



Кафедра инженерных дисциплин

Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»

044/48-22 ()
1 стр. из 77

ЛЕКЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС

Дисциплина: Электротехника и основы промышленной электроники

Код дисциплины: ЕОРЕ 2203

Название ОП: 6B07201 - Технология фармацевтического производства

Объем учебных часов /(кредитов): 150 часов /(5 кредиты)

Курс и семестр изучения: 2 курс, 3 семестр

Объем лекций: 10

Шымкент, 2025 г.



Кафедра инженерных дисциплин

Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»

044/48-22 ()
2стр. из 77

Лекционный комплекс разработан в соответствии с рабочей учебной программой дисциплины (силлабусом) «Электротехника и основы промышленной электроники» и обсужден на заседании кафедры

Протокол № 11 05.06.2025г.

Зав.кафедрой

Орымбетова Г.Э.



Лекция №1

1. Тема: Введение. Цель и задачи дисциплины. Электрические цепи. Электротехника - область науки и техники на современном этапе. Электрические цепи и уравнения соединений.

2. Цель: Ознакомиться с историей открытия и использования электричества и электроники и перспективами развития этих направлений

3. Тезисы лекции:

1. Электротехника - область науки и техники на современном этапе
2. Современное состояние энергетики и электроники.
3. Перспективы развития электротехники

1. Электротехника - область науки и техники на современном этапе

Электротехника - область науки и техники, использующей электрическое и магнитное явления для практических целей. Жизнь современного общества невозможно представить себе без применения электрической энергии: жилище, одежда, пища, промышленные товары, средства транспорта, получение и передача информации – все это эксплуатируется или производится с помощью электроэнергии. История электротехники насчитывает более двух столетий. В конце XVIII века был изобретен первый электрохимический источник электрической энергии. После этого началось изучение свойств электрического тока, были установлены основные законы электрических цепей, созданы разнообразные конструкции электрических машин и приборов. Однако до 70-х годов XIX в. широкое применение электрической энергии было невозможно из-за отсутствия надежных и экономичных генераторов.

Электрическое освещение явилось первым массовым энергетическим применением электрической энергии. В 70–80 гг. XIX века электротехника превращается в самостоятельную отрасль науки и техники, начинается становление электроэнергетики.

Все возрастающая потребность в использовании электрической энергии привела к проблеме ее централизованного производства, передачи на дальние расстояния, распределения и экономичного использования. Решение проблемы привело к разработке и созданию трехфазных электрических цепей. Огромная заслуга в создании элементов таких цепей принадлежит выдающемуся русскому ученому М.О. Доливо-Добровольскому. Он создал трехфазный асинхронный двигатель, трансформатор, разработал четырехпроводную и трехпроводную цепи (1891г.).

В 90-х годах XIX в. разработаны трехфазные системы; с этого момента начинается новый этап развития электротехники – становление электрификации. Электрическая энергия все шире используется в промышленности, сельском хозяйстве, в быту, транспортных средствах.

Одним из важнейших направлений современного научно-технического прогресса является возможность развития и создание на основе электрификации комплексной механизации и автоматизации производства автоматизированных предприятий и технологических комплексов.

Все это стало возможно благодаря внедрению новейших систем, машин, оборудования и приборов с применением микропроцессорных средств и микроЭВМ, позволившим наиболее эффективно применять разнообразные электротехнические устройства и приборы в различных отраслях народного хозяйства.

2. Современное состояние энергетики и электроники.

Быстрыми темпами развиваются и совершенствуются различные типы источников электрической энергии постоянного тока: солнечные батареи служат основными источниками энергии космических аппаратов в автономном полете. Разрабатываются новые источники постоянного тока – МГД-генераторы, освоение которых позволит значительно повысить КПД электрических станций.

Электротехнические устройства синусоидального (переменного) тока находят широкое применение во многих областях народного хозяйства при генерировании, передаче и трансформировании электрической энергии, в электроприводе, бытовой технике, промышленной электронике, радиотехнике и т. д.

Развитие радиотехники привело к созданию специфических высокочастотных (мегагерцы) устройств: антенн, генераторов, преобразователей и т. д. Многие из этих устройств основаны на свойстве переменного тока генерировать переменное электромагнитное поле, при помощи которого можно

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 4стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

осуществить направленную передачу энергии без проводов. Создание различных типов электровакуумных приборов обусловило развитие телевидения, импульсной многоканальной радиосвязи, радиолокации, измерительной техники и других областей промышленной электроники.

В настоящее время для передачи и распределения электрической энергии в подавляющем большинстве случаев применяются трехфазные системы, существенным преимуществом которых является исключительная простота и дешевизна трехфазных асинхронных двигателей, применяющихся во многих отраслях промышленного производства.

Современная энергетика основана на передаче энергии на дальние расстояния, которая возможна только с применением простых преобразователей с малыми потерями энергии – однофазных и трехфазных трансформаторов. Она связана с необходимостью разработки источников электрической энергии (генераторов) большой мощности. У современных турбогенераторов тепловых электростанций мощность равна 100–1500 МВт на один агрегат. Большие мощности имеют и генераторы гидростанций. Все эти вопросы изучает, разрабатывает, совершенствует и внедряет наука, называемая **электротехникой и электроникой**.

На предприятиях при подготовке фармацевтических форм в технологические потоки входят традиционные для многих отраслей производства механические и гидромеханические процессы (измельчение, дозирование, смешивание, разделение неоднородных и однородных жидкостей и т.п.), тепловые процессы (варка, охлаждение, пастеризация, стерилизация и т.п.). Механизация и автоматизация технологических процессов во многом зависит от уровня электрификации этих процессов.

В процессе работы на технологическом оборудовании проводят не только основные (измельчение, перемешивание, варка и т.п.), но и вспомогательные (загрузка, перемещение, контроль, выгрузка и т.п.) операции. В зависимости от соотношения этих операций, а также участия человека в их выполнении различают оборудование неавтоматического, полуавтоматического и автоматического действия. В неавтоматическом (простом) оборудовании вспомогательные и часть основных операций выполняют вручную. В автоматах все основные и вспомогательные операции выполняются оборудованием без участия человека.

3 Перспективы развития электротехники

Сегодня электрическая энергия используется в технике связи, автоматике, измерительной технике, навигации. Она применяется для выполнения механической работы, нагрева, освещения, используется в технологических процессах (электролиз), в медицине, биологии, астрономии, геологии и др. Столь обширное проникновение электротехники в жизнь человека привело к необходимости включить ее в состав общетехнических дисциплин при подготовке специалистов всех технических специальностей. При этом перед студентами стоят две главные задачи. Первая задача – ознакомиться и усвоить физическую сущность электрических и магнитных явлений. Это позволит понять принципы работы электромагнитных устройств, правильно их эксплуатировать.

Однако, современному специалисту недостаточно знаний одних физических явлений. Поэтому студенты неэлектрических специальностей должны получить навыки в методах расчетов элементарных цепей и устройств, необходимых для успешного изучения последующих прикладных курсов.

Дисциплина построена так, что каждая из тем закрепляется практическими и лабораторными занятиями. Эти виды занятий сопровождаются текущим контролем, которыйложен в основу формирования рейтинга студента. Поэтому залогом успешного освоения дисциплины является систематическая работа над материалом.

Электротехнические технологии, позволяющие производить электротехническую продукцию, развиваются семимильными шагами. Из электротехники выделилась электроника, предназначенная для получения, преобразования и передачи информации. Уже сменилось пять поколений технологий электроники: от навесного монтажа, царствовавшего с середины XIX по середину XX века, через технологию печатных плат до интегральной микроэлектроники в наше время.

