|  |
| --- |
| ***Задание отправить не позднее 23 апреля.*****Занятие № 27 Принцип действия и устройство однофазного трансформатора.** **Задание: Изучить теоретический материал и составить план – конспект.** **Ответить на вопросы:**1. Какое электрическое устройство называют трансформатором?2. Какая обмотка трансформатора является первичной и какая вторичной?3. Дайте определение коэффициента трансформации. Какой трансформатор называется повышающим и какой понижающим?4. Приведите примеры использования электромагнитной индукции в современной технике.5. Как производится запись и воспроизведение информации с помощью магнитной ленты? |

|  |  |
| --- | --- |
|   | **Работа однофазного трансформатора вхолостую****Трансформаторами** в электротехнике называют такие электротехнические устройства, в которых электрическая энергия переменного тока от одной неподвижной катушки из проводника передается другой неподвижной же катушке из проводника, не связанной с первой электрически.Звеном, передающим энергию от одной катушки другой, является магнитный поток, сцепляющийся с обеими катушками и непрерывно меняющийся по величине и по направлению.Принцип действия и устройство однофазного трансформатораРис. 1.На рис. 1а изображен простейший трансформатор, состоящий из двух катушек / и //, расположенных коаксиально одна над другой. К катушке / подводится [переменный ток](http://electricalschool.info/main/osnovy/424-chto-takoe-peremennyjj-tok-i-chem-on.html) от генератора переменного тока Г. Эта катушка называется первичной катушкой или первичной обмоткой. С катушкою //, называемой вторичной катушкой или вторичной обмоткой, соединяется цепь приемниками электрической энергии. Принцип действия и устройство однофазного трансформатора**Принцип действия трансформатора**Действие трансформатора заключается в следующем. При прохождении тока в первичной катушке / ею создается [магнитное поле](http://electricalschool.info/main/osnovy/398-pro-magnitnoe-pole-solenoidy-i.html), силовые линии которого пронизывают не только создавшую их катушку, но частично и вторичную катушку //. Примерная картина распределения силовых линий, создаваемых первичною катушкою, изображена на рис. 1б.Как видно из рисунка, все силовые линии замыкаются вокруг проводников катушки /, но часть их на рис. 1б силовые линии 1, 2, 3, 4 замыкаются также вокруг проводников катушки //. Таким образом катушка // является магнитно связанной с катушкою / при посредстве магнитных силовых линий.Степень магнитной связи катушек / и //, при коаксиальном расположении их, зависит от расстояния между ними: чем дальше катушки друг от друга, тем меньше магнитная связь между ними, ибо тем меньше силовых линий катушки / сцепляется с катушкою //.Так как через катушку / проходит, как мы предполагаем, [однофазный переменный ток](http://electricalschool.info/spravochnik/electroteh/1342-odnofaznyjj-peremennyjj-tok.html), т. е. ток, меняющийся во времени по какому-то закону, например по закону синуса, то и магнитное поле, им создаваемое, также будет меняться во времени по тому же закону.Например, когда ток в катушке / проходит через наибольшее значение, то и магнитный поток, им создаваемый, также проходит через наибольшее значение; когда ток в катушке / проходит через нуль, меняя свое направление, то и магнитный поток проходит через нуль, также меняя свое направление.В результате изменения тока в катушке / обе катушки / и // пронизываются магнитным потоком, непрерывно меняющим свою величину и свое направление. Согласно основному закону электромагнитной индукции при всяком изменении пронизывающего катушку магнитного потока в катушке индуктируется переменная [электродвижущая сила](http://electricalschool.info/main/osnovy/390-pro-raznost-potencialov.html). В нашем случае в катушке / индуктируется электродвижущая сила самоиндукции, а в катушке // индуктируется электродвижущая сила взаимоиндукции.Если концы катушки // соединить с цепью приемников электрической энергии (см. рис. 1а), то в этой цепи появится ток; следовательно приемники получат электрическую энергию. В то же время к катушке / от генератора направится энергия, почти равная энергии, отдаваемой в цепь катушкой //. Таким образом электрическая энергия от одной катушки будет передаваться в цепь второй катушки, совершенно не связанной с первой катушкой гальванически (металлически). Средством передачи энергии в этом случае является только переменный магнитный поток.Изображенный на рис. 1а трансформатор весьма несовершенен, ибо между первичной катушкой / и вторичной катушкой // магнитная связь невелика.