**18.02.2022 Учебная группа: 2ТЭМ**

**Преподаватель Черномордик Анна Евгеньевна**

**ОП.03 Электротехника и электроника**

Тема 4.5 Мощность переменного тока. Коэффициент мощности, его технико-экономическое значение.

**Лекция № 24**

**Цель занятия:** Усвоить основные понятия по изучаемой теме.

**Задачи занятия:** уметь применять полученные знания для решения ситуационные задач.

**Задание студентам:**

1.Записать в тетрадь и самостоятельно проработать лекцию несколько раз.

2. По учебнику И.А. Данилов, П.М. Иванов. Общая электротехника с основами электроники, Высшая школа, 2005 **§ 5.12 стр. 162-163** (скачать в интернете учебник, если не найдете, напишите мне - я Вам пришлю по e-mail)

**3. Ответить на карточку 5.10 стр. 163-164**

4. Фотографию конспекта и выполненное домашнее задание прислать на электронный адрес **kabinet1218@gmail.com** в срок **до 08.00 19.02.2022г.**

План:

1. Мощность переменного тока

2. Коэффициент мощности, его технико-экономическое значение

Литература:

Основные источники:

1. И.А. Данилов, П.М. Иванов. Общая электротехника с основами электроники, Высшая школа, 1989.

2. Немцов М.В. Электротехника и электроника: учебник/ М.В. Немцов, М.Л. Немцова, – М.: Издательство Академия, 2013. – 480 с.

3. Т.Ф. Березкина Задачник по общей электротехнике с основами электроники - М.: Высшая школа, 1983.

Дополнительные источники:

1. Кацман, М.М. Сборник задач по электрическим машинам: учебное пособие/ М.М. Кацман. – М.: ИЦ Академия, 2013. – 160 с.

2. Прошин, В. М. Электротехника для электротехнических профессий. Рабочая тетрадь: учебное пособие / В. М. Прошин. – Москва : Academia, 2014. – 456 c.

3. И.А. Данилов, П.М. Иванов. Общая электротехника с основами электроники, Высшая школа, 2005 - 378 с.

4. Электротехника, электроника и схемотехника : учебник и практикум для СПО /С. А. Миленина ; под ред. Н. К. Миленина. — М. : Издательство Юрайт, 2015. — 399 с.

**Вопрос 1 Мощность переменного тока**

Что такое активная и реактивная мощность переменного электрического тока?

Все мы ежедневно сталкиваемся с электроприборами, кажется, без них наша жизнь останавливается. И у каждого из них в технической инструкции указана мощность. Сегодня мы разберемся что же это такое, узнаем виды и способы расчета.

Мощность в цепи переменного электрического тока

Электроприборы, подключаемые к электросети работают в цепи переменного тока, поэтому мы будем рассматривать мощность именно в этих условиях. Однако, сначала, дадим общее определение понятию.

***Мощность*** — физическая величина, отражающая скорость преобразования или передачи электрической энергии.

В более узком смысле, говорят, что электрическая мощность – это отношение работы, выполняемой за некоторый промежуток времени, к этому промежутку времени.

Если перефразировать данное определение менее научно, то получается, что мощность – это некое количество энергии, которое расходуется потребителем за определенный промежуток времени. Самый простой пример – это обычная лампа накаливания. Скорость, с которой лампочка превращает потребляемую электроэнергию в тепло и свет, и будет ее мощностью. Соответственно, чем выше изначально этот показатель у лампочки, тем больше она будет потреблять энергии, и тем больше отдаст света.

Поскольку в данном случае происходит не только процесс преобразования электроэнергии в некоторую другую (световую, тепловую и т.д.), но и процесс колебания электрического и магнитного поля, появляется сдвиг фазы между силой тока и напряжением, и это следует учитывать при дальнейших расчетах.

При расчете мощности в цепи переменного тока принято выделять активную, реактивную и полную составляющие.

***Понятие активной мощности***

Активная «полезная» мощность — это та часть мощности, которая характеризует непосредственно процесс преобразования электрической энергии в некую другую энергию. Обозначается латинской буквой P и измеряется в ваттах (Вт).