Производятся все новые и новые поколения компьютеров. За две трети века сменилось пять их основных поколений: электроламповые (1945 - 1960), транзисторные (1960 - 1970), на микросхемах (1970 - 1985), БИС - микропроцессорные (1985 - 2000), многопроцессорные (2000 - 2010).

Ежегодно выпускаются новые модели компьютеров, устройств связи (телефонов, модемов, коммутационного оборудования) которые существенно производительнее прежних.

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>	<p>Кафедра инженерных дисциплин</p> <p>Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»</p>	<p>044/48-22 () 5стр. из 77</p>
--	---	---	--------------------------------------

При всем революционном характере развития электротехники, реальный инновационный процесс идет очень маленькими шагами, путем внедрения отдельных усовершенствований и преимущественно изобретений частного характера.

Уже более 150 лет наблюдается почти экспоненциальный рост количества инноваций. Все это происходит при практически неизменном базисе электротехники - ее теоретических основ.

4.Иллюстративный материал: Для проведения занятия используется следующее материально- техническое обеспечение: ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

5. Литература:

основная:

1. Туганбаев, И. Т. Электротехника [Текст] : учебник / И. Т. Туганбаев. - ; Рек. М-вом образования и науки РК. - Алматы : Эверо, 2014. - 250 с.
2. Электротехника и электроника [Текст] : учебник / А. Н. Горбунов [и др.] ; под ред. А. В. Кравцова. - Алматы : Эверо, 2012. - 660 с.
3. Шестеркин, Алексей Николаевич Введение в электротехнику. Элементы и устройства вычислительной техники [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. Н. Шестеркин; УМО вузов по унив. политехн. образованию. - М. : Горячая линия - Телеком, 2015. - 251, [1] с
4. Гельман, М. В. Основы электроники [Электронный ресурс] : исполнение настольное ручное минимодульное : метод. указания / М. В. Гельман, В. В. Шулдяков. - Челябинск : Учтех-Профи, 2013. - 80 с.
5. Афанасьева Н.А., Булат Л.П. Электротехника и электроника: Учеб. пособие. СПб.: СПбГУНиПТ, 2010. 181 с.
6. Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника: учебник для вузов / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – 6-е изд., стер. – Москва: КноРус, 2013. – 798 с.: ил
7. Ахметбаев, Д. С. Электротехниканың теориялық негіздері [Мәтін] : оқулық / Д. С. Ахметбаев. - Алматы : Лантар Трейд, 2019. - 328, [1] б. <http://elib.kaznu.kz>
8. Туганбаев, Ы. Электротехниканың теориялық негіздері [Мәтін] : оқулық / Ы. Туганбаев; КР Білім және ғылым м-гі. - Алматы : КР Жоғары оқу орындық қауымдастыры, 2012. - 498, [2] б. <http://elib.kaznu.kz>
9. Қ.Е.Арыстанбаев, Т.Т. Амангельді, Б.М. Джаналиев. Электроника. Оқу құралы. – Алматы: Эверо, 2022. – 152 бет.
10. Панфилов Д.И. Электротехника и электроника в экспериментах и уравнениях. Практикум на Electronics Workbench. Том 1: Электротехника, том 2: Электроника, -М.: ДОДЕКА, 2012 г. 1 том -303с. и 2 том -287с.

дополнительная:

1. Сборник задач по теоретическим основам электротехники. Под редакцией Л.А. Бессонова. - М.:Высшая школа, 2008
2. Афанасьева Н.А., Булат Л.П. Электротехника и электроника: Учеб. пособие. СПб.: СПбГУНиПТ, 2010. 181 с.
3. Лавров В.М. Л 13 Электротехника и электроника: Конспект лекций. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 98 с.
4. Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника: учебник для вузов / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – 6-е изд., стер. – Москва: КноРус, 2013. – 798 с.: ил
5. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник / Л.А. Бессонов. – 11-е изд., перераб. и доп. – М.: Гардарики, 2007. – 701с.: ил
6. Гальперин М. В. Электротехника и электроника: Учебник / Гальперин М.В. - М.:Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 480 с.: 60x90 1/16. - (Профессиональное образование). - Режим доступа <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=553180>
7. Славинский А. К. Электротехника с основами электроники: учебное пособие / А.К. Славинский, И.С. Туревский. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. - 448 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Профессиональное образование). - Режим доступа <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=494180>

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () бстр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

8. Электрические измерения и приборы : Учеб. пособ. для студ. вузов, обуч. по направлению подготовки бакалавров и магистров / Г.И. Кольниченко, П.А. Михалин, А.С. Степанов; МОиН РФ, ФГБОУ ВПО МГУЛ. - М. : МГУЛ, 2014. - 89 с. : ил.

9. Арыстанбаев К.Е., Жумабекова А.Б., Умаров А.А. Системы управления химико-фармацевтическими процессами. - Алматы : Эверо, 2020. - 128 с.

10. Электронные ресурсы:

Контрольные вопросы

1. Основные вехи открытия электричества
2. Основные вехи открытия электроники
3. Перспективы развития и использования электричества и электроники
4. Объяснить: выполнение операций в полуавтоматическом , автоматическом режиме.

Лекция №2

1. Тема 2: Закон Ома и законы Кирхгофа. Методы анализа сложных электрических цепей.

2. Цель: Освоить понятия: Электрические цепи и уравнения соединений, закон Ома и законы Кирхгофа, источники электрической энергии.

3. Тезисы лекции:

1. Электрические цепи и уравнения соединений.
2. Приемники электрической энергии
3. Закон Ома и законы Кирхгофа

1. Электрические цепи и уравнения соединений.

Для работы любого электротехнического устройства необходимо, чтобы через него проходил электрический ток, обязательным условием существования которого является наличие замкнутого контура – электрической цепи.

Основными элементами электрической цепи являются источники и приемники электрической энергии. Кроме этих элементов, электрическая цепь содержит измерительные приборы, коммутационную аппаратуру, соединительные линии, провода.

В источниках электрической энергии различные виды энергии преобразуются в электрическую.

Так, в генераторах электростанций в электрическую энергию преобразуется энергия механическая, в гальванических элементах и аккумуляторах – химическая, в солнечных батареях – световая и т.д.

В приемниках электрическая энергия источников преобразуется в тепловую (нагревательные элементы), световую (электрические лампы), химическую (электролизные ванны) и т.д.

Основные электротехнические устройства по назначению подразделяются на генерирующие и потребляющие.

Генерирующие устройства производят электрическую энергию. В них происходит преобразование различных видов энергии (химической, механической, тепловой, лучистой и др.) в электрическую энергию. Они называются источниками (рис. 2.1, а).

Потребляющие – это устройства, в которых происходит преобразование электрической энергии в другие виды. Эти устройства называются приемниками (рис. 2.1, б).

