	0,71	27	0,7
17	20	0,87	13	0,82	21	0,72	15	0,69	26	0,68
18	25	0,89	8	0,86	19	0,73	13	0,67	25	0,66
19	30	0,91	16	0,9	17	0,74	11	0,68	24	0,64
20	35	0,93	24	0,94	15	0,75	9	0,69	23	0,67
21	29	0,95	32	0,91	13	0,76	12	0,7	22	0,7
22	23	0,97	40	0,88	11	0,77	15	0,71	21	0,73

23	17	0,91	48	0,85	9	0,78	18	0,72	20	0,76
24	11	0,85	45	0,82	13	0,79	21	0,73	19	0,79
25	9	0,79	42	0,79	17	0,8	24	0,74	18	0,82
26	12	0,73	39	0,76	21	0,81	27	0,75	17	0,85
27	15	0,67	36	0,73	25	0,82	30	0,76	16	0,88
28	18	0,69	33	0,7	29	0,83	33	0,77	15	0,91
29	21	0,71	30	0,67	33	0,84	36	0,78	14	0,94
30	24	0,73	27	0,71	37	0,85	39	0,79	13	0,97
31	27	0,75	24	0,75	41	0,86	42	0,8	12	0,96
32	30	0,77	21	0,79	35	0,87	38	0,81	11	0,95
33	33	0,79	18	0,83	29	0,88	34	0,82	10	0,94
34	36	0,81	15	0,87	23	0,89	30	0,83	9	0,93
35	39	0,83	12	0,91	17	0,9	26	0,84	12	0,92
36	32	0,85	9	0,95	11	0,91	22	0,85	15	0,91
37	25	0,87	13	0,92	14	0,92	18	0,86	19	0,9
38	18	0,89	17	0,89	17	0,93	14	0,87	21	0,89
39	11	0,91	21	0,86	20	0,94	10	0,88	24	0,88
40	19	0,93	25	0,83	23	0,95	6	0,89	27	0,87
41	42	0,74	34	0,82	23	0,91	40	0,88	11	0,77
42	45	0,81	37	0,89	17	0,91	48	0,85	9	0,78
43	43	0,88	40	0,96	11	0,85	45	0,82	13	0,79
44	41	0,95	39	0,94	9	0,79	42	0,79	17	0,8
45	39	0,93	38	0,92	12	0,78	39	0,76	21	0,81
46	37	0,91	37	0,9	15	0,67	36	0,73	25	0,82
47	35	0,89	36	0,88	18	0,69	33	0,7	29	0,83
48	33	0,87	35	0,86	21	0,71	30	0,67	33	0,84
49	31	0,85	34	0,84	24	0,73	27	0,71	37	0,85
50	29	0,83	33	0,82	27	0,75	24	0,75	41	0,86
51	27	0,81	32	0,8	30	0,77	21	0,79	35	0,87
52	25	0,79	31	0,78	33	0,79	18	0,83	29	0,88
53	23	0,77	30	0,76	36	0,81	15	0,87	23	0,89
54	21	0,75	29	0,74	39	0,83	12	0,91	17	0,9
55	19	0,73	28	0,72	32	0,85	9	0,95	11	0,91
56	17	0,7	27	0,7	25	0,87	13	0,92	14	0,92
57	15	0,69	26	0,68	18	0,89	17	0,89	17	0,93
58	13	0,67	25	0,66	11	0,91	21	0,86	20	0,94
59	11	0,68	24	0,64	19	0,93	25	0,83	23	0,95
60	9	0,69	23	0,67	20	0,93	25	0,88	45	0,91
61	12	0,7	22	0,7	23	0,89	28	0,86	43	0,85
62	15	0,71	21	0,73	26	0,85	31	0,84	41	0,79
63	10	0,75	19	0,74	24	0,83	8	0,76	13	0,87
64	5	0,79	17	0,75	22	0,81	11	0,83	16	0,94
65	0	0,83	15	0,76	20	0,79	14	0,9	19	0,92
66	8	0,87	13	0,77	18	0,8	17	0,97	22	0,9
67	16	0,91	11	0,78	16	0,81	20	0,93	25	0,88
68	24	0,88	9	0,79	19	0,82	23	0,89	28	0,86
69	32	0,85	7	0,8	22	0,83	26	0,85	31	0,84
70	40	0,82	5	0,81	25	0,84	24	0,81	34	0,82

Практическое занятие №18. Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций

Теоретическая часть

При определении числа и мощности ТП следует учесть ряд факторов, таких как: категория надежности электроснабжения, перегрузочная способность трансформаторов, компенсация реактивных нагрузок на напряжении до 1 кВ, шаг стандартных мощностей, экономичность режимов работы трансформаторов в зависимости от графика нагрузки.

Ориентировочный выбор числа и мощности цеховых трансформаторов производится по поверхностной плотности нагрузки цеха.

Выбор средств компенсации реактивной мощности и мощности компенсирующих устройств на стороне с напряжением 0,4 кВ осуществляется следующим образом: определяется мощность низковольтных батарей конденсаторов (БНК), устанавливаемых в сети до 1 кВ, по критерию выбора минимального числа цеховых ТП, определяется реактивная мощность синхронных двигателей.

Для каждой группы цеховых трансформаторов одинаковой мощности определяется минимальное их число, необходимое для питания активной расчетной нагрузки:

$$N_T = \frac{P_{PH}}{K_{3T} \cdot S_T}, \quad (1)$$

где P_{PH} – активная расчетная нагрузка до 1 кВ данной группы цеховых трансформаторов;

K_{3T} – рекомендуемый коэффициент загрузки трансформаторов;

S_T – единичная мощность цеховых трансформаторов.

Наибольшее значение реактивной мощности, которое может быть передано через трансформаторы в сеть до 1 кВ:

$$Q_T = \sqrt{(1,1 \cdot S_T \cdot N_T \cdot K_{3T})^2 - P_{PH}^2}, \quad (2)$$

Мощность низковольтных батарей конденсаторов (БНК), устанавливаемых в сети до 1 кВ:

$$Q_{\text{НК}} = Q_{\text{РН}} - Q_{\text{Т}} \quad (3)$$

Если $Q_{\text{НК}} < 0$, то БНК не требуются.

Задача

Определить число и мощность цеховых трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности на стороне 0,4 кВ. Исходные данные выдаются индивидуально.