Магнитная связь двух обмоток, вообще говоря, оценивается отношением магнитного потока, сцепляющегося с обеими обмотками, к потоку, создаваемому одной катушкой.Из рис. 1б видно, что только часть силовых линий катушки / замыкается вокруг катушки //. Другая часть силовых линий (на рис. 1б — линии 6, 7, 8) замыкается только вокруг катушки /. Эти силовые линии в передаче электрической энергии от первой катушки ко второй совершенно не участвуют, они образуют так называемое поле рассеяния.**Для того чтобы увеличить магнитную связь между первичной и вторичной обмотками и одновременно уменьшить магнитное сопротивление для прохождения магнитного потока, обмотки технических трансформаторов располагают на совершенно замкнутых железных сердечниках.**Первым примером выполнения трансформаторов может служить схематически изображенный на рис. 2**однофазный трансформатор так называемого стержневого типа.** У него первичные и вторичные катушки c1 и с2 расположены на железных стержнях а — а, соединенных с торцов железными же накладками b — b, называемыми ярмами. Таким образом два стержня а, а и два ярма b, b образуют замкнутое железное кольцо, в котором и проходит магнитный поток, сцепляющийся с первичной и вторичной обмотками. Это железное кольцо называется сердечником трансформатора.однофазный трансформатор стержневого типаРис. 2.Вторым примером выполнения трансформаторов может служить схематически изображенный на рис. 3**однофазный трансформатор так называемого броневого типа.**У этого трансформатора первичные и вторичные обмотки с, состоящие каждая из ряда плоских катушек, расположены на сердечнике образуемом двумя стержнями двух железных колец а и б. Кольца а и б, окружая обмотки, покрывают их почти целиком как бы бронею, поэтому описываемый трансформатор и называется броневым. Магнитный поток, проходящий внутри обмоток с, разбивается на две равные части, замыкающиеся каждое в своем железном кольце.однофазный трансформатор броневого типаРис. 3Применением железных замкнутых магнитных цепей у трансформаторов добиваются значительного снижения потока рассеяния. У таких трансформаторов потоки, сцепляющиеся с первичною и вторичною обмотками, почти равны друг другу. Предполагая, что первичная и вторичная обмотки пронизываются одним и тем же магнитным потоком, мы можем на основании общего закола индукции для мгновенных значений электродвижущих сил обмоток написать выражения:http://electricalschool.info/uploads/posts/2014-01/1388931808_1.pnghttp://electricalschool.info/uploads/posts/2014-01/1388931805_2.pngВ этих выражениях w1 и w2 — числа витков первичной и вторичной обмоток, a dФt — величина изменения пронизывающего катушки магнитного потока за элемент времени dt, следовательно, есть скорость изменения магнитного потока. Из последних выражений можно получить следующее отношение:http://electricalschool.info/uploads/posts/2014-01/1388931829_3.pngт. е. **индуктируемые в первичной, и вторичной катушках / и // мгновенные электродвижущие силы относятся друг к другу так же, как числа витков катушек.**Последнее заключение справедливо не только по отношению к мгновенным значениям электродвижущих сил, но и к их наибольшим и действующим значениям.**Электродвижущая сила, индуктируемая в первичной, катушке, будучи электродвижущей силой самоиндукции, почти целиком уравновешивает приложенное к той же катушке напряжение**. Если через E1 иU1 обозначить действующие значения электродвижущей силы первичной катушки и приложенного к ней напряжения, то можно написать:http://electricalschool.info/uploads/posts/2014-01/1388932138_15.png**Электродвижущая сила, индуктируемая во вторичной катушке, равна в рассматриваемом случае напряжению на концах этой катушки.**Если, аналогично предыдущему, через E2 и U2 обозначить действующие значения электродвижущей силы вторичной катушки и напряжения на ее концах, то можно написать:http://electricalschool.info/uploads/posts/2014-01/1388931768_5.pngСледовательно, **приложив к одной катушке трансформатора некоторое напряжение, можно на концах другой катушки получить любое напряжение, стоит только взять подходящее отношение между числами витков этих катушек.**В этом и заключается **основное свойство трансформатора.**Отношение числа витков первичной обмотки к числу витков вторичной обмотки называется [коэффициентом трансформации трансформатора](http://electricalschool.info/spravochnik/maschiny/1903-kak-rasschitat-kojefficient.html). Коэффициент трансформации мы будем обозначать kт.