

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Автоматики и вычислительной техники

Методические рекомендации к практическим занятиям
по дисциплине
«Информационно-измерительная техника»
для заочной формы обучения направления
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль Электроснабжение)

Мурманск
2021

Введение

Целью дисциплины (модуля) формирование у студентов базовых знаний в области нормирования и предоставляемых требований к автоматизированным информационно-измерительным системам учета электроэнергии электростанций и трансформаторных подстанций всех классов напряжения.

Задачи дисциплины: ознакомление с конструктивным выполнением приборов автоматизированного учёта электроэнергии; изучение вопросов измерения объемов и параметров качества поставки или потребления электроэнергии; изучение контроля энергоресурсов в заданных временных интервалах; изучение способов сбора, обработки, хранения и отображения информации о поставке и потреблении электроэнергии; рассматривается метрологическое обеспечение приборов учета и вычислительного оборудования.

1. Общая характеристика дисциплины. Общие представления о преобразовании энергии.

Измерительные информационные технологии являются разновидностью информационных технологий и выделяются из этого обширного множества тем, что носят очевидный познавательный характер и реализуют специфические процедуры, присущие только им:

- получение исходной измерительной информации в результате взаимодействия первичных измерительных преобразователей (сенсоров) с объектом измерений;
- преобразование измерительной информации с заданной и гарантированной точностью;
- сопоставление сигналов измерительной информации с размерами общепринятых единиц измерения, оценка и представление характеристик остаточной неопределенности значений измеряемых величин.

Современные измерительные информационные технологии приобретают дополнительные свойства благодаря использованию аппаратных и программных средств искусственного интеллекта. Одной из важнейших задач развития измерительных информационных технологий является расширение номенклатуры измеряемых величин, обеспечение измерений в условиях воздействия “жестких” внешних факторов (высокая температура, большое давление, ионизирующее излучение и т.д.).

Решение подобных задач связано с усложнением структуры используемых средств измерений (СИ); созданием комплексов взаимосвязанных СИ и технических средств, необходимых для их функционирования. Современные объекты исследования характеризуются большим количеством параметров, изменяющихся подчас с большой скоростью.

Иногда, чтобы получить информацию о параметрах объекта, необходимо проводить комплексные измерения, а значение измеряемой

величины получать расчетным путем на основе известных функциональных зависимостей между ней и величинами, подвергаемыми измерениям.

Указанные задачи успешно решаются с помощью информационных измерительных систем (ИИС), получивших широкое распространение. В настоящее время нет общепринятого однозначного определения, что такое ИИС. Среди существующих подходов к рассмотрению понятия ИИС следует выделить два основных.

Сущность одного подхода отражена в рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 29-99 “ГСИ. Метрология. Основные термины и определения”, в которой ИИС рассматривается как разновидность измерительной системы (ИС). В пункте 6.14 РМГ 29-99 приведено следующее определение:

Измерительная система - совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках контролируемого объекта и т.п. с целью измерений одной или нескольких физических величин, свойственных этому объекту, и выработки измерительных сигналов в разных целях.

Примечания:

1. В зависимости от назначения измерительные системы разделяют на измерительные информационные, измерительные контролирующие, измерительные управляющие системы и др.

2. Измерительную систему, перестраиваемую в зависимости от изменения измерительной задачи, называют гибкой измерительной системой (ГИС).

Примеры:

1. Измерительная система теплоэлектростанции, позволяющая получать измерительную информацию о ряде физических величин в разных энергоблоках. Она может содержать сотни измерительных каналов.

2. Радионавигационная система для определения местоположения различных объектов, состоящая из ряда измерительно-вычислительных комплексов, разнесенных в пространстве на значительное расстояние друг от друга.

На практике почти повсеместно применяется термин “информационно-измерительная система”, который, по мнению ряда видных метрологов, неверно отражает понятие об измерительной информационной системе.

При образовании термина метрологического характера на первом месте должен указываться основной терминологический элемент (в данном случае - измерительная), затем – дополнительный (информационная). Это положение и отражено в примечании к приведенному выше определению. Сущность второго подхода отражена в определениях, приведенных в рекомендации МИ 2438-97 “ГСИ. Системы измерительные. Метрологическое обеспечение. Основные положения”.

