Цель работы: научится производить расчет электрических нагрузок методами коэффициента спроса, методом удельной мощности, методом упорядоченных диаграмм, используя теоретический материал и справочные данные.

Теоретическая часть для расчета электрических нагрузок

Электрические нагрузки промышленных предприятий определяют выбор всех элементов системы электроснабжения: линий электропередачи, районных трансформаторных подстанций, питательных и распределительных сетей. Поэтому правильное определение электрических нагрузок является решающим фактором при проектировании и эксплуатации электрических сетей.

Расчет нагрузок на разных уровнях электроснабжения производится различными методами в зависимости от исходных данных и требований точности. Обычно расчет ведут от низших уровней к высшим. Однако при проектировании крупных предприятий иногда приходится вести расчеты от верхних уровней к нижним. В этом случае пользуются комплексным методом расчета. За основу берут информационную базу аналогичного предприятия (технология, объем производства, номенклатура изделий). При этом сначала решают вопросы электроснабжения предприятия в целом, затем комплекса цехов, отдельного производства, района завода; цеха или части завода, питающихся от одной РП.

Расчётная максимальная мощность, потребляемая электроприёмниками всегда меньше суммы номинальных мощностей этих электроприёмников. Это связано с неполной загрузкой электроприёмников, неодновременностью их работы, случайным характером включений и отключений, зависящих от особенностей технологического процесса.

Правильное определение расчётных нагрузок имеет большое значение для выбора исходных данных всех элементов системы электроснабжения данного объекта, для определения денежных затрат при установке, монтаже и эксплуатации.

Завышение расчётных нагрузок приводит к удорожанию строительства, перерасходу материалов, неоправданному увеличению мощности трансформаторов и другого оборудования.

Занижение приводит к уменьшению пропускной способности электросетей, к большим потерям мощности, и перегреву проводов, кабелей, трансформаторов, что ведёт к сокращению срока службы.

При проектировании системы электроснабжения применяют различные методы расчёта электрических нагрузок, которые делятся на основные и вспомогательные или расчётные.

Основные методы расчёта электрических нагрузок:

- метод упорядоченных диаграмм или метод коэффициента максимума, является наиболее точным методом определения нагрузок цехов и основан на расчёте в начале средних нагрузок по коэффициенту использования ($К_и$) и максимальных нагрузок по коэффициенту максимума. Применяется в тех случаях когда известны мощности

электроприёмников и в основном применяется для расчёта внутрицеховых нагрузок до 1000 В.

- метод коэффициента спроса, является менее точным, чем метод упорядоченных диаграмм и основан на расчёте максимальных нагрузок при помощи коэффициента спроса. Применяется, когда известны номинальные мощности электроприёмников и потребителей электрической энергии, а также коэффициент спроса и cosφ. В основном для общезаводских нагрузок, а также расчёта осветительных нагрузок до 1000 В.

Вспомогательные методы расчёта нагрузок:

- метод удельного потребления электрический энергии на единицу продукции этот метод является приближенным методом расчёта нагрузок и основан на расчёте максимальных нагрузок по годовому расходу активной электрической энергии и годовому числу часов использования максимума активной мощности.

- метод удельной нагрузки на единицу производственной площади является приближённым методом расчёта нагрузок и основан на расчёте максимальных нагрузок по удельной расчётной мощности на один квадратный метр производственной площади или площади размещения электроприёмников

Для определения электрических нагрузок узлов цехов напряжением до 1000 В рекомендуется применять *метод упорядоченных диаграмм* при известных номинальных мощностях и продолжительностях включения электроприёмников.

Для объектов напряжением выше 1000В рекомендуется применять метод коэффициента спроса.

Комплексный метод предусматривает одновременное применение нескольких способов расчета максимальной нагрузки $P_р$.

Задание для лабораторной работы

1. Выбрать схему общего электроснабжения объекта.
2. Произвести расчет нагрузок.
3. Сделать вывод о проведенных расчетах и их назначении.

Порядок выполнения работы

1. Составить предварительную схему электроснабжения объекта.
2. Определить категорию надежности электроснабжения данного объекта.
3. Распределить электроприемники на отдельные узлы и составить схему внутреннего электроснабжения.
4. Определить режимы работы электроприемников данного объекта.
5. Выбрать коэффициенты, необходимые для расчета электрических нагрузок.
6. Произвести расчет электрических нагрузок.
7. Нанести на план схему электроснабжения объекта.
8. По окончании работы сделать вывод с учетом назначения данного расчета в си-

стеме электроснабжения.

I. Метод коэффициента спроса

1. Для каждого цеха, завода по таблице и справочнику определяем коэффициент спроса **K_c** и **cosφ**.
2. Определяем распределительные подстанции таким образом, чтобы узловая подстанция находилась около или внутри цеха, имеющего наибольшую номинальную мощность. Определяем сумму номинальных мощностей всего узла $\sum P_{ном}$.
3. Определяем расчетную максимальную активную нагрузку каждого цеха

$$P_{р.\ цеха} = K_{с.} \times P_{ном.\ цеха} \qquad 1$$

4. Определяем tg φдля каждого цеха

$$tg\ \varphi = tg(arcos\ (cos\varphi)) \qquad 2$$

5. Определяем расчетную максвимальную реактивную нагрузку каждого цеха

$$Q_{р.\ цеха} = P_{р.\ цеха} \times tg\ \varphi_{цеха} \qquad 3$$

6. Определяем суммарную расчетную активную и реактивную нагрузку распределительной подстанции

$$P_{р.\ узла} = \sum P_{р.\ цеха} \qquad 4$$

$$Q_{р.\ узла} = \sum Q_{р.\ цеха} \qquad 5$$

7. Определяем средневзвешенное значение tg $\varphi_{узла}$

$$tg\ \varphi_{узла} = \frac{Q_{р.узла}}{P_{р.узла}} \qquad 6$$

8. Определяем средневзвешенное значение cos $\varphi_{узла}$

$$cos\ \varphi_{узла} = cos\ (arctg\ (tg\ \varphi_{узла}) \qquad 7$$

9. Определяем средневзвешенное значение коэффициента спроса

$$K_{с.\ узла} = \frac{P_{р.узла}}{\sum P_{ном.}} \qquad 8$$

10. Определяем полную расчетную мощность узла

$$S_{р.\ узла} = \sqrt{P^2_{р.узла} + Q^2_{р.узла}} \qquad 9$$

Таблица 1 Сводная ведомость потребителя

Наименование	$P_{ном}$, кВт	K_c	Cos φ	tg φ	$P_р$, кВт	$Q_р$, кВАр	$S_р$, кВА

Таблицы для выполнения расчета

Таблица. Коэффициенты спроса и мощности

Наименование цеха, производства	K_c	cosφ
Корпуса, цеха, насосные и другие установки общепромышленного назначения		
Блок основных цехов	0,40-0,50	0,75
Блок вспомогательных цехов	0,30-0,35	0,7
Кузнечно-прессовые	0,40-0,5	0,75
Термические, закалочные	0,6	0,75
Металлоконструкций, сварочно-заготовительные	0,25-0,35	0,65-0,75
Механосборочные, столярные, модельные	0,20-0,30	0,60-0,80
Малярные, красильные	0,40-0,50	0,60-0,70

Собственные нужды ТЭЦ	0,60-0,70	0,8
Лаборатории, заводоуправления, конструкторские бюро, конторы	0,40-0,50	0,70-0,80
Депо электрокар	0,50-0,70	0,70-0,80
Депо (паровозное, пожарное, железнодорожное)	0,30-0,40	0,60-0,80
Гаражи автомашин	0,20-0,30	0,7
Котельные	0,50-0,60	0,8
Склады готовой продукции, металла, магазины	0,30-0,40	0,8
Столовая	0,40-0,50	0,9
Лесозаводы	0,35-0,45	0,75
Лесосушилки	0,60-0,70	0,75-0,90
Термическая нагрузка (нагревательные печи)	0,70-0,80	0,85-0,90
Крановая нагрузка, подъемники	0,20-0,30	0,50-0,70
Электросварка	0,6	0,35
Малярные, модельные	0,40-0,50	0,50-0,60
Склады открытые	0,20-0,30	0,60-0,70
Медеплавильные заводы		
Ватержакеты и отражательные печи	0,5	0,8
Цех рафинации меди	0,6	0,75
Заводы цветной металлургии		
Цех электролиза	0,7	0,85
Отдел регенерации	0,5	0,8
Разливочная	0,4	0,7
Лаборатория	0,25	0,7
Аглоцех	0,5	0,8
Заводы черной металлургии		
Цех холодного проката	0,40-0,50	0,8
Цех горячего проката	0,50-0,60	0,8
Мартеновский цех	0,40-0,50	0,75
Доменный цех	0,45	0,75
Слябинг	0,5	0,8
Цех сталеплавильных печей	0,4	0,7
Цех проката жести	0,45	0,70-0,80
Обогатительные фабрики		
Цех обогащения	0,60-0,65	0,8
Цех дробления	0,40-0,45	0,75
Флотационный цех	0,60-0,70	0,75
Сгустители	0,50-0,55	0,7
Шаровые мельницы	0,50-0,60	0,8
Реагентный, баритовый цех	0,6	0,8
Золоизвлекательный цех	0,4	0,7
Цех мокрой магнитной сепарации	0,5	0,8
Дробильно-промывочный цех	0,40-0,50	0,8
Агломерационные фабрики		
Спекальный цех	0,5	0,7
Цех фильтрации	0,50-0,60	0,7
Цех рудничной мелочи	0,4	0,65
Цех шихты	0,4	0,65
Цех перегрузки	0,30-0,40	0,65
Сероулавливающее устройство	0,50-0,55	0,75
Алюминиевые заводы		
Блок мокрого размола и обработки	0,5	0,3
Выпарка, декомпозиция	0,55-0,60	0,85
Цех спекания, прокалывания	0,50-0,60	0,85
Цех выщелачивания, сгущения	0,40-0,50	0,8

