

## ТЕМА 7. ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

### 7.3. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА

**Преобразователь** – это электротехническое устройство, преобразующее электроэнергию одних параметров или показателей качества в электроэнергию с другими значениями параметров или показателей качества. Параметрами электрической энергии могут являться род тока и напряжения, их частота, число фаз, фаза напряжения.

По степени управляемости преобразователи электрической энергии подразделяются на **неуправляемые** и **управляемые**. В управляемых преобразователях выходные переменные: напряжение, ток, частота — могут регулироваться.

По элементной базе преобразователи электроэнергии подразделяются на **электромашинные (вращающиеся)** и **полупроводниковые (статические)**. Электромашинные преобразователи реализуются на основе применения электрических машин и в настоящее время находят относительно редкое применение в электроприводах. Полупроводниковые преобразователи могут быть диодными, тиристорными и транзисторными.

По характеру преобразования электроэнергии силовые преобразователи подразделяются на выпрямители, инверторы, преобразователи частоты, регуляторы напряжения переменного и постоянного тока, преобразователи числа фаз напряжения переменного тока.

В современных автоматизированных электроприводах применяются главным образом **полупроводниковые тиристорные и транзисторные преобразователи постоянного и переменного тока**.

**Достоинствами** полупроводниковых преобразователей являются широкие функциональные возможности управления процессом преобразования электроэнергии, высокие быстродействие и КПД, большие сроки службы, удобство и простота обслуживания при эксплуатации, широкие возможности по реализации защит, сигнализации, диагностирования и тестирования как самого электрического привода, так и технологического оборудования.

Вместе с тем, для полупроводниковых преобразователей характерны и определенные недостатки. К ним относятся: высокая чувствительность полупроводниковых приборов к перегрузкам по току, напряжению и скорости их изменения, низкая помехозащищенность, искажение синусоидальной формы тока и напряжения сети.

**Выпрямителем** называется преобразователь напряжения переменного тока в напряжение постоянного (выпрямленного) тока.

**Неуправляемые выпрямители** не обеспечивают регулирование напряжения на нагрузке и выполняются на полупроводниковых неуправляемых приборах односторонней проводимости — диодах.

**Управляемые выпрямители** выполняются на управляемых диодах — тиристорах и позволяют регулировать свое выходное напряжение за счет соответствующего управления тиристорами.

Выпрямители могут быть **неревверсивными** и **реверсивными**. Реверсивные выпрямители позволяют изменять полярность выпрямленного напряжения на

своей нагрузке, а нереверсивные — нет. По числу фаз питающего входного напряжения переменного тока выпрямители подразделяются на однофазные и трехфазные, а по схеме силовой части — на мостовые и с нулевым выводом.

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.

### *Электрическая и тепловая энергия*

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 большое значение напряжения. При этих условиях снизятся затраты на материал проводов. Таким образом, электрическую энергию при большой мощности экономически целесообразно передавать при высоких напряжениях.

### ***Переход тепловой энергии в электрическую***

Тепловая энергия непосредственно превращается в электрическую в так называемых термоэлектрических преобразователях. Термопара термоэлектрического преобразователя состоит из двух металлических проводников, изготовленных из разных материалов (например, из меди и константана) и спаянных вместе одними своими концами.

При некоторой разности температур между точкой спая и двумя другими концами обоих проводников возникает ЭДС, которая в первом приближении прямо пропорциональна этой разнице температур. Эта термо-ЭДС, равная нескольким милливольтам, может быть зарегистрирована при помощи высокочувствительных вольтметров. Если вольтметр проградуировать в градусах Цельсия, то вместе с термоэлектрическим преобразователем полученное устройство можно применить для непосредственного измерения температуры.

Мощность преобразования невелика, поэтому такие преобразователи практически не применяются как источники электрической энергии. В зависимости от того, какие материалы применены для изготовления термопары, она работает в различных диапазонах температур. Для сравнения можно привести некоторые характеристики различных термопар: термопара медь — константан применима до 600 °С, ЭДС приблизительно 4 мВ на 100 °С; термопара железо — константан применима до 800 °С, ЭДС приблизительно 5 мВ на 100 °С.

Пример практического использования преобразования тепловой энергии в электрическую - Термоэлектрические генераторы

### ***Электрическая и световая энергия***

С точки зрения физики свет представляет собой электромагнитное излучение, которое соответствует определенному участку спектра электромагнитных волн и которое способен воспринимать человеческий глаз. К спектру электромагнитных волн принадлежат также радиоволны, тепловое и рентгеновское излучение.

Получить световое излучение при помощи электрической энергии можно в результате теплового излучения и путем газового разряда. Тепловое (температурное) излучение возникает в результате разогрева твердых или жидких тел, которые вследствие разогрева испускают электромагнитные волны с

различными длинами волн. Распределение интенсивности теплового излучения зависит от температуры.



При повышении температуры максимум интенсивности излучения смещается в сторону электромагнитных колебаний с более короткой длиной волны. При температуре приблизительно 6500 К максимум интенсивности излучения приходится на длину волны 0,55 мкм, т. е. на ту длину волны, которой соответствует максимальная чувствительность человеческого глаза. Однако для нужд освещения никакое твердое тело до такой температуры нагрето, разумеется, быть не может.

