

Введение

Задача электроснабжения промышленных предприятий возникла одновременно с развитием строительства электрических станций.

Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий велось в ряде проектных организаций. В результате обобщения опыта проектирования возникло типовое решение.

В настоящее время созданы методы расчета и проектирования цеховых сетей, выбора мощности цеховых трансформаторов и трансформаторных подстанций, методика определения электрических нагрузок и т.п. Ниже перечислены основные современные проблемы в области электроснабжения промышленных предприятий.

1. Рациональное построение систем электроснабжения промышленных предприятий.
2. Вопросы компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий.
3. Применение переменного тока, оперативного, для релейной защиты и автоматики.
4. Правильное определение ожидаемых электрических нагрузок.
5. Вопросы конструирования универсальных удобных в эксплуатации цеховых электрических сетей.
6. Комплектное исполнение цеховых и общезаводских систем питания и конструкции подстанций.

1. Исходные данные на проектирование

- 1) Генеральный план завода приведен на рис. 1.
- 2) Мощность системы питания 950 МВ·А.
- 3) Питание предприятия можно осуществлять от подстанций энергосистемы на классах напряжения 220, 110, 35 кВ.
- 4) Индуктивное сопротивление системы (x_c) принимать 0,3; 0,6; 0,9 о.е. соответственно классам напряжения 220, 110, 35 кВ.
- 5) Расстояние от источника питания до завода 7 км.

2. Технологический процесс коксохимического производства

Коксохимическое производство является основным производителем твердого топлива- кокса, путем сжигания которого получают тепловую энергию, а путем переработки - сырье для химической промышленности.

Основные потребители кокса - черная и цветная металлургия, литейное производство и химическая промышленность. Около 75% всего производимого кокса расходуется на выплавку чугуна в доменных печах. В СНГ ежегодно производится около 30 млрд. м³ коксового газа, 1млн. т. сырого бензола и 3млн. т. каменноугольной смолы. В настоящее время в отрасли вырабатывается свыше 3,5 млн. т. химических продуктов коксования. Ассортимент коксохимических продуктов составляет более 200 наименований.

В основе коксохимического производства лежит процесс пиролиза углей, или их сухой перегон. Он связан с нагреванием продукта без доступа воздуха. Цель пиролиза - отделение углерода от остальных веществ, содержащихся в углях.

Процесс пиролиза углей состоит из 5 стадий.

На стадии сушки при нагревании углей до 200⁰С происходит отделение влаги и адсорбированных газов – оксида углерода II, метана и др.

При начальном разложении(200...350⁰С) начинается плавление смолистых веществ и испарение углеводородов, а также разложение некоторых менее стойких, преимущественно кислородосодержащих органических соединений.

На стадии пластического состояния(350...500⁰С) уголь размягчается. Начинается интенсивное испарение углеводородов, смол и продолжается разложение углеводородов, азотистых и сернистых соединений.

В стадии образования полукокса(500...600⁰С) заканчивается процесс разложения испарения углеводородов и легкоплавких смол, благодаря чему пластическая масса твердеет (спекается). Такой спек (смесь углерода и тугоплавких смол) называется полукоксом.

При образовании кокса (при температуре свыше 600⁰С) начинают разлагаться тугоплавкие смолы с выделением моноциклических ароматических углеводородов, их производных и водорода. В спеке остается новообразовавшийся кристаллический углерод, связывающий первичные чешуйки углерода в угле. Обычно этот процесс заканчивается при температуре около 1000⁰С. Полученный продукт называется коксом.

Технологический процесс коксохимического завода начинается с подготовки сырья и приготовления шихты. Процесс подготовки сырья должен обеспечивать получение шихты заданного химического состава с учетом допускаемого содержания примесей, заданного размера угольных частиц и влажности.

Поступающий на завод уголь разных марок разделяется по составу и свойствам на группы, дробится и перемешивается в пределах каждой группы. Затем после дозировки на автоматических весах он обогащается путем грохочения, обеспыливания, мытьем, флотацией и другими методами с целью устранения посторонних примесей. Далее компоненты шихты подвергаются сушке и окончательному дроблению до крупности зерен не более 3 мм. Подготовленные таким образом компоненты шихты подаются в смесительные машины, а затем в бункеры накопителя угольной башни.

Готовая шихта из угольной башни определенными дозами высыпается в бункеры загрузочного вагона, который доставляет ее в камеры коксовых батарей.

Коксовая батарея представляет систему нескольких десятков коксовых камер, в

которых происходит процесс коксования угольной шихты. Коксовая камера выложена огнеупорным кирпичом, длина составляет 13...15 метров, высота 5...5,5 метров при ширине 0,4...0,5 метра. Такая форма камеры обеспечивает более быстрый и равномерный прогрев шихты. В своде камеры имеются 3-4 люка, закрывающихся герметичными крышками, для загрузки шихты. Торцевые стороны камер также закрываются герметичными металлическими дверьми. Вверху камеры имеются стояки для отвода газообразных продуктов коксования в газосборнике.