Склады сырья	0,20-0,30	0,65
Заводы тяжелого машиностроения		
Главный корпус	0,30-0,40	0,65-0,70
Мартеновский цех	0,40-0,50	0,70-0,80
Кузнечный цех	0,40-0,45	0,75
Термический цех	0,50-0,60	0,65
Моторный цех	0,35	0,75
Арматурный цех	0,30-0,35	0,6
Рессорный цех	0,3	0,65
Сварочный цех	0,40-0,45	0,6
Аппаратный цех	0,3	0,7
Изоляционный цех	0,50-0,60	0,9
Лаковарочный цех	0,6	0,9
Эстакада	0,25	0,65
Цех пресс-порошка	0,40-0,50	0,85
Цех электролиза	0,5	0,8
Цех металлопокрытий	0,4	0,8
Экспериментальный цех	0,2	0,7
Трансформаторные заводы		
Главный корпус	0,4	0,80-0,85
Сварочный корпус	0,35	0,7
Аппаратный корпус	0,3	0,7
Изоляционный корпус	0,6	0,9
Лаковарочный корпус	0,4	0,8
Авторемонтные заводы		
Цех обмотки проводов	0,4	0,7
Кузовной цех	0,35	0,8
Цех обкатки автодвигателей	0,60-0,70	0,6
Станочное оборудование	0,25	0,6
Разборно-моечный цех	0,3	0,65
Судоремонтные заводы		
Главный корпус	0,4	0,8
Котельный цех	0,5	0,65
Сухой док	0,4	0,6
Плавающий док	0,5	0,7
Механические цеха	0,25-0,35	0,60-0,70
Автомобильные заводы		
Цех шасси и главный конвейер	0,35	0,75
Моторный цех	0,25	0,7
Прессово-кузовный цех	0,2	0,7
Кузнечный цех	0,2	0,75
Арматурно-агрегатный цех	0,2	0,7
Авиационные заводы		
Цех обработки блоков, поршней, шатунов и прочих деталей двигателей	0,35	0,7
Цех сборки, испытаний двигателей	0,4	0,8
Цех производства мелких деталей	0,3	0,7
Гальванический цех	0,5	0,85
Станция химводоочистки, канализации	0,6	0,8
Градирня	0,7	0,8
Склад кислот	0,3	0,7
Цех пластмасс	0,4	0,9
Штамповочный цех деталей корпуса самолета	0,4	0,6
Штамповочный цех деталей покрытия самолета	0,3	0,8
Цех сборки остова самолета	0,4	0,6

Цех полной сборки самолетов	0,4	0,7
Химические заводы и комбинаты		
Цех красителей	0,4	0,75
Цех натриевой соли	0,45	0,75
Цех хлорофоса, синильной кислоты	0,50-0,55	0,75
Цех метиленхлорида, сульфата аммония	0,5	0,70-0,75
Цех холодильных установок	0,6	0,8
Склады готовой продукции	0,2	0,5
Надшахтные здания	0,7	0,80-0,85
Здания подъемных машин	0,60-0,70	0,80-0,85
Галереи транспортеров	0,35-0,40	0,60-0,80
Здание шахтного комбината	0,5	0,9
Эстакады и разгрузочные пункты	0,60-0,70	0,65-0,80
Цех обезвоживания	0,5	0,8
Башня Эстнера	0,5	0,7
Эстакада наклонного транспорта	0,4	0,8
Сушильное отделение	0,7	0,8
Корпус запасных резервуаров	0,3	0,8
Химлаборатория	0,3	0,8
Цех защитных покрытий	0,5	0,8
Нефтеперерабатывающие заводы		
Установка каталического крекинга	0,50-0,60	0,8
Установка термического крекинга	0,65	0,85
Установка прянной гонки	0,50-0,60	0,75
Установка алкиляции, инертного газа	0,55	0,75
Электрообессоливающая, этилсмесительная установка	0,50-0,60	0,8
ЭЛОУ	0,50-0,60	0,8
Резервуарные парки	0,3	0,65
Коксохимические заводы		
Дезинтеграторное отделение	0,6	0,8
Перегрузочная станция дробления	0,5	0,7
Дозировочное отделение	0,4	0,8
Угольные ямы	0,7	0,75
Вагоноопрокидыватель	0,4	0,8
Коксовые батареи	0,60-0,70	0,85-0,90
Пекококсовая установка	0,7	0,8
Смолоразгонный цех	0,7	0,8
Дымососная установка	0,7	0,8
Бензольный цех	0,7	0,8
Насосная конденсата	0,6	0,7
Ректификация	0,6	0,75
Сероочистка	0,7	0,8
Углемойка	0,4	0,75
Холодильники аммиачной воды	0,5	0,8
Цементные заводы		
Шиферное производство	0,35	0,7
Сырьевые мельницы	0,50-0,60	0,8
Сушильный цех	0,40-0,50	0,85
Цементные мельницы	0,50-0,60	0,8
Шламбассейны	0,7	0,85
Клинкерное отделение	0,35-0,45	0,75
Цех обжига	0,40-0,50	0,80-0,90
Электрофильтры	0,4	0,75
Цех дробления	0,5	0,8

Химводоочистка	0,50-0,60	0,8
Склады сырья	0,20-0,30	0,6
Заводы абразивные и огнеупоров		
Цех шлифпорошков	0,5	0,8
Подготовительный цех	0,4	0,75
Цех шлифзерна, шлифизделий	0,40-0,50	0,75
Цех дробления	0,50-0,60	0,8
Цех переплавки пирита	0,6	0,85
Печной цех	0,6	0,9
Углеподготовка	0,40-0,50	0,75
Шамотный цех	0,40-0,45	0,7
Стекольный цех	0,5	0,75
Промышленные базы стройиндустрии		
Корпус дробления камня	0,40-0,60	0,75
Корпус промывки и сортировки	0,40-0,50	0,7
Корпус керамзитовых, бетонных и гончарных труб	0,4	0,7
Корпус железобетонных конструкций	0,30-0,40	0,7
Бетонно-смесительный цех	0,5	0,75
Цех силикатно-бетонных изделий	0,40-0,45	0,75
Цех производства шифера	0,40-0,45	0,75
Цех помола извести	0,5	0,7
Цех ячеистых бетонов	0,4	0,65
Цех гибсошлаковых изделий	0,4	0,65
Арматурный цех	0,35	0,6
Склады	0,25	0,6
Текстильные, трикотажные, ситценабивные меланжевые фабрики		
Прядильный цех	0,50-0,70	0,75
Ткацкий цех	0,60-0,70	0,8
Красильный, отбельный цех	0,50-0,55	0,70-0,80
Крутильный цех	0,50-0,60	0,8
Корпуса "медио", "утка" и др.	0,5	0,7
Сушильный, ворсовальный цех	0,40-0,50	0,75-0,80
Печатный цех	0,5	0,75
Вязальный, трикотажный цех и др.	0,40-0,50	0,7
Цех носочно-чулочных изделий	0,40-0,50	0,7
Цех капроно-нейлоновых изделий	0,50-0,60	0,75
Швейные мастерские	0,30-0,40	0,65
Основальный корпус	0,6	0,7
Кузнечно-сварочный цех	0,3	0,5
Опытный флотационный цех	0,7	0,8
Разгрузочное устройство	0,3	0,8
Главный корпус сильвинитовой фабрики	0,7	0,8
Научно-исследовательские и экспериментальные институты		
Главный корпус опытного завода	0,30-0,40	0,7
Машинный зал	0,5	0,8
Электрофизический корпус	0,4	0,75
Лаборатория низких температур	0,50-0,60	0,85
Корпус высоких напряжений	0,35	0,8
Лаборатория специальных работ	0,35	0,7
Деревообрабатывающие комбинаты и заводы		
Лесопильный завод	0,4	0,75
Сушильный цех	0,35	0,8
Биржа сырья	0,3	0,65
Цех прессованных плит	0,4	0,75

