

Тема 11. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

11.1. Схема электроснабжения железных дорог. Комплекс устройств электроснабжения

Железнодорожный транспорт потребляет около 7% энергии, производимой электростанциями России. В основном она расходуется на обеспечение тяги поездов и питания нетяговых потребителей, к которым относятся станции, депо, мастерские и устройства регулирования движения поездов. Кроме того, к системе электроснабжения железной дороги могут быть подключены расположенные вблизи нее предприятия и небольшие населенные пункты.

Система электроснабжения электрифицированных дорог состоит из внешней (электростанции, районные трансформаторные подстанции, сети и линии электропередач) и тяговой (тяговые подстанции и электротяговая сеть) частей (рис. 11.1).

На тепловых, гидравлических и атомных электростанциях вырабатывается трехфазный переменный ток напряжением 6...21 кВ и частотой 50 Гц. Для передачи электрической энергии к потребителям напряжение на трансформаторных подстанциях повышают до 750 кВ в зависимости от протяженности высоковольтных линий электропередачи (ЛЭП). Вблизи мест потребления электроэнергии напряжение понижают до 110...220 кВ и подают в районные сети, к которым наряду с другими потребителями подключены тяговые подстанции электрифицированных железных дорог и трансформаторные подстанции дорог с тепловозной тягой. Нарушение электроснабжения железных дорог может привести к сбою в движении поездов. Чтобы обеспечить надежное питание электроэнергией тяговой сети железнодорожного транспорта, как правило, предусматривают ее подключение к двум независимым источникам. В отдельных случаях допускается питание от двух одноцепных линий электропередачи или одной двухцепной.

Тяговая сеть состоит из контактных и рельсовых проводов, представляющих собой соответственно питающую и отсасывающую ли-

