**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**
**Федеральное государственное бюджетное**
**образовательное учреждение высшего образования**
**«Тульский государственный университет»**

**Институт *горного дела и строительства***
**Кафедра *«Санитарно-технические системы»***

Утверждено на заседании кафедры
«*СТС*»
«29» января 2019г., протокол №_5_

Заведующий кафедрой

_____*Р.А. Ковалев*

# Методические указания по выполнению курсовой работы

## *Электроснабжение зданий и населенных мест с основами электротехники и электроники*

**основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки
***08.03.01 «Строительство»***
с направленностью (профилем)
***Промышленное и гражданское строительство***

*Форма(ы) обучения: очная*

*Идентификационный номер образовательной программы: 080301-05-17*

*Тула 2019год*

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ
## рабочей программы дисциплины (модуля)

## Разработчик:

Ковалев Р.А.директор института горного дела и строительства, док. техн. наук, доцент

*(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)* *(подпись)*

# ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа является завершающим этапом изучения курса ***Электроснабжение зданий и населенных мест с основами электротехники и электроники.***

В данных методических указаниях рассмотрены вопросы проектирования применительно к мелким и средним промышленным объектам в целом. Задание на проектирование приведено в приложении 2. Для проектирования необходимы следующие исходные данные:

- генеральный план объекта;
- электрические нагрузки виде установленной мощности силовых электроприемников с учетом перспективы роста;
- сведения об источниках электроснабжения предприятия (схема существующего питания с указанием мощности питающих силовых трансформаторов, расстояние от источника питания, располагаемые напряжения на сборных шинах).

При реальном проектировании необходимы также дополнительные сведения об особенностях технологического процесса, графиках нагрузок цехов предприятия, высоте помещений, цехов и т.д.

Основными задачами проектирования являются:

- расчет электрических нагрузок;
- выбор места установки и мощность трансформаторов понизительной подстанции ТП промышленного объекта и места ее установки;
- выбор места установки, числа и мощности трансформаторов (ТП) с учетом полной компенсации реактивной мощности на них;
- проектирование системы электроснабжения;
- - расчет заземления и молниезащиты.

В курсовой работе могут ставиться руководителем также дополнительные задачи, содержание и объем которых отражаются в бланках заданий.

Курсовая работа состоит из пояснительной записки и графической части, выполненной в пояснительной записке. Графическая часть должна содержать: генплан промышленного объекта, плана освещения, однолинейная схема электроснабжения промышленного объекта.

В методических указаниях предлагается порядок выполнения работы, основные математические выражения, форма таблиц.

# КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА

Разработка работы электроснабжения промышленного объекта начинается с ознакомления с анализа категории надежности электроснабжения данного объекта.

При ограниченном числе электроприемников I и II категории в цехе вопросы их надежного питания следует рассматривать особо. Правильное определение категории является основой экономического решения системы электроснабжения без излишних затрат на резервирование. Поэтому при характеристике данного предприятия выявляются отдельные электроприемники или группы электроприемников, режимы их работы, специфически влияющие на выбор электроснабжения. В работе необходимо привести сведения о климатических условиях в районе проектируемого предприятия: загрязненности атмосферы, характеристике грунта и глубине его промерзания. Указывается продолжительность работы предприятия в году, число смен и степень их загрузки.

## 2. РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

В курсовой работе расчет электрических нагрузок промышленного объекта предлагается произвести по методу коэффициента спроса. Этот метод является приближенным и применяется только при расчете крупных узлов. Для каждого из цехов определяются активная и реактивная нагрузки. Располагая исходными данными в виде установленной мощности по цехам, расчетную активную нагрузку вычисляют по формуле, кВт:

$$P_P = K_{C.A.} \cdot P_У \ , \qquad (1)$$

где $P_У$ - суммарная установленная мощность силовых электроприемников цеха, кВт;

$K_{C.A.}$ - коэффициент спроса, определяемый исходными данными

Расчетная реактивная нагрузка определяется по формуле:

$$Q_P = P_P \cdot tg\varphi \ , \qquad (2)$$

где значение $tg\ \varphi$ находится соответственно величине $cos\ \varphi$, определяемой исходными данными

Результаты расчетов рекомендуется свести в таблицу 2.1.

Расчетная осветительная нагрузка определяется по удельной мощности на квадратный метр площади различных производственных, бытовых помещений и территории предприятия. При размещении на промышленном объекте различных технологических участков расчет ведется по основному производству.

Порядок вычислений следующий:

- определяется нормативная общая освещенность объекта (приложение 1);

- принимается тип светильника (возможно задаться только конструктивным исполнением - незащищенное открытое, незащищенное перекрытое, частично пылезащитное и т.д.) , причем предпочтение отдается светильникам с газоразрядными лампами;

- принимается высота подвеса светильников (высота помещения дана);

- определяется удельная мощность $P^O_{УД}$ в Вт/м$^2$;

- вычисляется установленная мощность освещения;

$$P^O_У = P^O_{УД} \cdot F \ , \qquad (3)$$

- определяется расчетная мощность освещения:

$$P^O_P = K_{C.O} \cdot P^O_У \ , \qquad (4)$$

где $K_{C\,O}$ - коэффициент спроса. Для территории можно принять

$P_{УД}^{О} = 0{,}22$ Вт/м$^2$.

При освещении лампами накаливания нормативная освещенность принимается на 1 ступень ниж.

Электрическая нагрузка освещения территории объекта должна быть присоединена в дальнейшем при проектировании трансформаторной подстанции.

Предварительные данные для расчета осветительных нагрузок сводятся в табл.2.2.

Таблица 2.2 - Удельная мощность освещения

| Объект | Источник Света | Принятый тип светильника | Высота подвеса, М | Освещенность, лк | Удельная мощность, Вт/м |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

Полная расчетная мощность потребителей до 1000 В каждого из цехов вычисляется по формуле, кВ·А:

$$S_{Р.Ц} = \sqrt{(P_{Р.С} + P_{Р.О})^2 + Q_Р^2} = \sqrt{P_{Р.Ц}^2 + Q_{Р.Ц}^2} \cdot \qquad (5)$$

Расчетная мощность объекта определяется раздельным суммированием активных и реактивных нагрузок.

При определении расчетной нагрузки по объекту складываются, как отмечалось выше, нагрузки электроприемников напряжением до 1000 В с осветительной нагрузкой объекта и территорий. С целью более правильного выбора сечений питающих линий и мощности главных трансформаторов необходимо учесть все потери мощности в элементах схемы электроснабжения. Поскольку распределительные сети и силовые трансформаторы еще не выбраны, то потерями в сетях можно пренебречь из-за их малости (они определяются при дальнейших расчетах), а потери мощности в цеховых трансформаторах можно применять приблизительно равными:

$$\Delta P_{Р.Ц} \approx 0{,}02 \cdot S_{Р.Ц} \quad \text{и} \quad \Delta Q \approx 0{,}1 \cdot S_{Р.Ц}. \cdot \qquad (6)$$

Таким образом, расчетная активная мощность низшего напряжения ТП определяется, кВт:

$$P_{Р.Н} = \Sigma[(P_{Р.Ц} + \Delta P_{Р.Ц}) + P_{Р.В}] \cdot K_{Р.М} \ , \qquad (7)$$

где $P_{Р.В}$ - расчетная нагрузка электроприемников выше 1000 В;

$K_{Р.М}$ - коэффициент разновременности максимумов нагрузки, принимаемый равным 0,9.

Ввиду того, что расчет компенсации реактивной мощности пока не произведен, для выбора трансформаторов ТП можно пользоваться выражением, кВ·А:

$$S_{P.T} = \sqrt{P_{CM.H}^2 + Q_{ЭС1}^2} \ , \qquad (8)$$

где $P_{CM.H} = \dfrac{P_{P.H}}{K_M} \ , \qquad (9)$

$$Q_{ЭС1} = P_{P.H.} \cdot tg\,\varphi_H \ , \qquad (10)$$

при этом коэффициент максимума $K_M$ принимается равным 1,05, а нормативное значение $tg\ \varphi_H$ энергосистемы принимается равным 0,27 при напряжении 35 кВ и 0,31 - при напряжении 110 кВ. Данное выражение учитывает условие, что максимум активных нагрузок энергосистемы совпадает с максимумом активной нагрузки объекта.