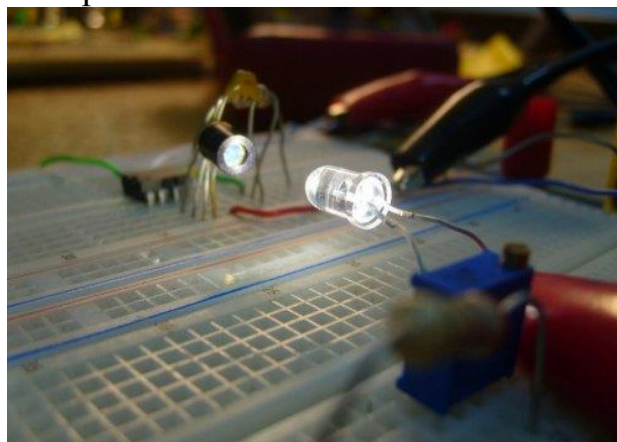
Самую большую температуру разогрева выдерживает вольфрам. В вакуумных стеклянных баллонах его можно разогревать до температуры 2100 °С, а при более высоких температурах начинается его испарение. Процесс испарения может быть замедлен путем добавления некоторых газов (азота, криптона), благодаря чему представляется возможным поднять температуру накала до 3000 °С.

Для снижения потерь в лампах накаливания в результате возникающей конвекции нить накаливания выполняется в виде одинарной или двойной спирали. Однако несмотря на эти меры, показатель светоотдачи для ламп накаливания составляет 20 лм/Вт, что еще весьма туго далеко от теоретически достижимого оптимума. Источники теплового излучения имеют весьма малый КПД, так как в них большая часть электрической энергии переходит в энергию тепловую, а не в световую.

В газоразрядных источниках света электроны сталкиваются с атомами или молекулами газа и тем самым побуждают их к излучению электромагнитных колебаний с определенной длиной волны. В процессе излучения электромагнитных волн принимает участие весь объем газа, причем, вообще говоря, линии спектра такого излучения не всегда лежат в диапазоне видимого света. В настоящее время в освещении наибольшее распространение находят светодиодные источники света.

***Переход световой энергии в электрическую***

Световая энергия может переходить в электрическую, причем этот переход возможен двумя различными с физической точки зрения путями. Такое преобразование энергии может быть результатом фотоэлектрического эффекта (фотоэффекта). Для реализации фотоэффекта применяются фототранзисторы, фотодиоды и фоторезисторы.



На границе раздела между некоторыми полупроводниками (германием, кремнием и др.) и металлами образуется граничная зона, в которой атомы обоих контактирующих материалов обмениваются электронами. При падении света на граничную зону электрическое равновесие в ней нарушается, в результате чего возникает ЭДС, под действием которой во внешней замкнутой цепи возникает электрический ток. ЭДС и, следовательно, значение тока зависят от падающего светового потока и длины волны излучения.

В качестве фоторезисторов используются некоторые полупроводниковые материалы. В результате воздействия света на фоторезистор в нем увеличивается число свободных носителей электрических зарядов, что вызывает изменение его электрического сопротивления. Если включить фоторезистор в электрическую цепь, то ток в этой цепи будет зависеть от энергий света, падающего на фоторезистор.

### ***Химическая и электрическая энергия***

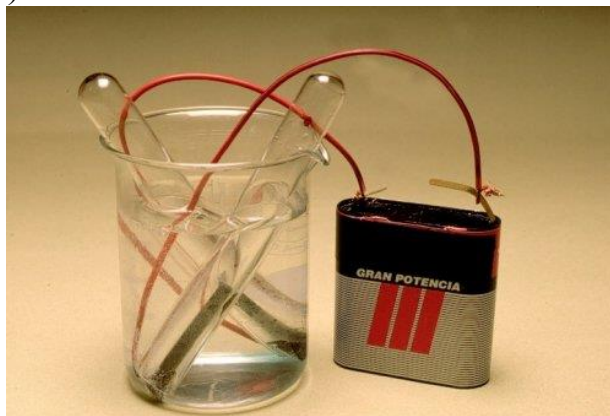
Водные растворы кислот, оснований и солей (электролиты) проводят в той или иной степени электрический ток, что обусловлено явлением электрической диссоциации веществ. Некоторая часть молекул растворенного вещества (размер этой части определяет степень диссоциации) присутствует в растворе в виде ионов.

Если в растворе находятся два электрода, к которым приложена разность потенциалов, то ионы придут в движение, причем положительно заряженные ионы (катионы) будут двигаться по направлению к катоду, а отрицательно заряженные ионы (анионы) — к аноду.

Достигнув соответствующего электрода, ионы приобретают недостающие им электроны или же, наоборот, отдают лишние и в результате становятся электрически нейтральными. Масса материала, откладывающегося на электродах, прямо пропорциональна перенесенному заряду (закон Фарадея).

В граничной зоне между электродом и электролитом упругость растворения металлов и осмотическое давление противодействуют друг другу. (Осмотическое давление обуславливает осаждение ионов металлов из электролитов на

электродах. Этот химический процесс сам является причиной возникновения разницы потенциалов).



### ***Переход электрической энергии в химическую энергию***

Для того чтобы в результате движения ионов добиться осаждения вещества на электродах, необходимо затратить электрическую энергию. Этот процесс называется электролизом. Такой переход электрической энергии в химическую находит применение в электрометаллургии для получения металлов (меди, алюминия, цинка и др.) в химически чистом виде.

В гальваностегии активно окисляющиеся металлы покрываются пассивными металлами (золочение, хромирование, никелирование и т. д.). В гальванопластике изготавливают объемные отпечатки (клише) различных тел, причем если такое тело сделано из непроводящего материала, то оно перед изготовлением отпечатка должно быть покрыто проводящим электрический ток слоем.