Столярный, модельный, деревообрабатывающий	0,25-0,35	0,7
Станкостроительный завод		
Главный корпус	0,5	0,6
Эстакада к главному корпусу	0,5	0,7
Станция осветления вод	0,7	0,85
Бумажные фабрики		
Бумажные машины	0,60-0,65	0,75
Дереворубка	0,40-0,45	0,65
Кислотный цех	0,5	0,8
Варосный цех	0,35	0,70-0,80
Отбельный цех	0,50-0,60	0,7
Тряпковарка	0,60-0,65	0,8
Лесотаски	0,35	0,6

Таблица. Коэффициенты спроса осветительных нагрузок

Характеристика помещения	$К_{со}$
Мелкие производственные здания и торговые помещения	1
Производственные здания, состоящие из отдельных крупных пролетов	0,95
Производственные здания, состоящие из ряда отдельных помещений	0,85
Библиотеки, административные здания, предприятия общественного питания	0,9
Лечебные заведения и учебные учреждения, конторско-бытовые здания	0,8
Складские здания, электрические подстанции	0,6
Аварийное освещение	1,0

II. Расчет электрических нагрузок методом удельной мощности

1. Расчетная электрическая нагрузка здания

$$\mathbf{Pp = Pуд. \cdot n\ (S)} \qquad 10$$

где:

Руд. - удельная расчетная электрическая нагрузка электроприемников (зданий) по таблице;

n - количество, в шт. ;

S – площадь, $м^2$.

2. Расчетная реактивная нагрузка здания (микрорайона; квартала).

$$\mathbf{Qp. = Pp. \cdot tg\varphi} \qquad 11$$

3. Укрупненная расчетная активная мощность микрорайона (квартала).

$$\mathbf{\Sigma Pp. = Pp._1 + Pp_2 + \ldots + P_{pn}} \qquad 12$$

где:

ΣPp. – расчетная активная мощность зданий микрорайонного значения, принимаемая в кВт;

$P_{p1} \ldots P_{pn}$ - расчетная активная мощность каждого здания микрорайонного значения, принимаемая в кВт.

4. Укрупненная расчетная реактивная мощность микрорайона (квартала).

$$\mathbf{\Sigma Qp. = Qp._1 + Qp_2 + \ldots + Q_{pn}} \qquad 13$$

где:

ΣQp. – расчетная реактивная мощность зданий микрорайонного значения, принимаемая в кВАр;

$Q_{p1} \ldots Q_{pn}$ - расчетная реактивная мощность каждого здания микрорайонного значения, принимаемая в кВАр.

5. Укрупненная расчетная полная мощность микрорайона (квартала).

$$\Sigma Sp. = \sqrt{\Sigma Pp^2 + \Sigma Qp^2} \qquad 14$$

где:

ΣSp. – расчетная полная мощность зданий микрорайонного значения, принимаемая в кВА;

Таблица 2 Сводная ведомость потребителя

Наименование	$P_{уд}$, кВт	n;S	Cos φ	tg φ	P_p, кВт	Q_p, кВАр	S_p, кВА

При определении расчетной электрической нагрузки линии или на шинах 0,4 кВ ТП должны учитываться: суммарное количество квартир (коттеджей), лифтовых установок и другого силового электрооборудования, питающегося от ТП и потери мощности в питающих линиях 0,38 кВ. Электрические нагрузки распределительных линий до 1кв

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.

Таблица. Ориентировочные удельные плотности силовой нагрузки на 1 м^2 площади производственных зданий некоторых отраслей промышленности

Производственные здания	γ, Вт/м^2
Литейные и плавильные цехи	230—370
Механические и сборочные цехи	200—300
Механосборочные цехи	280—390
Электросварочные и термические цехи	300—600
Штамповочные и фрезерные цехи	150—300
Цехи металлоконструкций	350—390
Инструментальные цехи	50—100
Прессовочные цехи для заводов пластмасс	100—200
Деревообрабатывающие и модельные цехи	75—140
Блоки вспомогательных цехов	260—300
Заводы горно-шахтного оборудования	400—420
Заводы бурового оборудования	260—330
Заводы краностроения	330—350
Заводы нефтеаппаратуры	220—270
Прессовые цехи	277—300

III. Метод упорядоченных диаграмм

1. Для каждого ЭП по таблицам определяем $К_и$ и cosφ, а также определяем установленную мощность

$P_{уст.} = S_{ном.} \cdot \sqrt{ПВ}_{ном.} \cos \varphi_{ном,}$ - для сварочного трансформатора 15

$P_{уст.} = P_{ном.} \cdot \sqrt{ПВ}_{ном.}$ - для эл. двигателей, кранов 16

$P_{уст.} = P_{ном}$ 17

$P_{уст.} = S_{ном.} \cdot \cos \varphi_{ном.}$ - для ЭП продолжительного режима работы 18

причем ПВ берем в относительных единицах

$$ПВ = \frac{ПВ\%}{100} \qquad 19$$

2. Определяем tg φ для каждого ЭП

$$tg\ \varphi = (\arccos(\cos\varphi) \qquad 20$$

В зависимости от расположения ЭП на плане помещения объединяем ЭП в узлы таким образом, чтобы ЭП были как можно ближе РШ или шинопроводам. Обычно если ЭП малой мощности расположены в ряд, то узловым РУ выбирается шинопровод, к которому может быть присоединено до 50 ЭП.

Если ЭП большей мощности и расположены беспорядочно, узловым РУ выбирается РШ в котором может быть присоединено до 8 ЭП.

3. Для каждого узлового РУ определяется средняя суммарная активная нагрузка

$$P_{ср.узл.} = \sum_1^n P_{ср.эп} \qquad 21$$

$$P_{ср.эп} = P_{уст.эп} \cdot K_и \qquad 22$$

4. Определяем суммарную реактивную среднюю нагрузку

$$Q_{ср.узл.} = \sum_1^n Q_{ср.эп} \qquad 23$$

$$Q_{ср.эп} = P_{ср.эп}\, tg\varphi_{эп} \qquad 24$$

5. Определяем средневзвешенное значение коэффициента использования $K_и$

$$K_{и.ср.} = \frac{Pср.узл.}{\sum_1^n Pуст.} \qquad 23$$

6. Определяем средневзвешенное значение tg $\varphi_{ср.}$

$$tg\ \varphi_{ср.} = \frac{Qсс.узл.}{Pср.узл.} \qquad 24$$

7. Определяем средневзвешенное значение cos $\varphi_{ср.}$

$$\cos\varphi_{ср} = \cos(arctg\ \varphi_{ср.}) \qquad 25$$

8. Определяем эффективное количество ЭП в зависимости от числа ЭП n узла, показателя силовой сборки m, $K_{и.ср.}$ по формулам. Зная эффективное число ЭП $n_э$ и средневзвешенный коэффициент использования $K_{и\ ср.}$ по кривым или таблицам определяем $K_{макс.узл.}$

9. Определяем расчетную, активную, максимальную мощность узла (кВт)

$$P_{р.узл.} = K_{макс.узл.} \cdot P_{ср.узл} \qquad 26$$

10. Определяем расчетную, максимальную, реактивную мощность узла (кВт)

$$Q_{р.узл.} = Q_{ср.узл} \cdot K'_{м.}, \text{ где} \qquad 27$$

при $n \le 100$, $K_{и\ ср.} < 0{,}2$

$n \le 10$, $K_{и\ ср.} \ge 0{,}2$ $K'_м$ – 1,1

во всех остальных случаях $n \le 200$, $K_{и\ ср.} < 0{,}8$ $K'_м$ – 1,0

$$P_р = P_{ср.}$$

11. Определяем полную, расчетную, максимальную мощность узла

$$S_{р.\ узл.} = \sqrt{P^2_{р.узл.} + Q^2_{р.узл.}} \qquad 28$$

12. При определении расчетных нагрузок цеховых ТП необходимо учитывать смещение расчетных максимумов нагрузок РП и шинопроводов цеха.

$$S_{р.\ цеха} = K_\varepsilon \times \sqrt{\sum P^2_{р.узл.} + \sum Q^2_{р.узл.}}\text{, где} \qquad 29$$

K_ε = 0, 85 ÷0, 95, для цехового ТП при количестве узлов в цехе более 10

Таблица 3 Сводная ведомость потребителей

Исходные данные						Расчетные величины			Эффективное число ЭП	Коэффициент расчетной нагрузки	Расчетная мощность		
по заданию				справочные данные					$n_э$	$К_р$ ($К_м$)			
		$P_{уст}$, кВт											
		$P_{уст}$	$\Sigma P_{уст}$										

