



Рис. 6.1. Принципиальная схема энергосистемы

шахты, ГПП карьера) закольцованы линиями электропередачи на различных ступенях напряжения.

Напряжение передачи электроэнергии от районной подстанции до главной подстанции предприятия определяется мощностью главной подстанции и расстоянием ее от районной подстанции. Величина этого напряжения, как правило, 35—220 кВ. Чем больше мощность подстанции предприятия и чем больше расстояние от районной подстанции, тем выше должно быть напряжение, так как это позволяет применять провода линии меньшего сечения и иметь меньшие потери напряжения и мощности в линии.

На главной понижающей подстанции предприятия напряжение понижается до величин, соответствующих номинальным напряжениям потребителей (10; 6; 1,140; 0,66 и 0,4 кВ), и распределяется между ними. Кроме главных подстанций на предприятии создаются цеховые, участковые и другие подстанции и распределительные пункты.

При электроснабжении предприятий целесообразно применять глубокие вводы, т. е. системы электроснабжения с приближением высокого напряжения к электропотребителям в целях уменьшения числа ступеней трансформации электроэнергии. На карьерах это достигается установкой в непосредственной близости от экскаваторов и других электроприемников передвижных трансформаторных подстанций напряжением 35/6 кВ.

Выбор схемы электроснабжения производят с учетом категорий электроприемников:

1 — электроприемники, перерыв в электроснабжении которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса и нарушение особо важных элементов городского хозяйства;

2 — электроприемники, перерыв в электроснабжении которых связан с невыполнением плана продукции, простоем рабочих, машин, механизмов и промышленного транспорта, нарушением нормальной деятельности значительного количества городских жителей;

3 — неотчетливые нагрузки, например сельскохозяйственные районы, вспомогательные цехи заводов, небольшие и односменные кустарные предприятия, некоторые виды коммунальных нагрузок.

#### § 55. ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Электроснабжение карьеров имеет ряд особенностей, обусловленных технологией ведения горных работ и специфическими условиями эксплуатации электрооборудования и электрических сетей. К ним относятся: работа на открытом воздухе, значительная площадь, большая глубина и уступная форма разработок; рассредоточенность оборудования по всей территории и глубине разработок; систематическое перемещение фронта работ; широкое ведение взрывных работ, применение мощных электрифицированных горных машин, комплексов и железнодорожного транспорта; сезонность нагрузки, связанная с системой отработки уступов способом гидромеханизации.

Электрооборудование и сети на карьерах круглый год работают на открытом воздухе и подвергаются воздействию атмосферных осадков, резких колебаний температуры окружающей среды, запыленности содержащимися в воздухе парами химических реагентов.

Некоторые современные карьеры занимают площадь 5 км<sup>2</sup> и более, а глубина разработок составляет до 500 м. На таких карьерах разработки ведут одновременно на многих уступах, число которых в зависимости от глубины разработок и типов применяемых экскаваторов колеблется от 40 до 50.

Рассредоточение горных машин и механизмов по всему фронту работ (как по площади, так и по глубине) усложняет систему распределительных электрических сетей. Для подвода электроэнергии к экскаваторам и другим горным машинам сооружают разветвленные воздушные и кабельные линии, подстанции и приключательные пункты.

Трассы воздушных и кабельных линий могут проходить в продольном, поперечном (секущем) направлениях обрабатываемых уступов. Размещение линий на уступах усложняет их эксплуатацию (ремонт, монтаж и демонтаж при передвижке, переноске), так как их состояние на одном уступе зависит от характера работы на смежных уступах.

Ведение горных работ связано с систематическим подвиганием забоев, обработкой уступов и предохранительных берм, на площадках которых размещаются горные машины, транспортные средства, электрооборудование и электрические сети. В связи с этим необходимо выполнять:

передвижку приключательных пунктов, передвижных трансформаторных подстанций, а также воздушных и кабельных линий с одной площадки на другую, в пределах одного уступа или с одного уступа на другой;

пересоединение экскаваторных кабелей с одного приключательного пункта на другой;

сматывание и наматывание на барабан или подтягивание экскаваторного кабеля.