### ***Переход химической энергии в электрическую***

Если опустить в электролит два электрода, изготовленных из различных металлов, то между ними возникнет разность потенциалов, обусловленная различием в упругости растворения этих металлов. Если между электродами вне электролита включить приемник электрической энергии, например, резистор, то в образовавшейся электрической цепи пойдет ток. Так устроены гальванические элементы (первичные элементы).

Первый медно-цинковый гальванический элемент был изобретен Вольта. В этих элементах происходит преобразование энергии химической в энергию электрическую. Работе гальванических элементов может мешать явление поляризации, возникающее в результате осаждения вещества на электродах.



Все гальванические элементы имеют тот недостаток, что в них химическая энергия преобразуется в электрическую необратимо, т. е. гальванические элементы нельзя заряжать вновь. Этому недостатка лишены аккумуляторы.

### *Электрические машины*

Электромеханические агрегаты, которые преобразовывают энергию, используются в самых различных сферах деятельности человека. Уникальность их действия заключается в том, что они могут выполнять как функции двигателей, трансформируя электрическую энергию в механическую, так и функции генераторов, преобразовывая механическую энергию в электрическую.

Принцип обратимости сделал электрические машины очень популярными, их используют для работы простых и сложных механизмов, выработки энергии разного типа.

В быту и промышленности агрегаты являются просто незаменимыми, они постоянно модернизируются и совершенствуются, с изобретением инноваций снижается их себестоимость, и повышаются качественные показатели, поэтому такие машины становятся все более доступными для потребителей.

## Принцип работы электрических машин

Электромагнитное взаимодействие дает возможность преобразовывать один вид энергии в другой. Электрические машины бывают индуктивными, когда в преобразовании задействовано магнитное поле, и емкостными, когда задействовано электрическое поле. Последний вид агрегатов используется крайне редко, поскольку имеет очень большие потери.

В последнее время появились разработки индуктивно-емкостных машин, они совмещают в себе принципы работы обоих механизмов, но еще не поступали в серийное производство и не используются как промышленные преобразователи. Исходя из этих фактов, чаще всего можно встретить индуктивные машины.

Для работы этих устройств необходимо создать магнитное поле, оно образуется в гладкой воздушной прослойке, которая существует между статором, частью конструкции, которая не двигается, и ротором, подвижной частью машины. Преобразовывая энергию, агрегаты способны запускать в действие самые различные механизмы.

## Различие электромашин по принципу действия

- Асинхронные – с отличающимися друг от друга частотами вращения магнитного и ротора поля, которое образуется в воздушной прослойке. Разница между данными значениями называется частотой скольжения;
- Синхронные – в них частота вращения магнитного поля и ротора абсолютно одинакова;
- Двойного питания – агрегаты, в которых частоты питания, подающиеся на ротор и статор, являются разными. Расчет частоты вращения ротора производится путем сложения показателей частот питания;

- Постоянного тока – агрегат, который получает питание от постоянного тока, он оснащен коллектором;
- Трансформатор – преобразователь, который используется для трансформации номинала тока;
- Инвертор – преобразовывает частоты тока, напряжение, фазы и род (переменный преобразовывается в постоянный, и наоборот);
- Сельсин – передает информацию об угле поворота дистанционно.

Исходя из того, что все электрические машины выполняют свои четко отведенные функции, их применение целесообразно для получения качественной энергии различного рода.

Сложные электронные системы, которые используются для управления агрегатами, синхронизируются с электромеханическими преобразователями, создавая единую техническую систему. Такой способ управления способствует расширению функциональных возможностей машин и внедрению их в самые различные сферы деятельности человека.

### Электрические машины постоянного тока

*Электрические машины постоянного тока (МПТ)* имеют широкий спектр применения, поскольку особенности конструкции позволяют использовать их как в качестве эффективного генератора, так и в роли двигателя.

Наиболее часто такие устройства применяются для приводов:

- подъемников;
- устройств автоматики;
- прокатных станков.

Подобные электродвигатели характеризуются хорошими регулировочными свойствами, а также показателями перегрузочной способности.

### Конструкция машин постоянного тока

Электрические машины постоянного тока – аппараты, которые преобразовывают механическую энергию в электрическую, а также осуществляют обратные преобразования.

Говоря в общем, данное оборудование состоит из следующих частей: статической (индуктор) и подвижной (якорь).

Выделяют следующие элементы электрической машины:

1. **Станина.** Имеет форму цилиндра. При этом сам цилиндр изготовлен из специального материала (ферромагнитного).
2. **Полюса.** Имеют обмотку, которая и обеспечивает наличие основного магнитного потока.
3. **Сердечник.** Является основой якоря.
4. **Обмотка.** Располагается в пазах сердечника.
5. **Коллектор.** Выполняет функции выпрямителя или преобразователя частоты в зависимости от режима ЭМ.



Пункты 1-2 относятся к индукторам, остальные – к якорю. Важно отметить и тот факт, что среди полюсов проведена геометрическая нейтраль. Она нужна для размещения контактных щеток и для обеспечения наличия нулевой ЭДС.

## Как работает электрическая машина постоянного тока

Как было отмечено ранее, поддерживается два основных рабочих режима, в которых МПТ может функционировать: двигательный и генераторный.

Каждый из них имеет свои особенности функционирования:

1. **Электродвигатель.** Обмотка ротора – проводники, запитанные от коллектора. За счет этого воздействуют физические силы, вызывающие вращающий момент. Необходимо использование щеточно-коллекторного узла, так как силы момента хватает на поворот только на 180 градусов.
2. **Генератор.** Вращение ротора наводит ЭДС. Данная переменная выпрямляется за счет коллектора.