Между камерами расположены обогревательные простенки, состоящие из системы отопительных каналов, в которых горячие газы обогревают стенки камеры. Под камерами находятся регенераторы, служащие для подогрева отходящими газами воздуха и газа, подаваемых через газопроводы в отопительные каналы.

По рельсовому пути, расположенному над коксовыми камерами перемещается в загрузочный вагон, который через загрузочные люки подает шихту в коксовые камеры. Он снабжен специальными механизмами, отвинчивающими и завинчивающими крышки люков.

Вдоль одной из сторон батареи по рельсовому пути перемещается коксовыталкиватель- машина, которая после окончания процесса коксования вскрывает двери камеры и выталкивает образовавшийся кокс. С другой стороны по рельсовому пути перемещается тушильный вагон, который принимает раскаленный кокс, транспортирует его под башню для тушения и затем выгружает на рампу.

Процесс коксования начинается после подачи загрузочным вагоном отмеренной дозы шихты в камеру. Загрузочные люки закрываются, и включаются подогревающие устройства. В начале из шихты выделяются вода и газы, затем она плавится и оседает. При дальнейшем повышении температуры происходит вспучивание шихты за счет выделяющихся паров и газов и затем постепенно ее отвердевание. На последней стадии коксования начинается усадка и растрескивание спека. К концу процесса коксования образуется так называемый коксовый пирог. Выделяющиеся парогазовые фракции по стоякам отводятся в газосборник.

Нагрев шихты идет от нагреваемых поверхностей к центру камеры, поэтому в силу малой теплопроводности шихты на разных расстояниях от стенок одновременно проходят разные стадии коксования.

Процесс коксования в зависимости от состава шихты, теплоты сгорания топлива и

размеров камеры длится 14...17 ч.. По окончании процесса коксования нагревающего устройства выключаются, стояки перекрываются, а к дверям камеры подводится выталкиватель, который выгружает коксовый пирог в тушильный вагон, медленно движущийся вдоль батареи. Затем выталкиватель навешивает двери освободившейся камеры и отправляется к следующей камере, а загрузочный вагон открывает загрузочные люки и производит загрузку новой дозы шихты.

Выгруженный кокс подвергается тушению, так как при соприкосновении с воздухом он загорается. Тушильный вагон доставляет его в башню, где он гасится водой. После гашения кокс высыпается из вагона на рампу- наклонную бетонированную площадку, где остывает в течение 20 минут. Остывший кокс транспортерами подается на коксосортировку.

Летучие продукты, полученные в процессе коксования, представляют смесь паров и газов, которая называется прямым коксовым газом. Из 1 т. шихты влажностью 6% при коксовании получают около 270 кг или 330 м³ прямого коксового газа.

Содержание основных составляющих прямого коксового газа на 1 т. шихты: каменноугольная смола - около 32 кг, сырой бензол- 10, аммиак- 3, сероводород- 5, вода- 80 и так называемый обратный газ- 140 кг.

Коксохимическое производство до недавнего времени было единственным поставщиком бензольных углеводородов. С развитием нефтепереработки, позволяющей получать эти продукты при капиталовложениях в 1,5 раза меньше, его доля в производстве бензольных углеводородов снизилась до 40%. Однако в связи с тем, что бензол является попутным продуктом при получении кокса, коксохимическое производство остается одним из основных поставщиков бензольного сырья для органического синтеза. Легкую фракцию перерабатывают вместе с сырым бензолом. Из других фракций посредством ректификации, обработки химическими реагентами или вымораживанием с последующей кристаллизацией можно получить около 300 высококачественных химических соединений.

Коксохимический завод включает в себя следующие производственные цеха, перечисленные ниже.

Углеподготовка. Обычно состоит из отделений: углеприем, где выполняются работы по разгрузке из вагонов угля, угольных складов, где хранится оперативный запас угля всех марок и их усреднения; обогатительного отделения, где производится

предварительное дробление, угли измельчаются до размеров 80-0 мм или 50-0 мм, отсев угольной пыли и последующая флотация шлама, и его сушка; дозирочного отделения, предназначенного для составления угольной шихты, окончательного измельчения угольной шихты и ее компонентов. После чего шихта поступает в угольную башню, а оттуда в коксовый цех.

Коксовый цех. В состав коксового цеха входят: батареи коксовых печей со вспомогательным и обслуживающим устройством и сооружением; обслуживающие их коксовые машины (коксовыталкиватели, углезагрузочные вагоны, двересъемные машины, тушильные и другие); газовое хозяйство коксовых батарей, газоотводящая и газоподводящая арматура, устройства для переключения и регулирования газовых, воздушных и дымовых потоков. Комплекс агрегатов для охлаждения (тушения) кокса мокрого – тушильные башни с насосами и отстойниками воды, коксовые рампы. Коксосортировка, где происходит разделение кокса по классам.