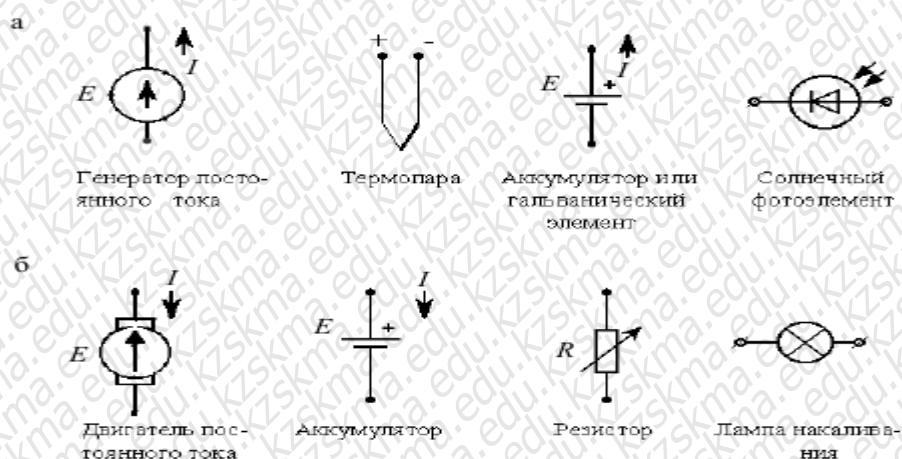


Рисунок 2.1 – Основные электротехнические устройства

Чтобы привести в действие приемник электрической энергии, на его входных зажимах необходимо создать и поддерживать определенную разность потенциалов, т. е. электрическое напряжение. Для этого приемное устройство подключают к генерирующему.

Электрическая цепь – совокупность электротехнических устройств, состоящая из источников и приемников электрической энергии, характеризуемых ЭДС – E , током – I , напряжением – U , и электрическим сопротивлением – R .

Отдельные устройства, входящие в электрическую цепь, называются элементами электрической цепи (рис. 2.2): S – выключатель – (коммутационная аппаратура); E – аккумуляторная батарея (источник электрической энергии); HL – приемник электрической энергии (лампа накаливания); pA – амперметр; pV – вольтметр; $R1, R2$ – приемники электрической энергии: 1, 2, 3, 4 – узлы схемы; I, II – независимые контуры.

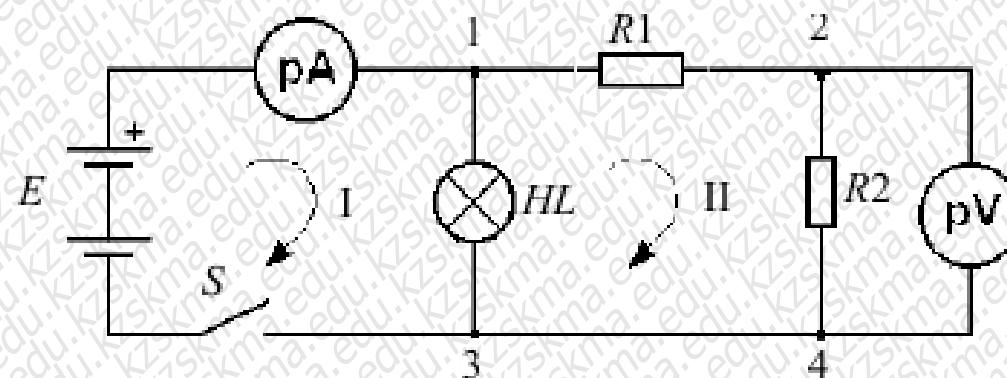


Рисунок 2.2 - Электрическая цепь и элементы электрической цепи

Часть электрической цепи, содержащая выделенные в ней элементы, называется участком цепи. Передающие элементы цепи являются звеном, связывающим источники и приемники. Кроме электрических проводов в это звено могут входить приборы контроля и управления, а также преобразующие устройства, благодаря которым электрическую энергию становится удобно передавать на расстояние и распределять между приемниками.

Графическое изображение электрической цепи называется схемой. В сложных электрических цепях выделяют такие понятия, как ветвь, узел, контур.

Ветвь – участок электрической цепи с одним и тем же током, состоящий из последовательно соединенных элементов (рис. 2, ветвь 1–3 или 1–2, или 2–4).

Узел – место соединения трех и более ветвей (рис.2.2, узел 1, 2, 3, 4).

Различают геометрический и потенциальный узлы. Узлы 1 и 2 – потенциальные, так как их потенциалы не равны (1 ≠ 2) из-за наличия падения напряжения на резисторе R1. Узлы 3 и 4 – геометрические, так как 3 = 4, таким образом, это будет один потенциальный узел.

Контур – замкнутый путь, проходящий по нескольким ветвям и узлам так, что ни одна ветвь и ни один узел не встречаются больше одного раза (например, на рис. 2.2: контур 1 – 2 – 4 – 3 = 1).

Независимый контур – это такой контур, в который входит хотя бы одна новая ветвь (например, на рис. 2.2 – контуры I и II).

Основной характеристикой электрических цепей является вольт-амперная характеристика (ВАХ) – зависимость напряжения от тока.

По виду ВАХ различают линейные и нелинейные цепи. Элементы электрической цепи характеризуются электрическим сопротивлением, которое у одних приемников зависит от приложенного напряжения, причем ток пропорционален напряжению и $R = \text{const}$, а у других не зависит. В первом случае эти элементы называются линейными, они имеют линейную ВАХ (рис. 2.3, а).

Зависимость тока от напряжения в таком элементе определяется законом Ома: $I = \frac{U}{R}$, где R – сопротивление линейного элемента.

Во втором случае эти элементы называются нелинейными, они имеют нелинейную ВАХ (рис. 2.3, б). Это – выпрямительные диоды, стабилитроны, терморезисторы и др.



Рисунок 2.3 - Зависимость тока от напряжения в элементе

Электрические цепи также различают по способу соединения элементов: неразветвленные (рис. 2.4, а) и разветвленные (рис. 2.4, б).

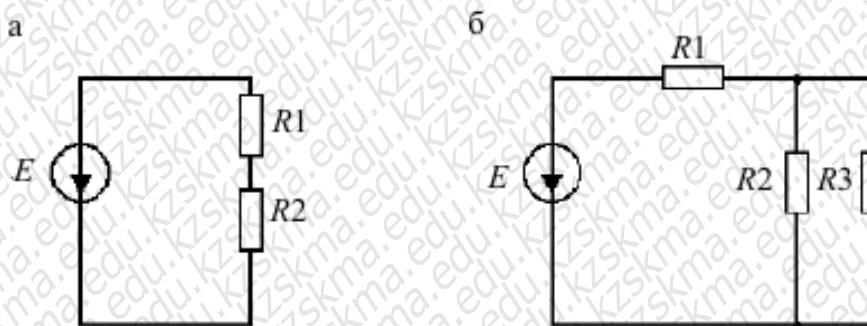


Рисунок 2.4 – Способы соединения электрической цепи

Обозначение источника электрической энергии может отсутствовать на схеме. В этом случае указывается напряжение, подводимое к электрической цепи от источника (рис. 2.5), а последний лишь подразумевается, положительное направление напряжения выбирается произвольно и указывается стрелкой (рис. 2.6).

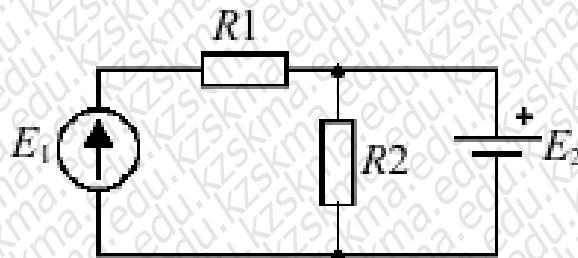


Рисунок 2.5 – Указание напряжения, подводимого к электрической цепи от источника

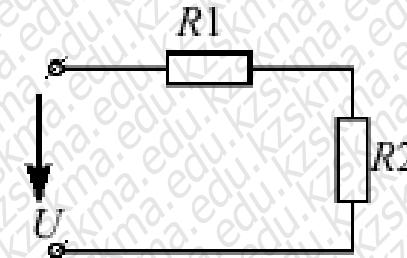


Рисунок 2.6 - Направление напряжения указывается стрелкой

2.Приемники электрической энергии

Постоянный ток принято обозначать символом I , переменный $i(t)$; постоянную ЭДС - E , переменную $e(t), U, u(t)$ сопротивление - R , проводимость - G . В международной системе единиц (СИ) ток измеряют в амперах (А), ЭДС - в вольтах (В), сопротивление в омах (Ом), проводимость - в сименсах (См).

