

M1-19 22.06.2020 понедельник 7,8 урок

Каблуков.С.Г. kabiukovS@mail.ru

Тема: Электрические сети

I. Теоретический материал: Электрические сети

ВАЖНО Электрические сети и их параметры

1.1 Общие понятия об электроэнергетических системах и электрических сетях

Под *электроэнергетической*, или *электрической системой*, обычно понимают электрическую часть энергетической системы. При этом под *энергетической системой* понимают совокупность всех звеньев цепочки получения, преобразования, распределения и использования всех видов энергии. Таким образом, энергетическая система состоит из источников энергоресурсов, котлов, турбин, генераторов, бойлеров, линий электропередачи, трансформаторов и потребителей электрической энергии. Электроэнергетическая система производит, преобразует, распределяет и потребляет исключительно электрическую энергию. Обеспечивает объединение электростанций между собой, которые с помощью линий электропередачи связываются с потребителями электроэнергии. При этом получают существенные технико-экономические преимущества:

- возможность увеличения единичной мощности генераторов и электростанций. Это снижает стоимость 1 кВт установленной мощности;
- значительное повышение надежности электроснабжения потребителей;
- повышение экономичности работы различных типов электростанций. При этом обеспечиваются наиболее эффективное использование мощности ГЭС и более экономичные режимы работы ТЭС;
- снижение необходимой резервной мощности на электростанциях.

Электрические сети - это элементы электроэнергетической системы, предназначенные для передачи и распределения электрической энергии. Они состоят из линий электропередачи, подстанций, распределительных и переключательных пунктов. **ЗАПОМНИТЕ!**

1.2 Классификация электрических сетей

Электрические сети целесообразно классифицировать по ряду показателей, основными из которых являются: конструктивное исполнение, род тока, номинальное напряжение, назначение сети, конфигурация схемы сети.

По конструктивному исполнению различают воздушные, кабельные линии и внутренние проводки. Воздушной называется линия, выполненная неизолированными проводами, которые с помощью изоляторов подвешиваются над землей на опорах.

Кабелем называется система проводов, изолированных взаимно и от окружающей среды. Линии, выполненные кабелем, или кабельные линии, обычно прокладываются в земле. Это имеет свои преимущества - безопасность, сокращение территории, необходимой для отчуждения, но и свои недостатки - большая стоимость, затрудненность эксплуатации и устранения повреждений, сложность изготовления.

Внутренние проводки выполняются изолированными проводами, прокладываемыми на изоляторах или в трубах по стенам и потолкам зданий или внутри стен, а также специальными шинпроводами.

По роду тока различаются сети переменного и постоянного тока. Основные сети переменного тока имеют трехфазное исполнение.

Сети постоянного тока выполняются в настоящее время относительно редко, для сетей промышленных предприятий (например, в цехах электролиза, на алюминиевых заводах).

По напряжению электрические сети можно разделить на низковольтные (до 1000 В) и высоковольтные (выше 1000 В).

По назначению разделяются сети на питающие и распределительные.

Питающей линией называется линия, питающая распределительный пункт или подстанцию от центра питания без распределения электроэнергии по ее длине. Распределительной линией считается линия, питающая ряд трансформаторных подстанций или вводы к электроустановкам потребителей.

По конфигурации схемы сети различаются на разомкнутые и замкнутые. К разомкнутым относятся сети, образованные линиями, нагрузки которых могут получать электроэнергию только с одной стороны (рисунок 1.1). Замкнутыми сетями называются такие сети, по которым возможно осуществить электроснабжение потребителей не менее, чем с двух сторон (рисунок 1.2 а,б).

1.3 Требования, предъявляемые к электрическим сетям

Электрические сети должны обеспечивать надежное электроснабжение потребителей и требуемое количество электроэнергии. При этом работа сетей должна соответствовать требованиям наибольшей экономичности. Это относится и к условиям проектирования, и к условиям эксплуатации. Можно выделить пять основных требований к сетям:

Надежность работы. Вопрос о надежности электроснабжения потребителей возникает в связи с тем, что практически все элементы сети с течением времени повреждаются. Повреждения могут происходить при повышении грозовой деятельности, усиленных ветровых воздействиях, тяжелых гололедных образованиях и т.п. Повышение надежности электроснабжения может обеспечиваться не только снижением повреждаемости и резервированием элементов сети, но и другими способами, которые могут оказаться более оправданными экономически. Для осуществления надежного электроснабжения, кроме резервирования, необходимы надежно действующие устройства релейной защиты и автоматики: АПВ - автоматического повторного включения, АРВ - автоматического включения резерва, АЧР - автоматической частотной разгрузки и др.