Таблица. Сводка основных положений по определению расчетных электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм

Фактическое число электроприемников в группе, n	$m = \frac{P_{ном.max}}{P_{ном.min}}$	$n_{эф}$	$P_р$, кВт	$Q_р$, кВар
Три и менее	не определяется		$P_р = \sum_1^n P_{ном}$	$Q_р = \sum_1^n P_{ном} \cdot tg\varphi$
	$m \le 3$ При определении исключаются ЭП, суммарная мощность которых не превышает 5 % $\sum P_{ном}$ группы	$n_{эф} = n$	$P_р = К_м \cdot P_{см} =$ $= К_м \cdot \sum К_и \cdot P_{ном}$ ($К_м$ определяется по табл.)	При $n \le 10$ $Q_р = 1{,}1 \cdot Q_{см}$ при $n > 10$ $Q_р = Q_{см} =$ $= \sum_1^n P_{см} \cdot tg\varphi$
	$m > 3$ (точное определение не требуется)	$n_{эф} < 4$	$P_р = \sum К_з \cdot P_{ном}$ (допускается принимать $К_з$=0,9 для ЭП длительного режима и $К_з$=0,75 для ЭП ПКР)	$Q_р = 0{,}75 \cdot P_р$ (для ЭП длительного режима cosφ=0.8, tgφ=0.75) $Q_р = P_р$ (для ЭП ПКР cosφ=0.7, tgφ=1)
	$m > 3$	$n_{эф} \ge 4$	$P_р = К_м \cdot P_{см}$ ($К_м$ определяется по табл.)	При $n \le 10$ $Q_р = 1{,}1 \cdot Q_{см}$ при $n > 10$ $Q_р = Q_{см} =$ $= \sum_1^n P_{см} \cdot tg\varphi$
	$m > 3$	$n_{эф}$ >200	$P_р = P_{см} = \sum К_и \cdot P_{ном}$	$Q_р = Q_{см}$
Если более 75 % установленной мощности расчетного узла составляют ЭП с практически постоянным графиком нагрузки ($к_и \ge$ 0.6, $к_{вкл} \approx 1$, $к_{загр} \ge 0.9$ – насосы, компрессоры, вентиляторы)		не определяется	$P_р = P_{см} = \sum к_и \cdot p_{ном}$	$Q_р = Q_{см} = \sum_1^n P_{см} \cdot tg\varphi$
При наличии в расчетном узле ЭП с переменным и постоянным графиком нагрузки	Определяется только для ЭП с переменным графиком нагрузки		$P_р = P_{р1} + P_{р2} =$ $К_м \cdot P_{см1} + P_{см2}$	$Q_р = Q_{р1} + Q_{см2}$

Примечание. Эффективное число электроприемников определяется по соотношению

$n_{эф} = \left(\sum_{i=1}^n P_{ном.i}\right)^2 \Big/ \sum_{i=1}^n P_{ном.i}^2$ или одним из упрощенных способов; при m>3 и $К_и$ < 0.2, $n_{эф}$ определяется по таблице

Таблица. **Относительные значения эффективного числа электроприемников** $n_{эф*} = \frac{n_{эф}}{n}$

в зависимости от $n_* = \frac{n_1}{n}$ **и** $P_* = \frac{P_{ном.1}}{P_{ном}}$

$n_* = \frac{n_1}{n}$	P*													
	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1
0,005	0,005	0,006	0,007	0,01	0,013	0,019	0,024	0,03	0,039	0,051	0,073	0,11	0,18	0,34
0,01	0,009	0,012	0,015	0,019	0,026	0,037	0,047	0,059	0,07	0,1	0,14	0,2	0,32	0,52
0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,19	0,26	0,36	0,51	0,71
0,03	0,03	0,04	0,04	0,06	0,08	0,11	0,13	0,16	0,21	0,27	0,36	0,48	0,64	0,81
0,04	0,04	0,05	0,06	0,08	0,1	0,15	0,18	0,22	0,27	0,34	0,44	0,57	0,72	0,86
0,05	0,05	0,06	0,07	0,1	0,13	0,18	0,22	0,26	0,33	0,41	0,51	0,64	0,79	0,9
0,06	0,06	0,08	0,09	0,12	0,15	0,21	0,26	0,31	0,38	0,47	0,58	0,70	0,83	0,92
0,08	0,08	0,09	0,12	0,15	0,20	0,28	0,33	0,40	0,48	0,57	0,68	0,79	0,89	0,94
0,10	0,09	0,12	0,15	0,19	0,25	0,34	0,40	0,47	0,56	0,66	0,76	0,85	0,92	0,95
0,15	0,14	0,17	0,23	0,28	0,37	0,48	0,56	0,67	0,72	0,80	0,88	0,93	0,95	-
0,20	0,19	0,23	0,29	0,37	0,47	0,64	0,69	0,76	0,83	0,89	0,93	0,95	-	-
0,25	0,24	0,29	0,35	0,45	0,57	0,71	0,78	0,85	0,90	0,93	0,95	-	-	-
0,30	0,29	0,35	0,42	0,53	0,66	0,80	0,86	0,90	0,94	0,95	-	-	-	-
0,35	0,32	0,41	0,50	0,52	0,74	0,86	0,91	0,94	0,95	-	-	-	-	-
0,40	0,35	0,47	0,57	0,69	0,81	0,91	0,93	0,95	-	-	-	-	-	-
0,45	0,43	0,52	0,64	0,76	0,87	0,93	0,95	-	-	-	-	-	-	-
0,50	0,48	0,58	0,70	0,82	0,91	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-
0,55	0,52	0,63	0,75	0,87	0,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,60	0,57	0,69	0,81	0,91	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,65	0,62	0,74	0,86	0,94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,70	0,66	0,80	0,90	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,75	0,71	0,85	0,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,80	0,76	0,89	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,85	0,80	0,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,90	0,85	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,0	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечания. 1.Для промежуточных значений P_* и n_* рекомендуется брать ближайшие меньшие значения

2. Таблица составлена по уравнению $n_{эф*} = \dfrac{0.95}{\dfrac{P_*^2}{n_*} + \dfrac{(1+P_*)^2}{1-n_*}}$

Таблица. Коэффициенты использования и мощности некоторых механизмов и аппаратов промышленных предприятий

Механизмы и аппараты	**$K_и$**	**cosφ**
Металлорежущие станки мелкосерийного производства с нормальным режимом работы (мелкие токарные, строгальные, долбежные, фрезерные, сверлильные, карусельные, точильные, расточные).	0,12—0,14	0,5
То же при крупносерийном производстве.	0,16	0,6
То же при тяжелом режиме работы (штамповочные прессы, автоматы, револьверные, обдирочные, зубофрезерные, а также крупные токарные, строгальные, фрезерные, карусельные, расточные станки).	0,17—0,25	0,65
Поточные линии, станки с ЧПУ	0,6	0,7
Переносный электроинструмент	0,06	0,65
Вентиляторы, эксгаустеры, санитарно-техническая вентиляция	0,6—0,8	0,8—0,85
Насосы, компрессоры, дизель-генераторы и двигатель-генераторы	0,7—0,8	0,8—0,85
Краны, тельферы, кран-балки при ПВ = 25 %	0,06	0,5
То же при ПВ = 40 %	0..1	0,5
Транспортеры	0,5—0,6	0,7—0,8
Сварочные трансформаторы дуговой сварки	0,25—0,3	0,35—0,4
Приводы молотов, ковочных машин, волочильных станков, очистных барабанов, бегунов и др.	0,2—0,24	0,65
Элеваторы, шнеки, несбалансированные конвейеры мощностью до 10 кВт	0,4—0,5	0,6-0,7
То же, сблокированные и мощностью выше 10 кВт	0,55—0,75	0,7—0,8
Однопостовые сварочные двигатель-генераторы	0,3	0,6
Многопостовые сварочные двигатель-генераторы	0,5	0,7
Сварочные машины шовные	0,2—0,5	0,7
Сварочные машины стыковые и точечные	0,2—0.25	0,6
Сварочные дуговые автоматы	0,35	0,5
Печи сопротивления с автоматической загрузкой изделий, сушильные шкафы, нагревательные приборы	0,75—0,8	0,95
Печи сопротивления с неавтоматической загрузкой изделий	0,5	0,95
Вакуум-насосы	0,95	0,85
Вентиляторы высокого давления	0,75	0,85
Вентиляторы к дробилкам	0,4—0,5	0,7—0,75
Газодувки (аглоэкструдеры) при синхронных двигателях	0,6	0,8—0,9
То же при асинхронных двигателях	0,8	0,8
Молотковые дробилки	0,8	0,85
Шаровые мельницы	0,8	0,8
Грохоты	0,5—0,6	0,6-0,7
Смесительные барабаны	0,6—0,7	0,8
Чашевые охладители	0,7	0,85
Сушильные барабаны и сепараторы	0,6	0,7
Электрофильтры	0,4	0,87
Вакуум-фильтры	0,3	0,4
Вагоноопрокидыватели	0,6	0,5
Грейферные краны	0,2	0,6
Лампы накаливания	0,85	1,0
Люминесцентные лампы	0,85—0,9	0,95