Некоторые виды МПТ могут выполнять функции трансформаторов, преобразователей напряжения.

Электрические машины постоянного тока характерны тем, что их конструкция включает в себя коллектор и скользящий контакт.

## Электрические машины переменного тока

В современном мире электричество играет ключевую роль, и поэтому *электрические машины переменного тока* очень популярны среди предпринимателей. Чаще всего об разновидностях и характеристиках электрических машин узнают из докладов на выставках, проходящих в ЦВК «Экспоцентр», или от представителей компании — мы же предлагаем вам не ждать удобного случая и просто прочитать обзорную статью.

### **Классификация электрических машин переменного тока**

***Современная классификация выделяет три основных вида электрических машин:***

1. Синхронные,
2. Асинхронные,
3. Коллекторные.

Наибольшее признание и, как следствие, распространение получили первые два типа двигателей — именно они, благодаря правильному балансу характеристик, широко используются на различного рода производствах и предприятиях.

Коллекторные электрические машины не так распространены, но и у них есть свое преимущество — с их помощью гораздо удобнее регулировать скорость, в то время как асинхронные электрические машины переменного тока таким свойством похвастаться не могут.

Впрочем, коллекторные электрические машины сами по себе являются довольно сложным оборудованием (а это приводит к дополнительным затратам на их производство, из-за чего цена значительно отличается от цены на первые два вида электрических машин), поэтому широкого распространения они пока не получили.

*Электродвигатель – устройство для преобразования электроэнергии во вращательное движение вращающейся части электрической машины. Преобразование энергии в двигателях происходит за счет взаимодействия магнитных полей обмоток статора и ротора. Эти электрические машины широко используются во всех отраслях промышленности, в качестве привода электротранспорта и инструментов, в системах автоматизации, бытовой техники и так далее.*

Существует множество видов электродвигателей, различающихся по принципу действия, конструкции, исполнению и другим признакам. Рассмотрим основные типы этих электрических машин.

По принципу действия различают магнитоэлектрические и гистерезисные электрические машины. Несмотря на простоту конструкции, высокий пусковой момент, последние не получили широкого распространения. Эти электродвигатели имеют высокую цену, низкий коэффициент мощности, ограничивающие их применение. Подавляющее большинство выпускаемых электродвигателей – магнитоэлектрические.

По типу напряжения питания различают:

- Электродвигатели постоянного тока.
- Двигатели переменного тока.
- Универсальные электрические машины.

По конструкции различают электродвигатели с горизонтально и вертикально расположенным валом. Кроме того, электрические машины классифицируют по назначению, климатическому исполнению, степени защиты от попадания влаги и посторонних предметов, мощности и другим параметрам.

## **Классы электродвигателей:**

- Постоянного тока
  - Бесщеточные ЕС (электронно-коммутируемые)
  - Со щетками
    - С последовательным возбуждением
    - С параллельным возбуждением
    - Со смешанным возбуждением
    - С постоянными магнитами
- Переменного тока
  - Универсальные
  - Синхронные
  - Индукционные
    - Однофазные
    - Трехфазные

## **Таблица классификации электронных двигателей:**



### *Электродвигатели постоянного тока*

Двигатели постоянного тока широко применяются в качестве привода электротранспорта, промышленного оборудования, а также микропривода исполнительных механизмов. Такие электрические машины обладают следующими преимуществами:

- Возможность регулировки частоты вращения путем изменения напряжения в обмотке возбуждения. При этом крутящий момент на валу ДПТ (двигатели постоянного тока) остается неизменным.
- Высокий к.п.д. (коэффициент полезного действия) у машин постоянного тока несколько выше, чем у самых распространенных асинхронных двигателей переменного тока. При неполной нагрузке на валу к.п.д. ДПТ выше на 10-15%.
- Возможность изготовления ДПТ небольших габаритов. Практически все используемые микроприводы рассчитаны на постоянный ток.
- Простота схем управления. Для пуска, реверса и регулирования скорости и момента не требуется сложного электронного оборудования и большого количества аппаратов для коммутации.
- Возможность работы в режиме генератора. Электродвигатели такого типа можно использовать в качестве источников постоянного тока.
- Высокий пусковой момент. ДПТ используют в составе электроприводов кранов, тяговых и грузоподъемных механизмов, где требуется запуск под значительной нагрузкой.

ДПТ различают по способу возбуждения, они бывают:

- С постоянными магнитами. Такие двигатели отличаются малыми габаритами. Основная область их применения – микроприводы.
- С электромагнитным возбуждением.

Электрические машины с электромагнитами такого типа получили самое широкое распространение. Их классифицируют по способу подключения обмотки статора:

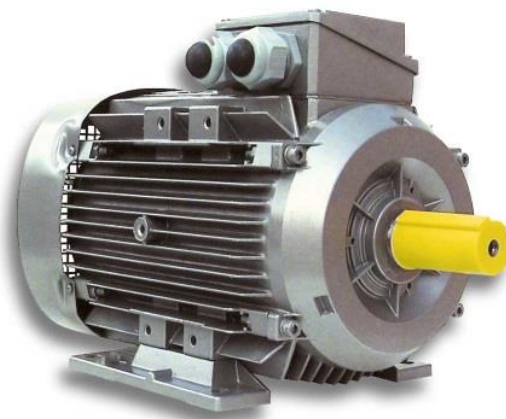
- Двигатели с параллельным возбуждением. Обмотки якоря и статора в электрической машине такого типа соединены параллельно. Такие электрические машины не требуют дополнительного источника питания для обмотки возбуждения, скорость вращения ротора практически не зависит от нагрузки. Их используют для привода металлорежущих станков и другого оборудования.
- Электродвигатели с последовательно включенной обмоткой статора. ДПТ этого типа имеют значительный пусковой момент. Их применяют в качестве

привода электротранспорта и промышленных установок с необходимостью пуска под нагрузкой.