При анализе электрических цепей, как правило, оценивают значение токов, напряжений и мощностей. В этом случае нет необходимости учитывать конкретное устройство различных нагрузок. Важно знать лишь их сопротивление - R , индуктивность - L , или емкость - C . Такие элементы цепи называются приемниками электрической энергии

Приемники электрической энергии делятся на **пассивные и активные**.

Пассивными называют приемники, в которых под действием приложенного напряжения не возникает ЭДС. Вольтамперные характеристики пассивных приемников проходят через начало координат. При отсутствии напряжения ток этих элементов равен нулю. Основной характеристикой пассивных элементов является сопротивление. Пассивные элементы, сопротивление которых не зависит от приложенного напряжения, называются линейными. Реально таких элементов не существует. Но весьма близки к ним резисторы, реостаты, лампы накаливания и др. Зависимость напряжения от тока в таких элементах определяется законом Ома, т.е. $U = IR$, где R - сопротивление элемента. Эта зависимость не меняется, если напряжение и ток - переменные.

К приемникам электрической энергии относятся емкостные и индуктивные элементы. Основной параметр емкостного элемента - емкость C . Единица измерения - Фарада [Ф]. При постоянном напряжении, приложенном к емкости, на ее обкладках накапливается заряд

$$Q = C \cdot U. \quad (2.1)$$

Ток через емкость не протекает. Это означает, что сопротивление емкости в цепи постоянного тока равно бесконечности.

Если к емкости приложено переменное напряжение $u(t)$, то и заряд на ее обкладках становится переменным

$$Q(t) = C \cdot u(t). \quad (2.2)$$

В этом случае в цепи возникает ток

$$i_c(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = C \frac{du(t)}{dt}. \quad (2.3)$$

Выражение (1.7) позволяет определить падение напряжения на емкости, если в цепи протекает переменный ток

<p>ОҢТҮСТИК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 10стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

$$u_c(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i_c(t) dt. \quad (2.4)$$

Очевидно, что сопротивление емкостного элемента переменному току определяется законом Ома, но зависит не только от величины, но и от формы тока и напряжения.

Основным параметром индуктивного элемента является индуктивность - L. Единица измерения - Генри [Г]. Если через индуктивность L протекает постоянный ток I, то в ней возникает постоянное во времени потокосцепление самоиндукции

$$\psi = L \cdot I. \quad (2.5)$$

Будем полагать, что элемент L идеальный, т.е. сопротивление витков г отсутствует. Очевидно, что при этом падение напряжения на элементе равно нулю.

Предположим, что индуктивный элемент подключен к источнику переменного тока i(t). Потокосцепление также будет переменным $\psi(t) = L \cdot i(t)$. Изменяющееся потокосцепление наводит в катушке ЭДС самоиндукции

$$e_L(t) = -\frac{d\psi(t)}{dt} = -L \frac{di(t)}{dt}. \quad (2.6)$$

Так как $r=0$, то ЭДС $e_L(t)$ уравновешивает напряжение, приложенное к индуктивности

$$u(t) = -e_L(t) = L \frac{di(t)}{dt}. \quad (2.7)$$

Выражение (1.11) позволяет определить ток индуктивности, если известно приложенное к ней напряжение u(t).

$$i_L(t) = \frac{1}{L} \int_0^t u(t) dt. \quad (2.8)$$

Кроме пассивных, в электротехнике применяются **активные приемники**. К ним относятся электродвигатели, аккумуляторы в процессе их заряда и др. В цепи переменного тока при определенных условиях роль активных элементов выполняют индуктивность и емкость. В активных элементах возникает противо-ЭДС E. Приложенное к приемнику напряжение уравновешивается противо-ЭДС и падением напряжения на сопротивлении элемента, т.е.

$$U = E + I \cdot R_{sh}. \quad (2.9)$$

Параметры элементов электрических цепей постоянного тока.

Схемы замещения

Каждый элемент электрической цепи обладает определенными свойствами. Чтобы охарактеризовать эти свойства, вводят понятие параметров цепи. В цепях постоянного тока при стационарном режиме элементы характеризуют только одним параметром сопротивления. Параметр сопротивления R характеризует свойство элемента поглощать энергию из электрической цепи и преобразовывать ее в другой вид энергии (тепловую). Известно, что мощность (P) преобразования электрической энергии постоянного тока пропорциональна квадрату тока I^2 , поэтому этот параметр можно определить отношением $R = \frac{P}{I^2}$, где $P = U \cdot I$.

Кроме специально изготовленных устройств с одним параметром встречаются устройства, работу которых приближенно описывают также одним параметром. Например, лампы накаливания, печи нагрева характеризуют только одним параметром сопротивления R.

Элементы электрической цепи делятся на **активные и пассивные**. Все источники электрической энергии являются активными элементами, они характеризуются определенным значением ЭДС и внутренним сопротивлением. Приемники электрической энергии могут быть как пассивными (чаще всего), так и активными.

Вольт-амперная характеристика (рис. 2.7, а) активного приемника (рис. 2.7, б) может быть математически описана уравнением

$$U = E + R_{\text{вт}} I$$

где $R_{\text{вт}}$ – внутреннее сопротивление источника ЭДС.



Рисунок 2.7 –
Вольт-амперная характеристика (а) активного приемника

Схемы замещения отображают свойства электрической цепи при определенных условиях; элементы схемы замещения соответствуют элементам реальной электрической цепи. Одной и той же электрической цепи может соответствовать несколько различных схем замещения в зависимости от того, для каких целей предназначены эти схемы.

Для однозначности описания процессов, происходящих в каком-либо элементе цепи, необходимо знать не только значения его тока и напряжения, но также их направления в каждом элементе. Стрелки, поставленные на схемах замещения, указывают положительные направления ЭДС, напряжений и токов.

3. Закон Ома и законы Кирхгофа

Закон Ома для участка цепи, не содержащего источника ЭДС (рис.2.8), устанавливает связь между током, напряжением и сопротивлением этого участка.

$$U_{ab} = \Phi_a - \Phi_b,$$

где Φ_a и Φ_b – потенциалы точек а и б.

$I = U_{ab} / R$, откуда $U_{ab} = IR$ – падение напряжения на участке а-б

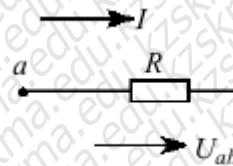


Рисунок 2.8 - Участок цепи, не содержащий источник ЭДС

Законы Кирхгофа

Основными законами, используемыми для анализа и расчета электрических цепей, являются I и II законы Кирхгофа.

I закон Кирхгофа является следствием закона сохранения электрического заряда, согласно которому в любом узле электрической цепи заряд одного знака не может ни накапливаться, ни убывать. Согласно I

закону Кирхгофа алгебраическая сумма токов ветвей, сходящихся в узле электрической цепи, равна нулю (рис. 2.9).