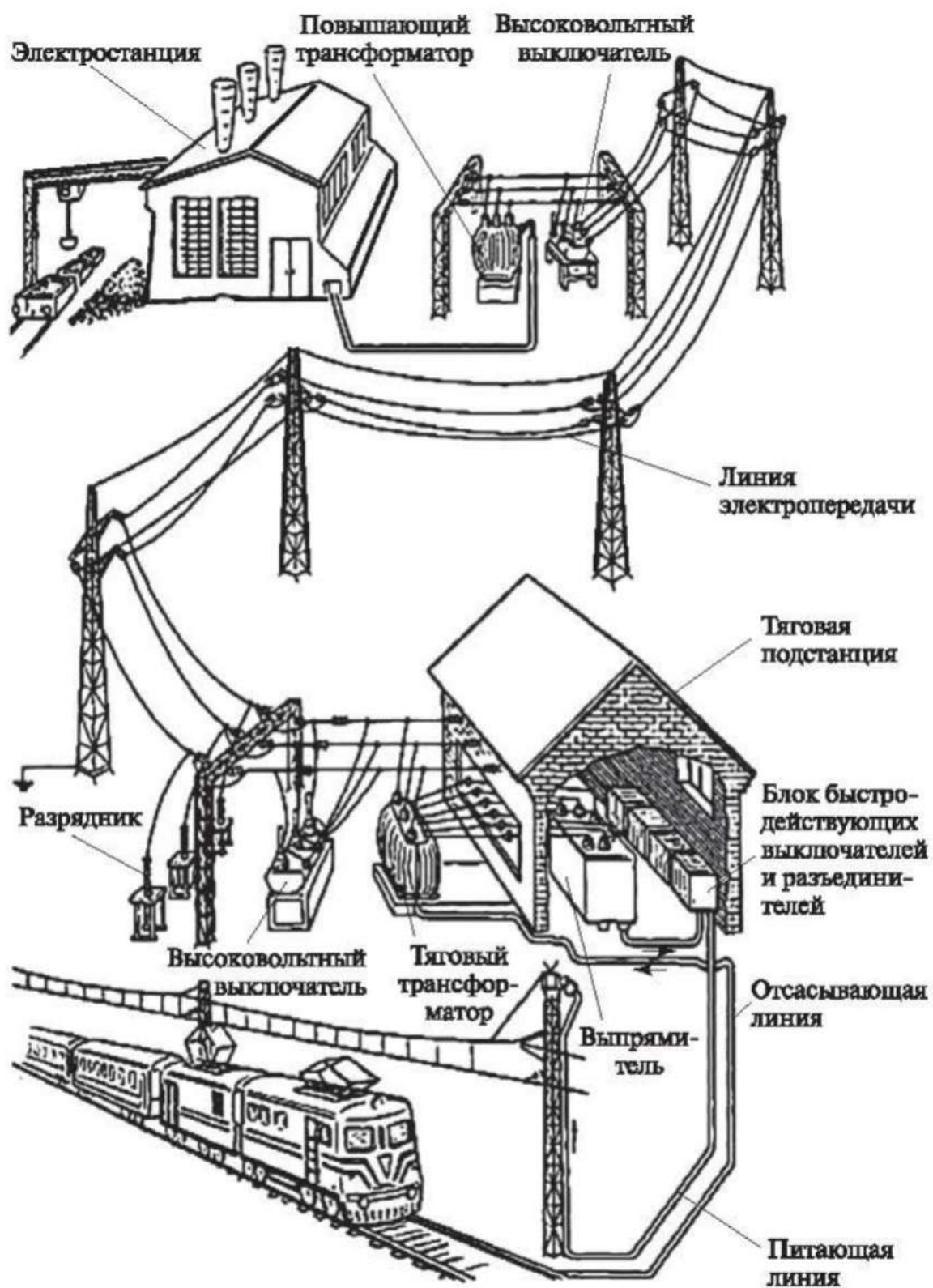


Рис. 11.1. Схема электроснабжения железной дороги

нии. Участки контактной сети подсоединяют к соседним тяговым подстанциям. Это позволяет более равномерно загружать подстанции и контактную сеть, что в целом способствует снижению потерь электроэнергии в тяговой сети.

11.2. Системы тока.

Напряжение в контактной сети

На железных дорогах России используют две системы электроснабжения: постоянного и однофазного переменного тока. Тяга на трехфазном переменном токе не получила распространения, поскольку технически сложно изолировать близко расположенные провода двух фаз контактной сети (третья фаза — рельсы).

Электрический подвижной состав обеспечивают тяговыми двигателями постоянного тока, т.к. предлагаемые модели двигателей переменного тока не отвечают предъявляемым требованиям по мощности и надежности. Поэтому железнодорожные линии снабжают системой однофазного переменного тока, а на локомотивах устанавливают специальное оборудование, преобразующее переменный ток в постоянный.

Правилами технической эксплуатации регламентированы номинальные уровни напряжения на токоприемниках электрического подвижного состава: 3 кВ при постоянном токе и 25 кВ — при переменном. При этом определены допустимые с точки зрения обеспечения стабильности движения колебания напряжения: при постоянном токе 2,7...4 кВ, при переменном — 21...29 кВ. На отдельных участках железных дорог допускается уровень напряжения не менее 2,4 кВ при постоянном токе и 19 кВ — при переменном.

Основными параметрами, характеризующими систему электроснабжения электрифицированных железных дорог, являются мощность тяговых подстанций, расстояние между ними и площадь сечения контактной подвески.

На железных дорогах, электрифицированных на постоянном токе, тяговые подстанции выполняют две функции: понижают напряжение подводимого трехфазного тока и преобразуют его в постоянный. Все оборудование, подающее переменный ток, размещается на открытых площадках, а выпрямители и вспомогательные агрегаты — в закрытых помещениях. От тяговых под-

станций электроэнергия поступает в контактную сеть по питающей линии — фидеру.

Основными недостатками системы электроснабжения постоянного тока являются его полярность, относительно низкое напряжение и отсутствие возможности обеспечить полную электроизоляцию верхнего строения пути от нижнего. Рельсы, служащие проводниками тока разной полярности, и земляное полотно представляют собой систему, в которой возможна электрохимическая реакция, приводящая к коррозии металла. В результате снижается срок службы рельсов и искусственных сооружений. Для предотвращения этого применяют соответствующие защитные устройства (анодные заземлители, катодные станции и др.).

Из-за относительно низкого напряжения ($U = 3 \text{ кВ}$) в системе постоянного тока по контактной сети к электрическому подвижному составу подводится мощность ($W = U * I$) при большой силе тягового тока.

Для этого тяговые подстанции размещают недалеко друг от друга (10...20 км) и увеличивают площадь сечения проводов контактной подвески.

При переменном токе повышается эффективность использования электрической тяги, поскольку по контактной сети передается требуемая мощность при меньшей силе тока по сравнению с системой постоянного тока. Тяговые подстанции в этом случае располагаются на расстоянии 40...60 км друг от друга. Их задачей является только понижение напряжения со 110...220 до 25 кВ.

Однако конструкция локомотивов и электропоездов при переменном токе сложнее, а их стоимость выше. В результате воздействия электромагнитного поля переменного тока на металлические конструкции и коммуникации, расположенные вдоль железнодорожных путей, в них появляется опасное для людей напряжение, а в линиях связи и автоматики возникают помехи. Поэтому применяют особые меры защиты сооружений.