- Двигатели с независимым возбуждением. Для питания обмотки статора таких электромашин используется независимый источник постоянного тока. ДПТ такого типа отличаются широким диапазоном регулирования скоростей.
- Электрические машины со смешанным возбуждением. Электромагнит возбуждения в таких двигателях поделен на 2 части. Одна из них включена параллельно, вторая последовательно обмотке якоря. Электрические машины такого типа используются в механизмах и оборудовании, где необходим высокий пусковой момент, а также переменная и постоянная скорость при переменном моменте.

### *Электродвигатели переменного тока*

Электрические машины такого типа широко используют для приводов всех типов технологического оборудования, электроинструментов, автоматических регуляторов. По наличию разности между скоростью вращения магнитного поля статора и частотой вращения ротора различают синхронные и асинхронные двигатели.



## **Асинхронные электродвигатели**

Благодаря дешевизне и простоте конструкции электрические машины такого типа получили самое широкое распространение. Их принципиальное отличие – наличие так называемого скольжения. Это разность между частотой вращения магнитного поля неподвижной части электрической машины и скоростью вращения ротора. Напряжение на вращающейся части индуцируется за счет переменного магнитного поля обмоток статора двигателя. Вращение вызывает взаимодействие поля электромагнитов неподвижной части и магнитного поля ротора, возникающего под влиянием наведенных в нем вихревых токов. По особенностям обмоток статора выделяют:

- Однофазные двигатели переменного тока. Двигатели такого типа требуют для пуска наличия внешнего фазосдвигающего элемента. Это может быть пусковой конденсатор или индуктивное устройство. Область применения однофазных двигателей – маломощные приводы.

- Двухфазные электрические машины. Такие двигатели имеют 2 обмотки со смещенными относительно друг друга фазами. Их также используют для бытовых устройств и оборудования, имеющего небольшую мощность.
- Трех- и многофазные электродвигатели. Наиболее распространенный тип асинхронных машин. Электрические двигатели такого типа имеют от 3-х и более обмоток статора, сдвинутых по фазе на определенный угол.

По конструкции ротора асинхронные электрические машины делят на двигатели с короткозамкнутым и фазным ротором.

Обмотка ротора электрических машин первого типа представляет собой несколько неизолированных стержней, выполненных из сплавов меди или алюминия, замкнутых с двух сторон кольцами (конструкция “беличья клетка”).

Асинхронные двигатели такого типа обладают следующими преимуществами:

- Достаточно простая схема пуска. Такие электрические машины можно подключать непосредственно к электрической сети через аппараты коммутации.
- Допустимость кратковременных перегрузок.
- Возможность изготавливать электрические машины высокой мощности. Двигатель такого типа не содержит скользящих контактов, препятствующих наращиванию мощности.
- Относительно простое ТО и ремонт. Асинхронные электромашины имеют несложную конструкцию.
- Невысокая цена. Двигатели асинхронного типа стоят дешевле синхронных машин и ДПТ.



Электрические машины с короткозамкнутым ротором имеют свои недостатки:

- Предельная скорость вращения составляет не более 3000 об/мин при входе в синхронный режим.
- Технически сложная реализация регулирования частоты вращения.
- Высокие пусковые токи при прямом запуске.

Электродвигатели с фазным ротором частично лишены недостатков, присущих машинам с ротором конструкции “беличья клетка”. Вращающаяся часть электрической машины такого типа имеет обмотки, соединенные в схему “звезда”. Напряжение подводится к обмотке через 3 контактных кольца, закрепленных на роторе и изолированных от него.

Такие электродвигатели обладают следующими достоинствами:

- Возможность ограничивать пусковые токи при помощи резистора, включенного в цепь электромагнитов ротора.
- Большой, чем у электромашин с короткозамкнутым ротором, пусковой момент.
- Возможность регулировки скорости.



Недостатками таких двигателей являются относительно большие габариты и масса, высокая цена, более сложный ремонт и сервисное обслуживание.

### ***Синхронные двигатели переменного тока***

Как и в асинхронных электродвигателях, вращение ротора в синхронных машинах достигается взаимодействием полей ротора и статора. Скорость вращения ротора таких электрических машин равна частоте магнитного поля, создаваемого обмотками статора.

Обмотка неподвижной части двигателя рассчитана на питание от трехфазного напряжения. К электромагнитам ротора подключается постоянное напряжение. Различают явнополюсные и неявнополюсные обмотки. В синхронных двигателях малой мощности используют постоянные магниты.

Запуск и разгон синхронной машины осуществляется в асинхронном режиме. Для этого на роторе двигателя имеется обмотка конструкции “беличья клетка”. Постоянное напряжение подается на электромагниты только после разгона до номинальной частоты асинхронного режима. Синхронные двигатели имеют следующие особенности:

- Постоянная скорость вращения при переменной нагрузке.
- Высокий к.п.д. и коэффициент мощности.
- Небольшая реактивная составляющая.
- Допустимость перегрузки.

К недостаткам синхронных электродвигателей относятся:

- Высокая цена, относительно сложная конструкция.
- Сложный пуск.
- Необходимость в источнике постоянного напряжения.
- Сложность регулировки скорости вращения и момента на валу.