Таблица. Определение коэффициента максимума по известным значениям $K_и$ и $n_{эф}$

$n_{эф}$	Коэффициент максимума $К_м$ при $К_и$									
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4	3,43	3,11	2,64	2,14	1,87	1,65	1,46	1,29	1,14	1,05
5	3,25	2,87	2,42	2,0	1,76	1,57	1,41	1,26	1,12	1,04
6	3,04	2,64	2,24	1,88	1,66	1,51	1,37	1,23	1,1	1,04
7	2,88	2,48	2,1	1,8	1,58	1,45	1,33	1,21	1,09	1,04
8	2,72	2,31	1,99	1,72	1,52	1,4	1,3	1,2	1,08	1,04
9	2,.56	2,2	1,9	1,65	1,47	1,37	1,28	1,18	1,08	1,03
10	2,42	2,1	1,84	1,6	1,43	1,34	1,26	1,16	1,07	1,03
12	2,24	1,96	1,75	1,52	1,36	1,28	1,23	1,15	1,07	1,03
14	2,10	1,85	1,67	1,45	1,32	1,25	1,20	1,13	1,07	1,03
16	1,99	1,77	1,61	1,41	1,28	1,23	1,18	1,12	1,07	1,03
20	1,84	1,65	1,5	1,34	1,24	1,2	1,15	1,11	1,06	1,03
25	1,71	1,55	1,40	1,28	1,21	1,17	1,14	1,10	1,06	1,03
30	1,62	1,46	1,34	1,24	1,19	1,16	1,13	1,10	1,05	1,03
35	1,55	1,41	1,30	1,21	1,17	1,15	1,12	1,09	1,05	1,03
40	1,50	1,37	1,27	1,19	1,15	1,13	1,12	1,09	1,05	1,03
45	1,45	1,33	1,25	1,17	1,14	1,12	1,11	1,08	1,04	1,02
50	1,40	1,30	1,23	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,04	1,02
60	1,32	1,25	1,19	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,03	1,02
70	1,27	1,22	1,17	1,12	1,10	1,10	1,09	1,06	1,03	1,02
80	1,25	1,20	1,15	1,11	1,10	1,10	1,08	1,05	1,03	1,02
90	1,23	1,18	1,13	1,10	1,09	1,09	1,08	1,05	1,02	1,02
100	1,21	1,17	1,12	1,10	1,08	1,08	1,07	1,05	1,02	1,02
120	1,19	1,15	1,12	1,09	1,07	1,07	1,07	1,05	1,02	1,01
140	1,17	1,15	1,11	1,08	1,06	1,06	1,06	1,05	1,02	1,01
160	1,16	1,13	1,10	1,08	1,05	1,05	1,05	1,04	1,02	1,01
180	1,16	1,12	1,10	1,08	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01	1,01
200	1,15	1,12	1,09	1,07	1,05	1,05	1,05	1,04	1,01	1,00

Таблица. Методы расчета электрических нагрузок

Метод расчета	Формула	Пояснения
По электроемкости продукции	$P_р=\sum Э_i М_i / Т_м$	$М_i$, $Э_i$ - объем и электроемкость продукции i-го вида; $Т_м$ - годовое число часов использования максимума нагрузки
По общегодовому электропотреблению	$P_р=К_м А / Т_г$	$К_м$ - среднегодовой коэффициент максимума; А - общегодовое электропотребление; $Т_г$ = 8760 - число часов в году
По удельным мощностям нагрузок	$P_р=\gamma F$	γ - удельная плотность нагрузки; F - площадь предприятия, района, цеха
По среднегодовому коэффициенту спроса $К_с$	$P_р = К_с P_{уст}$	$P_{уст}$ - сумма установленных мощностей; $К_с$ – коэффициент спроса
Метод упорядоченных диаграмм	$P_р=К_м К_и P_{уст}$	$P_{уст}$ - сумма установленных мощностей; $К_м$ – коэффициент максимума; $К_и$ – коэффициент использования

Контрольные вопросы по теме «Электрические нагрузки»

1. Что называется электрической нагрузкой электроприемника?
2. К чему приводит завышение электрических нагрузок?
3. К чему приводит занижение электрических нагрузок?
4. В каких случаях применяется метод упорядоченных диаграмм и почему?
5. В чем отличие установленной мощности от номинальной мощности?
6. Что называется графиком нагрузки или нагрузочной диаграммой?
7. Для чего определяется эффективное число электроприёмников?
8. Почему коэффициент использования всегда меньше единицы?
9. Почему коэффициент максимума всегда больше единицы?
10. Какие существуют виды максимальных нагрузок и в чём их отличие?
11. Почему расчётная нагрузка всегда меньше суммы номинальных мощностей электроприемника?
12. Почему не допускается производить расчёт нагрузок путём суммирования номинальных нагрузок электроприёмников?
13. В каких случаях применяется метод коэффициента спроса и почему?
14. В каких случаях применяется расчёт электрических нагрузок методом удельной мощности на единицу продукции?
15. В каких случаях применяется расчёт электрических нагрузок методом удельной мощности на производственной площади цеха?
16. Для чего производится расчёт электрических нагрузок и где применяются результаты расчёта?

Цель работы: Научить производить расчет и выбор защитных аппаратов напряжением до 1000 В.

Краткие теоретические сведения

В сетях и установках напряжением до 1000В возможны ненормальные режимы работы электроустановок, связанные с незначительным или чрезмерным увеличением тока в цепи:

Перегрузка – режим работы электроустановки, с нагрузкой превышающей номинальную мощность, при котором в электрической цепи возникает ток, превышающий номинальный ток на 5-50%;

Короткое замыкание – преднамеренное или случайное соединение двух точек электрической цепи непосредственно или через малое сопротивление, при котором в электрической цепи возникает значительный ток, превышающий номинальный ток в 10-100 раз.

Для защиты внутрицеховых электрических сетей напряжением до 1000В применяются следующие защитные аппараты:

Предохранитель – коммутационный электрический аппарат, предназначенный для отключения защищаемой цепи посредством плавления и последующего разрушения, специально предусмотренных для этого токоведущих частей (плавкая вставка), под действием проходящего по ним тока, превышающего его калиброванные значения.

Достоинством предохранителей является его дешевизна по сравнению с автоматическими выключателями.

Недостатком предохранителей является не удобство в эксплуатации, так как при перегорании плавкой вставки необходима замена всего предохранителя.

Предохранители применяются в низковольтных комплектных распределительных устройствах типа силовых пунктов (СП-62) и распределительных шкафов (ШР-11) с рубильником и количеством отходящих групп не более 8 комплектуются предохранителями марки НПН-15, НПН-60, ПН-2-100-250-400-600-1000,в вводно-распределительных устройствах с рубильниками на вводе и предохранителями ПН-2 на отходящих линиях (ВРУ, ВРС, ШВ, ВУШ, ВУД), в закрытых распределительных шинопроводах напряжением до 1000 В с рубильниками, блок-предохранителями (ШРА).На подстанциях предохранители применяются в панелях марки ЩО-70 с рубильниками и предохранителями ПН-2 -100-250-400.

Автоматический выключатель - коммутационный электрический аппарат, предназначенный для отключения защищаемой цепи посредством срабатывания расцепителей, под действием проходящего по ним тока, превышающего его стандартные значения и воздействующих на отключающий валик, который отключает автоматический выключатель.

Достоинством автоматических выключателей является удобство в эксплуатации, то есть при срабатывании расцепителей автоматических выключателей не требуется его замена, а лишь повторное включение.

Недостатками автоматических выключателей является значительная дороговизна автоматического выключателя по сравнению с предохранителями (в 10-15 раз)

Автоматические выключатели применяются в низковольтных комплектных распределительных устройствах типа пунктов распределительных с количеством групп не более 12 с автоматическими выключателями АЕ 2000, ВА, А3700 (СУ9400,ПР-11-24-85); в щитках освещения с количеством групп 6 или 12 групп с автоматическими выключателями АЕ1000, ВА (ОПВ, ОЩВ, УОЩВ); в вводно-распределительных устройствах с автоматическими выключателями А3700 на вводе и автоматическими выключателями АЕ-2000, ВА, А3700 на отходящих линиях (ВРУ, ВРС, ШВ, ВУШ, ВУД); в закрытых распределительных шинопроводах напряжением до 1000В с автоматическими выключателями (ШРА). В комплектных трансформаторных подстанциях (КТП, КТПН) применяются автоматические выключатели марки АВМ, «Электрон», А3700.

