

Производство и распределение электроэнергии

Электрические станции

Электрической станцией называется предприятие, предназначенное для выработки электрической энергии. Электрическая энергия на электростанциях вырабатывается генераторами, приводимыми во вращение какими-либо первичными двигателями. В зависимости от вида энергии, преобразуемой в электрическую, электростанции можно разделить на следующие основные категории: тепловые, гидравлические, атомные, ветровые, солнечные и геотермальные. Последние используют тепловую энергию горячих подземных источников.

Тепловые электростанции в качестве первичных двигателей могут иметь паровые турбины, двигатели внутреннего сгорания и газовые турбины. Электростанции, на которых в качестве первичных двигателей используют паровые турбины, в свою очередь, подразделяются на конденсационные и теплофикационные.

На *конденсационных паротурбинных станциях* отработанный пар охлаждается и конденсируется в специальных конденсаторах с проточной водой, а затем поступает в общий водоем. КПД таких станций достигает 30-35%.

На *теплофикационных станциях*, или *теплоэлектроцентралях* (ТЭЦ), не весь нагретый пар проходит через турбину. Некоторая доля пара используется для нужд теплоснабжения (отопление, обеспечение потребителей горячей водой). Таким образом, от ТЭЦ потребители получают не только электроэнергию, но и тепло. Коэффициент полезного действия ТЭЦ с учетом теплоты и электрической энергии, отдаваемой потребителям, достигает 60-70%. ТЭЦ дает возможность ликвидировать экономически неэффективные мелкие отопительные и промышленные котельные установки.

Станции с паротурбинными двигателями обычно строят вблизи природных залежей дешевого твердого топлива (торф, бурый уголь, сланцы и т. п.). Теплоэлектроцентрали строят вблизи городов, так как передача тепла на расстояние связана с большими потерями. Двигатели внутреннего сгорания (карбюраторные и дизели) применяют для привода генераторов лишь на передвижных электростанциях.

Коэффициент полезного действия тепловых станций сравнительно низок, так как при их работе для получения электроэнергии необходимо трехкратное превращение энергии: энергия топлива при сжигании превращается во внутреннюю энергию водяного пара в котле (в теплоту), затем энергия пара в паровой турбине превращается в механическую энергию и только потом механическая энергия турбины превращается в электрическую энергию в генераторе; каждое превращение энергии сопровождается неизбежными потерями.

Гидравлические электростанции, или ГЭС, в качестве первичных двигателей используют гидравлические турбины, приводимые во вращение за счет энергии падающей воды. Гидравлические электростанции в зависимости от особенностей сооружений подразделяются на *приплотинные* и *деривационные*.

На *приплотинных* и *руслowych гидростанциях* плотина и гидрогенераторы находятся в одном месте. Плотиной перегораживается все русло реки, и уровень воды поднимается. На мелких реках с малым уклоном русла плотина создает водохранилище, из которого по деривационному каналу вода подается в напорный бассейн, а из него по крутопадающим трубам поступает в гидротурбины. Мощность гидроэлектростанции зависит от высоты напора воды и от количества воды, проходящей через турбины. Если гидроэлектростанция имеет большое водохранилище, то имеется возможность многолетнего или сезонного регулирования производства электроэнергии. При малых водохранилищах возможно лишь суточное регулирование выработки электроэнергии. Так, в часы малой нагрузки вода накапливается в водохранилище, а затем расходуется в течение нескольких часов максимальной нагрузки станции.

Коэффициент полезного действия гидроэлектростанций достигает 80-90%. Производство электроэнергии на них гораздо проще и дешевле, чем на тепловых

станциях, так как отпадает необходимость в приобретении и подвозе топлива, а также значительно сокращаются расходы на содержание обслуживающего персонала. Правда, первоначальные затраты на сооружение гидроэлектростанций значительно выше, чем затраты на сооружение тепловых станций такой же мощности.

Атомные электростанции используют энергию, выделяющуюся при распаде атомных ядер, для получения электрической энергии. Как известно, при делении ядер урана ^{235}U выделяется большое количество энергии в виде теплоты, которая и преобразуется затем в электрическую. Таким образом, атомная электростанция - это тепловая станция, но от обычной тепловой станции она отличается видом «топлива» и значительной сложностью управления работой.

На атомной электростанции цепная реакция происходит в атомном котле (реакторе). Атомным горючим служат стержни из урана ^{235}U , покрытые защитным слоем алюминия. Стержни вставляют в алюминиевые трубки, а затем в специальные гнезда в графитных блоках. Графит является замедлителем быстрых нейтронов. Скорость цепной реакции регулируется введением в те же блоки стержней из материала, хорошо поглощающего нейтроны. В результате цепной реакции в реакторе выделяется теплота, забираемая жидким теплоносителем (водой или жидким натрием), нагнетаемым в промежуток между алюминиевой трубкой и урановым стержнем. Применение жидкого металла значительно выгоднее, так как его легче нагреть до высокой температуры, чем воду, а от температуры нагревателя зависит к.п.д. установки. Теплоноситель становится радиоактивным, его нельзя направлять в турбину, поэтому теплоноситель сначала отдает свое тепло в теплообменнике для получения перегретого пара, а последний используется в паровом котле для получения водяного пара. Водяной пар уже не радиоактивен, он направляется в паровую турбину, в которой теплота превращается в механическую, а затем в генераторе в электрическую энергию. Коэффициент полезного действия такой станции составляет 25-30%.