Измерительная система – совокупность определенным образом соединенных между собой средств измерений и других технических устройств (компонентов измерительной системы), образующих измерительные каналы, реализующая процесс измерений и обеспечивающая автоматическое (автоматизированное) получение результатов измерений (выражаемых с помощью чисел или соответствующих им кодов) изменяющихся во времени и распределенных в пространстве физических величин, характеризующих определенные свойства (состояние) объекта измерений.

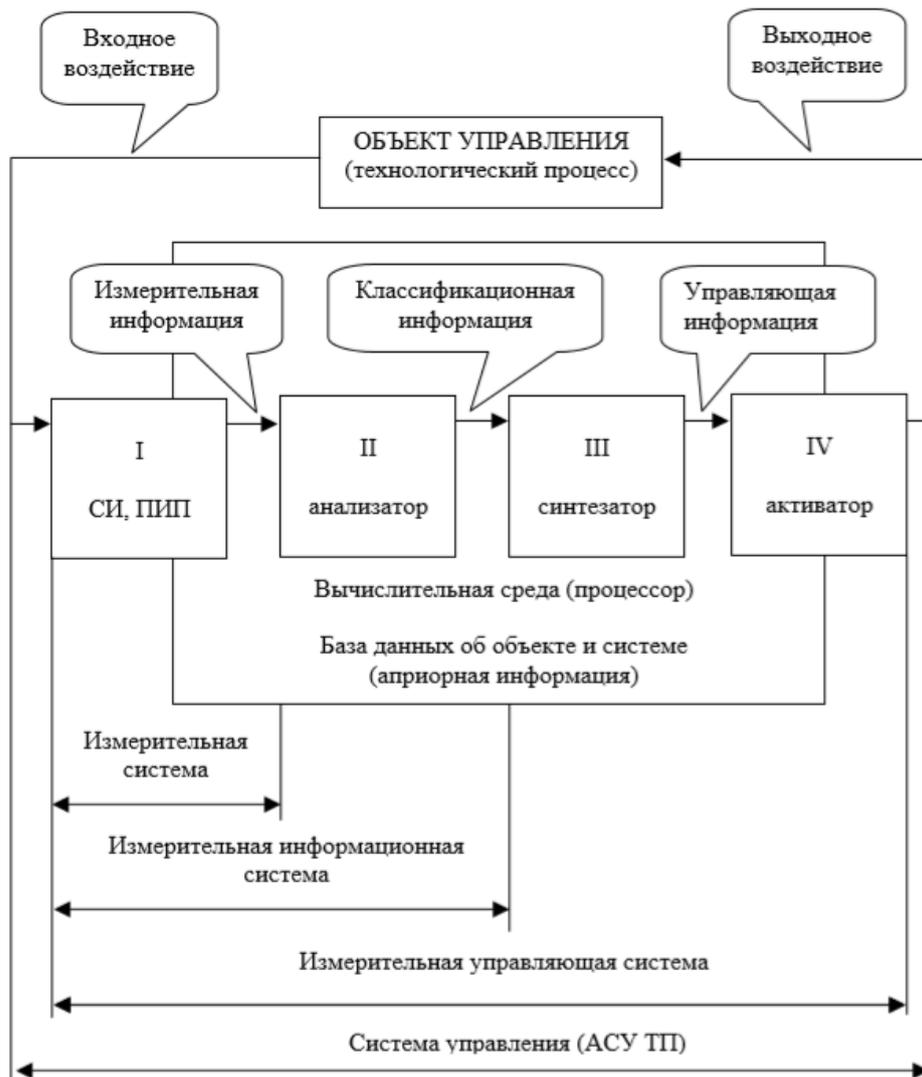


Рисунок 1 - Упрощенная структура ИИС и АСУ ТП

Понятие энергии применяется во всех науках. При этом известно, что обладающие энергией тела могут производить работу. Закон сохранения энергии гласит, что энергия не исчезает и не может быть создана из ничего, а выступает в различных своих формах (например, в форме тепловой, механической, световой, электрической энергии и т. д.).

Одна форма энергии может переходить в другую, и при этом соблюдаются точные количественные соотношения различных видов энергии. Вообще говоря, переход одной формы энергии в другую никогда не происходит полностью, так как всегда возникают еще и другие (чаще всего нежелательные) виды энергии. Например, в электродвигателе не вся

электрическая энергия переходит в механическую, а часть ее переходит в тепловую (нагрев проводников токами, разогрев в результате действия сил трения).