Таблица 2.3 - Расчет электрических нагрузок

| № п/п | Наименование потребителя | Силовая нагрузка | | | | | Осветительная нагрузка | | | | | | Силовая и осветительная нагрузки | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $P_У$ | $K_C$ | $\frac{\cos\varphi}{tg\varphi}$ | $P_P^C$ | $Q_P^C$ | $F$ | $P_{УД}^O$ | $P_У^O$ | $K_C^O$ | $P_P^O$ | $Q_P^O$ | $P_P$ | $Q_P$ | $S_P$ |
| | | кВт | - | - | кВт | квар | м$^2$ | кВт/м$^2$ | кВт | - | кВт | квар | кВт | квар | кВ·А |
| | | Потребители электроэнергии до 1000 В | | | | | | | | | | | | | |
| 1. | Электроприемник 1<br>Электроприемник 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| | Итого: | $\sum P_У$ | - | - | $\sum P_P^C$ | $\sum Q_P^C$ | $\sum F$ | - | $\sum P_У^O$ | - | $\sum P_P^O$ | - | $\sum P_P$ | $\sum Q_P$ | - |

Примечание. Коэффициент мощности синхронного электродвигателя принять предварительно равным единице, $cos\ \varphi_{СД} = 1$,

$tg\ \varphi_{СД} = 0$. Для асинхронных электродвигателей - по справочным данным.

Для определения сечений питающих линий воспользуемся выражением, учитывающим потери в трансформаторе ТП, кВ·А:

$$S_{P.B} = \sqrt{(P_{CM.H} + 0{,}02 \cdot S_{P.T})^2 + Q_{ЭС1}^2} \cdot \qquad (11)$$

Значения $P_{P.Ц}$, $Q_{P.Ц}$ и $S_{P.Ц}$, а также $P_{P.B}$, $Q_{P.B}$ могут быть вычислены по специальной программе для персональных ЭВМ, либо вручную.

Дальнейшие расчеты производятся вручную с использованием табл.2.4.

Таблица 2.4 - Расчетные мощности

| Объ-ект | $S_{P.Ц}$ кВ·А | $\Delta P$ кВт | $\Delta Q$ квар | $P_{P.Ц} + \Delta P_{P.Ц}$ кВт | $Q_{P.Ц} + \Delta Q_{P.Ц}$ квар |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | |

# 3. ВЫБОР МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ И ТИПА ЦЕХОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ЦЕХОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Подстанции должны располагаться возможно ближе к центру питаемых ими нагрузок. Рекомендуются к установке комплектные распределительные устройства и подстанции. С точки зрения экономии цветных металлов и годовых расчетных затрат наивыгоднейшим является смещение подстанций на некоторое расстояние от геометрического центра питаемых ими нагрузок в сторону источника питания. С этой целью должны применяться внутрицеховые, а также встроенные в здание цеха или пристроенные к нему ТП, выбор места расположения которых зависит от ширины (числа пролетов) и протяженности цеха, а также от технологического процесса и условий среды внутри цеха. Подстанции должны размещаться преимущественно вдоль одной из длинных сторон цеха (желательно ближайшей к источнику питания) или же в шахматном порядке с 2-х сторон цеха (при 2-х и более пролетах). При наличии цехов с малой расчетной мощностью (мелкие производства, склады и т.д.) они должны снабжаться электроэнергией от близлежащих крупных цехов линиями 0,38 кВ, а их мощность суммируется с мощностью питающего цеха. Освещение территорий предприятия может присоединяться к одной или распределяться по нескольким подстанциям.

На подстанциях рекомендуется устанавливать не более двух трансформаторов. Двухтрансформаторные цеховые подстанции целесообразно применять:

- при преобладании потребителей I категории и наличии потребителей особой группы;
- для сосредоточения цеховой нагрузки и отдельно стоящих объектов общезаводского назначения (компрессорные и насосные станции);
- для цехов с высокой удельной плотностью нагрузок (выше 0,5-0,7 кВ·А/м$^2$).

Для потребителей I категории, нагрузка которых составляет не более 20% от общей при близком расстоянии цеховых ТП друг от друга (75-150 м) допустимы однотрансформаторные подстанции, если их питание резервируется перемычкой (кабелем или магистралью) на стороне низшего напряжения подстанции. Потребители II категории могут получать энергию от однотрансформаторной подстанции, трансформаторы которых питаются по двум кабелям. Общая тенденция повышения надежности электроснабжения предполагает использовать 2-трансформаторные подстанции и для этих случаев.

В курсовой работе применяется следующий порядок выбора числа и мощности цеховых трансформаторов:

1. Ориентировочный выбор числа и мощности цеховых трансформаторов производится по удельной плотности нагрузки, кВ·А/м$^2$:

$$\sigma_P = \frac{S_P}{F}\ , \qquad (15)$$

где $S_p$ - расчетная нагрузка цеха, кВ·А;

$F$ - площадь цеха, м$^2$.

При плотности нагрузки напряжением 380 В до 0,2 кВ·А/м$^2$ целесообразно применять трансформаторы мощностью до 1000 кВ·А включительно, при плотности 0,2-0,3 кВ·А/м$^2$ - 1600 кВ·А. При плотности более 0,3 кВ·А/м$^2$ целесообразность применения трансформаторов мощностью 1600 кВ·А или 2500 кВ·А определяется технико-экономическим расчетом /11/. Практика проектирования считает оптимальной мощность 1000 кВ·А и в меньшей степени - 630 кВ·А.

2. Выбор мощности трансформаторов выполняется исходя из их рациональной загрузки в нормальном режиме с четом минимального, необходимого резервирования в послеаварийном режиме. При этом учитывается компенсация реактивной мощности.

Общее число трансформаторов определяется из выражения:

$$N_O = \frac{P_{CM}}{k_З \cdot S_{HOM.T}}\ , \qquad (16)$$

где $S_{HOM.T}$ - номинальная мощность трансформаторов в соответствии с вычисленной плотностью нагрузки, кВ·А. Возможно несколько вариантов номинальной мощности. При $N_O > 2$ необходимо пользоваться методикой определения оптимального числа трансформаторов с использованием формул и кривых, приведенных, в частности, в /11/.

$P_{CM}$ - средняя нагрузка за максимально загруженную смену, кВт:

$$P_{CM} = \frac{P_P}{k_M}\ , \qquad (17)$$

где $k_M$ - коэффициент максимума, принимаемый в пределах 1,05-1,15.

$k_З = \frac{S_P}{S_{HOM.T}}$ - коэффициент загрузки, принимаемый равным:

- 0,65-0,7 - для двухтрансформаторных ТП при преобладании нагрузок I категории;

- 0,7-0,8 - для однотрансформаторных подстанций с взаимным резервированием при преобладании нагрузок II категории;

- 0,9-0,95 - для однотрансформаторных подстанций при наличии складского резерва при преобладании нагрузок II категории, а также при нагрузках III категории.

В первых двух случаях значения коэффициентов загрузки трансформаторов определены из условий взаимного резервирования трансформаторов в аварийном режиме с учетом допустимой перегрузки оставшегося в работе трансформатора.

3. Принятые к установке силовые трансформаторы должны быть проверены на допустимые систематические перегрузки. Для двухтрансформаторных подстанций должно выполняться с учетом возможности отключения потребителей III категории соотношение:

$$1{,}4\, S_{НОМ.Т} \geq S_{Р\Sigma} \ . \qquad (18)$$

Для однотрансформаторных подстанций при $k_З$ в пределах 0,85-1,0 проверку при выполнении курсовой работы можно не производить.