Условия выбора защитной аппаратуры

Низковольтные предохранители выбираются по следующим условиям:
- по типу и назначению предохранителя:

Предохранители рекомендуется применять для электроприёмников, имеющие незначительные пусковые токи или малые кратности пускового тока (печи сопротивления, освещение), а также для защиты питающих линий жилых, административных и гражданских зданий.

Предохранители с рубильниками также применяются на подстанциях с потребителями 2 категории в виде защитных аппаратов в панелях ЩО-70.

При выборе токов плавких вставок предохранителей и рубильников, необходимо, соблюдать условия **селективности** (избирательности срабатывания) по номинальным токам рубильников и токам плавких вставок предохранителей:

1. Рекомендуется, чтобы вводные номинальные токи рубильников и токи плавких вставок предохранителей узлов или зданий должны быть больше, чем токи плавких вставок предохранителей наибольшего электроприёмника в узле или наиболее загруженной питающей линии здания.

2. Рекомендуется, чтобы номинальные токи рубильников и токи плавких вставок предохранителей отходящих линий на подстанции, которые защищают данный узел или здание, должны быть больше, чем вводные номинальные токи рубильников и токи плавких вставок предохранителей узла или здания.

3. Рекомендуется, чтобы номинальный ток секционного рубильника на подстанции должен быть больше, чем номинальные токи рубильников и токи плавких вставок предохранителей отходящих линий на подстанции.

4. Рекомендуется, чтобы вводные номинальные токи рубильников и токи вводных плавких вставок предохранителей должны быть больше, чем номинальный ток секционного рубильника.

- по напряжению: $U_{ном} \geq U_{сети}$
- по номинальному току предохранителя: $I_{ном\ пр} \geq I_{ном\ ЭП}$ или $I_{ном\ пр} \geq I_{р\ узл}$
- по току плавкой вставки: $I_{п\ в} \geq I_{ном\ ЭП}$ или $I_{п\ в} \geq I_{р\ узл}$

$I_{п\ в} \geq I_{пуск\ ЭП}/\alpha$ или $I_{п\ в} \geq I_{пик\ узл}/\alpha$

Автоматические выключатели выбираются по следующим условиям:
- по типу автоматического выключателя и назначению:

Автоматические выключатели рекомендуется применять для электроприёмников со значительными пусковыми токами или с большой кратностью пускового тока (кран-балки, лифты, конвейеры и т.д.), а также для защиты питающих линий производственных цехов и зданий.

Автоматические выключатели также применяются в виде защитных аппаратов на подстанциях с потребителями 1 и 2 категории. Причём на подстанциях с потребителями 1 и 2 категории применяются автоматические выключатели серии АВМ, «Электрон», ВА, А3700 с полупроводниковыми расцепителями и блоками МТЗ и регулируемой выдержкой времени в зоне перегрузок и КЗ, и с электромагнитными и электродвигательными приводами в стационарном или выдвижном исполнении шкафах КТП.

При выборе автоматических выключателей, необходимо, соблюдать условия **селективности** (избирательности срабатывания) по токам срабатывания и выдержке времени в зоне перегрузок и КЗ:

1. Рекомендуется, чтобы токи срабатывания вводных автоматических выключателей узлов должны быть больше, чем токи срабатывания автоматических выключателей наибольшего электроприёмника в узле, при этом автоматические выключатели должны быть неселективными (без выдержки времени).

2. Рекомендуется, чтобы токи срабатывания автоматических выключателей отходящей линии на подстанции, которые защищают данный узел, должны быть больше, чем вводной автоматический выключатель узла. При этом автоматические выключатели на подстанции могут быть неселективными (без выдержки времени) для подстанций с потребителями 2 категории или селективными (с выдержкой времени) для подстанций с потребителями 1 категории.

3. Рекомендуется, чтобы ток срабатывания секционного автоматического выключателя на подстанции должен быть больше, чем токи срабатывания автоматических выключателей отходящих линий на подстанции, а также иметь большую выдержку времени. При этом автоматический вы-

ключатель на подстанции должен быть селективным (с регулируемой выдержкой времени) для подстанций с потребителями 1 и 2 категории.

4. Рекомендуется, чтобы токи срабатывания вводных автоматических выключателей должны быть больше, чем ток срабатывания секционного автоматического выключателя на подстанции, а также иметь большую выдержку времени. При этом автоматические выключатели на подстанции должны быть только селективными (с регулируемой выдержкой времени) для подстанций с потребителями 1 и 2 категории.

- по напряжению: Uном ≥ Uсети
- по номинальному току автоматического выключателя: Iном АВ ≥ Iном ЭП или Iном АВ ≥ Iр узл
- по току теплового расцепителя: Iт.р. ≥ Кт*Iном ЭП или Iт.р. ≥ Кт *Iр узл
- по току электромагнитного расцепителя: Iп в ≥ Кэ* Iпуск ЭП или Iп в ≥ Кэ* Iпик узл

Справочные данные

Таблица 1. Расчетные выражения для выбора аппаратов защиты в силовых и осветительных сетях

Аппарат защиты	Расчетные формулы			
	Силовые сети		Осветительные сети	
	линии к одиночным ЭП	линии к группам ЭП	лампы накаливания и люминесцентные лампы	лампы ДРЛ, ДРИ
Плавкая вставка предохранителя	1)$I_{ном,вст} \geq I_{ном,эп}$ 2) $I_{ном,вст} \geq I_{пуск}/a$	$I_{ном,вст} \geq I_р$ $I_{ном,вст} \geq I_{пик}/a$	$I_{ном,вст} \geq I_р$ -	$I_{ном,вст} \geq 1{,}2I_р$ -
Тепловой расцепитель автоматического выключателя с нерегулируемой обратнозависимой от тока характеристикой	$I_{сраб,теп,нр} \geq 1{,}15I_{ном,эп}$			
То же, с регулируемой обратнозависимой от тока характеристикой	$I_{сраб,теп,рег} \geq 1{,}25I_{ном,эп}$			
		$I_{сраб,комб,рег} \geq 1{,}1I_р$	$I_{сраб,комб,рег} \geq I_р$	$I_{сраб,комб,рег} \geq 1{,}3I_р$
		$I_{уст,э\ о} \geq 1{,}25I_{пик}$	-	-
То же с нерегулируемой обратнозависимой от тока характеристикой		$I_{уст,э\ о} \geq 1{,}5I_{пик}$	-	-

* При установке автоматических выключателей в шкафу и для линий к силовым ЭП, не имеющим в своем составе электродвигателей, повышающие коэффициенты 1,25; 1,15 и 1,1 не вводятся.

Примечания: 1. Выражения даны для автоматических выключателей с кратностью тока отсечки не менее 10.

2. Тепловые элементы реле, встраиваемых в магнитные пускатели, выбирают по выражениям таблицы 1 как для тепловых разделителей автоматических выключателей.

Таблица 2. Основные данные низковольтных предохранителей

Тип предохранителя	Номинальный ток патрона предохранителя, А	Номинальный ток плавкой вставки, А	Предельный ток отключения, кА
НПН-15	15	6; 10; 15;	-
НПН-60	60	15; 20; 25; 35; 45; 60;	-
ПН-2-100	100	30; 40; 50; 60; 100;	50
ПН-2-250	250	80; 100; 120; 200; 250;	40
ПН-2-400	400	200; 250; 300; 350; 400;	25
ПН-2-600	600	300; 400; 500; 600;	25
ПН-2-1000	1000	500; 600; 750; 800; 1000;	10

Таблица 3.