Отделение улавливания химических продуктов коксования: конденсации, машинное, сульфатное, аммиачное, бензольное, обесфеноливающая установка, известковое отделение. В состав отделения конденсации входят осветлители для отделения воды и механических примесей от каменноугольной смолы, первичные газовые холодильники для охлаждения прямого коксового газа и выделения из него смолы и воды.

В машинном отделении располагаются газодувки-нагнетатели, отсасывающие прямой коксовый газ из газосборника коксовых печей и осуществляющие дальнейшую транспортировку его через улавливающую аппаратуру, и далее потребителям.

В сульфатном отделении производится улавливание и получение сульфата аммония.

В аммиачном отделении с обесфеноливающей установкой извлекается аммиак, фенолы и в виде фенолят натрия отправляют на централизованную переработку.

Насосная серной кислоты предназначена для перегонки серной кислоты полученной в цехах сероочистки (поступающая в дальнейшем на нужды промышленности).

В бензольном отделении из прямого коксового газа поглотительным маслом улавливают бензольные углеводороды, которые после выделения из поглотительного масла направляются на дальнейшую обработку. Основными товарными продуктами являются чистые бензол и его геммологи: толуол, ксилол.

К вспомогательным цехам относят: ремонтно-механический цех, специализированный цех по ремонту коксохимического оборудования и другие отделения занятые ремонтом оборудования. Очистные сооружения предназначены для конечной (полной) биохимической очистки воды использованной в процессе производства и дальнейший её сброс или повторное использование в производстве.

3. Определение расчетных электрических нагрузок

Важным этапом проектирования системы электроснабжения является определение электрических нагрузок. Зная электрические нагрузки, можно выбрать нужное число и мощности силовых трансформаторов, мощности и места подключения компенсирующих устройств, выбрать и проверить токоведущие элементы по условию допустимого нагрева, рассчитать потери и колебания напряжения и выбрать защиты.

Существуют различные методы расчета электронагрузок, которые в свою очередь делятся на: 1) основные; 2) вспомогательные.

К первым относят такие способы как:

1. По установленной мощности и коэффициенту спроса.
2. По средней мощности и отклонению расчетной нагрузки от средней (статический метод).
3. По средней мощности и коэффициенту формы графика нагрузки.
4. По средней мощности и коэффициенту максимума (метод упорядоченных диаграмм)

Ко вторым относят такие методы как:

5. По удельному расходу электроэнергии на единицу продукции или заданном объеме выпуска продукции за определенный период времени.
6. По удельной нагрузке на единицу производственной площади.

Применение того или иного метода определяется допустимой погрешностью расчетов.

3.1. Метод коэффициента спроса

Метод коэффициента спроса наиболее прост и широко распространен. Для определения расчетных нагрузок по этому методу необходимо знать установленную мощность РЦ группы приемников и коэффициенты мощности $\cos\varphi$ и спроса K_C данной

группы, определяемые по справочной литературе.

Расчетная нагрузка для однородных по режиму работы приемников определяется по следующим выражениям:

$$P_P = K_C \cdot P_Y; Q_P = P_P \cdot \operatorname{tg} \phi; S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2},$$

где K_C – коэффициент спроса группы приемников.

$\operatorname{tg} \phi$ - соответствует $\cos \phi$.

Расчетная нагрузка (цеха, корпуса, предприятия) определяется суммированием расчетных нагрузок отдельных групп приемников, входящих в данный узел с учетом коэффициента разновременности максимумов нагрузки.

$$S_P = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n P_{Pi}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n Q_{Pi}\right)^2} \cdot K_{PT};$$

$\sum_{i=1}^n P_{Pi}$ - сумма расчетных активных нагрузок отдельных групп приемников;

$\sum_{i=1}^n Q_{Pi}$ - сумма расчетных реактивных нагрузок отдельных групп приемников.

$K_{P.T.}$ – коэффициент разновременности максимумов нагрузок отдельных групп приемников, принимаемый $0,85 - 1,0$ в зависимости от места нахождения данного угла в системе электроснабжения предприятия.

№	Наименование цеха	P_n	$\cos \phi$	$\operatorname{tg} \phi$	k_c	$P'm$	$Q'm$
1	Административный	660	0,9	0,48	0,5	330	159,83