Рассчитывается по формуле: P = U⋅I⋅cosφ,

где U и I – среднеквадратичное значение напряжения и силы тока цепи соответственно, cos φ – косинус угла сдвига фазы между напряжением и током.

ВАЖНО! Описанная ранее формула подходит для расчета цепей с напряжением 220В, однако, мощные агрегаты обычно используют сеть с напряжением 380В. В таком случае выражение следует умножить на корень из трех или 1.73

***Понятие реактивной мощности***

Реактивная «вредная» мощность — это мощность, которая образуется в процессе работы электроприборов с индуктивной или емкостной нагрузкой, и отражает происходящие электромагнитные колебания. Проще говоря, это энергия, которая переходит от источника питания к потребителю, а потом возвращается обратно в сеть.

Использовать в дело данную составляющую естественно нельзя, мало того, она во многом вредит сети питания, потому обычно его пытаются компенсировать.

Обозначается эта величина латинской буквой Q.

ЗАПОМНИТЕ! Реактивная мощность измеряется не в привычных ваттах (Вт), а в вольт-амперах реактивных (Вар).

Рассчитывается по формуле:

Q = U⋅I⋅sinφ,

где U и I – среднеквадратичное значение напряжения и силы тока цепи соответственно, sinφ – синус угла сдвига фазы между напряжением и током.

ВАЖНО! При расчете данная величина может быть как положительной, так и отрицательной – в зависимости от движения фазы.

***Емкостные и индуктивные нагрузки***

Главным отличием реактивной (емкостной и индуктивной) нагрузки – наличие, собственно, емкости и индуктивности, которые имеют свойство запасать энергию и позже отдавать ее в сеть.

Индуктивная нагрузка преобразует энергию электрического тока сначала в магнитное поле (в течение половины полупериода), а далее преобразует энергию магнитного поля в электрический ток и передает в сеть. Примером могут служить асинхронные двигатели, выпрямители, трансформаторы, электромагниты.

ВАЖНО! При работе индуктивной нагрузки кривая тока всегда отстает от кривой напряжения на половину полупериода.

Емкостная нагрузка преобразует энергию электрического тока в электрическое поле, а затем преобразует энергию полученного поля обратно в электрический ток. Оба процесса опять же протекают в течение половины полупериода каждый. Примерами являются конденсаторы, батареи, синхронные двигатели.

ВАЖНО! Во время работы емкостной нагрузки кривая тока опережает кривую напряжения на половину полупериода.

***Понятие полной мощности. Треугольник мощностей***

Полная мощность – это геометрически вычисляемая величина, равная корню из суммы квадратов активной и реактивной мощностей соответственно. Обозначается латинской буквой S.



Также рассчитать полную мощность можно путем перемножения напряжения и силы тока соответственно.

S = U⋅I

ВАЖНО! Полная мощность измеряется в вольт-амперах (ВА).

Треугольник мощностей – это удобное представление всех ранее описанных вычислений и соотношений между активной, реактивной и полной мощностей.

Катеты отражают реактивную и активную составляющие, гипотенуза – полную мощность. Согласно законам геометрии, косинус угла φ равен отношению активной и полной составляющих, то есть он является коэффициентом мощности.



Как найти активную, реактивную и полную мощности. Пример расчета

Все расчеты строятся на указанных ранее формулах и треугольнике мощностей. Давайте рассмотрим задачу, наиболее часто встречающуюся на практике.

Обычно на электроприборах указана активная мощность и значение коэффициента cosφ. Имея эти данные несложно рассчитать реактивную и полную составляющие.

Для этого разделим активную мощность на коэффициент cosφ и получим произведение тока и напряжения. Это и будет полной мощностью.

Далее, исходя из треугольника мощностей, найдем реактивную мощность равную квадрату из разности квадратов полной и активной мощностей.

**Вопрос 2** **Коэффициент мощности cosφ**

Коэффициент мощности cosφ (читается косинус фи)– это скалярная физическая величина, отражающая эффективность потребления электрической энергии. Проще говоря, коэффициент cosφ показывает наличие реактивной части и величину получаемой активной части относительно всей мощности.