Следовательно, можно написать:http://electricalschool.info/uploads/posts/2014-01/1388931834_6.png**Трансформатор, у которого коэффициент трансформации меньше единицы, называется повышающим трансформатором**, ибо у него напряжение вторичной обмотки, или так называемое вторичное напряжение, больше напряжения первичной обмотки, или так называемого первичного напряжения. **Трансформатор, у которого коэффициент трансформации больше единицы, называется понижающим трансформатором**, ибо у него вторичное напряжение меньше первичного.Работа однофазного трансформатора под нагрузкою**Работа однофазного трансформатора под нагрузкою**При холостой работе трансформатора магнитный поток создается током первичной обмотки или, вернее, магнитодвижущей силой первичной обмотки. Так как магнитная цепь трансформатора выполняется из железа и потому имеет небольшое магнитное сопротивление, а число витков первичной обмотки берется обычно большим, то ток холостой работы трансформатора невелик, он составляет 5—10% нормального.Если замкнуть вторичную обмотку на какое-либо сопротивление, то с появлением тока во вторичной обмотке появится и магнитодвижущая сила этой обмотки.**Согласно закону Ленца магнитодвижущая сила вторичной обмотки действует против магнитодвижущей силы первичной обмотки**Казалось бы, что магнитный поток в этом случае должен уменьшаться, но если к первичной обмотке подведено постоянное по величине напряжение, то уменьшения магнитного потока почти не произойдет. В самом деле, электродвижущая сила, индуктируемая в первичной обмотке, при нагрузке трансформатора почти равна приложенному напряжению. Эта электродвижущая сила пропорциональна магнитному потоку. Следовательно, если первичное напряжение постоянно по величине, то и электродвижущая сила при нагрузке должна остаться почти той же, какой она была при холостой работе трансформатора. Это обстоятельство имеет следствием почти полное постоянство магнитного потока при любой нагрузке.Работа однофазного трансформатора под нагрузкоюИтак, **при постоянном по величине первичном напряжении магнитный поток трансформатора почти не меняется с изменением нагрузки и может быть принят равным магнитному потоку при холостой работе.**Магнитный поток трансформатора может сохранить свою величину при нагрузке лишь потому, что с появлением тока во вторичной обмотке увеличивается и ток в первичной обмотке и при том настолько, что разность магнитодвижущих сил или ампервитков первичной и вторичной обмоток остается почти равной магнитодвижущей силе или ампервиткам при холостой работе. Таким образом появление во вторичной обмотке размагничивающей магнитодвижущей силы или ампервитков сопровождается автоматическим увеличением магнитодвижущей силы первичной обмотки.Так как для создания магнитного потока трансформатора требуется, как было указано выше, небольшая магнитодвижущая сила, то можно сказать, что увеличение вторичной магнитодвижущей силы сопровождается почти таким же по величине увеличением первичной магнитодвижущей силы.Следовательно, можно написать:http://electricalschool.info/uploads/posts/2014-01/1388931790_7.pngИз этого равенства получается вторая основная характеристика трансформатора, а именно, отношение: http://electricalschool.info/uploads/posts/2014-01/1388931805_8.pngгде kт — коэффициент трансформации.Таким образом, **отношение токов первичной и вторичной обмоток трансформатора равно единице, деленной на его коэффициент трансформации.**Итак, [основные характеристики трансформатора](http://electricalschool.info/spravochnik/maschiny/1916-osnovnye-kharakteristiki-transformatora.html) заключаются в отношениях http://electricalschool.info/uploads/posts/2014-01/1388931774_9.pngи http://electricalschool.info/uploads/posts/2014-01/1388931775_10.pngЕсли перемножить левые части отношений между собой и правые части между собой, то получимhttp://electricalschool.info/uploads/posts/2014-01/1388931833_11.pngи http://electricalschool.info/uploads/posts/2014-01/1388931844_12.pngПоследнее равенство дает третью характеристику трансформатора, которую можно выразить словами так: **отдаваемая вторичной обмоткой трансформатора мощность в вольт-амперах, почти равна мощности, подводимой к первичной обмотке также в вольт-амперах.**Если пренебречь потерями энергии в меди обмоток и в железе сердечника трансформатора, то можно сказать, что вся мощность, подводимая к первичной обмотке трансформатора от источника энергии, передается вторичной обмотке его, причем передатчиком служит магнитный поток. |