При производстве взрывных работ распределительные воздушные и кабельные линии, оборудование и механизмы подвергаются воздействию взрывной волны и ударов комьями породы и полезного ископаемого. Характерными повреждениями электрического оборудования и сетей при взрывах на карьерах являются: обрыв проводов воздушных линий и спусков их к ППП и ПКТП; падение опор; повреждение фарфоровых (стеклянных) изоляторов ВЛ, ППП, ПКТП; механическое повреждение шланга гибких экскаваторных кабелей, корпусов и изоляции электродвигателей, пусковой аппаратуры ППП и ПКТП. Особенно часто при взрывах нарушается механическая блокировка приводов разъединителей, выключателей и дверей ППП и ПКТП.

### Выбор рода тока и величины напряжения

Род тока выбирают, ориентируясь главным образом на электропривод горнотранспортных машин и механизмов. Для большинства карьерных машин и механизмов применяют переменный трехфазный ток. Для экскаваторных электроприводов системы Г—Д и электровозов требуется постоянный же ток; его получают путем преобразования переменного тока различными устройствами (двигатель-генератор, ртутные и полупроводниковые выпрямительные агрегаты и т. п.). Номинальное напряжение потребителей электроэнергии переменного тока может быть 10 000, 6 000, 1140, 660, 380, 220 и 127 В. Наиболее часто используют напряжение 6 000 и 380 В — для двигателей, 220 и 127 В — для освещения и электрифицированного инструмента.

Применение напряжения 1140 и 660 В для питания электродвигателей буровых станков, небольших экскаваторов, ленточных конвейеров и других машин и механизмов позволяет значительно снизить потери мощности, облегчить карьерные распределительные сети, сократить число передвижных подстанций, повысить качество электроэнергии, получить экономию цветных металлов. При выборе величины напряжения переменного тока необходимо руководствоваться ПТЭ для открытых работ.

В системе Г—Д используется постоянный ток напряжением до 700 В.

Для электровозной тяги применяют постоянный ток напряжением 600, 825 и 1650 В. При больших расстояниях от карьера до отвалов и больших перегонах внутри карьера применяют напряжение 1650 В. На карьерах, откаточные пути которых примыкают к железнодорожным путям МПС, целесообразно применять напряжение 3300 В. На электрифицированном железнодорожном транспорте карьеров используют также переменный ток напряжением 10 кВ.

Напряжение питающих линий от районных подстанций и сетей энергосистемы до ГПП или ЦРП карьеров выбирают на основании технико-экономических расчетов.

### § 56. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЮ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

В числе электроприемников на карьере имеются потребители 1-й и 2-й категорий. К 1-й категории относятся водоотливные установки и клетевой подъем дренажных шахт, подъемные установки для спуска и подъема людей на глубоких карьерах, сетевые и питательные насосы котельных, противопожарные насосные установки. Водоотливные насосные установки (открытые) в карьере, устройства сигнализации, централизации и блокировки на железнодорожном карьерном транспорте относятся к потребителям 2-й категории. Все основное горнотранспортное оборудование по добыче полезного ископаемого и вскрышным работам, а также механические мастерские и другие вспомогательные цеха и службы относятся к потребителям 3-й категории. Перерыв в их электроснабжении допускается на время, необходимое для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения.

Наряду с требованиями, регламентирующими длительность перерывов электроснабжения отдельных категорий потребителей, любая система должна отвечать условиям экономичности и безопасности всех элементов системы электроснабжения, обеспечивать электроэнергией высокого качества в полном объеме.

Эти требования к системе электроснабжения карьера в целом или отдельных его участков, экскаваторов, агрегатов и комплексов могут быть реализованы рациональным построением

ем схемы электроснабжения с применением электрооборудования, обладающего устойчивостью к работе в специфических условиях открытых горных разработок, и организацией эксплуатации на высоком уровне.

Передвижные подстанции и приключательные пункты, а также электрооборудование экскаваторов и других горных машин должны надежно работать в условиях тряски, толчков и вибрации, обладать повышенной механической и электрической прочностью, быть устойчивыми к частым передвижкам, взрывной волне и ударам комьев породы, иметь достаточно надежные уплотнения против пыли и влаги.