Коэффициент cosφ находится через отношение активной электрической мощности к полной электрической мощности.

ОБРАТИТЕ ВНИМАНИЕ! При более точном расчете следует учитывать нелинейные искажения синусоиды, однако, в обычных расчетах ими пренебрегают.

Значение данного коэффициента может изменяться от 0 до 1 (если расчет ведется в процентах, то от 0% до 100%). Из расчетной формулы не сложно понять, что, чем больше его значение, тем больше активная составляющая, а значит лучше показатели прибора.

Коэффициентом мощности cosφ называют отношение активной мощности потребителя к полной мощности  .

Каждый потребитель электрической энергии характеризуется но­минальным током и напряжением и номинальной полной мощностью, равными произведению номинального напряжения на номинальный ток. Для трехфазной системы переменного тока 

Наилучшее использование мощности генератора будет при его рабо­те с номинальными значениями гака и напряжения и при cosφ=1. В этом случае активная мощность генератора будет равна его полной мощности



При номинальных значениях тока и напряжения и изменяющемся cosφ мощность генератора будет прямо пропорциональна последнему, а уменьшение cosφ приведет к неполному использованию его мощности.

С другой стороны, если приемник электрической энергии работает с постоянной активной мощностью при неизменном напряжении, но при различных cosφ, то его ток изменяется обратно пропорционально cosφ.

Таким образом, с уменьшением cosφ ток приемника и питающей его сети увеличивается, что приводит к дополнительным потерям элек­трической энергии в линиях электропередачи



В настоящее время приняты следующие нормативные значения ко­эффициента мощности:

0,85 - при питании потребителей от генераторов электростанций на генераторном напряжении;

0,93 — при питании потребителей от районных сетей напряжением 110, 220кВ и от сетей 35кВ, питающихся от электростанций через две ступени трансформации;

0,95 — при питании потребителей от сетей напряжением 35кВ, пи­тающихся от районных электросетей через три cry пени трансформации.

*Причины и последствия низкого коэффициента мощности*

Основными потребителями электрической энергии на промышлен­ных предприятиях являются асинхронные двигатели (АД), которые на­ряду с активной (полезной) потребляют и реактивную мощность, иду­щую на создание вращающихся магнитных нолей.

Потребляемая асинхронными двигателями реактивная мощность мо­жет быть разделена на намагничивающую, не зависящую от нагрузки и идущую на создание основного магнитного потока, и реактивную мощ­ность, пропорциональную квадрату нагрузки и обусловленную магнитны­ми нолями рассеивания в двигателе.

В АД и трансформаторах основная доля реактивной мощности приходится на мощность Q0, идущую на создание основного магнитно­го потока, равную мощности холостого хода.

Причины снижения величины коэффициента мощности (основные причины сравнительно большого потребления реактивной мощности)

1. Работа АД и трансформаторов при неполной загрузке при этом уменьшается активная мощность электрической машины, тогда как ре­активная остается почти без изменений, что ведет к снижению cosφ.

2. Несовершенство конструкции АД и его некачественный ремонт (наличие большого воздушного зазора между статором и ротором). Магнитное сопротивление воздушного зазора составляет примерно 80% от общего сопротивления.

3. Повышение напряжения сети. С повышением напряжения у АД и трансформаторов возрастает магнитный поток, а следовательно, и потребляемая реактивная мощность, при этом коэффициент мощ­ности снижается.

4. Снижение скорости электрических машин. Тихоходные асинхрон­ные двигатели имеют более сложную магнитную цепь и потребля­ют большую реактивную мощность, а следовательно имеют более низкий cosφ чем быстроходные. Низкий cosφ промышленного предприятия приводит к увеличению мощности и размеров генера­торов и трансформаторов.

 Потери мощности на нагревание проводов пропорциональны квад­рату тока  , где I - полный ток, протекающий по проводу, A; *R -*сопротивление ли­нии, Ом.

Величина тока I обратно пропорциональна cosφ.