Общее число типоразмеров трансформаторов не более 2-3. Результаты расчета сводятся в табл. 4.1.

Таблица 4.1 - Выбор цеховых трансформаторных подстанций

| № п/п | Наименование подстанции | Место расположения подстанции | Тип подстанций | Потребители эл. энергии | $P_Р$, кВт | $P_{СМ}$, кВт | Коэф. загрузки в норм. режиме | Кол-во трансформаторов | Мощность трансформатора, кВ·А |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

# 4. РАЗРАБОТКА СХЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

В этом разделе следует принципиально принять варианты выполнения внешнего электроснабжения, главной понизительной подстанции и внутризаводского электроснабжения, основывающиеся на надежности и экономичности.

Внешнее электроснабжение выполняется преимущественно воздушными линиями электропередач по схеме с ГПП (ЦРП), либо по схеме глубокого ввода с подстанциями глубокого ввода (ПГВ). Последняя схема целесообразна на средних и крупных предприятиях при наличии концентрированных узлов нагрузок, находящихся на значительном расстоянии, и к ее выбору следует относиться внимательно. Питающие ГПП воздушные ЛЭП могут выполняться двухцепными только для потребителей II и III категории. В зависимости от схемы питания (радиальная, или магистральная), удаленности от центра питания, окружающей среды и надежности возможны схемы ГПП со следующими аппаратами на стороне высшего напряжения:

1) только разъединители или глухое присоединение трансформатора;
2) короткозамыкатели и отделители;
3) разъединители и предохранители;
4) разъединители и короткозамыкатели;
5) выключатели.

На ГПП с радиальной схемой питания применяют, как правило, схему 4), на ПГВ - схему 2).

Для электроснабжения могут быть выбраны радиальные, магистральные или смешанные схемы в зависимости от размещения электрических нагрузок по территории предприятия, их величины, от категорий потребителей по требуемой степени надежности питания. Все элементы должны находиться в нормальном режиме под нагрузкой, а при аварии одного из элементов, оставшиеся в работе должны принять на себя существенную нагрузку потребителей I и II категории с учетом допустимой перегрузки.

Как правило, рекомендуется раздельная работа линии и трансформаторов с глубоким секционированием шин во всех звеньях системы распределения электрической энергии с целью резервирования.

При построении схем внутреннего электроснабжения распределительные пункты (РП) для питания потребителей напряжением выше 1000 В рекомендуется сооружать при числе отходящих от них линий не менее 8-10. Для сокращения количества РП рекомендуется пристраивать ГПП к цеху, имеющему потребителей напряжением выше 1000 В, если

это не связано со значительным смещением ГПП от центра электрических нагрузок. Если от РП получают энергию только потребители II и III категории, то АВР к РП не предусматривается и , следовательно, вместо межсекционного и вводных выключателей устанавливаются разъединители.

Питание цеховых подстанций рекомендуется осуществлять по схеме блока линия-трансформатор с глухим присоединением линии к трансформатору и без сооружения сборных шин первичного напряжения подстанций. При магистральной схеме число присоединяемых трансформаторов к одной магистрали принимается 2-3 при мощности трансформаторов 1600-1000 кВ·А. Применение магистралей напряжением выше 1000 В, выполненных токопроводами, целесообразно при высоких удельных плотностях нагрузок, концентрированных мощных потребителях и большом числе часов работы предприятия.

# 5. ВЫБОР СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТА

Выбор системы электроснабжения предприятия в целом производится на основании технико-экономических расчетов систем внешнего и внутреннего электроснабжения .

Внутризаводское электроснабжение может осуществляться на напряжениях 6, 10 и 35 кВ (последнее - для схемы глубокого ввода). В курсовом проекте необходимо выбрать два из этих напряжений и для предлагаемой схемы внутреннего электроснабжения для каждого из выбранных напряжений рассчитать затраты на систему электроснабжения.

Вариант электроснабжения на напряжении 6 кВ рекомендуется рассматривать в тех случаях, когда на предприятии имеется значительное количество электроприемников на этом напряжении. В отдельных случаях экономически оправданным при напряжении распределительной сети 10 кВ является использование для двигателей 6 кВ и 3 кВ схемы блока трансформатор-двигатель, трансформаторной подстанции 10/6 или 10/3 или применение на ГПП трехобмоточных трансформаторов со вторичными обмотками на 6 и 10 кВ.

Для каждого из рассматриваемых вариантов:

а) определяются потери активной и реактивной мощности в трансформаторах цеховых подстанций;

б) выбираются сечения кабельных линий напряжением до и выше 1000 В внутризаводской кабельной сети;

в) определяются технико-экономические показатели варианта (капитальные вложения, эксплуатационные расходы, потери электроэнергии, расход алюминия).

При подсчете капитальных вложений на систему внутризаводского электроснабжения учитывается стоимость цеховых трансформаторных подстанций, распределительных пунктов напряжением выше 1000 В, внутризаводской кабельной сети (кабелей напряжением до и выше 1000 В, проложенных от ГПП до цехов и между цехами). Для сравнения вариантов к эксплуатационным расходам достаточно отнести амортизационные отчисления от стоимости электрооборудования и стоимости потерь электроэнергии в элементах системы внутризаводского электроснабжения. Затратами на обслуживание можно пренебречь, считая их примерно одинаковыми для рассматриваемых вариантов. Данные о технико-экономических показателях наиболее полно изложены в разделе 3.

Сечения кабельных линий выше 1000 В выбираются приближенно (без проверки на термическую устойчивость) по следующим условиям:

1) экономическая плотность тока;

2) наименьшее сечение кабелей по условию нагрева наибольшим расчетным током в нормальном режиме; для ТП расчетный ток вычисляется из нормальной мощности трансформатора;

3) наименьшее сечение кабелей по условию нагрева при работе с перегрузкой в послеаварийном режиме.

Послеаварийной нагрузкой двухтрансформаторной ГПП можно считать 140%нормального тока трансформатора, комплектной цеховой ТП - 130%.

Допустимый ток для кабеля, проложенного в земле или в воздухе, равняется:

$$I_{ДОП} = I_{ТАБЛ} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \ , \qquad (19)$$

где $I_{ТАБЛ}$ - длительный ток в А для данного вида кабеля;

$k_1$ - поправочный коэффициент на температуру воздуха и земли. Следует учесть, что нормативные значения температуры земли 15°С, воздуха - 25°С, нормативная температура жил кабелей 65°С для воздуха, 65°С - для кабелей 6 кВ, проложенных в земле, 60°С - для кабелей 10 кВ в земле. Среднегодовая температура почвы - 8°С /4/.

$k_2$ - поправочный коэффициент на количество работающих кабелей, проложенных в земле. Для кабелей, проложенных открыто, принять равным 1.

$k_3$ - поправочный коэффициент на удельное сопротивление земли . При отсутствии данных принимать равным 1. При прокладке кабелей в условиях различной среды (например, при прокладке в земле и в воздухе) принимаются допустимые токи для участка с худшими условиями охлаждения при длине его более 10 м.

Допускаемая перегрузка кабелей с бумажной изоляцией в послеаварийном режиме (по 6 часов в течение 5 суток) равняется при прокладке в земле и предварительной нагрузке 0,6 номинального тока - на 25%, нагрузке 0,8 - на 20% .

Стоимость потерь активной энергии в трансформаторах определяется по формуле:

$$C_{ПТ} = (\Delta P_{XX} \cdot T_O + \Delta P_{КЗ} \cdot k_З^2 \cdot \tau) \cdot C_O \ , \qquad (20)$$

где $\Delta P_{XX}$ и $\Delta P_{КЗ}$ - соответственно потери холостого хода и короткого замыкания трансформатора;

$T_O$ - время работы трансформатора под напряжением, час/год;

$\tau$ - время максимальных потерь, час/год;

$k_З = \dfrac{S_P}{S_H}$ - коэффициент загрузки трансформатора по максимальной мощности (при условии полной компенсации $Q$);

$C_O$ - стоимость электроэнергии, руб./кВт·час.