В процессе цепной реакции количество урана в стержнях уменьшается, но накапливаются плутоний и продукты деления ядер урана. Через определенное время эти стержни удаляют из реактора и перерабатывают на химическом заводе, где разделяют оставшийся уран, плутоний и продукты деления. Плутоний можно снова использовать как ядерное горючее, так как при облучении его медленными нейтронами выделяются большое количество энергии и нейтроны, а продукты распада урана используются в промышленности и в медицине.

Ветроэлектростанции в качестве первичных двигателей используют так называемое ветровое колесо с лопастями, приводимое во вращение энергией ветра. Это вращение через шестерни передается генератору. К.п.д. таких станций очень низок из-за невозможности сколько-нибудь полно использовать энергию ветра.

Солнечные электростанции преобразуют энергию излучения Солнца в электрическую энергию. В качестве преобразователей лучистой энергии в электрическую используются полупроводниковые солнечные элементы. К.п.д. солнечных элементов очень низок - порядка нескольких процентов. Но это не очень важно, поскольку солнечную энергию мы получаем даром. Промышленного значения солнечные электростанции не имеют, но размещение на крыше частного дома достаточного количества солнечных батарей может обеспечить заметную часть необходимой семье электроэнергии.

Геотермальные электростанции преобразуют энергию горячих подземных вод, имеющих в местах интенсивной вулканической деятельности, в электрическую энергию. Такие электростанции уже несколько десятилетий эксплуатируются на Камчатке.

Энергетические системы. Распределение электроэнергии между потребителями

В течение суток, а также в течение года потребление электроэнергии не одинаково. Возможности выработки электроэнергии некоторыми типами электростанций (например, ГЭС) также изменяются в течение этих же периодов времени. Однако эти изменения не совпадают по времени, и не всякая электростанция может быстро изменить режим своей

работы. Например, если гидроэлектростанция может быть пущена в работу в течение 5-15 минут, то тепловой электростанции потребуется для этого 1-2 часа. Еще сложнее с теплофикационной станцией (ТЭЦ), так как изменение отдаваемой электрической мощности повлечет за собой соответствующее изменение и теплоты, что недопустимо. Поэтому всегда стремятся объединить несколько электростанций, работающих в разных условиях и использующих разные виды природной энергии, в одну общую систему - *энергетическую систему*, внутри которой легко осуществляется перераспределение нагрузки.

Так, сначала загружают ТЭЦ, затем - ГЭС, причем ГЭС загружают так, чтобы полнее использовалась энергия суточного водного потока. Остаток нагрузки предназначается для тепловых станций.

Благодаря объединению многих электростанций в единую энергосистему удастся значительно снизить себестоимость электроэнергии, повысить ее качество (постоянство напряжения и частоты) и надежность в бесперебойном снабжении потребителя. При этом генераторы отдельных станций оказываются в наиболее благоприятных условиях. Например, значительные колебания нагрузки в отдельных районах не перегружают генераторов станций, находящихся в этих районах и объединенных в энергосистему, так как необходимая энергия потребляется из мощной энергосистемы. Особенно большой эффект получается при объединении разнотипных электростанций. В этом случае полезная выработка электроэнергии может быть повышена на 30-80%.

В мощных энергосистемах снижается максимум нагрузки из-за неодновременности максимумов на отдельных станциях; значительно снижается резервная мощность; создается возможность легкого пуска мощных электродвигателей; значительно сокращаются расходы на содержание обслуживающего персонала благодаря автоматизации по управлению работой станций. Таким образом, объединение электростанций в энергосистему дает исключительно большие технические и экономические выгоды.

Одно из преимуществ электрической энергии перед другими видами энергии заключается в том, что передачу ее можно осуществлять с малыми потерями на большие расстояния. Однако потери неизбежны, так как провода обладают сопротивлением и ток, проходя по проводам линии, нагревает их.

Чтобы передача электрической энергии была экономически выгодной, необходимо потери на нагревание проводов сделать возможно малыми. Это достигается тем, что передача электроэнергии на большие расстояния ведется при высоком напряжении. Дело в том, что при повышении напряжения ту же самую энергию можно передавать при меньшей силе тока, что приводит к уменьшению нагревания проводов, а следовательно, к уменьшению потерь энергии (см. разд. 2.4). На практике при передаче электроэнергии пользуются напряжениями 110, 220, 330, 500, 750, 1150 и 1500 кВ. Чем длиннее линия электропередачи, тем более высокое напряжение в ней используется.