	корпус						
2	РМЦ	700	0,6	1,33	0,4	280	373,33
3	Кроватный цех	6800	0,7	1,02	0,8	5440	5549,9
4	Бытовые помещения	1690	0,9	0,48	0,5	845	409,25
5	Столовая	290	0,9	0,48	0,5	145	70,227
6	Цех эмаль-посуды	6300	0,75	0,88	0,8	5040	4444,9
7	Склад готовой продукции	300	0,9	0,48	0,5	150	72,648
8	Насосная	2880	0,8	0,75	0,85	2448	1836
9	Цех размораживания	2560	0,8	0,75	0,8	2048	1536
10	Материальный склад	460	0,9	0,48	0,5	230	111,39
11	Гараж	270	0,7	1,02	0,6	162	165,27
12	Лаборатория (ЦЗЛ)	1500	0,7	1,02	0,6	900	918,18
13	Столовая	290	0,9	0,48	0,5	145	70,227
14	Опытный цех	600	0,6	1,33	0,4	240	320
15	Блок подсобных цехов	650	0,7	1,02	0,6	390	397,88
16	Медпункт	100	0,9	0,48	0,5	50	24,216
17	Электроцех	1400	0,6	1,33	0,4	560	746,67
18	Проходная	15	0,9	0,48	0,5	7,5	3,6324
19	Котельная	3480	0,8	0,75	0,85	2958	2218,5
20	Главный магазин	70	0,9	0,48	0,5	35	16,951
	Итого	31015				22403,5	19445

Приемники 6 кВ							
2	Цех эмаль-посуды	4200	0,75	0,88	0,8	3360	2963,2
4	Насосная	5250	0,8	0,75	0,85	4462,5	3346,9
		9450					

3.2. Статический метод расчета нагрузок

Формирование электрических нагрузок зависит от ряда случайных факторов. Поэтому числовые значения величин нагрузок, также являются случайными, чаще всего эти величины независимы. Поскольку групповая нагрузка представляет собой систему независимых случайных нагрузок отдельных электроприемников, то при большом их числе групповая нагрузка подчиняется нормальному закону распределения случайных величин.

По статическому методу расчетную нагрузку группы приемников определяют двумя интегральными показателями: средней нагрузкой P_{CP} и среднеквадратичным отклонением σ из уравнения:

$$P_P = P_{CP} + \beta \cdot \sigma,$$

где β - статический коэффициент, зависящий от закона распределения и принятой вероятности превышения графиком нагрузки $P(t)$ уровня P_P .

Среднеквадратичное отклонение для группового графика определяют по формуле:

$$\sigma = \sqrt{P_{CK}^2 + P_{CP}^2},$$

$$P_{CK} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i^2 \cdot \Delta t_i)}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i}}$$

где — Среднеквадратичная мощность.

При введении коэффициента формы

$$K_{\phi} = P_{CK} / P_{CP}; \sigma = P_{CP} \cdot \sqrt{K_{\phi}^2 - 1},$$

Значение β принимается различным. В теории вероятности используется правило трех сигм

$$P_P = P_{CP} + 3 \cdot \sigma;$$

что при нормальном распределении соответствует предельной вероятности 0,9973. Вероятности превышения нагрузки на 0,5% соответствует $\beta = 2,5$, для $\beta = 1,65$ обеспечивается пяти процентная вероятность ошибки. В практических расчетах вполне достаточна точность 0,5 тогда

$$P_P = P_{CP} + 2,5 \cdot \sigma$$

3.3. Определение расчетной нагрузки по средней сложности и коэффициенту форм

Данный метод может применяться для определения расчетных нагрузок цеховых шинопроводов, на шинах низшего напряжения цеховых трансформаторных подстанций, на шинах РУ напряжением 10 кВ, когда значения коэффициента формы K_{ϕ} находится в

пределах 1,0-1,2. Расчетную нагрузку группы приемников определяют из выражений:

$$P_P = K_\phi \cdot P_{CP.M}; Q_P = K_\phi \cdot Q_{CP.M} \text{ или } Q_P = P_P \cdot \operatorname{tg} \phi,$$

$$\text{где } Q_{CP.M} = P_{CP.M} \cdot \operatorname{tg} \phi; S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2}.$$

В расчетном методе расчетную нагрузку принимаю равной среднеквадратичной, т.е.:

$$P_P = P_{СК}, Q_P = Q_{СК}$$

Для группы приемников с повторно-кратковременным режимом (ПКР) работы применяемое допущение справедливо во всех случаях. Оно приемлемо и для групп приемников с длительным режимом работы, когда число приемников в группе достаточно велико и отсутствуют мощные приемники, способные изменить достаточно равномерный групповой график нагрузок.

Значение коэффициента K_ϕ достаточно стабильны, если производительность завода или цеха примерно постоянна. Поэтому при проектировании K_ϕ могут быть приняты по опытным данным системы электроснабжения действующего предприятия, аналогичному по технологическому процессу и производительности проектируемому.

Средние мощности за наиболее загруженную смену $P_{CP.M}$, $Q_{CP.M}$ для определения расчетной нагрузки находятся при проектировании любым из способов:

1. По известным установленным мощностям P_U и коэффициентам использования K_U .

$$P_{CP.M} = K_U \cdot P_{НОМ} \quad Q_{CP.M} = P_{CP.M} \cdot \operatorname{tg} \phi$$

где $P_{ном.}$ – суммарная номинальная мощность группы электроприемников приведенная к $ПВ = 100 \%$.