Распространена и другая формулировка I закона Кирхгофа: алгебраическая сумма токов, втекающих в узел, равна сумме токов, вытекающих из него. При этом токи, направленные к узлу, берут с одним, произвольно выбранным знаком, а токи, направленные от узла, с противоположным.



Рисунок 2.9 - Узел электрической цепи

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0$$

где n – число всех токов, направленных от узла и к узлу; k – порядковый номер тока.

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

II закон Кирхгофа является следствием закона сохранения энергии, в силу которого изменение потенциала в замкнутом контуре равно нулю. Согласно II закону Кирхгофа, алгебраическая сумма напряжений всех участков замкнутого контура равна нулю.

Применительно к схемам замещения с источниками ЭДС II закон Кирхгофа формулируется следующим образом: алгебраическая сумма падений напряжений на резистивных элементах замкнутого контура равна алгебраической сумме ЭДС источников, входящих в этот контур.

При составлении уравнений слагаемые берут со знаком «+» в случае, когда направление обхода контура совпадает с направлением тока или ЭДС, в противном случае слагаемые берут со знаком «-» (рис. 2.10).

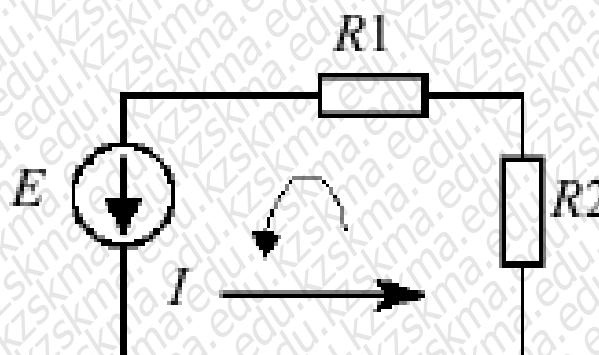


Рисунок 2.10

$$\sum_{k=1}^m U_k = 0$$

где m – число резисторов в контуре.

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 13стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

$$\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{k=1}^m R_k I_k$$

где m – число резистивных элементов; n – число источников ЭДС в контуре.

$$I(R_1 + R_2) = E.$$

Первый закон Кирхгофа имеет две формулировки.

1. Сумма токов протекающих через любой узел равна нулю.
2. Сумма токов втекающих в узел равна сумме токов вытекающих из него.

Второй закон Кирхгофа:

Алгебраическая сумма падений напряжения в любом замкнутом контуре равна алгебраической сумме ЭДС вдоль этого контура, т.е.

$$\Sigma IR = \Sigma E.$$

В каждую из сумм слагаемые входят со знаком «плюс», если они совпадают с направлением обхода.

4. Иллюстративный материал: Для проведения занятия используется следующее материально-техническое обеспечение: ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

5. Литература:

основная:

1. Туганбаев, И. Т. Электротехника [Текст] : учебник / И. Т. Туганбаев. - ; Рек. М-вом образования и науки РК. - Алматы : Эверо, 2014. - 250 с.
2. Электротехника и электроника [Текст] : учебник / А. Н. Горбунов [и др.] ; под ред. А. В. Кравцова. - Алматы : Эверо, 2012. - 660 с.
3. Шестеркин, Алексей Николаевич Введение в электротехнику. Элементы и устройства вычислительной техники [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. Н. Шестеркин; УМО вузов по унив. политехн. образованию. - М. : Горячая линия - Телеком, 2015. - 251, [1] с
4. Гельман, М. В. Основы электроники [Электронный ресурс] : исполнение настольное ручное минимодульное : метод. указания / М. В. Гельман, В. В. Шулдяков. - Челябинск : Учтех-Профи, 2013. - 80 с.
5. Афанасьева Н.А., Булат Л.П. Электротехника и электроника: Учеб. пособие. СПб.: СПбГУНиПТ, 2010. 181 с.
6. Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника: учебник для вузов / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – 6-е изд., стер. – Москва: КноРус, 2013. – 798 с.: ил
7. Ахметбаев, Д. С. Электротехникиң теориялық негіздері [Мәтін] : оқулық / Д. С. Ахметбаев. - Алматы : Лантар Трейд, 2019. - 328, [1] б. <http://elib.kaznu.kz>
8. Туганбаев, І. Электротехникиң теориялық негіздері [Мәтін] : оқулық / І. Туганбаев; КР Білім және ғылым м-гі. - Алматы : КР Жоғары оқу орындың қауымдастыры, 2012. - 498, [2] б. <http://elib.kaznu.kz>
9. Қ.Е.Арыстанбаев, Т.Т. Амангельді, Б.М. Джаналиев. Электроника. Оқу құралы. – Алматы: Эверо, 2022. – 152 бет.
10. Панфилов Д.И. Электротехника и электроника в экспериментах и уравнениях. Практикум на Electronics Workbench. Том 1: Электротехника, том 2: Электроника, -М.: ДОДЕКА, 2012 г. 1 том -303с. и 2 том -287с.

дополнительная:

11. Сборник задач по теоретическим основам электротехники. Под редакцией Л.А. Бессонова. - М.: Высшая школа, 2008

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 14стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

12. Афанасьева Н.А., Булат Л.П. Электротехника и электроника: Учеб. пособие. СПб.: СПбГУНиПТ, 2010. 181 с.
13. Лавров В.М. Л 13 Электротехника и электроника: Конспект лекций. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 98 с.
14. Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника: учебник для вузов / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – 6-е изд., стер. – Москва: КноРус, 2013. – 798 с.: ил
15. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник / Л.А. Бессонов. – 11-е изд., перераб. и доп. – М.: Гардарики, 2007. – 701с.: ил
16. Гальперин М. В. Электротехника и электроника: Учебник / Гальперин М.В. - М.:Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 480 с.: 60x90 1/16. - (Профессиональное образование). - Режим доступа <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=553180>
17. Славинский А. К. Электротехника с основами электроники: учебное пособие / А.К. Славинский, И.С. Туревский. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. - 448 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Профессиональное образование). - Режим доступа <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=494180>
18. Электрические измерения и приборы : Учеб. пособ. для студ. вузов, обуч. по направлению подготовки бакалавров и магистров / Г.И. Кольниченко, П.А. Михалин, А.С. Степанов; МОиН РФ, ФГБОУ ВПО МГУЛ. - М. : МГУЛ, 2014. - 89 с. : ил.
19. Арыстанбаев К.Е., Жумабекова А.Б., Умаров А.А. Системы управления химико-фармацевтическими процессами. - Алматы : Эверо, 2020. - 128 с.

Электронные ресурсы:

6.Контроль (вопросы, задачи, решение)

1. Назовите основные понятия электрической цепи
2. Что называется ветвью электрической цепи?
3. Объяснить: что называется контуром, узлом, двухполюсником, четырехполюсником?
4. Закон Ома для участка цепи.
5. Дайте определение первого закона Кирхгофа.
6. Дайте определение второго закона Кирхгофа.

Лекция 3

1.Тема: Электрические цепи однофазного переменного тока

2.Цель: Освоить основные понятия, способы представления синусоидальных величин, элементы электрических цепей переменного тока, Законы Кирхгофа для цепей однофазного переменного тока для мгновенных значений.

3.Тезисы лекции:

1. Основные понятия об электрических цепях однофазного переменного тока.
2. Способы представления синусоидальных величин.
3. Элементы электрических цепей переменного тока

1. Основные понятия об электрических цепях однофазного переменного тока.