Стоимость потерь активной энергии в линиях, руб./год:

$$C_{ПЛ} = 3 \cdot I_P^2 \cdot r_O \cdot l \cdot \tau \cdot C_O \cdot 10^{-3} \ , \qquad (21)$$

где $I_P$ - расчетный ток линии, А;

$r_O$ - удельное сопротивление линии, Ом/км;

$l$ - длина линии, км.

Технические данные трансформаторов и линий приведены в /3/, /5/, /6/. Результаты расчетов сводятся в табл. 6.1, 6.2, 6.3, 6.4.

Внешнее электроснабжение предприятия выполняется, как правило, по радиальной схеме или схеме глубокого ввода.

Ориентировочно величина напряжения может быть определена из выражения, кВ:

$$U = 4{,}34 \sqrt{l + 16 \cdot P_{PAC}} \ , \qquad (22)$$

где $l$ - длина линии, км.

Рассматриваются два ближайших варианта. Для каждого из рассматриваемых вариантов:

а) производится расчет трехфазного тока короткого замыкания в двух точках: на шинах подстанции энергосистемы и на шинах 6-10 кВ ГПП предприятия. Результаты расчета используются для предварительного выбора выключателей;

б) выбирается сечение провода воздушных линий по экономической целесообразности;

в) выбирается сечение провода воздушных линий по техническим условиям;

г) определяются технико-экономические показатели питающих линий, ГПП (капитальные вложения, эксплуатационные расходы, потери электроэнергии, расход алюминия).

Экономически целесообразное сечение провода ориентировочно находится по экономической плотности тока. Сечение, полученное в результате расчета по экономической плотности тока, округляется до ближайшего значения. Более точное определение экономически целесообразного сечения производится на основе технико-экономических расчетов в следующей последовательности:

1) определяются два стандартных сечения, одно меньше, а другое больше найденного по экономической плотности тока (если позволяют технические условия);

2) для каждого из сечений определяются ежегодные потери электроэнергии, расход цветного металла в годовые расчетные затраты;

3) строится кривая затрат в функции сечения провода $З = f(F)$ и определяется ее экстремум (минимум) и в качестве экономически целесообразного выбирается сечение, затраты для которого близки к минимальным.

При подсчете капитальных вложений на систему внешнего электроснабжения учитывается стоимость выключателей, устанавливаемых в начале линий, самих линий, силовых трансформаторов ГПП и коммутационной аппаратуры, устанавливаемой на ГПП (выключателей, отделителей, короткозамыкателей и разъединителей). Экономические параметры оборудования согласовываются с руководителем проекта и кафедрой экономики.

При подсчете стоимости потерь электроэнергии учитываются потери, возникающие в воздушных линиях и трансформаторах ГПП. Результаты расчетов сводятся в табл. 6.5.

На основании результатов расчетов, произведенных для системы внутреннего и внешнего электроснабжения предприятия, составляется итоговая таблица технико-экономических показателей систем электроснабжения завода в целом (см. табл. 6.6) и принимается, как наиболее рациональный, вариант схемы, имеющий наилучшие технико-экономические показатели. Далее дается описание принятой системы электроснабжения: описывается схема электрических соединений ГПП (ГРП), конструктивное выполнение подстанций и распределительных устройств.

## 7. ВЫБОР СРЕДСТВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Выбор средств компенсации реактивной мощности производится по методике, рассмотренной в /13/.

Таблица 5.1 - Выбор сечений кабельных линий внутризаводской сети

| Вариант | Номер линии | Назначение линии | Кол-во кабелей | Расчетная нагрузка на один кабель, А | | Длина линии, км | Способ прокладки | Поправ. коэффициент прокладки кабелей | | Марка и сечение кабелей | Допустимая нагрузка на один кабель, А | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | в нормальном режиме | в послеаварийном режиме | | | $k_1$ | $k_2$ | | в нормальном режиме | в послеаварийном режиме |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |

Таблица 5.2 - Определение капитальных затрат и расхода цветного металла на схему внутреннего электроснабжения

| Кабельные линии | | | | | | | | Высоковольтные аппараты | | | | Трансформаторы | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| № | Наименование линии | Марка, кол-во и сечение проводов | Длина линии $l$, км | Вес $g$ (один кабель), т/км | Стоим. 1 км линии (один кабель), тыс.р./км | Капит. вложения $K_Л$, тыс.р. | Расход цветного металла $G$, т | Тип | Кол-во, шт. | Стоимость аппарата, тыс.р. | Капит. затраты на аппараты $K_В$, тыс.р. | Тип | Кол-во, шт. | Стоимость трансформатора, тыс.р. | Капит. затраты $K_Т$, тыс.р. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |

Таблица 5.3 - Определение эксплуатационных расходов и потерь электроэнергии в линиях внутризаводской сети

| Линии | | | | | | | | | | | | | Выключатели | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| № п/п | Наименование | Марка, кол-во и сече- | Расчетный | Длина ли- | $C_О$, коп./кВт·ч | $\tau$, час | $\varphi_Л$, % | $\Delta P_Л$, кВт | $\Delta W_{АЛ}$ тыс. кВт·ч | $C_{ПЛ}$, тыс. руб./ | $K_Л$, тыс. руб./ | $C_{АЛ}$, тыс. руб. | $K_В$, тыс. руб. | $\varphi_В$, % | $C_{АВ}$, тыс. руб./ |

| | линии | ние кабеля | ток $I_P$, А | нии $l$, км | | | | | | год | год | | | | год |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |

Таблица 5.4 - Определение эксплуатационных расходов и потерь электроэнергии в трансформаторах

| № п/п | Кол-во и мощность транс-форматоров | Исходные данные | | | | | | | | Расчетные данные | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $S_P$, кВ·А | $\Delta P_{XX}$, кВт | $\Delta P_{K3}$, кВт | $C_O$, коп./ кВт·ч | $T_O$, час | $\tau$, час | $\varphi_T$, % | $K_T$, тыс. руб. | $\Delta P_T$, кВт | $\Delta W_{AT}$, тыс. кВт·ч | $C_{ПТ}$, тыс.р./ год | $C_{AT}$, тыс.р./ год | $k_3$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |

В таблице приняты следующие обозначения:

$F$ - сечение провода; $I_P$ - расчетный ток линии; $r_O$ - удельное активное сопротивление провода; $g$ - вес одного километра алюминия провода; $C$ - стоимость 1 км линии; $\varphi$ - % амортизационных отчислений; $C_O$ - стоимость электроэнергии; $\tau$ - время максимальных потерь; $\Delta P_Л$ - потери активной мощности в линии; $\Delta W_{АЛ}$ - потери энергии в линии; $C_{ПЛ}$ - стоимость потерь энергии; $C_{АЛ}$ - стоимость амортизационных отчислений; $C_{ЭЛ}$ - эксплуатационные расходы, $C_{ЭЛ} = C_{ПЛ} + C_{АЛ}$; $K_Л$ - стоимость линий; $P_H$ - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, $P_H = 0{,}120$; $З_Л$ - затраты на линию; $G$ - вес алюминия /4/, /10/.

Таблица 5.6 - Итоги сравнения вариантов системы электроснабжения

Примечание. В качестве примера в таблице указаны всевозможные напряжения систем внешнего и внутреннего электроснабжения.

# 7. АНАЛИЗ УРОВНЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Целью анализа уровней напряжения является:

а) определение необходимости применения средств регулирования напряжения;

б) выбор средств регулирования напряжения, мест их установки и требуемого диапазона регулирования напряжения;

в) определение номеров регулировочных ответвлений трансформаторов с переключением без возбуждения (ПБВ).

Исходные положения при анализе уровней напряжения.

1. Анализ режима напряжений ведется одновременно для всей распределительной сети.

2. Все участки сети и все нагрузки предполагаются симметричными и линейными.