2. По известным удельным расходам электроэнергии и производительности цеха или предприятия в единицах продукции.

3. По известным среднеудельным нагрузкам на единицу производственной площади.

3.4. Метод упорядоченных диаграмм

По этому методу расчетная активная нагрузка электроприемника на всех ступенях питающих и распределительных сетей (включая трансформаторы и преобразователи) определяется по средней мощности и коэффициенту максимума из выражения:

$$P_P = K_M \cdot P_{CP.M} = K_M \cdot K_H \cdot \sum_{i=1}^n P_{НОМ.ч} ;$$

Для определения P_P по методу упорядоченных диаграмм все электроприемники разбиваются на подгруппы с примерно одинаковыми режимами работы (коэффициентами использования K_H коэффициентами мощности $\cos\varphi$). Затем для каждой группы находят сумму номинальных мощностей. При этом, если режим работы электроприемника отличен от длительного, то используем следующую формулу:

$$P_H = P_{ПАС} \cdot \sqrt{ПВ} ,$$

где $P_{пас}$ – паспортная мощность приемника.

$ПВ$ – продолжительность включения электроприемника группы в долях от 1.

Значение K_M зависит от K_H данной группы электроприемников и эффективного числа приемников $n_{эф.}$ Эффективное число электроприемников определяется по формуле.

$$n_{\text{эф}} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{\text{НОМ}.i} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{\text{НОМ}.i}^2}$$

При числе электроприемников в группе 4 и более допускается принимать $n_{\text{эф}}$ равным n (действительному значению электроприемников при условии, что отношение номинальной мощности наибольшего электроприемника $P_{\text{НОМ}.max}$ к номинальной мощности наименьшего $P_{\text{НОМ}.min}$

$$m = \frac{P_{\text{НОМ}.max}}{P_{\text{НОМ}.min}} < 3$$

При $m > 3$ и $K_H \geq 0,2$ $n_{\text{эф}}$ можно определить по более простой формуле:

$$n_{\text{эф}} = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_{\text{НОМ}i}}{P_{\text{НОМ}.max}}$$

Когда найденное эффективное число электроприемников $n_{\text{эф}}$ оказывается больше действительного n , следует принимать $n_{\text{эф}} = n$;

На практике бывают случаи, когда $n < 5$, тогда $n_{\text{эф}}$, K_M не определяются и

– при $n = 1$ расчетная нагрузка подгруппы равна номинальной, т.е. $P_H = P_{H1}$ –

– при $n = 2 - 5$ расчетная нагрузка рассчитывается по коэффициенту нагрузки

$$P_P = K_3 \cdot \sum_{i=1}^5 P_{Hi} \quad \text{если } K_3 \text{ у всех одинаков или} \quad P_P = \sum_{i=1}^5 P_{Hi} \cdot K_3 \quad \text{если } K_3 \text{ различны.}$$

Практика расчетов показала, что более точно K_M можно найти по формуле:

$$K_M = \left(1 + \frac{0,546}{\sqrt{n_{\text{ЭФ}}}} \right) \cdot (A \cdot K_{\Phi} - B),$$

где K_{Φ} – коэффициент формы графика нагрузки;

A, B – коэффициенты, учитывающие нагрев проводников

Коэффициент K_{Φ} рассчитывается по формуле:

$$K_{\Phi} = \sqrt{1 + \left(\frac{1,1}{n_{\text{ЭФ}}} \right) \cdot \left(\frac{0,8}{K_{II}} - 1 \right)};$$

Коэффициенты A и B принимаются равными

при $K_{\Phi} \leq 1,1$ $A = 4,1$ $B = 3,1$

при $K_{\Phi} > 1,1$ $A = 2,8$ $B = 1,67$

расчетную реактивную нагрузку по этому принимают равной:

при $K_{\Phi} \leq 10$ $Q_P = 1,1 \cdot Q_{\text{СР.М}}$

при $K_{\Phi} > 10$ $Q_P = Q_{\text{СР.М}}$

или $Q_P = P_P \cdot \text{tg} \varphi$

3.5. Метод удельного расхода электроэнергии на единицу продукции

Ряд приемников электроэнергии характеризуются неизменными или мало изменяющимися графиками нагрузок. К таким электроприемникам относятся электроприводы вентиляторов, насосов, воздуходувок, преобразовательных агрегатов,

электролизных установок, печи сопротивления, электроприемники бумажной и химической промышленности, поточно-транспортных систем, и многие другие.

Коэффициенты включения этих приемников равны 1, а коэффициенты загрузки изменяются мало.

Для электроприемников с неизменной или мало изменяющейся во времени нагрузкой, расчетная нагрузка совпадает со средней, за наиболее загруженную смену и может быть определена по удельному расходу электрической энергии на единицу продукции при заданном объеме выпуска за определенный период времени:

$$P_P = P_{CP.M} = \frac{\mathcal{E}_{y\partial} \cdot N_{CM}}{T_{CM}},$$

где $\mathcal{E}_{y\partial}$ – удельный расход электроэнергии на единицу продукции, кВт · ч.