По мере развития промышленного производства постоянный ток все менее удовлетворял возрастающие требования экономического энергоснабжения. Внедрению переменного тока способствовало развитие электрического освещения, особенно изобретение в 1876 г. П.Н. Яблочковым "электрической свечи" – дуговой лампы без регулятора, которая устойчиво горела при включении в цепь переменного тока. Дальнейшее развитие электрического освещения послужило толчком к разработке более совершенных конструкций трансформаторов. В связи с громадными преимуществами трансформирования в современной электроэнергетике применяется, прежде всего, синусоидальный переменный ток. Передача электрической энергии переменного тока происходит с меньшими потерями и со значительно удешевленной электрической сетью, так как применяются провода в десятки раз меньшего сечения, чем сечение проводов,

используемых в сетях постоянного тока. Кроме того, применение синусоидального тока дает возможность получения источников электрической энергии большой мощности.

Синусоидальный переменный ток занял лидирующее положение при генерировании, передаче и трансформировании электрической энергии в электроприводе, бытовой технике, промышленной электронике, радиотехнике.

В Казахстане (как и в Европе) принята частота переменного тока 50 Гц называемая промышленной частотой.

Переменными называются ЭДС, токи и напряжения, изменяющиеся с течением времени. Они могут меняться или по величине, или по знаку, или по величине и по знаку. В электротехнике наибольшее применение получил переменный ток, изменяющийся во времени по синусоидальному закону.

Рассмотрим основные определения синусоидального тока.

1. Переменные электрические величины являются функциями времени, их значения в любой момент времени, называются мгновенными и обозначаются строчными буквами i , u , e .

2. Максимальные значения тока, напряжения, ЭДС за период называются амплитудными значениями и обозначаются I_m , U_m , E_m .

3. Средние значения тока, напряжения или ЭДС – значения, эквивалентные постоянному току по переносу электрического заряда за положительный полупериод ($T/2$). Они обозначаются I_{cp} , U_{cp} , E_{cp} и определяются формулами:

$$I_{cp} = \frac{2I_m}{\pi}, \quad U_{cp} = \frac{2U_m}{\pi}, \quad E_{cp} = \frac{2E_m}{\pi}.$$

4. Действующие значения тока, напряжения или ЭДС – значения, эквивалентные постоянному току по тепловому выделению за период T . Они обозначаются I , U , E и определяются формулами:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}; \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}; \quad E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}.$$

Если имеем синусоиду тока (рис. 3.1), то выражение мгновенного значения синусоидального тока определяется тригонометрической функцией

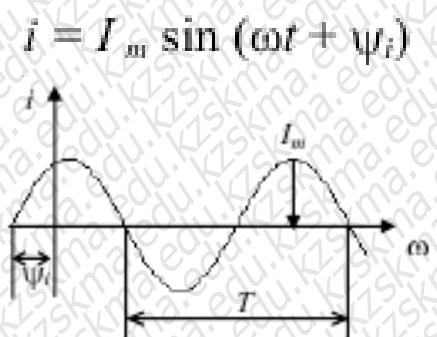


Рисунок 3.1 – График синусоидального тока

Здесь I_m – амплитудное значение тока; T – период синусоиды; ψ_i – начальная фаза – величина, равная фазному углу в момент начала отсчета времени ($t = 0$); $\omega = 2\pi f$ – угловая частота, где $f = 1/T$ – частота синусоидального тока.

При расчетах с переменными токами пользуются также угловой частотой ω , она равна $2\pi f$ или 6,28f. Ее следует выражать не в герцах, а в радианах в секунду (радиан — угол в 2π раз меньше, чем 360°). Переменные токи принято разделять по частоте. Токи с частотой меньше 10 000 Гц называют токами низкой частоты (токами НЧ). У этих токов частота соответствует частоте различных звуков человеческого голоса или музыкальных инструментов, и поэтому они иначе называются токами звуковой частоты (за исключением токов с частотой ниже 20 Гц, которые не соответствуют звуковым частотам). В радиотехнике токи НЧ имеют большое применение, особенно в радиотелефонной передаче.

Один период фаза синусоидальной ЭДС или синусоидального тока изменяется на 2π радиан или на 360° , поэтому угловая частота переменного синусоидального тока равна:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

Угол сдвига фаз между током и напряжением участка цепи принято обозначать буквой ϕ и определять вычитанием начальные фазы тока из начальной фазы напряжения:

$$\phi = \psi_u - \psi_i.$$

Угол ϕ — величина алгебраическая. Если $\psi_u > \psi_i$, то $\phi > 0$, при этом говорят, что напряжение опережает ток по фазе или ток отстает по фазе от напряжения. В случае $\psi_u < \psi_i$ $\phi < 0$, т.е. напряжение отстает по фазе от тока или ток опережает напряжение, как это можно про наблюдать на рис 3.2:

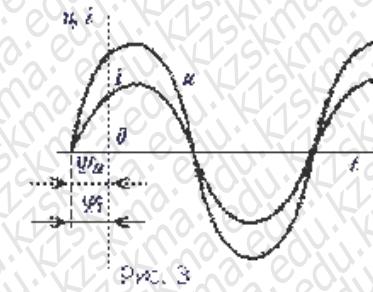
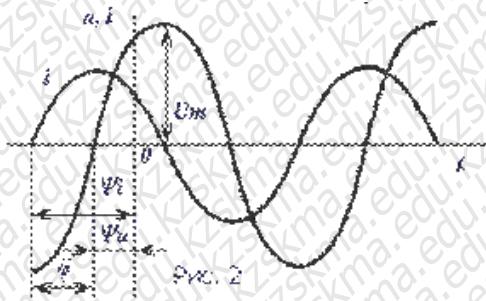


Рисунок 3.2 - Диаграмма напряжения и тока:

а) со сдвигом по фазе ($\phi = \psi_u - \psi_i$); б) с одинаковыми начальными фазами ($\psi_u = \psi_i$)

При совместном рассмотрении нескольких синусоидальных величин (e, u, i) обычно интересуются разностью их фазных углов.

Угол сдвига фаз — это разность начальных фаз двух синусоидальных величин. Угол сдвига фаз между током и напряжением участка цепи определяется вычитанием начальной фазы тока из начальной фазы напряжения $\phi = \psi_u - \psi_i$. Угол — величина алгебраическая, может быть как положительная, так и отрицательная, в зависимости от того, опережает одна синусоидальная величина другую по фазе или отстает от нее.

2. Способы представления синусоидальных величин.

Существует несколько способов представления величин, изменяющихся по синусоидальному закону:

— в виде тригонометрических функций, например:

$$I = I_m \sin(\omega t + \psi_i); u = U_m \sin(\omega t + \psi_u); e = E_m \sin(\omega t + \psi_e).$$

— в виде графиков зависимости величин от времени — временных диаграмм (рис. 3.3);

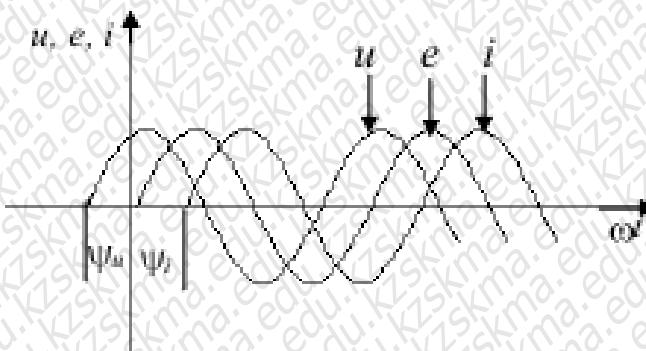


Рисунок 3.3 – Графики зависимости величин от времени – временных диаграмм
– в виде вращающихся векторов – векторный метод представления;
– в виде комплексных чисел – комплексное изображение.