Все недостатки электрических машин переменного тока можно исправить установкой устройства плавного пуска или частотного преобразователя.

Обоснование выбора того или иного устройства обусловлено экономической целесообразностью и требуемыми характеристиками электропривода.

### **Универсальные двигатели**

В отдельную группу выделяют универсальные электродвигатели, которые могут работать от сети переменного тока и от источников постоянного напряжения. Они используются в электроинструментах, бытовой технике, а также других маломощных устройствах. Конструкция такой электрической машины принципиально не отличается от двигателя постоянного тока. Главное отличие – конструкция магнитной системы и обмоток ротора. Магнитная система состоит из изолированных друг от друга секций для снижения магнитных потерь. Обмотка ротора такой машины поделена на 2 части. При питании от переменного тока напряжение подается только на ее половину. Это делается в целях снижения радиопомех, улучшения условий коммутации.

К преимуществам таких машин относятся:

- Высокая скорость вращения. Универсальные электродвигатели развивают скорость до 10 000 об/мин и более.
- Питание от переменного и постоянного напряжения. Двигатели такого типа широко применяют для электроинструментов, имеющих дополнительные аккумуляторные батареи.
- Возможность регулирования скорости без использования дополнительных устройств.

Однако, такие электромашины имеют свои недостатки:

- Ограниченная мощность.
- Необходимость обслуживания коллекторного узла.
- Тяжелые условия коммутации при питании от переменного напряжения из-за наличия трансформаторной связи между обмотками.
- Электромагнитные помехи при подключении к сети переменного тока.

Каждый тип двигателя имеет свои достоинства и недостатки. Выбор электрической машины для привода любого оборудования делается исходя из условий эксплуатации, требуемой частоты вращения, экономической целесообразности, типа нагрузки и других параметров.

## **Области применения электродвигателей**

Электродвигатели являются крупнейшими потребителями электроэнергии в мире, на них приходится около 45% от всей потребляемой электроэнергии.

Электродвигатели используются повсеместно, основные области применения:

- промышленность: насосы, вентиляторы, компрессоры, конвейеры, движущая сила для других машин и др.
- строительство: насосы, вентиляторы, конвейеры, лифты, системы отопления, вентиляции и кондиционирование воздуха и др.
- потребительские устройства: холодильники, кондиционеры, персональные компьютеры и ноутбуки (жесткие диски, вентиляторы), пылесосы, стиральные машинки, миксеры и др.

## Пускорегулирующая аппаратура. Виды и устройство. Работа

Аппараты для регулировки пуска начали появляться давно. За последнее время пускорегулирующая аппаратура была сильно изменена и усовершенствована. Не все понимают, насколько выгодна установка таких аппаратов.

Пускорегулирующая аппаратура на основе электронных элементов (ЭПРА) монтируется в приборы освещения. Светильники с таким аппаратом значительно экономят электричество, а также нет необходимости приобретать новые лампы, так как срок службы ламп значительно повышается.

Лампы с ЭПРА светят приятным качественным светом, который благотворно влияет на человека, по крайней мере, не вредит ему. Частота мерцания света таких ламп составляет около 400 Гц. При этом глаза человека меньше устают, нет головной боли.

### Свойства и виды

Чаще всего, пускорегулирующая аппаратура делится на два вида:

1. Единый блок аппаратуры.
2. Отдельные части аппаратуры.

ЭПРА также можно разделить по видам, учитывая тип лампы:

- Газоразрядные.
- Галогенные.
- Светодиодные.

При рассмотрении свойств функционирования таких аппаратов, их можно разделить на:

- Электронные.
- Электромагнитные.

Пускорегулирующая аппаратура по соответствию классов, то ЭПРА делятся на классы:

- Регулируемые — А 1.
- Нерегулируемые — А 2.
- С большими потерями (нерегулируемые) — А 3.

При приобретении светильника с регулирующим пусковым аппаратом необходимо следовать новейшим разработкам и рекомендациям специалистов, так как устройства постоянно обновляются, в них внедряются последние современные новшества, о которых вы можете не знать.

### Достоинства

Инновационные модели таких аппаратов дают возможность включиться лампе сразу после разогревания ее электродов. Также, при работе лампы пускорегулирующий аппарат поддерживает оптимальное значение напряжения. Следовательно, расход электроэнергии меньше при применении такого устройства.

Электронные аппараты пуска и регулировки вполне заменяют подобными аналогами. Однако, это тяжелые и шумные дроссели. Они уже практически не используются в таких устройствах. О них будет рассказано ниже.

Пускорегулирующая аппаратура имеет свои *особенности и преимущества*:

- Снижение мерцания лампы.
- Нет сильной вспышки лампы по время неисправности стартера, поэтому срок службы лампы повышается.