N_{CM} – количество продукции, выпускаемой за смену (производительность установки за смену).

T_{CM} – продолжительность наиболее загруженной смены, ч.

При наличии данных об удельных расходах электроэнергии на единицу продукции в натуральном выражении $\mathcal{E}_{y\partial}$ при годовом объеме выпускаемой продукции $N_{год}$ цеха (предприятия в целом) расчетную нагрузку определяют по формуле:

$$P_P = \frac{\mathcal{E}_{y\partial} \cdot N_{год}}{T_{max.ц}},$$

где $T_{max.ц}$ – число часов использования максимума активной нагрузки цеха (принимается по отраслевым инструкциям и справочным данным).

Если известны данные об удельных расходах электроэнергии по отдельным технологическим агрегатам $\mathcal{E}_{y\partial,i}$, то расчетную нагрузку определяют по формулам:

для цеха

$$P_{P.Ц} = \sum_{i=1}^n \frac{\mathcal{E}_{y\delta i} \cdot N_{200i}}{T_{\max.ц}} + P_{P.O.Ц};$$

для завода в целом:

$$P_{P.З.} = \sum (P_{P.Ц.i} + P_{P.O.З.}) \cdot K_{P.M.}$$

где $P_{P.O.Ц}$ и $P_{P.O.З.}$ – расчетные нагрузки за наиболее загруженную смену соответственно общецеховых и общезаводских электроприемников.

$N_{\delta i}$ – производительность отдельных агрегатов.

$\mathcal{E}_{y\delta i}$ – расход электроэнергии по отдельным агрегатам.

Метод удельной нагрузки на единицу произведенной площади

Расчетная нагрузка группы электроприемников по удельной мощности определяется по формуле:

$$P_P = P_{y\delta} \cdot F,$$

где $P_{y\delta}$ – удельная расчетная мощность на 1 м² производственной мощности, кВт/м².

F - площадь размещения группы приемников, м².

Удельную нагрузку определяют по статистическим данным. Её значение зависит от рода производства, площади цеха, обслуживаемой магистральным шинопроводом и изменяется в пределах 0,06 – 0,6 кВт/м².

Метод удельной нагрузки на единицу производственной мощности применяемой

при проектировании универсальных сетей машиностроения, которые характеризуются большим количеством электроприемников малой и средней мощности, равномерно распределенных по площади цеха. Универсальные сети выполняются магистральными шинопроводами и прокладываются с учетом возможных перемещений технологического оборудования.

Из анализа рассмотренных различных методов определения расчетных нагрузок можно сделать следующие выводы:

1. Для определения расчетных нагрузок по отдельным группам электроприемников и узлам с напряжением до 1 кВ в цеховых сетях следует использовать метод упорядоченных диаграмм показателей графиков нагрузок.

2. Для определения расчетных нагрузок на высших ступенях системы электроснабжения (начиная с цеховых шинопроводов и шин цеховых ТП и кончая линиями, питающими предприятие) следует использовать методы расчета, основанные на использовании средней мощности и коэффициентов K_M и K_ϕ .

При ориентировочных расчетах на высших ступенях системы электроснабжения возможно применение методов расчета по установленной мощности и K_C .

Из всех выше перечисленных методов расчетов электрических нагрузок предпочтительней метод коэффициента спроса. Погрешность при расчете данным способом составляет 5-10%. Такая погрешность допустима при проектировании. Таким образом расчет электрических нагрузок данного проекта будет осуществляется методом коэффициента спроса.

Метод коэффициента спроса

Указанный в проектном задании установленные мощности цехов позволяют применить к расчету их нагрузок, метод коэффициента спроса.

Расчетный максимум, необходимый для выбора почти всех элементов СЭС сечения проводников, трансформаторов ППЭ, отключающей аппаратуры, измерительных трансформаторов и т.д., определяемый сначала для отдельных цехов, а затем и для всего завода в целом.

Определение расчетной нагрузки данным методом рассмотрим на примере сборочного цеха №3.

$$P'_M = P_H \cdot K_C$$

где P'_M - расчетный максимум цеха без учета освещения.

K_C – коэффициент спроса цеха согласно цеха согласно [3].

$$P'_M = 1100 \cdot 0,85 = 935 \text{ кВт} \quad Q'_M = P'_M \cdot \operatorname{tg} \phi$$

$$Q'_M = 935 \cdot 0,62 = 579,7 \text{ кВар}$$

Необходимо учесть нагрузку искусственного освещения цехов и территории завода. Эта нагрузка определяется по удельной плотности освещения σ согласно [1] по выражению:

$$P_0 = F \cdot \sigma \cdot K_{CO},$$

где F – освещаемая площадь, м²

σ - удельная плотность осветительной нагрузки, Вт/м².