***Способы повышения cos φ***

Повышение cosφ естественным путем предусматривает качест­венную эксплуатацию электротехнического оборудования, которое мо­жет быть достигнуто проведением следующих мероприятии:

1. Повышением загрузки электродвигателей за счет рационального изменения технологического процесса. Двигатели, работающие с постоянной недогрузкой, следует заменять менее мощными (если загрузка двигателей составляет менее 40 %, то их замена обосно­ванна, если нагрузка колеблется в пределах 40-70%, необходи­мость их замены должна быть обоснованна технико-экономически).

2. Ограничением времени работы двигателей в режиме холостого хода.

3. Повышением качества ремонта электродвигателей.

4. Улучшением работы трансформаторов, переводя их нагрузки на другие трансформаторы или отключая их во время ее уменьшения. Пели трансформатор постоянно работает с недогрузкой и средняя загрузка его составляет менее 30 %, его следует заменить на транс­форматор меньшей мощности.

5. Заменой асинхронных двигателей с фазным ротором в тех случаях, когда позволяет технологический процесс, асинхронными короткозамкнутыми двигателями, имеющими более высокий cosφ.

6. Заменой, где это возможно, АД на синхронные, работающие с пе­ревозбуждением. При работе в режиме перевозбуждения синхрон­ный двигатель (СД) имеет отрицательный сдвиг по фазе (ток опе­режает напряжение) и становится генератором активной энергии. Замена асинхронных двигателей на синхронные значительно улуч­шает коэффициент мощности предприятия.

*Искусственные*способы повышения cosφ осуществляются путем установки на предприятиях специального электрооборудования, ком­пенсирующего реактивную мощность.

Регулируемая компенсация реактивной мощности обеспечивается с помощью шунтовых устройств, подключаемых к шинам подстанции или нагрузки параллельно. Эти устройства можно разделить на две принципиально отличные друг от друга группы.

 *К первой группе ис­точников реактивной мощности (ИРМ)*относятся вращающиеся син­хронные машины: синхронные генераторы электростанций, синхронные компенсаторы, синхронные двигатели. Эти устройства позволяют плав­но регулировать реактивную мощность как в режиме генерирования, так и потребления.

*Ко второй группе относятся*статические ИРМ или ста­тические компенсаторы реактивной мощности. К ним относятся кон­денсаторные батареи, реакторы, но не токоограничивающие, устройства на базе преобразователей (выпрямители, инверторы) с искусственной коммутацией тиристоров или их комбинации.

*Конденсаторные батареи*

Конденсаторные батареи (КБ) являются простым и надежным ста­тическим устройством. КБ собирают из отдельных конденсаторов, кото­рые выпускаются на различные мощности и номинальные напряжения.

Конденсатор  — устройство, которое состоит из двух проводников, раз­деленных диэлектриком. Конденсатор, если к нему приложено напряжение, способен накапливать электрический заряд (заряжаться) и отдавать ею (разряжаться). В пространстве между проводниками, которые могут иметь любую форму, при заряде конденсатора образуется электрическое поле. За­ряд конденсатора тем больше, чем больше его емкость и приложенное к его проводникам напряжение. Емкость конденсатора, в свою очередь, тем больше, чем больше внутренняя поверхность проводников, образующих конденсатор, и чем меньше расстояние между этими проводниками.

Пространство между проводниками заполнено диэлектриком, т. е. материалом, обладающим высокими изоляционными свойствами или, можно сказать, очень низкой электропроводностью. К таким материа­лам относятся, например, воздух, конденсаторная бумага, керамика, синтетическая пленка. Диэлектрик, применяемый в конденсаторах, должен обладать высокой электрической прочностью, т. е. сохранять свои изолирующие свойства при высоком напряжении и небольшой толщине (10—15 мкм). Качество диэлектрика для конденсаторов тем выше, чем выше его диэлектрическая проницаемость, т. е. способность аккумулировать электрический заряд. Например, относительная диэлек­трическая проницаемость конденсаторной бумаги, пропитанной мас­лом, составляет 3,54, а полистирольной пленки — 2,5—2,7.

Число и емкость конденсаторов определяют в зависимости от ве­личины реактивной мощности, необходимой для компенсации. Мощ­ность однофазного конденсатора определяют по формуле

 , где  *-*угловая частота, Гц; f - частота тока, Гц; *U —*линейное напряжение, кВ; С-емкость, мкФ.