Факт неполного перехода одного вида энергии в другой характеризует коэффициент полезного действия (КПД). Этот коэффициент определяется как отношение полезной энергии к ее общему количеству или же как отношение полезной мощности к общей.

Электрическая энергия имеет то преимущество, что ее можно сравнительно легко и с малыми потерями передавать на большие расстояния, и, кроме того, она имеет чрезвычайно широкий круг применений. Распределением электрической энергии относительно легко управлять, и в известных количествах ее можно аккумулировать и хранить.

В течение одного рабочего дня человек в среднем затрачивает энергию, равную 1000 кДж, или 0,3 кВт. Человеку нужно приблизительно 8000 кДж в виде пищи и 8000 кДж на отопление жилищ, производственных помещений, на приготовление пищи и т. д. Если добавить к этому энергетические затраты в промышленности и на транспорте, то на одного человека ежедневно приходится энергетические затраты приблизительно в размере 200 000 ккал, или 60 кВт-ч.

Электрическая энергия преобразуется в механическую в электродвигателях и в меньшей степени в электромагнитах. В обоих случаях используются эффекты, связанные с электромагнитным полем. Потери энергии, т. е. та часть энергии, которая не переходит в желаемую форму, складываются в основном из энергетических затрат на нагрев током проводников и потерь, связанных с трением.

Большие электродвигатели имеют КПД, превышающий 90%, а у небольших электродвигателей КПД несколько ниже этого уровня. Если, например, электродвигатель имеет мощность 15 кВт и КПД, равный 90 %, то его механическая (полезная) мощность 13,5 кВт. Если же механическая

мощность электродвигателя должна быть равна 15 кВт, то потребляемая электрическая мощность при том же значении КПД - 16,67 кВт-ч.

Процесс перехода электрической энергии в механическую обратим, т. е. механическую энергию можно преобразовать в энергию электрическую (смотрите - Процесс преобразования энергии в электрических машинах). Для этой цели применяются в основном генераторы, которые по своей конструкции подобны электродвигателям и могут приводиться в действие при помощи паровых турбин или гидротурбин. В таких генераторах также есть энергетические потери.

Если по проводнику протекает электрический ток, то электроны при своем движении сталкиваются с атомами материала проводника и побуждают их к более интенсивному тепловому движению. При этом электроны теряют часть своей энергии. Возникшая таким образом тепловая энергия, с одной стороны, приводит, например, к повышению температуры деталей и проводов обмоток в электрических машинах, и с другой — к повышению температуры окружающей среды. Следует различать полезную тепловую энергию и тепловую энергию потерь.

В электронагревательных приборах (электрокипяильники, утюги, нагревательные печи и т. д.) желательно стремиться к тому, чтобы электрическая энергия как можно полнее перешла в энергию тепловую. Иначе дело обстоит, например, в случае линий электропередачи или же электродвигателей, где возникающая тепловая энергия представляет собой нежелательное побочное явление, ввиду чего часто должны приниматься меры по ее отводу.

Вследствие возникшего повышения температуры тела тепловая энергия передается окружающей среде. Процесс передачи тепловой энергии реализуется в форме теплопроводности, конвекции и теплового излучения. В большинстве случаев весьма затруднительно дать точную количественную оценку общего количества выделяемой тепловой энергии.

Если какое-либо тело нужно разогреть, то значение его конечной температуры должно быть значительно выше требуемой температуры разогрева. Это необходимо для того, чтобы как можно меньше тепловой энергии передавалось окружающей среде.

Если же, напротив, разогрев температуры тела является нежелательным, то значение конечной температуры системы должно быть малым. Для этой цели создаются условия, способствующие отводу от тела тепловой энергии (большая поверхность контакта тела с окружающей средой, принудительная вентиляция).

Возникающая в электрических проводах тепловая энергия ограничивает значение тока, который допустим в этих проводах. Предельная допустимая температура провода определяется термической стойкостью его изоляции. Для чего чтобы обеспечить передачу некоторой определенной электрической мощности, следует выбирать как можно меньшее значение тока и соответственно большее значение напряжения. При этих условиях снизятся затраты на материал проводов. Таким образом, электрическую энергию при большой мощности экономически целесообразно передавать при высоких напряжениях.