Рассмотрим более подробно последние два способа.

Векторный метод представления (рис. 3.3)

Вектор \mathbf{A}_m вращается в декартовой плоскости против часовой стрелки. В соответствии с определением синуса проекция вращающегося радиус-вектора на ось u равна

в момент времени $t = 0$: $a = a_0 = A_m \sin \psi_a$;

в момент времени t_1 : $a_1 = A_m \sin (\psi_a + \omega t_1)$.

Здесь ψ_a – начальная фаза, $\psi_1 = \psi_a + \omega t_1$; $\psi_2 = \psi_a + \omega t_2$.

На рис. 3.3 справа построена синусоида, мгновенные значения которой для любого момента времени t найдены как соответствующие проекции вращающегося радиус-вектора на ось u . На основании этих построений можно утверждать, что любая синусоидальная функция может быть изображена (условно) однозначно соответствующим ей вращающимся радиус-вектором, длина которого

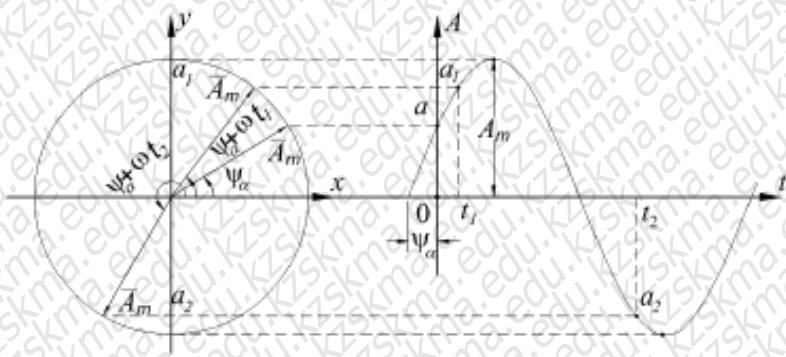


Рисунок 3.3 – Синусоида, мгновенные значения которой для любого момента времени t найдены как соответствующие проекции вращающегося радиус-вектора на ось u .

Совокупность радиус-векторов, изображающих синусоидальные функции времени, называется векторной диаграммой. Применение вращающихся векторов позволяет компактно представить на одном рисунке совокупность различных синусоидально изменяющихся величин одинаковой частоты. Суммирование и вычитание векторов гораздо проще, чем тригонометрических функций, поэтому метод очень распространён – он прост и нагляден.

Комплексное изображение синусоидальных функций времени

Данный метод совмещает простоту и наглядность векторных диаграмм с возможностью проведения точных аналитических расчетов.

Перенесем радиус-вектор, изображающий синусоидальную функцию времени (см. рис. 3.3) в декартовой

плоскости, на комплексную плоскость. При этом совместим ось x с осью действительных чисел ($+1, R_e$), а ось y – с осью мнимых чисел ($+j, I_m$) – рис. 3.4.

Тогда любому вектору \vec{A} , расположенному на комплексной плоскости, однозначно соответствует комплексное число, которое может быть записано в трёх формах:

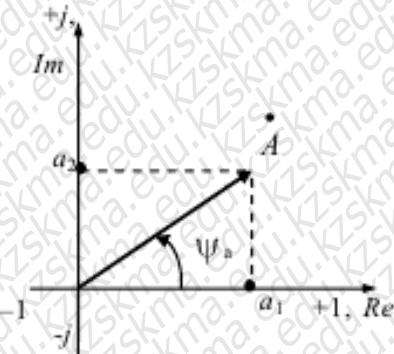


Рисунок 3.4 - Радиус-вектор на комплексной плоскости

2. Элементы электрических цепей переменного тока

Зависимости между токами и напряжениями резистивных, индуктивных и емкостных элементов определяются происходящими в них физическими процессами. Математическое описание физических явлений для каждого из этих элементов зависит от выбранного способа представления синусоидальных величин.

А. Резистивный элемент. Резистор – электротехническое устройство, обладающее сопротивлением R и применяемое для ограничения электрического тока. Активное сопротивление R – идеализированный элемент, в котором происходит преобразование электрической энергии в другие виды энергии, мощность этого элемента **называется активной мощностью**, которая равна: $P = I^2 R$, измеряется она в ваттах.

Пусть R -элемент подключен к источнику с синусоидальным напряжением:

$$u = U_m \sin(\omega t + \psi_u).$$

Схема замещения такого элемента изображена на рис. 3.5, а. На этом же рисунке представлены его временная (рис. 3.5, б) и векторная диаграммы (рис. 3.5, в)

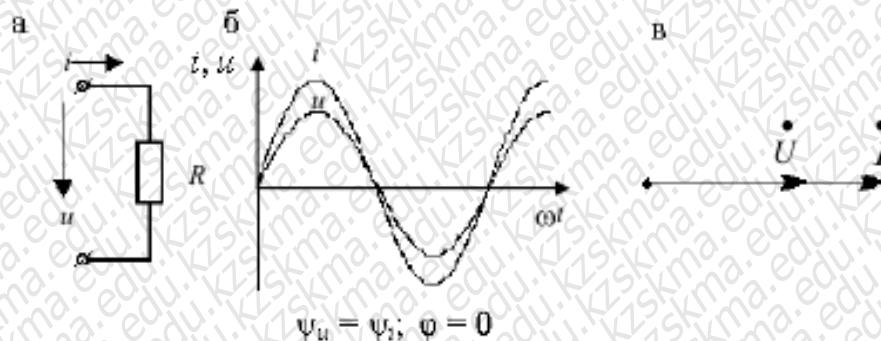


Рисунок 3.5 – Схема замещения R -элемента, временная и векторная диаграммы

Из закона Ома: $u = Ri$, следовательно, при заданном синусоидальном напряжении ток тоже будет синусоидальным, т. е.

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	<p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	044/48-22 () 19стр. из 77

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m}{R} \sin(\omega t + \psi_u) = I_m \sin(\omega t + \psi_i).$$

Из этого выражения видно, что ток и напряжение совпадают по фазе и имеют одинаковую частоту. В комплексном виде:

$$\underline{Z} = \frac{\dot{U}_m}{\dot{I}_m} = \frac{U_m}{I_m} e^{j(\psi_u - \psi_i)} = R e^0 = R$$

Здесь $\underline{Z} = R$ – комплексное сопротивление цепи, т. е. комплексное сопротивление резистивного элемента, является положительным действительным числом, равным активному сопротивлению R .

Б. Индуктивный элемент. Индуктивность L – идеализированный элемент электрической цепи, в котором накапливается энергия магнитного поля.

$$W_m = \frac{\Psi_L i}{2} = \frac{Li^2}{2},$$

где L – потокосцепление.

Пусть L -элемент подключен к источнику синусоидального тока, т. е.

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi_i),$$

тогда потокосцепление

$$\Psi_L = Li = LI_m \sin(\omega t + \psi_i).$$

Изменяющийся поток наводит в индуктивном элементе ЭДС самоиндукции e_L

$$e_L = \frac{-d\Psi}{dt} = \frac{-Ldi}{dt} = -L\omega I_m \cos(\omega t + \psi_i) = -E_{Lm} \sin(\omega t + \psi_i - \frac{\pi}{2}).$$

По закону электромагнитной индукции напряжение на индуктивном элементе равно

$$u = -e_L = U_m \sin(\omega t + \psi_i + \frac{\pi}{2}) = U_m \sin(\omega t + \psi_u).$$

Величина $L\omega = 2\pi fL = x_L$ называется индуктивным сопротивлением (Ом); начальные фазы

$$\psi_u = \psi_i + \frac{\pi}{2}.$$

напряжения и тока связаны соотношением

$$\varphi = \psi_u - \psi_i = \frac{\pi}{2}$$

Тогда φ – угол сдвига фаз между током и напряжением.