Тип предохранителя	Номинальный ток патрона $I_{ном}$, А	Номинальный ток плавкой вставки $I_{п.в.}$, А
	15	6, 10, 15
	60	15, 20, 25, 35, 45, 60
	100	60, 80, 100
	200	100, 125, 160, 200
	350	200, 225, 260, 300, 350
	600	350, 450, 500, 600
	1000	600, 700, 850, 1000

Таблица 4. Автоматические выключатели серии АЕ2000, применяемые в пунктах распределительных ПР-11 и ПР-24

Тип марка	Номинальный ток автоматического выключателя, $I_{ав}$ (А)	Ток теплового расцепителя, $I_{тр}$ (А)	Кратность тока электромагнитного расцепителя $I_{эмр} = К_{эмр}*I_{тр}$	Предельная коммутационная способность, $I_{откл}$ (кА)
АЕ2026	16	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0.	$К_{эмр}$ = 12,0	0,7 до $I_{тр}$ =2,0 А ; 1,0 до $I_{тр}$ =6,3 А; 2,0 до $I_{тр}$ =16,0 А;
АЕ2036	25	0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0.	$К_{эмр}$ = 12,0	0,8 до $I_{тр}$ =4,0 А ; 1,5 до $I_{тр}$ =12,5 А; 4,5 до $I_{тр}$ =25,0 А;
АЕ2046	63	10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0,	$К_{эмр}$ = 12,0	2,0 до $I_{тр}$ = 12,5 А ; 3,0 до $I_{тр}$ =25,0 А; 6,0 до $I_{тр}$ =63,0 А;
АЕ2056	100	16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0; 100,0.	$К_{эмр}$ = 12,0	3,0 до $I_{тр}$ = 25,0 А ; 6,0 до $I_{тр}$ =40,0 А; 9,0 до $I_{тр}$ =100,0 А;

Таблица5. Автоматические выключатели А3700 устанавливаемые в шкафах КТП

Тип марка	Iав (А)	Уставки в зоне перегрузок		Уставки в зоне КЗ		$I_{дин}$ (кА)
		Iпр (А)	Выдержка времени в зоне перегрузок (сек)	(Кэмр) $I_{эмр} = К_{эмр}*I_{пр}$	Выдержка времени в зоне КЗ (сек)	
А3714Б	160	20,0; 25,0; 32,0; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0; 100,0; 125,0; 160,0.	4; 8; 16;	3; 5; 7; 10;	0,0	до 40А-18 кА; до 80А-36кА; до 160А-75кА;
А3724Б	250	160,0; 200,0; 250,0;	4; 8; 16;	3; 5; 7; 10;	0,0	75 кА
А3734Б	400	160,0; 200,0; 250,0; 320,0; 400,0;	4; 8; 16;	3; 5; 7; 10;	0,0	до 250А-75 кА; до 400А-100кА;
А3744Б	630	250,0; 320,0; 400,0; 500,0; 630,0;	4; 8; 16;	3; 5; 7; 10;	0,0	100 кА

Таблица 6. Автоматические выключатели А3700 устанавливаемые в шкафах КТП

Тип марка	Номинальный ток автоматического выключателя, Iав (А)	Ток электромагнитный расцепителя, (А)	Предельный динамический ток, Iдин (кА)
А3712Б	160	400; 630;1000; 1600;	36
А3722Б	250	1600; 2000; 2500;	75
А3734Б	400	2500; 3200; 4000;	100
А3744Б	630	4000; 5000; 6300;	100

Таблица 7. Автоматические выключатели А3700 устанавливаемые в шкафах КТП на подстанциях

Тип марка	Iав (А)	Iпр (А)	Выдержка времени в зоне перегрузок (сек)	(Кэмр) $I_{эмр} = К_{эмр}*I_{пр}$	Выдержка времени в зоне КЗ (сек)	$I_{дин}$(кА)
А3734с	400	160,0; 200,0; 250,0; 320,0; 400,0;	4; 8; 16;	3; 5; 7; 10;	0,1; 0,25; 0,4;	
А3744с	630	250,0; 320,0; 400,0; 500,0; 630,0;	4; 8; 16;	3; 5; 7; 10;	0,1; 0,25; 0,4;	60

Таблица 8. Автоматические выключатели АВМ

Тип марка	Iав (А)	Уставки в зоне перегрузок		Уставки в зоне КЗ	$I_{откл}$ (кА)
		Ток максимального расцепителя	Выдержка времени в зоне перегрузок (сек)	Выдержка времени в зоне КЗ только для селективных выключателей с индексом С (сек)	
АВМ4Н; АВМ4НВ; АВМ4С; АВМ4СВ;	400	120,0; 150,0; 200,0; 250,0; 300,0; 400,0;	до 10 сек	0,25 и 0,4 или 0,4 и 0,6	10
АВМ10Н; АВМ10НВ АВМ10С; АВМ10СВ	1000	500,0; 600,0; 800,0; 1000,0;	до 10 сек	0,25 и 0,4 или 0,4 и 0,6	10
АВМ15Н; АВМ15НВ АВМ15С; АВМ15СВ	1500	800,0; 1000,0; 1200,0; 1500,0;	до 10 сек	0,25 и 0,4 или 0,4 и 0,6	10
АВМ20Н; АВМ20НВ АВМ20С; АВМ20СВ	2000	1000,0; 1200,0; 1500,0; 2000,0;	до 10 сек	0,25 и 0,4 или 0,4 и 0,6	10

Таблица 9 Автоматические выключатели "Электрон"

Тип марка	Iав(А)	Уставки в зоне перегрузок		Уставки в зоне КЗ	Iдин (кА)
		Ток полупроводникового расцепителя с блоком МТЗ, Iпр (А)	Выдержка времени в зоне перегрузок (сек)	Выдержка времени в зоне КЗ (сек)	
Э06В; Э06СВ	630	(0,63 - 0,8 -1,0)* Iав	30-60-90-120-150-180	0,25-0,4-0,7	25
Э16В; Э16СВ	1600	(0,63 - 0,8 -1,0)* Iав	30-60-90-120-150-180	0,25-0,4-0,7	40
Э25В; Э25СВ	2500	(0,63 - 0,8 -1,0)* Iав	30-60-90-120-150-180	0,25-0,4-0,7	45
Э40В; Э40СВ	4000	(0,63 - 0,8 -1,0)* Iав	30-60-90-120-150-180	0,25-0,4-0,7	65

Методические указания

по выполнению расчета и выбора предохранителей

1. Расчет номинальных токов электроприёмников

$$I_{ном\ эп} = P_{ном} \backslash (\sqrt{3} * U_{ном} * \cos\varphi * \eta) \quad \text{или} \quad I_{ном\ эп} = S_{ном} \backslash (\sqrt{3} * U_{ном})$$

где: $P_{ном}$, $S_{ном}$ – номинальная активная или полная мощность электроприёмника определяется из исходных данных расчета нагрузок, кВт или кВА;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение сети, кВ;

cos φ – коэффициент мощности электроприёмника, определяется из расчёта электрических нагрузок;

η – коэффициент полезного действия электроприёмника, принимается равным 0,9;

$I_{р\ узл}$ – расчётный ток узла, определяется из из расчёта электрических нагрузок, А

2. Расчет пусковых токов электроприёмников

$$I_{пуск\ эп} = K_{пуск} * I_{ном\ эп}$$

где: $I_{ном\ эп}$ = номинальный ток электроприёмника, А

$K_{пуск}$ = кратность пускового тока электроприёмника, которую рекомендуется принимать равной:

7,5 - для конвейеров, кранов, лифтов, дробилок, мельниц, дробилок и т.д;

6 - для сварочных аппаратов;

5 - для металлорежущих станков, вентиляторов, насосов и т.д;

3 - для газоразрядных ламп высокого давления ДРЛ, ДРИ, ДНАО, ДКсТ;

2 - для печей сопротивления, нагревательных элементов и т.д;

2 - для ламп накаливания и люминесцентных ламп.

3. Расчет пикового тока узла

$$I_{пик\ узл} = I_{р\ узл} + I_{пуск\ макс} - K_{и} * I_{ном\ эп}$$

где: $I_{р\ узл}$ – расчётный ток узла, определяемый из расчёта электрических нагрузок.А

$I_{пуск\ макс}$ – максимальный пусковой ток электроприёмника в узле, А;

$K_{и}$ – коэффициент использования электроприёмника, имеющего максимальный пусковой ток в узле;

$I_{ном\ эп}$ – номинальный ток электроприёмника, имеющего максимальный пусковой ток в узле, А;

4. Производим выбор предохранителей исходя из расчетных данных для каждого электроприемника и узлов.

$$U_{ном} \geq U_{сети}$$

$$I_{п\ в} \geq I_{ном\ эп} \quad \text{или} \quad I_{п\ в} \geq I_{р\ узл}$$

$$I_{п\ в} \geq I_{пуск\ эп} / \alpha \quad \text{или} \quad I_{п\ в} \geq I_{пик\ узл} / \alpha$$

где: $I_{пуск\ эп}$ - пусковой ток электроприёмника который определяется по номинальному току и кратности пускового тока электроприёмника;

α – коэффициент, учитывающий условия и длительность пуска и принимающий значения для одиночных электроприёмников:

2,5 – для лёгких пусков, с длительностью до 2,5 секунд, а также для редких пусков (насосы, вентиляторы, металлорежущие станки и т.д.), а также для жилых, гражданских и административных зданий;

1,6 – для тяжёлых пусков с длительностью более 2,5 секунд, а также для частых пусков и с частыми реверсами (краны, лифты, дробилки, мельницы, дробилки, конвейеры и т. д);

Для узлов **α** принимается равный значению для электроприёмника имеющего, максимальный пусковой ток в узле.

Для предохранителей выбирается ближайшая большая стандартная уставка плавкой вставки, которая не может быть больше номинального тока патрона предохранителя и расчеты сводятся в таблицу.