Все электрооборудование карьера должно иметь конструкцию, схему и специальные блокировки и защиты, обеспечивающие полную безопасность обслуживающего персонала. Одно из главных требований, предъявляемых к системам электроснабжения карьера, — обязательное устройство электрической защиты от однофазных замыканий на землю в электрических сетях, также гарантирующее безопасность обслуживания электроустановок.

*Качество* электроэнергии в сетях трехфазного тока характеризуется отклонением и колебанием частоты и напряжения, несинусоидальностью формы кривой напряжения, смещением нейтрали и несимметрией напряжения основной частоты, в сетях постоянного тока — отклонением и колебанием напряжения, коэффициентом пульсации.

*Отклонение* (сравнительно медленное изменение) частоты — разность между фактическим значением основной частоты и ее номинальным значением. В нормальном режиме допускается отклонение  $\pm 0,1$  Гц.

*Колебание* (достаточно быстрое изменение) частоты — разность между наибольшим и наименьшим значениями основной частоты при скорости ее изменения не менее  $0,2$  Гц/с. Колебания частоты не должны превышать  $0,2$  Гц допустимых ее отклонений.

Под отклонением напряжения  $U_{от}$  (%) понимают разность между фактическим ( $U_{ф}$ ) и номинальным для сети ( $U_{ном}$ ) значениями при сравнительно медленном изменении режима работы, когда скорость изменения напряжения меньше  $1\%$  в секунду:

$$U_{от} = \frac{U_{ф} - U_{ном}}{U_{ном}} 100.$$

По нормам допускаются следующие отклонения напряжения на зажимах электроприемников: осветительных от  $-2,5$  до  $+5,0\%$ , асинхронных двигателей от  $-5$  до  $+10\%$ , для всех остальных — от  $5$  до  $+5\%$ .

Под колебанием напряжения  $U_i$  (%) понимают разность между наибольшим ( $U_{max}$ ) и наименьшим ( $U_{min}$ ) действующи-

ми значениями напряжения при изменении напряжения со скоростью более  $1\%$  в секунду:

$$U_i = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{ном}} 100.$$

Колебание напряжения нормируется только для осветительных ламп и радиоприборов, для остальных электроприемников не нормируется.

Несинусоидальность формы кривой напряжения, характеризующаяся составом высших гармоник, длительно допускается на зажимах электроприемника при условии, что действующее значение всех высших гармоник не превышает  $5\%$  действующего значения напряжения основной частоты.

На зажимах трехфазных симметричных электроприемников напряжение обратной последовательности (несимметрия напряжения) длительно допускается до  $2\%$  номинального напряжения.

Важным требованием для построения схемы распределительных сетей карьера является поддержание величины напряжения на зажимах приводных асинхронных и синхронных двигателей экскаваторов на заданном уровне, обеспечивающей их успешный запуск и нормальную работу всех остальных электроприемников.

## § 57. СХЕМЫ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ГЛАВНЫХ Понижительных подстанций

В системе электроснабжения карьера особое место отводится схеме внешнего электроснабжения. В настоящее время в связи с развитием энергетических систем страны электроснабжение карьеров осуществляется от районных подстанций (РПС) систем по воздушным и кабельным линиям. Так как на карьерах имеются потребители 1-й и 2-й категорий, то число линий (или цепей) должно быть не менее двух. На некоторых карьерах в зависимости от величины электрических нагрузок и числа главных понизительных подстанций или распределительных пунктов предусматривают две питающие линии и более.

Воздушные линии сооружают с применением деревянных, железобетонных, стальных и комбинированных опор одноцепными или двухцепными. Напряжение питающих линий от РПС до подстанций карьеров составляет от  $6$  до  $220$  кВ. Конкретное значение принимают в зависимости от удаленности карьеров от РПС; напряжения на распределительных устройствах РПС: установленной единичной мощности крупных экскаваторов; системы транспорта на карьере; площади и конфигурации карьера; числа горных предприятий (карьер, шахт, обогатительных фабрик), расположенных в районе одной ГПП.