**Занятие № 28 Электрические машины.**

***Задание: Написать план - конспект***

**Электрическая машина** — [электромеханический преобразователь](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C) физической [энергии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F)[[1]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0#cite_note-1), основанный на явлениях [электромагнитной индукции](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F) и [силы Ампера](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D0%B0_%D0%90%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0), действующей на проводник с током, движущийся в магнитном поле.



Общие положения

Возможность создания электрической машины как [электромеханического преобразователя](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C) базируется на [электромагнитном взаимодействии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B2%D0%B7%D0%B0%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D0%B5), которое осуществляется посредством [электрического](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5) тока и [магнитного поля](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5). Электрическая машина, в которой электромагнитное взаимодействие осуществляется при помощи магнитного поля называется *индуктивной*, а в которой при помощи электрического — *ёмкостной*. Ёмкостные машины практически не используются, так как при конечной проводимости воздушной среды (при наличии влаги) заряды будут исчезать из активной зоны электрической машины в землю.

Классификация

По направлению преобразования энергии электрические машины разделяют на:

* [**генераторы**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80), если основным является преобразование кинетической энергии в электрическую с побочным выделением тепла;
* [**двигатели**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C), если основным является преобразование электрической энергии в кинетическую с побочным выделением тепла;
* [**трансформаторы**](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) (а также [умформеры](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80-%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) и [фазорасщепители](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%89%D0%B5%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%22%20%5Co%20%22%D0%A4%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%89%D0%B5%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C)), если основным является преобразование электрической энергии с одними параметрами в электрическую с другими с побочным выделением тепла;
* электромеханические преобразователи энергии, если преобразование электрической энергии целенаправленно производится в тепловую и механическую.

Для большинства машин выполняется [принцип обратимости](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD), когда одна и та же машина может выступать как в роли двигателя, так и в роли генератора или электромагнитного тормоза.

В большинстве электрических машин выделяют [ротор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80_%28%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) — вращающуюся часть, и [статор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) — неподвижную часть, а также воздушный зазор, их разделяющий.

По принципу действия выделяют такие типы машин:

* [Асинхронная машина](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0) — электрическая машина [переменного тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA), в которой частота вращения ротора отличается от частоты вращения магнитного поля в воздушном зазоре на [частоту скольжения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B0%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8F).
* [Синхронная машина](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BD%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0) — электрическая машина переменного тока, в которой частоты вращение ротора и магнитного поля в зазоре равны.
* [Машина двойного питания](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D0%B4%D0%B2%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F) — электрическая машина переменного тока, в которой ротор и статор в общем случае имеют разные частоты питающего тока. В результате ротор вращается с частотой, равной сумме (разности) питающих частот.
* [Машина постоянного тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0) — электрическая машина, питаемая постоянным током и имеющая [коллектор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80_%28%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29).
* [Универсальный коллекторный двигатель](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BD%D0%B8%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C) — электрическая машина, питаемая постоянным или переменным током и имеющая [коллектор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80_%28%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29).
* [Вентильный двигатель](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C) — электрическая машина постоянного тока, в которой механический коллектор заменён полупроводниковым коммутатором (ПК), [возбуждение](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B7%D0%B1%D1%83%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%28%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) осуществляется от постоянных магнитов, размещенных на роторе; а статорная обмотка, как в синхронной машине. ПК по сигналам логического устройства поочерёдно, в определённой последовательности, попарно подключает фазы электродвигателя к источнику постоянного тока, создавая вращающееся поле статора, которое, взаимодействуя с полем постоянного магнита ротора, создаёт вращающий момент электродвигателя.
* [Умформер](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80-%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) на базе электрической машины (см. также [Инвертор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%BE%D1%80_%28%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29)) — как правило, пара электрических машин, соединённых валами, выполняющих преобразование рода тока (постоянный в переменный или наоборот), частоты тока, числа фаз, напряжений.
* [Сельсин](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%B8%D0%BD) — электрическая машина для дистанционной передачи информации об угле поворота.
* [Трансформатор](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80) — электрический аппарат[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0#cite_note-2) переменного тока (электрический преобразователь), преобразующий электрический ток напряжения одного номинала в электрический ток напряжения другого номинала. Существуют статические и поворотные трансформаторы .

Назначения

Основное:

* Преобразование энергии — основное назначение электрических машин в качестве двигателей или генераторов.
* Преобразование величины [напряжения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) — основное назначение трансформаторов.

Не основное:

* Усиление [мощности](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%BE%D1%89%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) электрических сигналов. В этом случае электрическая машина называется [*электромашинным усилителем*](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%83%D1%81%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C&action=edit&redlink=1).
* Преобразование [постоянного тока](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA) в [переменный](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA) или [постоянный](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA) другой величины (см. [умформер](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BC%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B5%D1%80)).
* Повышение [коэффициента мощности](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%8D%D1%84%D1%84%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82_%D0%BC%D0%BE%D1%89%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8) электрических установок. В этом случае электрическая машина называется [*синхронным компенсатором*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D0%BD%D1%81%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B5_%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0#%D0%A1%D0%B8%D0%BD%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D0%BD%D1%81%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%8B).[[3]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0#cite_note-3)
* Дистанционная передача информации ([сельсин](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%B8%D0%BD))

Расчет электрической машины

Следует отметить, что электрической машиной в большинстве случаев является [электрический двигатель](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C).

Уточненный расчет рабочих характеристики и использование существующих программ оптимизации позволяют уже на стадии проектирования машины получить весьма совершенную конструкцию. Наиболее распространены следующие методы математического моделирования электрических машин:

* [аналитические](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4);
* расчет схем замещения, сформированных с использованием магнитных проводимостей отдельных участков магнитной цепи;
* расчет полей на основе метода конечных элементов.

[Аналитические методы](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D1%8B) основаны на решении уравнений, в которые входят такие величины, как магнитные потоки, напряжения и токи. При исследовании асинхронных машин широкое распространение получил расчет схемы замещения одной фазы. Этот подход обычно применяется при расчете установившихся режимов и реже для расчета переходных процессов. При использовании аналитических методов принимаются допущения:

* плотность тока в проводниках распределена равномерно по их сечению;
* распределение индукции в воздушном зазоре синусоидально;
* нагрев машин не влияет на значения параметров схемы замещения;
* нелинейность магнитных цепей (работа в настоящее время сосредоточена на моделях, которые учитывают эффект насыщения в определении параметров эквивалентной схемы).

[Погрешность](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B5%D1%88%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F) аналитических расчетов может достигать 15-20 % и выше.