2. Энергетические ресурсы Земли и их использование

Уровень материальной, а, в конечном счете, и духовной культуры людей находятся в прямой зависимости от количества энергии, имеющейся в их распоряжении. Самоограничение в использовании энергии тепла и электроэнергии входит в противоречие с естественным желанием человека жить комфортно в современном цивилизованном обществе. При этом население земли и потребности людей непрерывно растут. Структура мирового энергохозяйства к сегодняшнему дню такова, что практически 80% произведенной энергии на земле производится путем сжигания органического топлива. При этом попытки решить энергетические проблемы сегодняшнего дня увеличением числа тепловых электростанций обречены на провал в силу целого ряда причин, обусловленных как ограниченными ресурсами традиционных органических топлив и, как следствие, неизбежным ростом цен на них, так и возросшими требованиями к защите окружающей среды. Отсюда - стремление выработки национальных энергетических программ ведущими промышленными странами, обеспечивающими оптимизацию внутреннего энергетического баланса. При этом со стороны наиболее развитых в экономическом плане стран неизбежно стремление контроля мировых энергоресурсов и распространение влияния над их добычей и распределением. энергетический электрический станция тепловой

Сама по себе энергия представляет собой ничто иное, как способность совершать ту или иную работу. Огромное количество энергии содержится в ископаемом топливе, деревьях, растениях, воздухе, воде, солнце, в самих людях и животных, однако процесс преобразования ее в полезную работу может быть как технически, так и экономически малоэффективным. При этом среди источников энергии различают возобновляемые и невозобновляемые природой, традиционные и нетрадиционные.

К возобновляемым источникам энергии условно относят источники энергии, которые в обозримом будущем, исчисляемым тысячелетиями,

неиссякнут. К таким источникам энергии относят энергию рек, морей и океанов, солнечную, ветровую, геотермальную энергию, биоэнергию и др.

К невозобновляемым источникам энергии относят источники энергии, которые после преобразования их в иной вид энергии теряют возможность последующего использования. К таким источникам энергии относят ископаемые органические виды топлив (торф, уголь, горючие сланцы, нефть и продукты ее переработки, природный и искусственный газ, ядерное топливо и др.).

К традиционным источникам энергии относят источники энергии, которые используются для выработки электрической и тепловой энергии в традиционных энергетических установках - котельных установках, тепловых, атомных и гидравлических электростанциях. К таким источникам энергии относят торф, уголь, газ, мазут, ядерное топливо, а также возобновляемый природой источник энергии - гидравлическая энергия рек.

К нетрадиционным источникам энергии относят источники энергии, которые не являются общепринятыми для выработки электрической и тепловой энергии в традиционных энергетических установках. К таким источникам энергии относят энергию ветра, солнца, земли, морей и океанов и др. К нетрадиционной энергетике относят также водородную энергетику, биоэнергетику, энергетику вторичных ресурсов.

Потребление энергии - важный показатель жизненного уровня. К настоящему времени в России и Европейских странах производство электроэнергии на душу населения достигло в среднем 6-7 тысяч кВт•ч, а в США и Канаде вдвое больше. При этом наблюдается ежегодный рост удельного энергопотребления в развитых странах.

Учитывая результаты прогнозов по запасам нефти и природного газа, которых хватит на 50-70 лет, и запасов угля, которых хватит на 600-1000 лет, можно считать, что на данном этапе развития науки и техники тепловые электростанции будут еще долгое время преобладать над остальными нетрадиционными источниками энергии. Из мировых запасов нефти, объем

которых оценивают в 2 триллиона баррелей, около 900 миллиардов уже использовано. Поскольку уже началось существенное удорожание нефти и природного газа, следует ожидать, что тепловые электростанции, работающие на мазуте и газе, к концу 21-го века будут вытеснены станциями на угле. Пока же наблюдается сокращение добычи угля, что связано не столько с относительно низкой его калорийностью, сколько с проблемами добычи и транспортировки, а также ухудшения экологии за счет вредных выбросов в атмосферу при сжигании этого топлива в котельных установках.

На этом фоне экологически чистыми и практически неисчерпаемыми в обозримом будущем являются речные гидроресурсы, однако в Западной Европе они уже в значительной мере задействованы и возможности строительства новых гидроэлектростанций весьма проблематичны, поскольку создание гидростатического напора на равнинных реках приведет к неизбежному затоплению значительных территорий. Кроме того сооружение ГЭС сопряжено со значительными капитальными затратами и, соответственно, длительными сроками окупаемости. Вместе с тем, неиспользованных запасов гидроэнергии в ряде регионов планеты, в частности в Сибири, вполне достаточно, чтобы гидроресурсы рассматривать как традиционную альтернативу использованию органических невозобновляемых ресурсов.