Конденсатор, как и любой элемент электроэнергетической системы. характеризуется потерями активной мощности, которые приводят к его нагреву. Эти потери тем больше, чем выше приложенное напряжение, его частота и емкость конденсатора. Потери в конденсаторе зависят и от свойств диэлектрика, определяемых тангенсом угла диэлектрических по­терь *( tgγ )*и характеризующих удельные потери (Вт/кВАр) в конденсато­ре. В зависимости от типа и назначения конденсатора потери в них могут составлять от 0,5 до 4 Вт/кВАр.

В электроэнергетике для компенсации реактивной мощности при­меняют так называемые косинусные конденсаторы, предназначенные для работы при частоте напряжения 50 Гц. Их мощность составляет от 10 до 100кВАр.

Конструктивно конденсатор представляет собой металлический (стальной или алюминиевый) корпус, в котором размещаются секции (пакеты), намотанные из нескольких слоев алюминиевой фольги, проло­женные конденсаторной бумагой или синтетической пленкой толщиной 10-15 мкм (0,01-0,015 мм). Соединенные между собой секции имеют выводы, расположенные снаружи корпуса, в его верхней части. Трехфаз­ные конденсаторы имеют три фарфоровых вывода, однофазные - один.

Шкала номинальных напряжений конденсаторов от 230 В до 10.5 кВ, что позволяет собирать из них установки для сетей напряжени­ем от 380 В и выше. Конденсаторы обладают хорошей перегрузочной способностью по току (до 30 % от номинального) и по напряжению (до 10 % от номинального). Группу конденсаторов, соединенных между со­бой параллельно или последовательно, или параллельно-последова­тельно, называют конденсаторной батареей.

Конденсаторная батарея, оборудованная коммутационной аппаратурой, средствами защиты и управления, образует конденсаторную установку (КУ).

Поэтому нерегулируемые КБ обладают отрицательным регули­рующим эффектом, что, в отличие от синхронных компенсаторов, явля­ется их недостатком. Это значит, что мощность КБ снижается со сниже­нием приложенного напряжения, тогда как по условиям режима эту мощность необходимо увеличивать.

Как измеряют cosφ на практике

Значение коэффициента cosφ обычно указано на бирках электроприборов, однако, если необходимо измерить его на практике пользуются специализированным прибором – фазометром. Также с этой задачей легко справится цифровой ваттметр.



Если полученный коэффициент cosφ достаточно низок, то его можно компенсировать практически. Осуществляется это в основном путем включения в цепь дополнительных приборов.

1. Если необходимо скорректировать реактивную составляющую, то следует включить в цепь реактивный элемент, действующий противоположно уже функционирующему прибору. Для компенсации работы асинхронного двигателя, для примера индуктивной нагрузки, в параллель включается конденсатор. Для компенсации синхронного двигателя подключается электромагнит.

2. Если необходимо скорректировать проблемы нелинейности в схему вводят пассивный корректор коэффициента cosφ, к примеру, это может быть дроссель с высокой индуктивностью, подключаемый последовательно с нагрузкой.

Мощность – это один из важнейших показателей электроприборов, поэтому знать какой она бывает и как рассчитывается, полезно не только людям, специализирующимся в области техники, но и каждому из нас.

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Определение коэффициента мощности.

2. Причины снижения величины коэффициента мощности.

3. Способы повышения коэффициента мощности.

4. Как рассчитываются потери мощности на нагревание проводов?

5. С помощью каких устройств обеспечивается регулируемая компенсация реактивной мощности?

**ЗАДАЧА**.

Произвести расчет электрической цепи переменного тока, в которую включена катушка, обладающая индуктивным сопротивлением ХL =30 Ом и активным сопротивлением r = 40 Ом. Напряжение на зажимах катушки 120 В. Определить:

1) полное сопротивление цепи;

2) силу тока в катушке;

3) коэффициент мощности;

4) угол сдвига фаз между током и напряжением (по таблице тригонометрических функций);

5) полную, активную и реактивную мощности.