3. Рассматриваются два параллельных режима: режим наибольших и режим наименьших нагрузок.

В качестве критерия правильности решения вопросов регулирования напряжения принимается условие:

$$V_+ \geq V \geq V_- \ , \qquad (23)$$

т.е. отклонения напряжения для всех приемников электрической энергии, присоединенных к рассматриваемой сети, не должны выходить за пределы технически допустимых значений.

В связи с тем, что в курсовом проекте цеховые сети 0,4 кВ не рассматриваются, при решении данного вопроса предлагается считать, что уровни напряжения на зажимах приемников 0,4 кВ соответствуют требованиям ГОСТ 13109-97, если отключения напряжения от номинального напряжения сети на шинах 0,4 кВ цеховых подстанций изменяются в пределах:

+4 - +6% в режиме максимальных нагрузок;

+1 - +5% в режиме минимальных нагрузок.

Нагрузки цеховых подстанций и приемников электроэнергии напряжением выше 1000 В в режиме максимальных нагрузок соответствуют расчетным нагрузкам, определенным в разделе 2 курсового проекта.

Нагрузки в минимальном режиме определяются приближенно, исходя из следующих соображений:

1) для подстанций цехов, работающих в три смены, активные нагрузки принимаются равными 80% среднегодовых активных, а реактивные - 90% среднегодовых реактивных нагрузок подстанций;

2) для подстанций цехов, работающих в две смены, предполагается, что вся нагрузка двухтрансформаторной подстанции в ночное время переводится на один из трансформаторов, и его загрузка в этот период составляет по активной мощности 20% от расчетной активной нагрузки, а реактивной - 30% от расчетной реактивной нагрузки подстанций;

3) на предприятии, работающем в две смены, все потребители напряжением выше 1000 В (кроме компрессорных и насосных) в ночное время отключаются, нагрузка компрессорных и насосных уменьшается на 50%;

4) на предприятиях, работающих в три смены, нагрузка потребителей выше
1000 В уменьшается на 10% по сравнению с расчетной.

При выборе способов регулирования напряжения в электрических сетях предприятия в первую очередь целесообразно рассматривать вариант установки на ГПП трансформаторов с РПН и трансформаторов ПБВ в цеховых подстанциях. В случае, если регулирования напряжения на шинах ГПП (ГРП) окажется недостаточно, следует рассмотреть возможность регулирования напряжения на отходящих линиях, совместное регулирование и другие способы.

Расчет производится в следующей последовательности.

1. Определяются расчетные нагрузки элементов сети (трансформаторов, линий) для режимов максимальных и минимальных нагрузок.

2. Определяются потери напряжения в элементах сети для рассматриваемых режимов по выражению, кВ:

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U_H^2} \qquad (24)$$

или его аналогам.

3. Результаты расчетов для ГПП сводятся в таблицу 8.1, для цеховых ТП - в таблицу 8.2 (последняя составляется для ближайшей и наиболее удаленной подстанции), графы 1-3. Производится анализ результатов и делается вывод о соответствии напряжения названным пределам.

4. На основании анализа выбирается положение регулятора РПН на ГПП в режиме максимальных и минимальных нагрузок, а также положение регулятора ПБВ на цеховой ТП. Последнее должно быть одинаково при максимуме и минимуме нагрузок. Результаты заносятся в графы 1-5 таблиц 8.1 и 8.2.

Например, для предприятия, получающего электроэнергию по ЛЭП 35 кВ при напряжении внутреннего электроснабжения 10 кВ с передачей по кабельным линиям в результате расчетов получилось, что без регулиро-

вания уровней напряжения на ГПП не выходят за норму, а на подстанции - не соответствуют ей. Применив РПН на трансформаторах ГПП, обеспечиваем соблюдение нужных напряжений (см. таблицу 7.1).

Таблица 7.1 - Потери напряжения для цеховой ТП

| Наименование Элемента | Потери напряжения, % | | | |
|---|---|---|---|---|
| | без регулирования | | с регулированием | |
| | макси-мальн. нагрузки | мини-мальн. нагрузки | макси-мальн. нагрузки | мини-мальн. нагрузки |
| Шины ГПП | 0 | +5 | +5 | +1,65 |
| КЛ - 10 кВ | -3 | -1,5 | -3 | -1,5 |
| Трансформатор цеховой подстанции<br>а) конструктивная надбавка<br>б) потери напряжения<br>в) надбавка Е (ПБВ) | <br><br>+5<br>-3<br>0 | <br><br>+5<br>-1,5<br>0 | <br><br>+5<br>-3<br>0 | <br><br>+5<br>-1,5<br>0 |
| Итого на шинах 0,4 кВ | -1 | +7 | +4 | +4,65 |

## 8. РАСЧЕТ ТОКА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ, ВЫБОР АППАРАТУРЫ И ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ

Выбираемые по условиям нормального режима коммутационные аппараты, токоведущие части, изоляторы схемы электроснабжения для повышения надежности должны проверяться на динамическую и термическую устойчивость от действия токов короткого замыкания, которые могут возникнуть в аварийных режимах.

Расчет токов к.з. следует начинать с составления расчетной схемы, исходя из нормального режима работы рассматриваемой схемы электроснабжения, не считаясь с кратковременными видоизменениями схемы. Более длительные видоизменения схемы должны учитываться. Так, например, при расчете токов к.з. на подстанциях с двумя секциями шин должен учитываться режим работы обеих секций от одного трансформатора или ввода с учетом подпитки места к.з. от всех двигателей, подключенных к обеим секциям шин. Подпитка места к.з. на стороне 6-10 кВ учитывается от всех синхронных генераторов и компенсаторов, а также синхронных и асинхронных электродвигателей мощностью 100 кВт и более, если эти

электродвигатели не отделены от точки к.з. реакторами и силовыми трансформаторами.

Расчетная схема получается из схемы электроснабжения путем исключения из последней тех линий и подстанций, по которым не будут протекать токи от источника питания к выбранным точкам к.з. На расчетной схеме надо указать основные параметры оборудования, которые потребуются для последующего расчета (номинальные мощности и напряжения короткого замыкания трансформаторов, длины и сечения линий, их удельные реактивные и активные сопротивления и т.д.). Точки расчета к.з. должны быть намечены на всех напряжениях схемы в местах наибольших значений токов: на первичной стороне трансформаторов ГПП, на сборных шинах 6-10 кВ, на шинах распределительных устройств при наличии подпитки от ближайших высоковольтных электродвигателей, на первичной и вторичной стороне наиболее мощных цеховых трансформаторов, подключенных короткой линией.

Для каждой из намеченных точек к.з. составляется схема замещения. В схеме замещения учитываются все сопротивления элементов цепи. Сопротивления рекомендуется выражать в относительных единицах.

После того, как схема замещения составлена, ее следует путем последовательных преобразований упростить и привести к удобному для расчета виду. После упрощения схемы определяется суммарное относительное результирующее сопротивление схемы до точки к.з.

Активное суммарное сопротивление цепи к.з. учитывается, если его величина больше 1/3 суммарного индуктивного сопротивления той же цепи. Далее определяются следующие величины токов короткого замыкания:

$I''_{no}$ - начальное значение периодической слагающей тока к.з. (начальный сверхпереходный ток к.з.);

$i_У$ - ударный ток к.з., необходимый для проверки элементов сети на динамическую устойчивость;

$I_У$ - наибольшее действующее значение полного тока к.з., необходимое для проверки электрических аппаратов на динамическую устойчивость;

$I_{0,2}$ - значение для $t$ = 0,2 с, необходимое для проверки выключателей по отключаемому ими току;

$I_\infty$ - действующее значение установившегося тока к.з., применяемого для проверки термической устойчивости элементов сети;

$S_{0,2}$ - мощность к.з. для $t$ = 0,2 с, необходимая для проверки выключателей по отключаемой ими мощности.

Результаты расчетов рекомендуется свести в таблицу 8.1.