Что касается запасов ядерного топлива, то по прогнозам специалистов его запасов хватит не менее чем на 1000 лет при условии интенсивного развития реакторов-размножителей. Запасы урана и тория, если их сравнивать с запасами угля, не столь уж и велики, однако на единицу веса они содержат в себе энергии в миллионы раз больше, чем уголь. Из 1 кг урана можно получить столько же теплоты, сколько при сжигании примерно 3000 тонн каменного угля. Некоторые ученые и экологи в конце 1990-х годов говорили о скором запрещении государствами Западной Европы атомных электростанций, но, исходя из современных анализов сырьевого рынка и

потребностей общества в электроэнергии, эти утверждения выглядят неуместными.

Учитывая естественное истощение ископаемых топлив, все больше говорят о необходимости в 21-м веке начала нового этапа развития земной энергетики, характеризуемого «щадящим» использованием невозобновляемых энергоресурсов. При этом необходимо учитывать, что нефть и газ нужны не только энергетике, но и химии, и транспорту, и сельскому хозяйству. Несомненно, что в будущем параллельно с линией интенсивного развития энергетики получит развитие и линия экстенсивного развития, характеризующаяся рассредоточением по центрам потребления экологически чистых источников энергии не слишком большой мощности, но с высоким КПД, удобных и надежных в эксплуатации. Яркий пример тому - интенсивное развитие нетрадиционной энергетики, в частности электрохимической и водородной энергетики, солнечной и ветровой энергетики, геотермальной и малой гидроэнергетики и др. Более подробно вопросы нетрадиционной энергетики рассмотрены в главе 5 настоящего пособия.

3. Современные способы получения электрической энергии.

Нетрадиционные способы получения электроэнергии.

Развитие технологии и техники шагнули далеко вперед, что дало возможность создать новые источники генерации электрической энергии. Среди основных видов генерации электроэнергии специалисты выделяют следующие: тепловую, ядерную, гидроэнергетику и альтернативные виды электроэнергетики. Осуществляется этот процесс на электрических станциях.

В случае тепловой генерации электрическую энергию получают в результате сгорания различных видов органического топлива. Таким способом электроэнергию добывают на тепловых электростанциях (ТЭС). Тепловые электростанции бывают двух видов: конденсационные (КЭС) и теплофикационные (ТЭЦ). На теплофикационных электростанциях производится выработка как тепловой, так и электрической энергии. Принципы работы конденсационных и теплофикационных электростанций довольно схожи между собой. Их основное различие заключается в том, что на теплофикационных электростанциях используется часть нагретого пара для теплоснабжения.

Ядерная энергетика представлена атомными электростанциями (АЭС). Очень часто ядерную энергетiku не выделяют отдельно, а воспринимают как подвид тепловой электроэнергетики. Это обусловлено тем, что принцип выработки на атомной электростанции фактически такой же, как и на тепловой.

Следующий способ генерации электроэнергии представляет собой гидроэнергетику. Весь процесс проходит соответственно на гидроэлектростанциях (ГЭС). Здесь для получения электрической энергии используется кинетическая энергия водного течения. Среди разновидностей гидроэлектростанций стоит отметить гидроаккумулирующие станции (ГАЭС). Фактически их нельзя назвать мощными источниками электрической энергии, так как при своей работе они потребляют

практически столько энергии, сколько и производят. Однако в некоторых случаях именно они используются для разгрузки сети.

Еще одним способом генерации электрической энергии является альтернативная энергетика. Как видно из ее названия, она включает в себя различные нетрадиционные, или альтернативные, источники электрической энергии. Многие из них разрабатывались различными учеными с целью экономии природных ресурсов планеты или для того, чтобы снизить вред от выработки электрической энергии для окружающей среды. Так, например, в ветроэнергетике электрическую энергию добывают из кинетической энергии ветра. В гелиоэнергетике электрическую энергию получают из энергии солнечных лучей. Существует также и геотермальная энергетика. В этом случае для выработки электрической энергии используется тепло Земли.