Генераторы переменного тока на электростанциях дают напряжение порядка нескольких киловольт. Перестройка генераторов на более высокое напряжение затруднительна - в этом случае потребовалось бы особо высокое качество изоляции всех частей генератора, находящихся под током. Поэтому при передаче электроэнергии на большие расстояния приходится повышать напряжение при помощи трансформаторов, устанавливаемых на повышающих подстанциях.

Это высокое напряжение передается по линиям электропередачи (ЛЭП) к месту потребления. Но потребителю не нужно высокое напряжение. Его понижают на понижающих подстанциях.

Понижающие подстанции подразделяются на районные, главные понижающие и местные подстанции. Районные принимают электроэнергию непосредственно от высоковольтных ЛЭП, понижают напряжение и передают ее на главные понижающие подстанции, где напряжение понижается до 6, 10 или 35 кВ. С главных подстанций электроэнергия передается на местные, где напряжение понижается до 380/220 В и распределяется на промышленные предприятия и жилые дома.

При современном уровне развития электротехники невозможно ограничиться применением только одного рода тока - постоянного или переменного, поскольку и тот и другой имеют свойственные только ему достоинства и недостатки как в производстве, так

и в передаче и использовании. В частности, главные достоинства переменного тока трехфазной системы состоят в том, что трехфазные генераторы просты по конструкции и дешевы в производстве. Их можно строить на мощности до 300 МВА с КПД до 99%. Напряжение переменного тока легко преобразуется с помощью трансформаторов. Исключительно прост, дешев и надежен в работе асинхронный трехфазный двигатель.

К недостаткам переменного тока относится низкая пропускная способность линий электропередачи и особенно кабельных линий из-за наличия емкости между проводами и проводами и землей. В связи с необходимостью объединения мощных станций и систем, расположенных на значительных расстояниях друг от друга, выяснилось, что синхронная работа станций и систем становится при этом неустойчивой и даже невозможной. Дело в том, что синхронная работа соединенных между собой систем возможна лишь при условии, что мощность в линии электропередачи не превышает определенного предела, называемого пределом устойчивости. При повышении напряжения предел устойчивости повышается, но он сильно понижается при увеличении длины линии. Однако при повышении напряжения быстро растет стоимость оборудования конечных подстанций и стоимость самой линии, в которой для ослабления коронного разряда (т.е. стекания электричества с проводов высокого напряжения через воздух) необходимо значительное увеличение диаметра проводов. Устойчивая передача электроэнергии переменным током практически возможна на расстояниях до 450-500 км при напряжении 400-500 кВ.

Постоянный ток неэкономичен в производстве и использовании. Генераторы постоянного тока из-за наличия скользящих контактов в цепи нагрузки сложны по конструкции и в эксплуатации. Они могут быть построены на мощности лишь до 20 МВт при КПД до 94%. Кроме того, не существует простых способов преобразования постоянного напряжения и нет дешевых и простых по конструкции и эксплуатации двигателей постоянного тока. Однако постоянный ток имеет такие качества, которые делают его в некоторых случаях незаменимым. Сюда относится отсутствие реактивной мощности в цепях постоянного тока, отсутствие необходимости синхронизации параллельно работающих генераторов и, следовательно, отсутствие предела устойчивости и дальности передачи, возможность значительного повышения напряжения (свыше миллиона вольт).

Поэтому наиболее перспективным способом передачи электроэнергии на дальние расстояния является использование постоянного тока.

Сущность современной дальней передачи электрической энергии постоянным током состоит в следующем. Электростанция вырабатывает переменный ток по трехфазной системе, напряжение которого повышается до нужного значения, затем с помощью мощных выпрямителей выпрямляется и постоянный ток передается по линии высокого напряжения. На приемном конце линии электропередачи постоянный ток с помощью инверторных установок снова преобразуется в переменный трехфазный и затем уже электроэнергия распределяется между потребителями.

Применение постоянного тока для передачи электроэнергии на большие расстояния открывает новые возможности для электроэнергетики, главными из которых являются следующие:

- электропередача может иметь любую длину и мощность, так как отпадает проблема электрической устойчивости;
- пропускная способность воздушных и кабельных линий значительно повышается, а их протяженность ничем не ограничивается;
- упрощается возможность объединения электростанций в энергетическую систему, так как отпадает необходимость их синхронизации;
- легко регулируется значение передаваемой мощности и ее направление с помощью управляемых выпрямителей;
- развитие системы передачи электроэнергии постоянным током не требует перестройки оборудования действующих электростанций и систем.

Передача электроэнергии постоянным током имеет и недостатки:

- сложность конструкций конечных подстанций, увеличение потерь энергии, повышение их стоимости и сложность эксплуатации;

- невозможность простого ответвления от линии электропередачи в промежуточных пунктах.

Передача электроэнергии постоянным током экономически оправдывает себя только при передаче больших мощностей на большие расстояния. Так, например, мощность 750 МВт выгоднее передавать постоянным током, начиная с расстояний в 650 км, а мощность в 1500 МВт - начиная с 500 км.