Таблица 8.1

| | К – 1 | К - 2 | К – 3 | К - 4 |
|---|---|---|---|---|
| $I''_{по}$ | | | | |
| $i_У$ | | | | |
| $I_У$ | | | | |
| $I_\infty$ | | | | |
| $I_{0,2}$, $S_{0,2}$ | | | | |

Все элементы схемы электроснабжения выбираются по номинальным напряжениям и току с обязательной проверкой по устойчивости к токам короткого замыкания путем сопоставления технических данных выбираемых элементов с полученными расчетными значениями токов к.з. При использовании в распределительных устройствах комплектных ячеек рекомендуется сравнивать технические данные установленной в ячейке аппаратуры или параметры самой ячейки с расчетными значениями токов к.з. В курсовом проекте в зависимости от принятой схемы электроснабжения выбираются разъединители, отделители, короткозамыкатели на первичной стороне трансформаторов ГПП, масляные выключатели, выключатели нагрузки распределительных устройств, секционные выключатели, а также вводные и секционные автоматические воздушные выключатели напряжением 0,4 кВ цеховых трансформаторных подстанций. Следует помнить, что вводные и секционные выключатели на низкой стороне двухтрансформаторной подстанции выбираются, исходя из условий работы в послеаварийном режиме при питании обеих секций от одного трансформатора, работающего в условиях перегрузки.

При выборе аппаратуры должны учитываться условия среды, в которой работает аппарат: влажность, наличие вредных для изоляции и токоведущих частей паров, газов и т.д., а также технико-экономическая целесообразность.

Выбор изоляторов и шин распределительных устройств 6-10 кВ при условиях КЗ производить нецелесообразно. Достаточно, задавшись типом КРУ, проверить его по условиям к.з., поскольку все составляющие элементы соответствуют приведенным параметрам.

Для проверки полученных значений тока к.з. на стороне 0,4 кВ цеховых ТП можно использовать номограммы.

# 9. РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛЕНИЯ

С целью обеспечения безопасности людей по условиям режимов работы сетей, защиты электрооборудования от грозовых и других перенапряжений в электроустановках до и выше 1000 В должны быть сооружены заземляющие устройства и заземлены корпуса электрооборудования . Одно и то же заземляющее устройство на подстанции выполняет различные функции, являясь и защитным, и рабочим, и грозозащитным. Заземляющие устройства подстанций нормируются по величине сопротивления, растеканию тока заземлителя. Ниже приводятся нормы на заземление электроустановок, Ом:

- электроустановки до 1000 В с изолированной и глухозаземленной нейтралью - 4;

- электроустановки более 1000 В с большими токами замыкания на землю ($I_З$ < 500 А) - 0,5;

- электроустановки выше 1000 В с малыми токами замыкания на землю ($I_З$ < 500 А) - 250/$I_З$;

- то же, но заземляющее устройство используется одновременно и для установок до 1000 В - 125/$I_З$.

В установках с малыми токами замыкания на землю величины 250 и 125 являются наибольшими допустимыми напряжениями прикосновения. $I_З$ - расчетный ток замыкания на землю, который в установках, работающих в режиме с изолированной нейтралью, является емкостным током однофазного замыкания на землю и определяется приближенно из выражения, А:

$$I_З = \frac{U \cdot l_{КАБ}}{10}, \qquad I_З = \frac{U \cdot l_{ВОЗД}}{350},$$

где $U$ - линейное напряжение сети, кВ;

$l_{КАБ}$ , $l_{ВОЗД}$ - длина элекрически связанных между собой линий - кабельных и воздушных соответственно, км.

В курсовом проекте следует рассчитать отдельный искусственный заземлитель или искусственный заземлитель в дополнение к естественным заземлителям, если сопротивление растеканию последних не соответствует нормам.

По результатам расчета в пояснительной записке приводится эскиз заземляющего устройства, выполненный на плане подстанции или распределительного устройства.

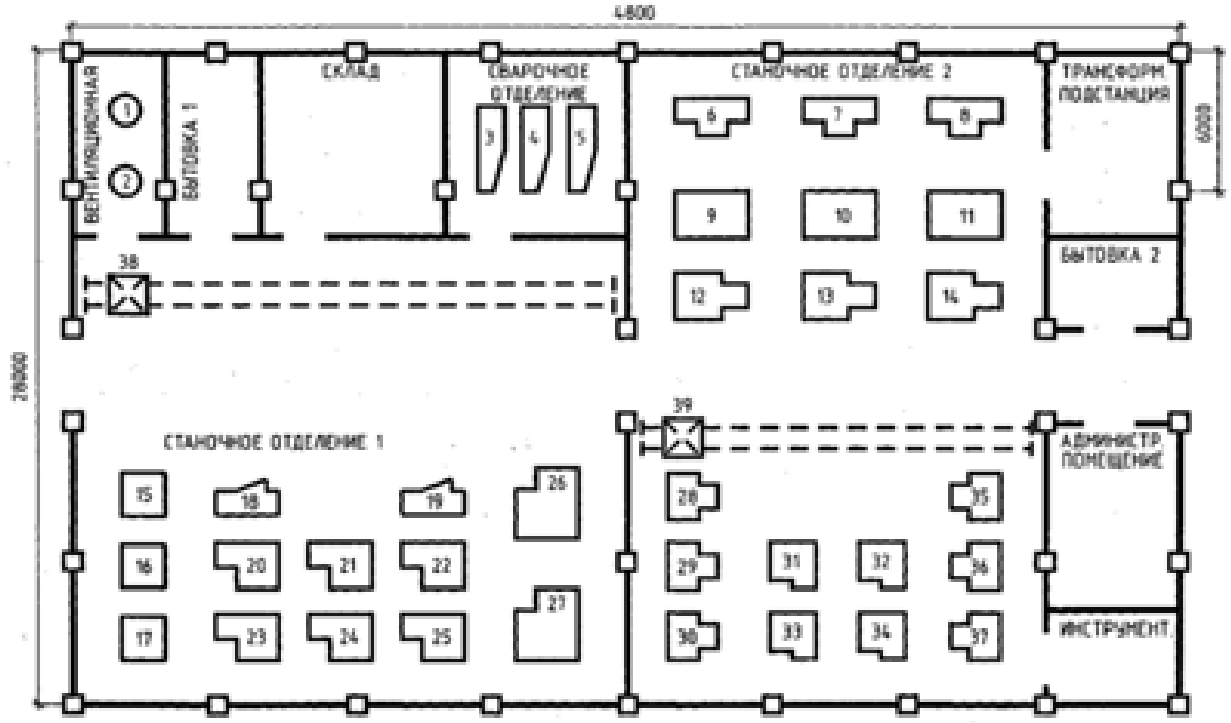
ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица П1 - Типы применяемых светильников и высота подвеса