Производство электроэнергии является отдельной отраслью промышленности. В настоящее время наибольшую долю электроэнергии производят на трех видах электростанций:

- ТЭС (теплоэлектростанция)
- ГЭС (гидроэлектростанция)
- АЭС (атомная электростанция)

К нетрадиционным (альтернативным) источникам энергии относят: энергию Солнца, ветра, воды (приливов, морских волн), геотермальную и водородную энергию, энергию биомассы.

Интерес к этим источникам энергии постоянно возрастает, поскольку во многих отношениях они неограниченны, экономически выгодны, оказывают на природную среду щадящее воздействие.

Предпосылками необходимости найти нетрадиционные источники энергии, чистые, безопасные, дешевые, стали углубляющийся энергетический кризис, ухудшение экологической ситуации, вызванное, в том числе, и потреблением традиционных источников энергии.

1. Солнечная энергетика. По экономическим, экологическим, ресурсным критериям, а также по показателям безопасности солнечная

энергия в ряду альтернативных источников занимает одно из первых мест, ее использование имеет долгосрочную перспективу.

К преимуществам солнечной энергетики относятся: возобновляемость, огромный потенциал, неисчерпаемость, доступность, бесшумность, экономичность, небольшие расходы при эксплуатации. Особенно важно, что производство и использование солнечных электростанций сопровождается минимальными (почти что нулевыми) по сравнению с традиционными источниками энергии выбросами в природную среду.

2. Энергия ветра. Ветровые электростанции – перспективный способ получения энергии, особенно в тех местах, где направление ветра постоянно.

Способ получения такой энергии не загрязняет природную среду. Однако прослеживается зависимость от непостоянства направлений и силы ветра. Хотя эту зависимость есть возможность частично сгладить установкой маховиков и разнообразных аккумуляторов.

Но строительство, содержание, ремонт ветровых электростанций обходится недешево. К тому же эксплуатация их сопровождается шумом, мешает птицам и насекомым, отражает радиоволны вращающимися частями.

3. Энергия воды. В структуру гидроэнергетики, использующей энергию водных ресурсов, входят гидроэлектростанции, малые гидроэлектростанции, приливные электростанции, волновые электростанции.

Для работы гидроэлектростанций необходимо сооружение плотины и водохранилища (гарантия обеспеченности водой). Основное преимущество гидроэнергетики – использование возобновляемой энергии.

Эксплуатация гидроэлектростанций не загрязняет природную среду, однако под водохранилища отчуждаются земли (часто плодородные). Плотины часто перекрывают рыбам путь к нересту.

4. Геотермальная энергия (тепло Земли). Представляет практический интерес применение геотермальной энергии, использующей тепло Земли, в виде геотермальных станций. Кроме этого, подаваемые горячие подземные воды могут обогревать здания, теплицы. Для получения геотермальной

энергии не нужно сжигать топливо, поскольку природный пар непосредственно используется для получения электроэнергии.

Геотермальная электростанция может вырабатывать электроэнергию из тепловой энергии гейзеров и других подземных источников. Гидроэлектростанции могут составить конкуренцию в регионах, где отпускная цена на электроэнергию высокая.

5. Водородная энергетика. Водородная энергетика, интерес к которой возрос за последнее время, основана на использовании водорода в качестве топлива.

Очевидно преимущество выбора водорода в качестве энергоносителя: экологическая безопасность (продукт его сгорания – вода), он не токсичен, не представляет опасности для человека и животных.

К недостаткам относятся: получение вещества с затратой иных энергоносителей – нефти, газа, электричества, высокая угроза образования взрывов – главный аргумент противников водородной энергетика.

6. Биоэнергетика. Сегодня большинство биоэлектростанций напоминает тепловые электростанции. Основное отличие от традиционных ТЭЦ – применение биотоплива, которое получают в процессе переработки биологических отходов.

В стадии разработки проекты, использующие в качестве биотоплива целлюлозу, органические отходы, осадки канализационных стоков, продукты жизнедеятельности животных (навоз) и газ метан, выделяющийся при переработке отходов животноводческих хозяйств. На практике сегодня биоэлектростанции используют чаще всего отходы древесины.

4. Потребление электрической энергии. Передача и использование электрической энергии.

Промышленность потребляет более 60 % электрической энергии.

Заметно увеличилось потребление электроэнергии коммунально-бытовыми приборами и установками. В сельском хозяйстве электрическая энергия применяется для самых различных нужд: обогрева помещений в парниковых хозяйствах, приведение в движение производственных механизмов, электромашинного орошения, использование токов высокой частоты, ультрафиолетовые и инфракрасные лучи, ультразвук и т.п. Применение электроэнергии в быту позволяет максимально приблизить условия жизни в сельской местности к условиям жизни в городе.