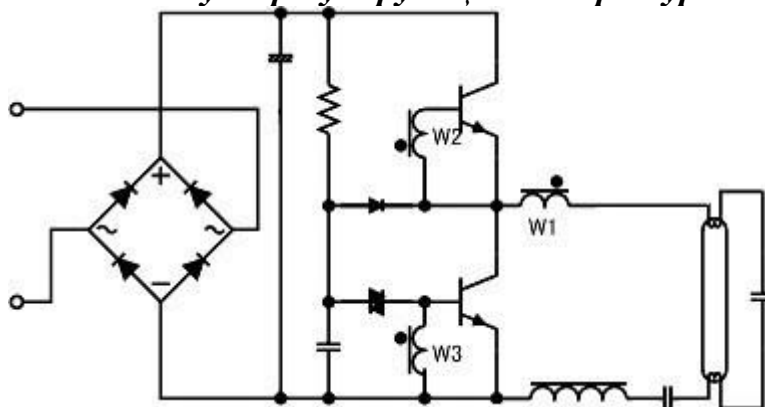
- Обеспечивается освещение со стабильным потоком света.
- Пусковые электронные аппараты оснащаются регулировкой по мощности, помогающие настроить яркость света в различных помещениях.
- Экономия энергии в сравнении с обычными источниками света.
- Безопасность с экологической точки зрения, нет необходимости в специальной особой утилизации, так как не имеют в составе ртути, других вредных и ядовитых веществ.
- Повышенная надежность, устойчивость к вибрации, прочность из-за того, что конструкция не имеет горелки, нити накала, стеклянной колбы.
- Не реагирует на скачки напряжения.
- Во момент запуска не создает перегрузку электрической сети.
- Сниженный ток потребления, для обычных наружных светильников ток составляет 0,5 ампера, в сравнении с источником света на газоразрядной лампе – 2,2 ампера, а ток запуска – 4,5 ампера.
- Экономия денежных ресурсов.
- Возможность функционирования светильников при низких температурах.

### **Принцип действия.**

**Работу можно разделить на следующие этапы:**

- Разогрев электродов. Они запускаются очень быстро, в течение нескольких долей секунды, создается плавная подача освещения. Этот фактор дает возможность увеличить срок работы лампы до замены. Также, светильники, оснащенные такой аппаратурой, можно включать при пониженных температурах. Это не снижает их срок службы.
- Вторым этапом является розжиг. При этом создается импульс высокой разности потенциалов. Это дает возможность наполнения колбы газом.
- Горение – это заключительный этап, поддерживающий постоянное повышенное напряжение, которое нужно для функционирования лампы.

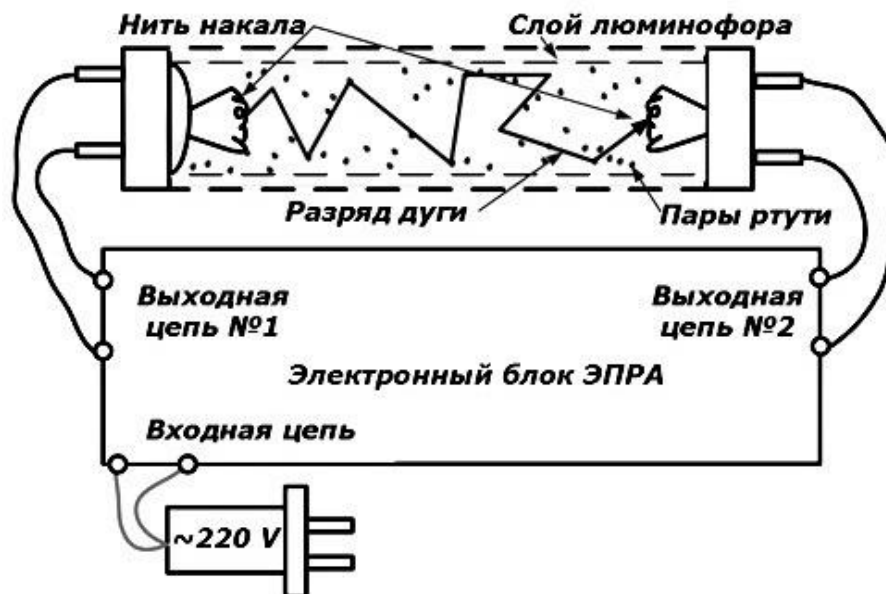
### **Схема пускорегулирующей аппаратуры**



Чаще всего схема состоит из 2-тактного преобразователя напряжения. Конструкция бывает мостовой и полумостовой. Мостовые варианты очень редко применяются.

Сначала диодный мост выпрямляет напряжение, далее оно сглаживается емкостью до постоянного напряжения. Полумостовой инвертор делает напряжение высокочастотным. В схеме применяется трансформатор с сердечником в виде тора с тремя катушками. Основная обмотка подает изменяющееся напряжение резонанса на лампу. Остальные работают в качестве

дополнительных обмоток, которые в противофазе открывают ключи на транзисторах.



В результате, перед запуском лампы, наибольший ток разогревает обе нити лампы, а напряжение на емкости включает лампу. Она светит и не изменяет частоту с самого начала. Время запуска лампы составляет не более одной секунды.

#### *ЭПРА со светодиодами*

Многие приборы освещения применяются с пускорегулятором. Рассмотрим, какие достоинства применения ЭПРА в модулях светодиодов.

Основным положительным моментом здесь является тот факт, что осуществляется защита устройства от сильных перепадов напряжения и электромагнитных помех. Другими словами, пускорегулирующая аппаратура защищает светодиодный модуль от капризов поведения питающей сети.

Кроме этого, происходит экономия расхода энергии в пределах 30%, поэтому это играет большую роль в применении ЭПРА. Электричество экономится за счет того, что теперь не нужно часто менять стартеры, которые очень часто выходят из строя, в отличие от ПРА.

#### *Производители*

Пускорегулирующая аппаратура выбирается большинством потребителей. Наиболее популярными изготовителями приборов освещения с ЭПРА стали следующие фирмы:

- Helvar – начало выпуска изделий в 1921 г. С самого начала фирма показала себя наиболее надежной в выпуске радиотехники, наладила выпуск пускорегулирующих устройств, выпуск продолжается до настоящего времени. Страна фирмы изготовителя – Финляндия.
- Tridonic – является одной из лидирующих фирм в производстве аппаратуры для освещения. Фирма в конце 70-х годов начала производство своей продукции, которая до сих пор прославляет качество австрийских товаров.
- Osram – гигантская фирма в сфере выпуска приборов освещения и комплектующих элементов к ним.