Стыкование контактных сетей линий, электрифицированных на постоянном и переменном токе, осуществляют на специальных железнодорожных станциях. В ряде случаев, когда создание таких станций представляется нецелесообразным, применяют электровазозы двойного питания, работающие как на постоянном, так и на переменном токе.

11.3. Тяговая сеть

Тяговая сеть состоит из контактной (питающей) и рельсовой (отсасывающей) сетей. Рельсовая сеть представляет собой рельсы, имеющие стыковые электрические соединения.

Контактная сеть — это совокупность проводов, конструкций и оборудования, обеспечивающих передачу электрической энергии от тяговых подстанций к токоприемникам электрического подвижного состава.

Основным требованием к конструкции контактной сети является обеспечение надежного постоянного контакта провода с токоприемником независимо от скорости движения поездов, климатических и атмосферных условий. В контактной сети нет дублируемых элементов, поэтому ее повреждение может повлечь за собой нарушение установленного графика движения поездов.

В соответствии с назначением электрифицированных путей используют простые и цепные воздушные контактные сети. На второстепенных станционных и депоовских путях при сравнительно небольшой скорости движения может применяться простая контактная подвеска, представляющая собой свободно висящий провод, который закреплен на опорах.

При высокой скорости движения провисание контактного провода должно быть минимальным. Это обеспечивается конструкцией цепной подвески, в которой контактный провод между опорами подвешен не свободно, как в простой подвеске, а прикреплен

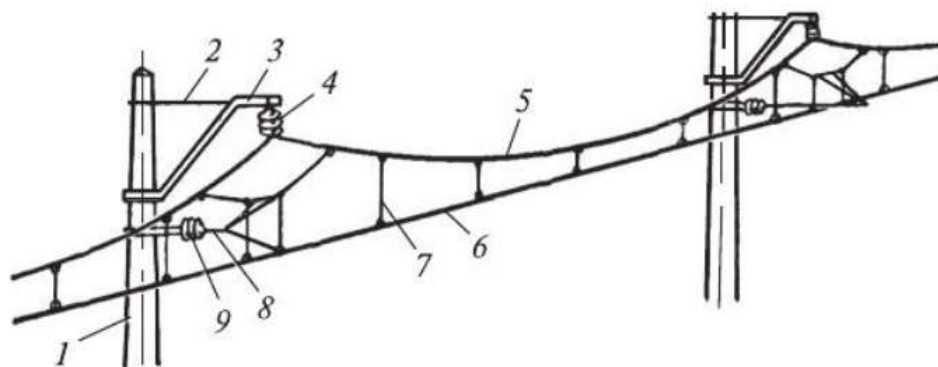


Рис. 11.2. Контактная сеть:

1 — опора; 2 — тяга; 3 — консоль; 4, 9 — изоляторы; 5 — несущий трос; 6 — контактный провод; 7 — струна; 8 — фиксатор

к несущему тросу с помощью часто расположенных проволочных струн (рис. 11.2).

Благодаря такой конструкции расстояние между поверхностью головки рельса и контактным проводом остается практически постоянным. Для цепной подвески в отличие от простой требуется меньше опор: они располагаются на расстоянии не более 70 м друг от друга. В соответствии с ПТЭ высота контактного провода над поверхностью головки рельса на перегонах и станциях должна составлять не менее 5750 мм, а на переездах — 6000...6800 мм. В горизонтальной плоскости контактный провод расположен зигзагообразно относительно оси пути с отклонением у каждой опоры на ± 300 мм. Благодаря этому обеспечиваются его ветроустойчивость и равномерное изнашивание контактных пластин токоприемников.

Контактный провод изготавливают из твердотянутой электролитической меди. Он может иметь площадь сечения 85, 100 и 150 мм². Наиболее распространены медные фасонные (МФ) провода. Для увеличения срока службы контактных проводов используют различные технические решения (сухая графитовая смазка медных накладок на полозе токоприемника и др.), снижающие их износ.

На железных дорогах применяют металлические (высотой до 15 м и более) и железобетонные (до 15,6 м) опоры контактной сети. Расстояние от оси крайнего пути до внутреннего края опор на прямых участках должно составлять не менее 3100 мм. На существующих линиях, оборудованных контактной сетью, и в особых случаях на электрифицируемых линиях допускается сокращение указанного расстояния до 2450 мм — на станциях и до 2750 мм — на перегонах.

Схема оснащения контактными проводами станционных путей зависит от их назначения и типа станции. Над стрелочными переводами контактная сеть имеет так называемые воздушные стрелки, образуемые пересечением двух контактных подвесок.