Качество электроэнергии. Каждый потребитель должен получать качественную электроэнергию. Это определяется основными показателями качества энергии: уровнем напряжения; уровнем частоты; симметрией трехфазного напряжения и формой кривой напряжения. Качество электроэнергии в современных протяженных электрических сетях с большим количеством электроприемников зависит от многих условий работы сети. Оно оказывается практически различным в разных местах сети, но может регулироваться применением специальных устройств.

Экономичность. Чтобы сеть была экономичной, необходим выбор наиболее целесообразных конфигураций схем сети, напряжений сечений проводов и т.д. Поэтому намечается ряд вариантов, которые сравниваются между собой по установленному критерию, называемому “приведенные затраты”. Этот критерий учитывает потери энергии, капитальные вложения и ущерб. Вариант, у которого приведенные затраты минимальные, является оптимальным.

Безопасность и удобство эксплуатации. Для обеспечения безопасности персонала согласно Правилам технической эксплуатации (ПТЭ) применяют заземления, ограждения, сигнализацию, специальную одежду и другие приспособления.

Кроме обеспечения безопасности, должно быть предусмотрено также удобство эксплуатации: удобство различного рода переключений, подхода к ремонтному оборудованию, достаточного прохода для осмотров и т.д.

Возможность дальнейшего развития. Электрическая сеть вследствие увеличения нагрузок, а также непрерывного появления новых потребителей все время находится в состоянии развития и реконструкции. Заменяются, реконструируются линии и трансформаторные подстанции. Необходимо так проектировать электрическую сеть, чтобы была возможность дальнейшего расширения без коренного переустройства сети.

1.4 Задачи расчетов электрических сетей

В процессе эксплуатации электрических сетей, а также при их проектировании требуется выполнение ряда расчетов. Цели этих расчетов

определяются характером решаемых задач. Так в ряде случаев для существующей сети определяются параметры режима основных ее элементов. При этом определяются напряжение в узловых точках сети, токи и мощности в линиях и трансформаторах. Аналогичные расчеты выполняются и при проектировании электрической сети.

Расчеты, проводимые при определении электрических характеристик сети, обычно называются *электрическими*, а расчеты, необходимые для определения механических конструктивных характеристик, - *механическими*. Кроме того, приходится проводить проверку элементов сети на нагрев и выполнять дополнительные расчеты. Это расчеты токов короткого замыкания, оптимизация режимов, проверка статической и динамической устойчивости, а также расчеты перенапряжений, которые могут возникать в электрической сети.

При изучении работы электрической сети любых типов необходимо рассматривать не только электрические процессы, происходящие непосредственно в сетях, но и затрагивать в той или иной мере процессы во всей электроэнергетической системе.

Состояние системы (сети) в любой момент времени или практически на некотором интервале времени называется *режимом системы (сети)*. Режим определяется показателями, которые называются *параметрами режима*. К их числу относятся: частота, активная и реактивная мощности в элементах системы и напряжения у потребителей и в различных точках сети, величины токов и углов расхождения векторов э.д.с. и напряжения.

Различают три основных вида режимов электрических систем:

- нормальный установившийся режим, применительно к которому проектируется электрическая сеть и определяются ее технико-экономические характеристики;
- послеаварийный установившийся режим, наступающий после аварийного отключения какого-либо элемента сети или ряда элементов (в этом режиме система и соответственно сеть могут работать с несколько ухудшенными технико-экономическими характеристиками);
- переходный режим, во время которого система переходит из одного состояния в другое.

2. Конструктивные элементы воздушных линий электропередачи

Воздушные линии электропередачи (ВЛ) предназначены для передачи электроэнергии на расстояние по проводам. Основными конструктивными элементами являются провода, грозозащитные тросы, опоры, изоляторы и линейная арматура. *Провода* служат для передачи электроэнергии. Для

защиты ВЛ от грозовых перенапряжений в верхней части опор над проводами монтируют грозозащитные тросы.

Опоры поддерживают провода и тросы на определенной высоте над уровнем земли или воды. *Изоляторы* предназначены для изоляции провода от опоры. *Линейная арматура* предназначена для крепления провода к изоляторам и изоляторов к опорам.

Наибольшее распространение получили одно- и двухцепные ВЛ. Одна цепь трехфазной ВЛ состоит из проводов разных фаз. Две цепи могут располагаться на одной опоре.

2.1 Провода ВЛ и грозозащитные тросы

На воздушных линиях применяются неизолированные провода. Наибольшее распространение получили алюминиевые, сталеалюминиевые провода, а также из сплавов алюминия - АН, АЖ. Грозозащитные тросы, как правило, изготавливаются из стали. Кроме защиты ВЛ от грозовых перенапряжений, тросы используются для организации высокочастотных каналов связи. Такие тросы выполняются сталеалюминиевыми.