| Производство | Освещенность | | Вид ИС | Высота под-веса, м | Характерные Светильники |
|---|---|---|---|---|---|
| | ЛЛ | ЛН | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. Литейные заводы и цеха | 150-300 | - | ДРЛ<br>ДРИ<br>ДНаТ | 8-20 | СД2ДРЛ<br>РСП05,<br>ХСП01, УПДДРЛ |
| 2. Механические и инструментальные цеха | 300-500 | - | ЛЛ,<br>ДРЛ<br>ДРИ | 6-8<br>12-18 | ЛД, ЛСП02,<br>ЛСП13<br>РСП18, СД2ДРЛ,<br>ГСП18 |
| 3. Сборочные цеха (в зависимости от габаритов изделия) | 200-500 | - | ЛЛ<br><br>ДРЛ<br>ДРИ<br>ДНаТ | 3,6-12<br><br>6-10<br>и выше | ЛД, ЛСП02,<br>ЛСП06, ЛСП13<br>УПДДРЛ<br>РСП05<br>ГСП18, ХССП-14 |
| 4. Гальванические цеха | 300 | 20 | ЛН<br>ЛЛ<br>ДРЛ | 4<br>6<br>10 | В3Г, В4А, Н4Б<br>ПВЛМ, НОГЛ<br>УПДДРЛ |
| 5. Окрасочные цеха | 150-200 | 100 | ЛН<br>ЛЛ<br>ДРЛ | 4<br>6-8<br>8-20 | В3Г, В4А, Н4Б<br>НОГЛ, ПВЛ1,<br>ПВЛП<br>ППДДРЛ, РСП11 |
| 6. Склады | 50-75 | 20-30 | ЛН<br>ЛЛ<br>ДРЛ<br>ДНаТ | 4<br>4-6<br>8 | <br>ЛСП13, ЛСП02<br>С35ДРЛ<br>ХССП01 |
| 7. Гаражи | 100-150 | 75 | ЛН<br>ЛЛ | 4-6<br>6-8 | ПСХ, НСП01<br>ПВЛМ, ПВЛП,<br>ЛСП02 |
| 8. Депо электрокар | 100-150 | 75 | ЛН<br>ЛЛ | 4-6<br>6-8 | НСП01<br>ЛСП02 |
| 9. Прокатные цеха | 200 | - | ДРЛ | 12-20 | РСП 13 |
| 10. Машинные залы на- | 150 | - | ЛЛ<br>ДРЛ | 6-8<br>12-18 | ЛСП02, ЛСП13<br>РСП13, РСП05 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| сосных, компрессорных | | | ДРИ | | ГСП10, ГСП14 |
| 11. Электромашиностроительное производство | 150-200 | - | ЛЛ<br>ДРЛ<br>ДРИ | 8-10<br>12-18 | ПВЛМ, ЛД, ЛСП13<br>РСП11, РСП12<br>ГСП10, ГСП14 |
| 12. Лесопильное производство | 150 | - | ЛЛ<br>ДРЛ<br>ДРИ | 6-8<br>6-18 | ПВЛМ<br>РСП11, РСП12<br>ГСП10, ГСП14 |
| 13. Столярное производство | 200 | - | ЛЛ<br>ДРЛ<br>ДРИ | 6-8<br>6-12 | ПВЛМ, ПВЛП, ПВЛ1<br>РСП11, РСП12<br>ГСП14 |
| 14. Мебельное производство | 300 | - | ЛЛ<br>ДРЛ<br>ДРИ | 6-8<br>6-12 | ПВЛМ, ПВЛП, ПВЛ1<br>РСП11, РСП12<br>ГСП14 |
| 15. Текстильное производство (прядильные, ткацкие) | 350-750 | - | ЛЛ | 5-6 | ПВЛП, ПВ11, ЛВП02<br>ЛВП04, ЛВП31 |
| 16. Трикотажная промышленность | 400-750 | - | ЛЛ | 4 | ЛВП04 |
| 17. Швейная промышленность | 600 | - | ЛЛ | 4 | ЛВП04 |
| 18. Сварочные участки | 200 | - | ЛЛ<br>ДРЛ<br>ДРИ | 5-6<br>9-15 | ЛД, ЛСП02, ЛСП13<br>РСП05, РСП08, РСП18<br>ГСП10, ГСП18 |

Приложение 2
Промышленный объект№1




Промышленный объект получает ЭСН от главной понизительной подстанции (ГПП). Расстояние от ГПП до цеховой ТП — 0,9 км, а от энергосистемы (ЭСН) до ГПП — 14 км. Напряжение на ГПП — 6 и 10 кВ.

ТП должна быть размещена на территории объекта

Количество рабочих смен — 2. Потребители цеха имеют 2 и 3 категорию надежности ЭСН. Грунт в районе объекта — чернозем с температурой +20 °С. Каркас здания цеха смонтирован из блоков-секций длиной 6 м каждый.

Размеры цеха АхВхН=48х28х9м. Вспомогательные помещения двухэтажные высотой 4 м. Перечень оборудования объекта дан в таблице.

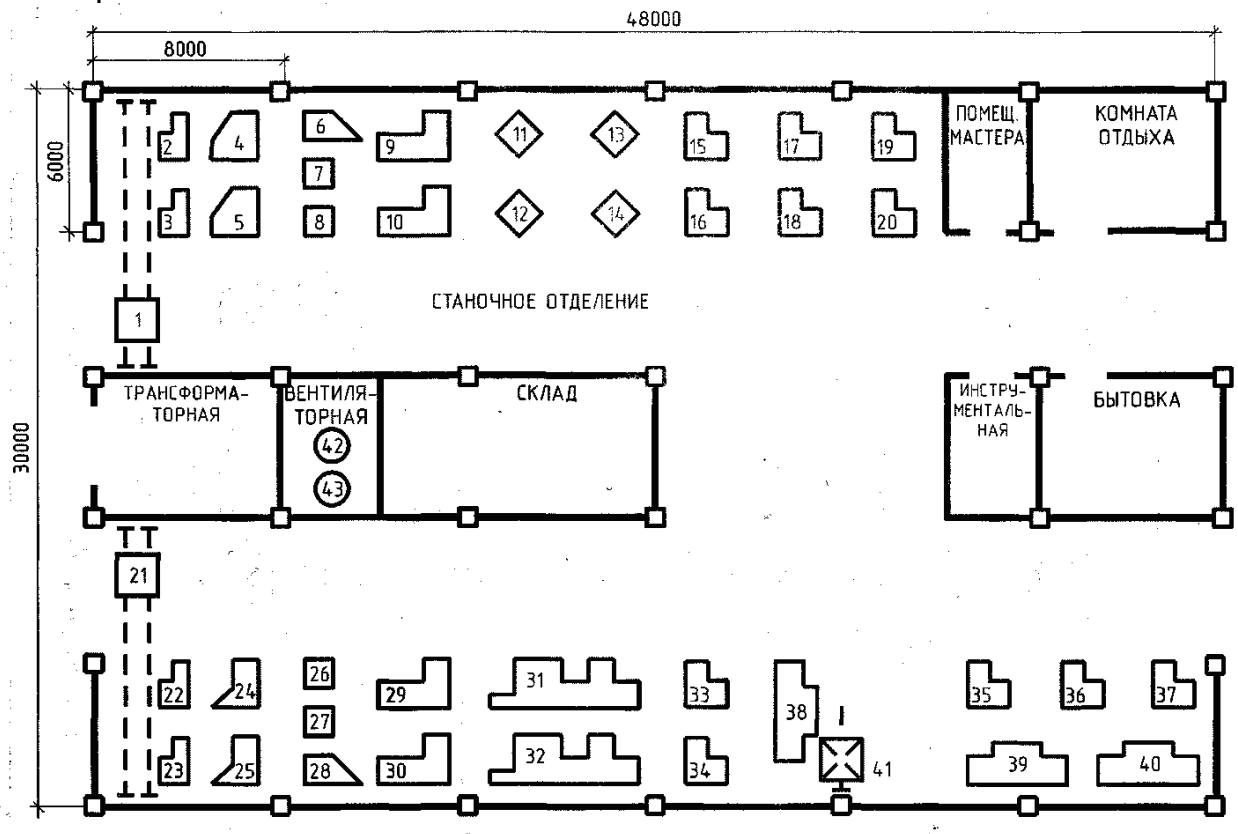
Мощность электропотребления *($P$-$_m$)* указана для одного электроприемника.