Большое количество электрической энергии потребляет электрифицированный железнодорожный транспорт. Переход на электрическую тягу позволяет значительно повысить пропускную способность за счёт увеличения скорости движения поездов, снизить себестоимость перевозок, повысить экономию топлива, ускорить электрификацию прилегающих районов.

Для электрификации ж/д транспорта используется как постоянный, так и переменный ток. Однако применение переменного тока по ряду показателей выгоднее и в последнее время электрификация ж/д ведётся преимущественно на переменном токе. В этом случае достигается значительная экономия меди (2-3 т на 1 км), сокращения числа тяговых подстанций, снижаются потери энергии в 3-5 раз, улучшаются характеристики электровозов.

Электрическая энергия в быту в прошлом применялась в основном для освещения. По мере развития электротехнической промышленности создавались совершенные и удобные бытовые приборы – холодильники, морозильные камеры, телевизоры, стиральные машины и т.п. Применение этих приборов способствовало увеличению потребления электроэнергии. В возрастающем количестве электрическая энергия стала использоваться для

приготовления пищи на предприятиях общественного питания и в квартирах, что способствовало улучшению гигиенических условий.

Потребление электрической энергии промышленными предприятиями, транспортом, электробытовыми приборами, подключенными к энергетической системе, меняется как в течении суток, так и течении года.

В утренние часы, когда начинают работу предприятия, включается освещение в квартирах, приводится в движение городской транспорт, потребление возрастает (утренний максимум нагрузки). Днём нагрузка в системе уменьшается (обеденные перерывы, окончание работы смены) в связи с некоторым снижением производительности труда. Вечером нагрузка в системе, как правило, достигает максимальных величин, т.к. в это время напряжённо работает городской транспорт, включается уличное освещение, зажигается свет в квартирах, включаются многочисленные электроприборы – телевизоры, радиоприёмники, нагревательные устройства и т.д. В это время продолжают работать некоторые предприятия. В ночные часы большая часть предприятий не работает, отключаются в квартирах бытовые приборы и освещение, перестаёт работать городской электрифицированный транспорт и наступает глубокий «провал» нагрузки.

На потребление электрической энергии оказывает влияние и время года. Так, например, в зимнее время больше расходуется электроэнергия на освещение и отопление. Имеют значение также и погодные условия. Резкое понижение температуры приводит к изменению потребления электроэнергии. Большое количество факторов, влияющих на потребление электроэнергии, невозможно заранее однозначно предсказать. В то же время, для управления режимами, желательно знать, как будет изменяться во времени потребление энергии (для создания или уменьшения запасов топлива, водных ресурсов и т.д.).

Прогнозирование графиков нагрузки может быть сделано с помощью методов математической статистики и теории вероятностей. При этом невозможно предсказать абсолютно точно, каким именно будет график

нагрузки. Однако, изучая закономерности случайных изменений нагрузки при их массовом повторении, можно предсказать среднестатистическую конфигурацию графика. При этом можно оценить и количественно отклонения реального графика от среднестатистического.

В основном, этот процесс сопровождается существенными потерями, которые связаны с нагревом проводов линий электропередачи током. Согласно закону Джоуля-Ленца энергия, которая расходуется на нагрев проводов, является пропорциональной квадрату силы тока и сопротивлению линии, так что при большой длине линии передача электроэнергии может стать экономически невыгодной. Поэтому нужно уменьшать силу тока, что при заданной передаваемой мощности приводит к необходимости увеличения напряжения. Чем длиннее линия электропередачи, тем выгоднее применять большие напряжения (на некоторых напряжение достигает 500 кВ). Генераторы переменного тока выдают напряжения, которые не могут быть больше 20 кВ (что связано со свойствами используемых изоляционных материалов).

Поэтому на электростанциях ставят повышающие трансформаторы, которые увеличивают напряжение и во столько же раз уменьшают силу тока. Для подачи потребителям электроэнергии необходимого (низкого) напряжения на концах линии электропередачи ставят трансформаторы понижающие. Понижение напряжения обычно производится поэтапно.