На рисунке 2.1 представлены конструкции проводов ВЛ. Однопроволочный провод состоит из одной круглой проволоки. Такие провода дешевле многопроволочных, однако они имеют меньшую механическую прочность. Многопроволочные провода из одного металла (рисунок 2.1б) состоят из нескольких свитых между собой проволок. При увеличении сечения растет количество проволок. В многопроволочных проводах из двух металлов - сталеалюминиевых проводах (рисунок 2.1 в) - внутренние проволоки (сердечник провода) выполняются из стали, а верхние - из алюминия.

Рисунок 2.1 - Конструкции проводов воздушных линий

Стальной сердечник предназначен для увеличения механической прочности. Алюминий служит токопроводящей частью провода.

Алюминиевые однопроволочные провода вообще не выпускаются из-за их низкой прочности. Многопроволочные алюминиевые провода обычно применяются в распределительных сетях до 35 кВ, а в сетях с более высоким напряжением применяются сталеалюминиевые провода. Выпускаются алюминиевые провода марок А и АКП.

Сталеалюминиевые провода наиболее широко применяются на ВЛ. Проводимость стального сердечника не учитывается, а за электрическое сопротивление принимается сопротивление алюминиевой части. Выпускаются сталеалюминиевые провода марок АС, АСКС, АСКП, АСК.

В обозначение марки провода вводится сечение алюминиевой части провода и сечение стального сердечника, например АС 120/19 или АСКС 150/34.

2.2 Опоры ВЛ

Опоры ВЛ делятся на анкерные и промежуточные. Эти опоры различаются способом подвески проводов. Промежуточные опоры служат для поддержания провода с помощью поддерживающих гирлянд изоляторов. Анкерные опоры предназначены для натяжения проводов. Расстояние между промежуточными опорами называется промежуточным пролетом или просто пролетом, а расстояние между анкерными опорами - анкерным пролетом.

Анкерные опоры предназначены для жесткого закрепления проводов в особо ответственных точках ВЛ: на пересечениях важных инженерных сооружений (например, железных и автомобильных дорог), на концах ВЛ и на концах прямых ее участков. Анкерные опоры значительно сложнее и дороже промежуточных, и поэтому их число на каждой линии должно быть минимальным. В точках поворота линии устанавливают угловые опоры. Они могут быть анкерного или промежуточного типа.

На ВЛ применяются специальные опоры следующих типов: транспозиционные - для изменения порядка расположения проводов на опорах; ответвительные - для выполнения ответвлений от основной линии; переходные - для пересечения рек, ущелий и т.д.

По материалу опоры делятся на деревянные, металлические и железобетонные. Деревянные опоры применяются на ВЛ до 110 кВ включительно в основном в районах, богатых лесными ресурсами. Недостаток деревянных опор - подверженность древесины гниению и вследствие этого небольшой срок службы. Металлические опоры (стальные) применяются на ВЛ 35 кВ и выше, обладают высокой механической прочностью и большим сроком службы. Однако они требуют большого количества металла и регулярной окраски.

Железобетонные опоры применяются для всех классов напряжений до 500 кВ включительно, долговечнее деревянных, отсутствует коррозия деталей, просты в эксплуатации и поэтому получили широкое распространение. Они имеют меньшую стоимость, но обладают большой массой и относительной хрупкостью поверхности бетона, а также малую прочность на поперечный изгиб.

Рисунок 2.3 - Промежуточные железобетонные опоры одноцепных линий:

а - напряжением 35 кВ; б - 110 кВ; в - 220 кВ (размеры в метрах)

2.3 Изоляторы и линейная арматура

Изоляторы изготавливаются из фарфора или закаленного стекла и бывают двух видов: штыревые - для линий до 1 кВ и 6-35 кВ; на линиях 35 кВ они применяются редко - только для малых сечений; подвесные - для линий 35

кВ и выше. Подвесные изоляторы собираются в поддерживающие провод гирлянды на промежуточных опорах, а натяжные гирлянды - на анкерных опорах.

В подвесных гирляндах провод только поддерживается с помощью зажимов, в натяжных - закрепляется наглухо. Натяжные гирлянды находятся в более тяжелых условиях, чем поддерживающие. Поэтому на линиях до 110 кВ число изоляторов принимается на один больше.

Вопросы для ответов в письменной форме:

1. **Общие понятия об электроэнергетических системах .**
2. **Конструктивные элементы воздушных линий электропередачи.**
3. **Требования, предъявляемые к электрическим сетям.**

Рекомендуемое время работы – 1 час.20 мин