Эти именитые производители выпускают недешевую продукцию, но это оправдывается качеством. Хотя, подобные товары других фирм можно приобрести намного дешевле.

### Порядок выбора

Перед покупкой пускорегулятора нужно сначала правильно выбрать производителя. Наиболее популярными являются сегодня фирмы, которые мы рассмотрели выше. Но, выбрав устройство одной из этих фирм, нет гарантии того, что выбранный аппарат не станет причиной неисправности вашего источника света, так как кроме изготовителя, нужно обращать внимание и на другие моменты.

**Особое внимание необходимо обращать на такие параметры и свойства:**

- Тип применяемых ламп.
- Мощность ламп.
- Условия окружающей среды (указаны в инструкции к устройству).

### Электромагнитная пускорегулирующая аппаратура

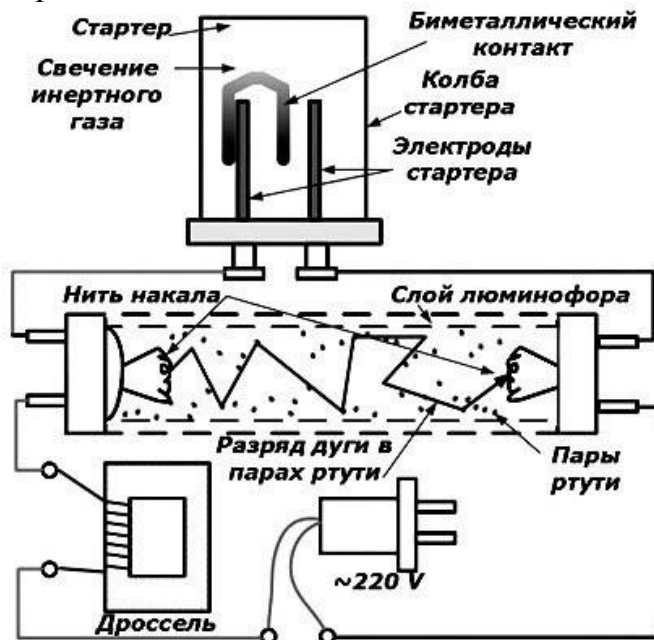
Простые электромагнитные пускорегуляторы (ЭМПРА) включают в себя обычное индуктивное сопротивление, состоящее из металлического сердечника, на который намотан медный провод. Применение такого вида сопротивления обуславливает к значительной потере мощности и выделению теплоты. Мощность функционирующей с пускорегулятором лампы на 26 ватт для сети обходится в 32 ватта. Это значит, что потери мощности равны 6 ваттам, это 23%.

**Есть несколько методов применения:**

- Со стартером.
- Без стартера.
- С ограничением температуры

### Принцип действия ЭМПРА

Схема электромагнитного пускорегулирующего аппарата со стартером считается наиболее дешевой и простой.



При включении питания напряжение по обмотке дросселя и нити накала идет к электродам стартера. Он выполнен в виде небольшой лампы с газовым разрядом. Напряжение образует тлеющий разряд, инертный газ начинает светиться и нагревать его среду. Биметаллический датчик включает контакты и в цепи образуется замкнутый контур, с помощью которого нагревается нить

люминесцентной лампы. Создается термоэлектронная эмиссия. Вместе с этим нагреваются пары ртути, расположенные в колбе.

Напряжение на электродах стартера и разряд уменьшаются, температура понижается. Биметаллическая пластина размыкает цепь между электродами и ток прекращается. В дросселе образуется ЭДС самоиндукции, создающая кратковременный разряд между нитями накала.

Величина разряда может достигать нескольких тысяч вольт, которые пробивают инертный газ с парами ртути, возникает дуга, которая и является источником света.

Стартер в дальнейшей работе не принимает участие. После запуска светильника ток нуждается в ограничении, иначе перегорят элементы схемы. Эту задачу выполняет дроссель, индуктивное сопротивление которого ограничивает увеличение тока, не дает лампе выйти из строя.

#### **Достоинства использования ЭМПРА с источником света:**

- Равномерный и быстрый запуск.
- Нет мерцания.
- Повышение срока работы лампы.
- Повышенный КПД.
- Улучшенная защита от удара током.
- Коэффициент мощности составляет выше 0,9.
- Главное достоинство – низкая цена.

#### **Недостатки ЭМПРА:**

- Большие габариты и масса.
- Значительные потери мощности, особенно для люминесцентных ламп.
- Частота потока света составляет 100 герц, это влияет через подсознание на человека. Импульсы света образуют эффект стробоскопа, когда детали и предметы, движущиеся с частотой, совпадающей с пульсацией света, представляются для человека неподвижными. Это может негативно отразиться на повышении травматизма на производстве.
- Свет не управляется, это создает ограничение в комфортных условиях.
- Дроссели издадут гул, неприятный для человека звук.

Чтобы устранить эти недостатки, для люминесцентных ламп самым действенным способом оказалось подключение ламп к току высокой частоты. Для создания такого подключения последовательно с лампой включают балласт в виде электронного устройства, которое переделывает напряжение одной частоты в другую, и обеспечивает запуск ламп. Эти устройства называются электронная пускорегулирующая аппаратура (ЭПРА).