Расположение основного оборудования показано на плане .

| № эл-приемника на плане | Вариант $P_{УСТ}$,кВт | | | Коэф-нт исп., спроса, мощности | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 1,2 | 55 | 48 | 30 | 0,6\0,7\0,8 | |
| 3,4,5 | 14 | 10 | 12 | 0,2\0,6\0,6 | ПВ=40% |
| 6,7,8 | 10 | 12 | 6 | 0,14\0,16\0,5 | |
| 9,10,11 | 20 | 15 | 10 | 0,17\0,25\0,65 | |
| 12,13,14 | 5 | 4 | 6 | 0,17\0,25\0,65 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 15,16,17 | 1,5 | 3 | 2,5 | 0,14\0,16\0,5 | 1-фазные |
| 18,19 | 3,4 | 3,2 | 2,2 | 0,14\0,16\0,5 | 1-фазные |
| 20 – 25 | 12 | 9 | 6 | 0,17\0,25\0,65 | |
| 26,27 | 17,2 | 8,5 | 10,5 | 0,17\0,25\0,65 | |
| 28 – 30 | 4,5 | 12,5 | 17,5 | 0,17\0,25\0,65 | |
| 31-34 | 7,5 | 9,5 | 8,5 | 0,17\0,25\0,65 | |
| 35-37 | 4 | 11,5 | 7,5 | 0,17\0,25\0,65 | |
| 38,39 | 30 | 25 | 20 | 0,1\0,2\0,5 | ПВ=60% |

Промышленный объект №2




На территории промышленного объекта предусмотрены помещения для цеховой ТП, вентиляторной, инструментальной, для бытовых нужд и пр. промышленный объект питается от подстанции глубокого ввода (ПГВ). Расстояние от ПГВ до цеховой ТП — 0,5 км, а от ЭНС до ПГВ — 10 км. Напряжение на ПГВ — 10кВ.

Количество рабочих смен — 2. Потребители ЭЭ промышленного объекта имеют 2 и 3 категорию надежност ЭСН.

Грунт в районе — песок с температурой +20 °С. Каркас здания цеха смонтирован из блоков-секций длиной 8 и 9 м каждый.

Размеры цеха $A \times B \times H = 48 \times 30 \times 9$ м.

Вспомогательные помещения двухэтажные высотой 4м.

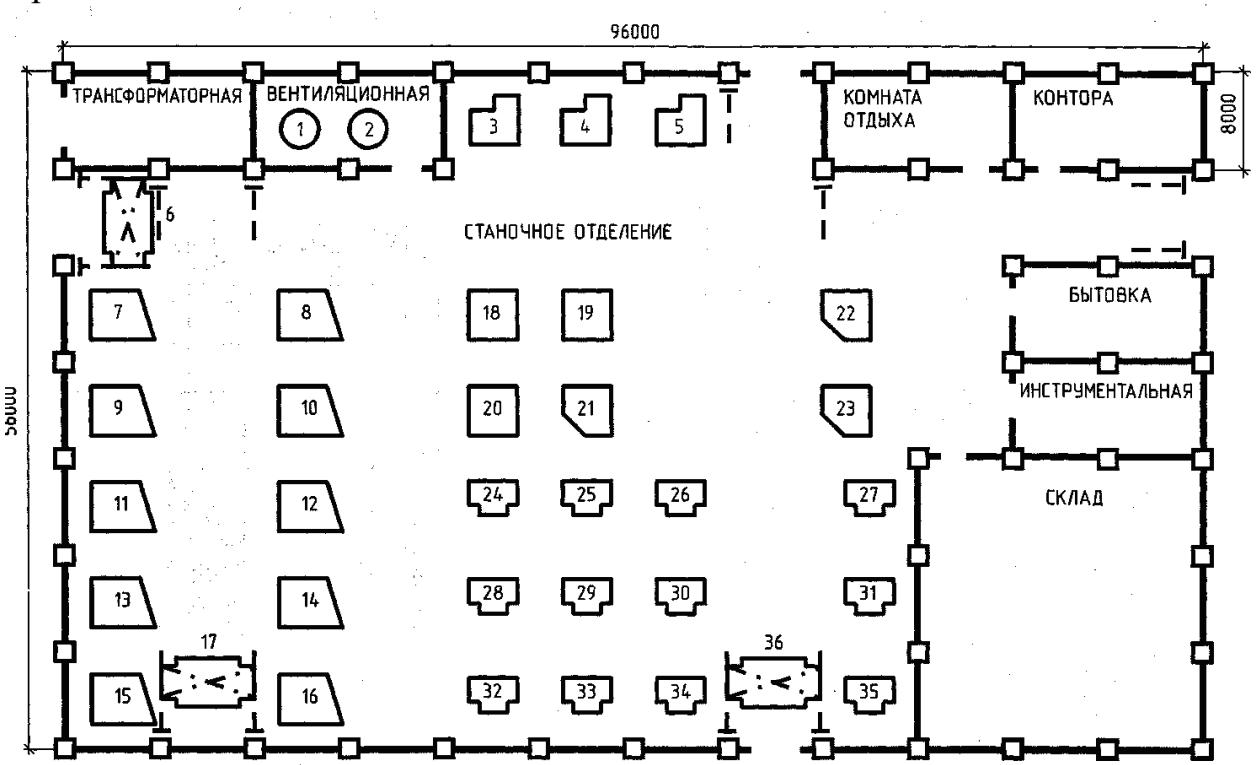
Перечень оборудования дан в таблице .

Мощность электропотребления ($P_{эп}$) указана для одного электроприемника.

Расположение основного оборудования показано на плане.

| № эл-приемника на плане | Вариант $P_{УСТ}$,кВт | | | Коэф-нт исп., спроса, мощности | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 1,21 | 36 | 25 | 30 | 0,1\0,2\0,5 | ПВ=25% |
| 2,3,22,23 | 3,5 | 3,2 | 2,8 | 0,06\0,1\0,65 | |
| 7,8,26,27 | 2 | 2,2 | 1,5 | 0,14\0,16\0,5 | |
| 9,10,29,30 | 10 | 9,5 | 9,2 | 0,14\0,16\0,5 | |
| 15-20,33-37 | 3 | 1,5 | 2 | 0,14\0,16\0,5 | |
| 24,25 | 7 | 7,5 | 5,5 | 0,14\0,16\0,5 | |
| 31,32 | 10 | 9,5 | 7,8 | 0,14\0,16\0,5 | |
| 38-40 | 75 | 65 | 60 | 0,17\0,25\0,65 | |
| 41 | 5 | 5 | 5 | 0,1\0,2\0,5 | |
| 42,43 | 4,5 | 4 | 6 | 0,6\0,7\0,8 | |

Промышленный объект №3




ЭСН промышленного объекта осуществляется от ГПП. Расстояние от ГПП до цеховой ТП — 1,4 км, а от ЭНС до ГПП — 12 км. Напряжение на ГПП — 6 и 10 кВ.

Количество рабочих смен — 2. Потребители участка имеют 2 и 3 категорию надежности ЭСН.

Грунт в районе — суглинок с температурой +15 °С. От этой же цеховой ТП намечается ЭСН при расширении количества промышленных объектов.

Дополнительная нагрузка ТП в перспективе составит:

$P_{доп} = 683$ кВт, $Q_{доп} = 828$ квар, $K_п = 0,5$.

Каркас здания смонтирован из блоков-секций длиной 8 м каждая.

Размеры участка *A* x *B* x *H*= 96 x 56 x 10 м.

Вспомогательные помещения двухэтажные высотой 4м.

Перечень оборудования участка дан в таблице.

Мощность электропотребления($P_{эп}$)указана для одного электроприемника.

Расположение основного оборудования показано на плане

.

| № эл-приемника на плане | Вариант $P_{УСТ}$,кВт | | | Коэф-нт исп., спроса, мощности | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| 1 | 55 | 40 | 50 | 0,6\0,7\0,8 | |
| 2 | 75 | 60 | 70 | 0,6\0,7\0,8 | |
| 3-5 | 20 | 15 | 18 | 0,75\0,8\0,95 | |
| 6,17,36 | 30 | 25 | 20 | 0,1\0,2\0,5 | ПВ=25% |
| 7-16 | 37 | 21 | 25 | 0,17\0,25\0,65 | |
| 18-20 | 15 | 10 | 12 | 0,14\0,16\0,5 | |
| 21-23 | 7,5 | 5,5 | 4,5 | 0,14\0,16\0,5 | |
| 24-35 | 21 | 17 | 15 | 0,17\0,25\0,65 | |