K_{CO} – коэффициент спроса осветительной нагрузки согласно [3].

$$P_0 = 677 \cdot 4,5 \cdot 0,8 = 2,4 \text{ кВт.}$$

$$Q_0 = P_0 \cdot \operatorname{tg} \phi,$$

где $\operatorname{tg} \phi$ - коэффициент мощности осветительной нагрузки.

$$Q_0 = 2,4 \cdot 0,48 = 1,2 \text{ кВар.}$$

Полная нагрузка цеха напряжением до 1 кВ представляет собой сумму силовой и осветительной нагрузки.

$$P_M = P'_M + P_0 \quad P_M = 935 + 2,4 = 937,4 \text{ кВт}$$

$$Q_M = Q'_M + Q_0 \quad Q_M = 579,7 + 1,2 = 580,9 \text{ кВар}$$

Результаты расчета остальных цехов сведены в табл. 2.

У потребителей напряжением 6 кВ отсутствует осветительная нагрузка.

Определим мощность осветительной нагрузки территории предприятия. Площадь территории $F_{тер} = 312716,3 \text{ м}^2$ удельная плотность освещения $\sigma_{тер} = 1 \text{ Вт/м}^2$. Коэффициент спроса $K_{CO тер} = 1$ по (2.1.3.) и (2.1.4.)

$$P_{0тер} = F_{тер} \cdot \sigma_{тер} \cdot K_{CO тер} \cdot 10^{-3}$$

$$P_{0тер} = 253464 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 253,46 \text{ кВт}$$

$$Q_{0тер} = P_{0тер} \cdot \text{tg } \phi \quad Q_{0тер} = 253,46 \cdot 0,48 = 121,66 \text{ кВар}$$

Суммарная активная нагрузка напряжением до 1 кВ.

$$P'_{\Sigma M} = \sum_{i=1}^{26} P_{Mi}^{\text{до 1 кВ}} + P_{0тер}$$

$$P'_{\Sigma M} = 16131 + 253,46 = 16384,46 \text{ кВт}$$

Суммарная реактивная нагрузка напряжением до 1 кВ.

$$Q'_{\Sigma M} = \sum_{i=1}^{26} Q_{Mi}^{до 1 \text{ кВ}} + Q_{0 \text{ мер}}$$

$$Q'_{\Sigma M} = 13006,45 + 121,66 = 13128,12 \text{ кВар}$$

Суммарная полная нагрузка напряжением до 1 кВ.

$$S'_{\Sigma M} = \sqrt{P'_{\Sigma M}{}^2 + Q'_{\Sigma M}{}^2}$$

$$S'_{\Sigma M} = \sqrt{16384,46^2 + 13128,12^2} = 20995,19 \text{ кВА}$$

Для дальнейшего расчета максимальной нагрузки по заводу в целом необходимо учесть коэффициент одновременности максимума $K_{PM} = 0,9$, а также потери в цеховых трансформаторах, линиях, распределительной и др. элементах. Однако эти элементы еще не выбраны, поэтому потери в трансформаторах цеховых подстанций ΔP и ΔQ учитывают приближенно по суммарным значениям нагрузок напряжением до 1 кВ цех №3

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S'_{\Sigma M} \quad \Delta P_T = 0,02 \cdot 1103 = 22,06 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S'_{\Sigma M} \quad \Delta Q_T = 0,1 \cdot 1103 = 110,3 \text{ кВар}$$

Расчет остальных цехов представлен в таблице 2.

Суммарная активная нагрузка напряжением свыше 1000 В.

$$P''_{\Sigma M} = \sum_{i=1}^6 P_{Mi}^{6 \text{ кВ}} \quad P''_{\Sigma M} = 12866 \text{ кВт}$$

Потребителями напряжения 6 кВ в компрессорной, насосной являются в основном синхронные двигатели. Они имеют опережающий $\cos\varphi$, т.е. они выдают реактивную мощность в сеть. Поэтому в расчетах учитываются со знаком «-».

Реактивная мощность равна нулю так, как нагрузкой на 6 кВ в основном являются синхронные двигатели с $\cos\varphi=1$.