Численные методы стали широко применяться в последнее время в связи с быстрым развитием вычислительных машин и компьютерных технологий. Современные компьютерные программы позволяют решать не только двухмерные, но и трехмерные задачи. Обычно численные методы предполагают использование различных по форме расчетных сеток, представляющих область задачи, причем точность модели тем выше, чем больше число узлов сетки. Применяются модели, основанные на методе конечных разностей (МКР), в котором используются ортогональные сетки, и модели, основанные на методе конечных элементов (МКЭ), в котором узлы сетки могут быть распределены более рационально. Преимуществом численных методов является то, что они позволяют не только повысить точность решения полевой задачи, но и учесть такие факторы, как насыщение магнитной цепи машины, вытеснение тока в проводниках и сложность границ сред.

При расчете магнитных полей с учетом нелинейности свойств сред численными методами обычно применяют итерационный [метод Ньютона-Рафсона](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4_%D0%9D%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B0-%D0%A0%D0%B0%D1%84%D1%81%D0%BE%D0%BD%D0%B0). При этом при использовании метода конечных элементов матрицы коэффициентов имеют ленточную структуру, обеспечивающую снижение числа операций.

Современные программы, основанные на методе конечных элементов, позволяют рассчитывать ЭДС и токи обмоток статора и ротора, учитывать вращение ротора относительно статора, зубчатость сердечников, насыщение стали, наведение вихревых токов в массивных элементах конструкции, сложный характер распределения магнитного поля в зазоре. Кроме того, современные конечно-элементные программы позволяют рассчитывать объемные (трехмерные) конструкции. Точность расчетов по конечно- элементным программам была неоднократно подтверждена экспериментальными исследованиями. Говоря о времени решения, следует заметить следующее. Чем сложнее моделируемая машина, тем больше длительность процесса вычислений. Расчет рабочих режимов асинхронных машин при этом обладает еще и той особенностью, что частота токов, индуктированных в роторе, относительно мала. Если переходные процессы рассчитываются методом численного интегрирования системы дифференциальных уравнений, требующим разбиения всего рассматриваемого временного интервала на достаточно малые шаги, время, затрачиваемое на вычисления, может быть значительным.

**Современные методы расчета**

В целях сокращения времени и сохранения точности, появились другие методы. Такие подходы, как правило, применяют несколько методов одновременно, то есть являются комбинированными методами.

К этим методам относятся, в частности, методы, основанные на расчете [эквивалентных схем](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BA%D0%B2%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%85%D0%B5%D0%BC%D0%B0) замещения магнитных цепей, то есть на дискретизации электромагнитной системы в виде потока. Предполагается, что магнитное поле состоит из определенного числа магнитных трубок переменного сечения. В пределах каждой трубки поток постоянен, а все линии поля расположены строго параллельно стенкам трубок. Такой подход к созданию схем замещения обоснован только для ферромагнитных участков сердечников, для воздушного зазора он может быть применен с некоторыми допущениями. Определить форму, направление и число трубок поля в этой части машины трудно, особенно если учитывать взаимное перемещение сердечников.

Существуют методы, позволяющие правильно воспроизвести поле в воздушном зазоре. Это методы зубцовых контуров и эквивалентных проводимостей воздушного зазора.

В методе эквивалентных проводимостей магнитные проводимости воздушного зазора находятся как произведение частных проводимостей, найденных при односторонней и двусторонней зубчатости сердечников.

Более универсальным методом расчета электрических машин является МЗК. МЗК, первоначально разработанный для расчета гидрогенераторов , был затем обобщен и применен для расчета различных типов электрических машин, включая асинхронные машины с короткозамкнутым ротором.

В этих работах потокосцепления обмоток электрической машины выражаются через индуктивные параметры зубцовых контуров, образованных токами, лежащими на дне пазов или сосредоточенными, а стенках пазов. Такое представление источников поля позволяет использовать теорию скалярного магнитного потенциала, что заметно упрощает расчеты.

Идея МЗК заключается в представлении поля в воздушном зазоре электрической машины в виде суммы полей так называемых зубцовых контуров. Этот метод позволяет провести детальный анализ магнитного поля отдельного зубцового контура и определить магнитную проводимость в воздушном зазоре с учетом двусторонней зубчатости статора и ротора, взаимного перемещения сердечников, а так же реальной формы тока или напряжения обмотки якоря.