Таблица. Выбор низковольтных предохранителей для трехфазных и однофазных электроприёмников

№ ЭП на плане	наименование	Рном, (кВт)	Uном, (кВ)	cos φ	кпд, η	Коэффициент фаз, √3 или 1	Iном, (А)	Кпуск	Iпуск, (А)	α	Iпуск / α	Предохранитель		
												Тип, марка	Iпр, (А)	Iпв, (А)

Таблица. Выбор низковольтных предохранителей для защиты ПЭЭ

№ ПЭЭ на плане	наименование	Sр, (кВА)	U ном, (кВ)	Коэффициент фаз, √3	Iр, (А)	Кпуск	Iпик, (А)	α	Iпуск / α	Предохранитель		
										Тип, марка	Iпр, (А)	Iпв, (А)

Если к узлу подключен электроприёмник, у которого токи предохранителя и плавкой вставки совпадают или больше чем токи предохранителя и плавкой вставки, защищающего весь узел, то необходимо по условию селективности увеличить токи предохранителя и плавкой вставки, защищающего весь узел

Методические указания

по выполнению расчета и выбора автоматических выключателей

1. Расчет номинальных токов электроприёмников

$$\mathbf{I_{ном\ эп} = P_{ном} \backslash (\sqrt{3} * U_{ном} * \cos\varphi * \eta)} \quad \text{или} \quad \mathbf{I_{ном\ эп} = S_{ном} \backslash (\sqrt{3} * U_{ном})}$$

где:

$P_{ном}$, $S_{ном}$ – номинальная активная или полная мощность электроприёмника определяется из исходных данных расчета нагрузок, кВт или кВА;

$U_{ном}$ – номинальное напряжение сети, кВ;

cos φ – коэффициент мощности электроприёмника, определяется из расчёта электрических нагрузок;

η – коэффициент полезного действия электроприёмника, принимается равным 0,9;

$I_{р\ узл}$ – расчётный ток узла, определяется из из расчёта электрических нагрузок, А

2. Расчет пусковых токов электроприёмников $\mathbf{I_{пуск\ эп} = K_{пуск} * I_{ном\ эп}}$

где:

$I_{ном\ эп}$ = номинальный ток электроприёмника, А

$K_{пуск}$ = кратность пускового тока электроприёмника, которую рекомендуется принимать равной:

7,5 - для конвейеров, кранов, лифтов, дробилок, мельниц, дробилок и т.д;

6 - для сварочных аппаратов;

5 - для металлорежущих станков, вентиляторов, насосов и т.д;

3 - для газоразрядных ламп высокого давления ДРЛ, ДРИ, ДНАО, ДКсТ;

2 - для печей сопротивления, нагревательных элементов и т.д;

2 - для ламп накаливания и люминесцентных ламп.

3. Расчет пикового тока узла $\mathbf{I_{пик\ узл} = I_{р\ узл} + I_{пуск\ макс} - K_и * I_{ном\ эп}}$

где:

$I_{р\ узл}$ – расчётный ток узла, определяемый из расчёта электрических нагрузок.А

$I_{пуск\ макс}$ – максимальный пусковой ток электроприёмника в узле, А;

$K_и$ – коэффициент использования электроприёмника, имеющего максимальный пусковой ток в узле;

$I_{ном\ эп}$ – номинальный ток электроприёмника, имеющего максимальный пусковой ток в узле, А;

4. Производим выбор автоматических выключателей в соответствии с условиями выбора.

По напряжению: $\mathbf{U_{ном} \geq U_{сети}}$

5. По номинальному току автоматического выключателя:

$$\mathbf{I_{ном\ АВ} \geq I_{ном\ эп} \quad или \quad I_{ном\ АВ} \geq I_{р\ узл}}$$

где: $I_{ном\ АВ}$ – номинальный ток автоматического выключателя, (16, 25, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1500, 2000, 2500, 4000), А

$I_{ном\ эп}$ - номинальный ток электроприёмника(А), определяемый по формуле аналогично как для предохранителей.

$I_{р\ узл}$ – расчетный ток узла определяемый из расчёта электрических нагрузок, А;

6. По току теплового расцепителя: $\mathbf{I_{т.р.} \geq K_т * I_{ном\ эп}}$ **или** $\mathbf{I_{т.р.} \geq K_т * I_{р\ узл}}$

где: $K_т$ = коэффициент надежности срабатывания теплового или комбинированного пулупроводникового расцепителя, который определяется в зависимости от типа расцепителя и от того какие линии они защищают:

1,1 – для защиты узлов и групп силовых электроприёмников;

1,15 - для защиты одиночных силовых электроприёмников, с нерегулируемыми тепловыми расцепителями;

1,25 – для защиты одиночных электроприёмников, с регулируемыми комбинированными полупроводниковыми расцепителями;

1,3 – для защиты осветительных сетей с ртутными лампами высокого давления типа ДРЛ, ДРИ, ДНАО, ДКсТ с нерегулируемыми тепловыми расцепителями;

1,0 – для защиты осветительных сетей с лампами накаливания и люминисцентными лампами низкого давления с нерегулируемыми тепловыми расцепителями.

7. По току электромагнитного расцепителя:

$$\mathbf{I_{п\,в} \geq K_э * \underline{I_{пуск\,ЭП}}} \quad \text{или} \quad \mathbf{I_{п\,в} \geq K_э * \underline{I_{пик\,узл}}}$$

где: $I_{пускЭП}$ - пусковой ток электроприёмника который определяется по номинальному току и кратности пускового тока электроприёмника по формуле аналогичной как для предохранителей, А;

$I_{пик\,узл}$ – пиковый ток узла, определяемый по формуле аналогичной как для предохранителей, А;

$K_э$ = коэффициент надежности срабатывания электромагнитного расцепителя, который определяется в зависимости от типа расцепителя и того какие линии они защищают:

1,2 – для защиты одиночных электроприёмников с регулируемыми комбинированными полупроводниковыми или нерегулируемыми электромагнитными расцепителями;

1,25 - для защиты узлов и групп силовых электроприёмников с регулируемыми комбинированными полупроводниковыми расцепителями;

1,5 - для защиты узлов и групп силовых электроприёмников и узлов с нерегулируемыми электромагнитными расцепителями;

1,3 – для защиты осветительных сетей с ртутными лампами высокого давления типа ДРЛ, ДРИ, ДНАО, ДКсТ с нерегулируемыми электромагнитными расцепителями;

1,0 - для защиты осветительных сетей с лампами накаливания и люминесцентными лампами низкого давления с нерегулируемыми электромагнитными расцепителями.

Для автоматических выключателей выбирается ближайшая большая стандартная уставка расцепителя.

Таблица. Выбор автоматических выключателей для электроприёмников узлов

№ ЭП на плане	$P_{ном}$, (кВт)	$U_{ном}$, (кВ)	cos φ	кпд, η	$I_{ном}$, (А)	$K_{пуск}$	$I_{пуск}$, (А)	$K_т$	$K_т * I_{ном}$	$K_э$	$K_э * I_{ном}$	Автоматический выключатель			

Таблица. Выбор вводных и секционных автоматических выключателей ТП и КТП

№ узла на плане	Sном, (кВт)	Uном, (кВ)	Ір,(А)	Кпуск	Імах, (А)	Кт	Кт * Ір	Кэ	Кэ * Іпик	Автоматический выключатель ТП			

Если к узлу подключен электроприёмник, у которого токи срабатывания автоматического выключателя совпадают или больше чем у автоматического выключателя, защищающего весь узел, то необходимо по условию селективности увеличить токи срабатывания автоматического выключателя, защищающего весь узел.

Контрольные вопросы

1. В каких случаях рекомендуется выбор автоматических выключателей?
2. В каких случаях рекомендуется выбор низковольтных предохранителей?
3. Принцип действия автоматического выключателя и виды расцепителей?
4. Принцип действия предохранителя и типы?
5. Если автоматический выключатель отключился, но он не поддаётся включению, какой расцепитель сработал и почему он не включается.
6. В чем основное достоинство автоматических выключателей?
7. В чём основное достоинство предохранителей?
8. Почему при прохождении токов короткого замыкания тепловой расцепитель не срабатывает?
9. Почему при прохождении токов перегрузки электромагнитный расцепитель не срабатывает?
10. Что называется коэффициентом надёжности срабатывания теплового или электромагнитного расцепителя и почему он всегда больше единицы?
11. В чём отличие токов перегрузки и токов короткого замыкания и в каких случаях они возникают?
12. В чём заключается условие селективности при выборе защитной аппаратуры?
13. Для чего необходимо выполнение условия селективности при расчёте электрических сетей напряжением до 1000 В?
14. Для чего необходим в предохранителе мелкозернистый кварцевый песок и почему не применяется любой песок?
15. От каких токов отстраивается ток теплового расцепителя?
16. От каких токов отстраивается ток электромагнитного расцепителя?