Активная мощность предприятия с учётом коэффициента разновременности

$$P_P = K_{PM} \cdot (P'_{\Sigma M} + P''_{\Sigma M} + P_{0 \text{ мер}})$$

$$P_P = 0,9 \cdot (16384,46 + 12866) = 26325,4 \text{ кВт}$$

Реактивная мощность предприятия без учета компенсации

$$Q_P = K_{PM} \cdot (Q'_{\Sigma M} + Q''_{\Sigma M} + Q_{0 \text{ мер}})_m$$

$$Q_P = 0,9 \cdot (13128,12 + 0) = 118015,3 \text{ кВар.}$$

Предварительные потери активной мощности в трансформаторе ППЭ

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot \sum S'_\Sigma \quad \Delta P_T = 0,02 \cdot 28855,72 = 577,11 \text{ кВт}$$

Предварительные потери реактивной мощности в трансформаторе ППЭ

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot \sum S'_\Sigma \Delta Q_T = 0,1 \cdot 28855,72 = 2885,57 \text{ кВар}$$

Активная мощность предприятия

$$P_P = i \left(P'_{\Sigma M} + P''_{\Sigma M} + P_{\text{отер}} \right) + \Delta P_m$$

$$P_P = 26325,4 + 577,11 = 26902,51 \text{ кВт}$$

Реактивная мощность предприятия без учета компенсации

$$Q_P = i \left(Q'_{\Sigma M} + Q''_{\Sigma M} + Q_{\text{отер}} \right) + \Delta Q_m$$

$$Q_P = 118015,3 + 2885,57 = 14707,8 \text{ кВар.}$$

Полная расчетная мощность по заводу тогда будет

$$S_{\text{расчетная}} = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2}$$

$$S_{\text{расчетная}} = \sqrt{26902,51^2 + 14707,8^2} = 31400,4 \text{ кВА.}$$

4. Охрана труда

Анализ опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте дежурного диспетчера.

Условия труда на рабочих местах производственных помещений или площадок складываются под воздействием большого числа факторов, различных по своей природе, формам проявления, характеру действия на человека.

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 опасные и вредные производственные факторы подразделяются по своему действию на следующие группы:

- физические;
- химические;
- биологические;
- психофизиологические;

Один и тот же опасный и вредный производственный фактор по природе своего действия может относиться одновременно к различным группам. Следует иметь в виду, что одни опасные факторы могут отрицательно влиять только на человека, осуществляющего технологический процесс (например электрический ток, отлетающие частицы обрабатываемого материала, вращающиеся части производственного оборудования), а другие (например шум, пыль) и на среду, окружающую рабочие места. Некоторые факторы могут оказывать отрицательное влияние на все элементы системы “человек – машина – окружающая среда – предмет труда”. Влияние на одни элементы системы может быть непосредственным (прямым), а на другие косвенным.

Выбор технических средств безопасности должен осуществляться на основе выявления опасных и вредных факторов, специфических для данного технологического процесса, а также изучения особенностей каждого выявленного фактора и зоны его действия (опасной зоны).

Заключение

Спроектированная система электроснабжения завода тяжелого машиностроения имеет следующую структуру. Предприятие получает питание от энергосистемы по двухцепной воздушной линии электропередачи длиной 9,7 км напряжением 110 кВ. в качестве пункта приема электроэнергии используется двухтрансформаторная подстанция глубокого ввода с трансформаторами мощностью 25 000 кВА. Вся электроэнергия распределяется на напряжения 6 кВ по кабельным линиям. Распределительные пункты в системе распределения отсутствуют.

В результате проделанной работы были определены следующие параметры электроснабжения. Расчетные нагрузки цехов определены по методу коэффициента спроса. В качестве расчетной нагрузки по заводу в целом приняли нагрузку, определенную методом коэффициента спроса $S_M = 21755$ кВА. Была построена картограмма электрических нагрузок, по которой было определено место расположения пункта приема электроэнергии. ПГВ был пристроен к цеху №6. На основании технико-экономического расчета было выбрано устройство высокого напряжения типа «выключатель». Были выбраны силовые трансформаторы типа ТРДН-25 000/110. Питающие линии марки АС-70, которые прокладываются на железобетонных опорах. Было выбрано рациональное напряжение распределения электроэнергии 6 кВ. На территории завода расположены 15 КТП с расстановкой БСК.

Питание цехов осуществляется кабельными линиями. Расположенными в земле. Для выбора элементов схемы электроснабжения был проведен расчет токов короткого замыкания в трех точках. На основании этих данных были выбраны аппараты на сторонах 110 кВ, 6 кВ, 0,4 кВ, а также проведена проверка КЛЭП на термическую стойкость. Был произведен расчет самозапуска двигателей 6 кВ. был произведен расчет продольной дифференциальной токовой защиты трансформаторов ПГВ. Был рассмотрен расчет молниезащиты и заземляющего устройства ПГВ.

В целом предложенная схема электроснабжения отвечает требованиям безопасности, надежности, экономичности.

Список использованных источников

1. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. М.: Энергоатомиздат 1987 –363 с.
2. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети. /Под общей ред. Федорова А.А. и Сербиновского Г.В. – 2-е изд, перераб. и доп. М.: «Энергия»,1980 –576 с.
3. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Барыбина Ю.Г., Федорова Л.Е., Зименкова М.Г., Смирнова А.Г. – М.: 1990
4. Методические указания по выбору силовых трансформаторов для сквозного курсового и дипломного проектирования по специальности 0303. Правила устройства электроустановок, Минэнерго, Москва, Энергоатомиздат, 1986 –