Надежное электроснабжение подвижного состава и безопасность работников, обслуживающих контактную сеть, обеспечиваются, в частности, ее секционированием (делением на отдельные участки) с помощью воздушных промежутков, нейтральных вставок (изолирующих соединений), а также секционных и врезных изоляторов.

Применение нейтральных вставок обязательно на участках переменного трехфазного тока с питанием секций от разных фаз. Перегоны и промежуточные станции, а на крупных станциях группы электрифицированных путей выделяются в отдельные секции. Соединение или разъединение секций осуществляется посредством секционных разъединителей, размещаемых на опорах контактной сети. Для защиты контактной сети от короткого замыкания между соседними тяговыми подстанциями располагают посты секционирования, оборудованные автоматическими выключателями.

Кроме того, с целью обеспечения безопасности обслуживающего персонала и других лиц, а также защиты систем автоматики и телемеханики от токов короткого замыкания, все металлические конструкции, непосредственно взаимодействующие с элементами контактной сети или находящиеся в радиусе 5 м от них, заземляют или оборудуют устройствами отключения. Для предохранения подземных металлических сооружений от повреждения блуждающими токами их изолируют от земли.

Снабжение электроэнергией линейных железнодорожных потребителей осуществляется посредством использования специальной трехфазной линии с напряжением 10 кВ, которая подвешивается на опорах контактной сети.

На электрифицированных железных дорогах по рельсам проходит тяговый ток. Для сокращения потерь электроэнергии и обеспечения нормального режима работы устройств автоматики и телемеханики на таких линиях предусматривают следующие особенности устройства верхнего строения пути:

- к головкам рельсов с наружной стороны колеи приваривают медные стыковые соединители, снижающие электрическое сопротивление рельсовых стыков;
- рельсы изолируют от шпал с помощью резиновых прокладок в случае применения железобетонных шпал и пропиткой деревянных шпал креозотом;
- используют щебеночный балласт, обладающий хорошими диэлектрическими свойствами, и между подошвой рельса и балластом обеспечивают зазор не менее 3 см;
- на линиях, оборудованных автоблокировкой и электрической централизацией, применяют изолирующие стыки (для того чтобы

пропускать тяговый ток в обход их, устанавливают дроссель-трансформаторы или частотные фильтры).

11.4. Содержание устройств электроснабжения

Производственным предприятием, осуществляющим содержание и эксплуатацию устройств электроснабжения на железной дороге, является дистанция электроснабжения, которая в свою очередь входит в состав дирекции по энергообеспечению — структурного подразделения Трансэнерго.

Различают основные и вспомогательные подразделения дистанции электроснабжения. Основные — это районы контактной сети, тяговые подстанции, сетевые районы (обслуживающие районные электрические сети и электростанции мощностью до 500 кВт). К вспомогательным относятся ремонтно-ревизионный участок, механические мастерские и складское хозяйство.

Дорожные электротехнические лаборатории выполняют наладку энергооборудования, сложные ремонтные работы, а также контролируют качество работ. Оперативное руководство эксплуатацией устройств электроснабжения и питания нетяговых потребителей осуществляет энергодиспетчерский аппарат. Сменный (дежурный) энергодиспетчер выполняет свои функции с помощью специального табло со схемой электроснабжения. Он имеет прямую связь с персоналом обслуживающих устройств электроснабжения и с поездным диспетчером, с которым согласует переключения и изменения в устройствах электроснабжения. Эксплуатационное обслуживание контактной сети осуществляется линейными подразделениями дистанций — районами контактной сети (в одном районе примерно 120 км развернутой длины контактной сети). Персонал, мастерские, гаражи и склады размещаются в дежурных пунктах контактной сети.

На каждом таком пункте имеются восстановительная автотриаса или дрезина, автолетучка, железнодорожная платформа, оборудование, запас конструкций, проводов и материалов для ремонта.

Штат работников района контактной сети зависит в основном от протяженности участка, размеров движения и составляет 20—35 человек. Существенное сокращение эксплуатационного персонала обеспечивается применением устройств автоматики и телемеханики, которые значительно повышают надежность работы всей сис-

темы электроснабжения. Они включают и выключают отдельные устройства, регулируют напряжение, поддерживают определенную температуру и т.д.

Аппаратуру автоматики устанавливают на трансформаторах и преобразователях тяговых подстанций, выключателях различных типов, на питающих линиях энергоснабжения при обоих родах тока.

Устройства телемеханики обеспечивают высокую скорость передачи команд, телесигнализацию по передаче результатов измерений напряжения, регистрацию аварийных отключений оборудования, информацию о положении поездов на обслуживаемом участке.