5. Передача энергии на расстояние

Важнейшей задачей, которую приходится постоянно решать энергетическому комплексу, является передача электроэнергии на расстоянии. Поэтому, на пути между электростанцией и потребителями обязательно присутствуют линии электропередачи. В большинстве случаев, используются воздушные линии, по которым проходит переменный ток. Энергия вырабатывается с помощью мощных агрегатов, а используется преимущественно слабыми потребителями. Для того, чтобы все они были охвачены электрической энергией, создана мощная и разветвленная структура электрических сетей.

Основным показателем, характеризующим электропередачу, является величина ее пропускной способности. Она представляет собой максимальную мощность, которая может передаваться по линиям, при различных ограничивающих условиях.

Прежде всего, это потери при нагреве проводов, потери на корону, условия устойчивости и прочие факторы. Кроме того, передаваемая мощность переменного тока, зависит от напряжения и протяженности ЛЭП. В связи с этим, увеличение напряжения позволяет значительно увеличить пропускную способность передающих линий.

Существуют предельные значения для ЛЭП, связанные с перенапряжением и возможностями изоляции. Чтобы повысить их производительность, производятся конструктивные улучшения, применяются всевозможные компенсирующие устройства.

Реактивные параметры и реактивная мощность в линиях электропередачи и у потребителей, компенсируются с помощью специальных устройств. Все эти приборы устанавливаются на промежуточных и конечных подстанциях. Когда происходит передача электроэнергии на расстоянии, с помощью компенсирующих устройств увеличивается пропускная способность линий, улучшаются общие показатели их работы.

Например, реактивная мощность компенсируется электрическими батареями конденсаторов, включаемых поперечным способом. Также, практикуется использование синхронных двигателей и компенсаторов, работающих в перевозбужденном режиме. Таким образом, обеспечивается реактивная мощность потребителей с сохранением желаемого значения напряжения. Одновременно, снижаются потери активной мощности на отдельных участках электрических сетей. С помощью компенсирующих устройств, напряжение в электрических системах может регулироваться автоматически. Места установки и мощность этих устройств определяются расчетным путем, на основании технико-экономических показателей.

Соблюдение всех необходимых условий позволяет осуществлять передачу электроэнергии потребителям с минимальными потерями, в необходимом количестве и с расчетной мощностью.

Список литературы

Основная литература

1. Панфилов, В. А. Электрические измерения : учебник / В. А. Панфилов. - Москва : Academia, 2004. - 284, с. - (Среднее профессиональное образование. Энергетика). - 173-00.

2. Применение и техническое обслуживание микропроцессорных устройств на электростанциях и в электросетях. Ч. 4. Испытательные установки для проверки устройств релейной защиты и автоматики (серия "Ретом") / сост. А. Н. Бирг, В. Н. Дмитриев, В. А. Герасимов, С. А. Кузьмин ; под ред. Б. А. Алексева. - Москва : Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. - 56 с. : ил. - ISBN 5-93196-153-4 : 128-28.

3. Ким, К. К. Поверка средств измерений электрических величин : учебное пособие / К. К. Ким, Г. Н. Анисимов, А. И. Чураков. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 142 с. — ISBN 978-5-4486-0733-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/85849.html> (дата обращения: 23.10.2019). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

4. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций : учебное пособие / А. И. Хальясмаа, С. А. Дмитриев, С. Е. Кокин, Д. А. Глушков. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 64 с. — ISBN 978-5-7996-1493-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/68237.html> (дата обращения: 23.10.2019). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

5. Лагута, С. А. Оборудование электростанций и сетей. Лабораторный практикум : пособие / С. А. Лагута. — Минск : Республиканский институт профессионального образования (РИПО), 2015. — 84 с. — ISBN 978-985-503-442-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR

BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/67671.html> (дата обращения: 23.10.2019). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

6. Зарандия, Ж. А. Основные вопросы технической эксплуатации электрооборудования : учебное пособие / Ж. А. Зарандия, Е. А. Иванов. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 128 с. — ISBN 978-5-8265-1386-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/64145.html> (дата обращения: 23.10.2019). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Дополнительная литература

1. Алиев, И. И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию : учеб. пособие для вузов / И. И. Алиев. - Изд. 5-е, испр. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2004. - 477 с. - ISBN 5-222-03004-0 : 80-00.

2. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий : учебник для вузов / Б. И. Кудрин. - 2-е изд. - Москва : Интермет Инжиниринг, 2006. - 670 с. - ISBN 5-89594-128-1 : 495-00.