Таким образом, при синусоидальном токе напряжение на L -элементе также синусоидальное; ток и напряжение изменяются с одинаковой частотой, причем напряжение опережает ток на угол $\frac{\pi}{2}$.

Схема замещения L -элемента представлена на рис. 3.6, а; временная и векторная диаграммы – на рис. 3.6, б и 3.6, в.

Следует иметь в виду, что положительным направлением вращения векторов принято считать направление их вращения против часовой стрелки.

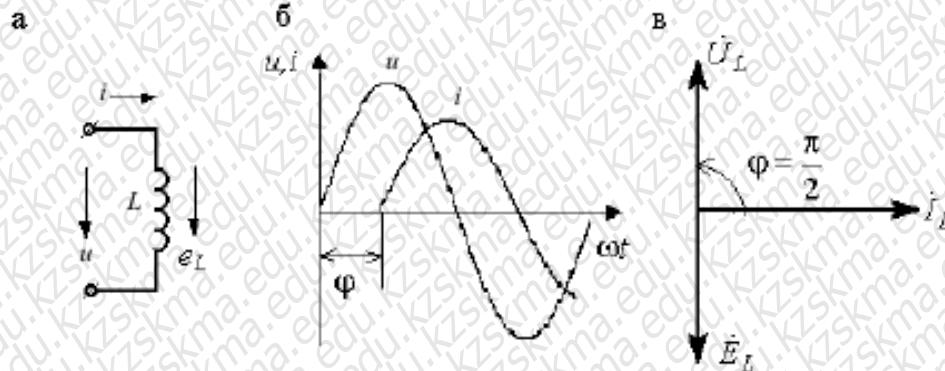


Рисунок 3.6 - Схема замещения L-элемента а; временная и векторная диаграммы – б и в.
В комплексном виде сопротивление равно

$$Z = \frac{\dot{U}_m}{\dot{I}_m} = \frac{U_m}{I_m} e^{j(\psi_u - \psi_i)} = x_L e^{j\frac{\pi}{2}} = jx_L$$

где $x_L = \omega L = 2\pi f L$ – индуктивное сопротивление,

$$Z = jx_L,$$

т. е. комплексное сопротивление L-элемента, является положительным мнимым числом, модуль которого равен x_L .

В цепи с L-элементом не совершается работа, а происходит периодический обмен энергией между источником и магнитным полем.

Интенсивность этого обмена называется индуктивной реактивной мощностью, которая обозначается Q_L и равна:

$$Q_L = U_L I_L = x_L I_L^2 = U_L^2 / x_L.$$

Для измерения реактивной индуктивной мощности используется своя единица: вольт-ампер реактивный (вар).

Б. Емкостной элемент. Конденсатор с электрической емкостью С – идеализированный элемент электрической цепи, в котором накапливается энергия электрического поля

$$W_s = \frac{q u}{2} = \frac{C u^2}{2},$$

где q – накопленный заряд, который равен C_u .

Пусть С-элемент подключен к источнику синусоидального напряжения

$$u = U_m \sin(\omega t + \psi_u).$$

В цепи возникает ток i , который равен

$$\begin{aligned} i &= \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt} = C \omega U_m \cos(\omega t + \psi_u) = C \omega U_m \sin(\omega t + \psi_u + \frac{\pi}{2}) = \\ &= I_m \sin(\omega t + \psi_i), \end{aligned}$$

$$I_m = C\omega U_m; \quad \psi_i = \psi_u + \frac{\pi}{2}; \quad \varphi = \psi_u - \psi_i = -\frac{\pi}{2}; \quad \omega C = \frac{1}{x_C} \quad \text{откуда} \quad x_C = \frac{1}{2\pi\omega C} \quad (x_C \text{ так как})$$

называется емкостным сопротивлением, измеряемым в Ом).

Таким образом, при синусоидальном напряжении ток также синусоидальный. Ток и напряжение изменяются с одинаковой частотой, причем ток опережает напряжение на угол $\frac{\pi}{2}$.

Схема замещения С-элемента приведена на рис. 3.7, а; его временная и векторная диаграммы – на рис. 3.7, б и 3.7, в.

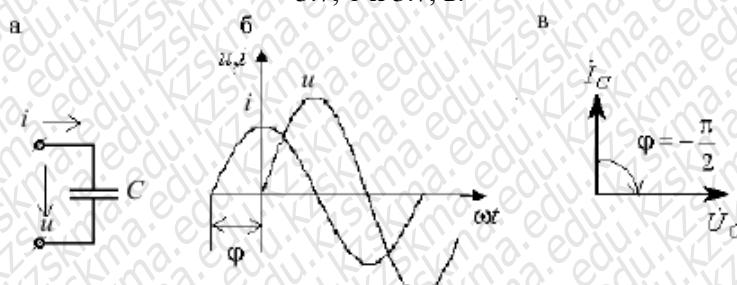


Рисунок 3.7 - Схема замещения С-элемента а; его временная и векторная диаграммы – б и в.

В комплексном виде

$$\underline{Z} = \frac{\dot{U}_m}{\dot{I}_m} = \frac{U_m}{I_m} e^{j(\psi_u - \psi_i)} = x_C e^{-j\frac{\pi}{2}} = -jx_C$$

$$Z = -jx_C$$

т. е. комплексное сопротивление С-элемента является отрицательным мнимым числом, модуль которого равен x_C .

В цепи с С-элементом не совершается работа, а происходит периодический обмен энергии между источником и электрическим полем.

Интенсивность этого обмена характеризуется реактивной емкостной мощностью Q_C , которая измеряется в тех же единицах, что и Q (вар).

$$Q_C = -U_C I_C = -x_C I_C^2 = -U_C^2 / x_C$$

Если индуктивный и емкостной элементы соединены последовательно, то в моменты времени, когда энергия магнитного поля индуктивного элемента увеличивается, энергия электрического поля емкостного элемента уменьшается, и наоборот.

Следовательно, эти элементы могут обмениваться энергией не только с источником, но и друг с другом.

Законы Кирхгофа для цепей однофазного переменного тока для мгновенных значений.

Законы Кирхгофа для цепей однофазного переменного тока записываются в комплексной форме или для мгновенных значений.

Математическая формулировка зависит от выбранного способа представления синусоидальных величин, однако векторный и тригонометрический способы достаточно громоздкие.

1 закон Кирхгофа – для мгновенных значений: алгебраическая сумма токов в любом узле электрической цепи в каждый момент времени равна нулю.

$$\sum_{k=1}^n i_k = 0,$$

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 22стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

В комплексной форме: алгебраическая сумма комплексных значений токов всех ветвей, сходящихся в каком-либо узле цепи синусоидального тока, равна нулю.

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0.$$

II закон Кирхгофа – для мгновенных значений: алгебраическая сумма напряжений всех участков любого контура в каждый момент времени равна нулю.

$$\sum_{k=1}^m u_k = 0,$$

где m – число участков контура.

Для контура, содержащего пассивные элементы (резистивные, индуктивные, емкостные) и источники ЭДС, формулировка II закона Кирхгофа следующая: **в каждый момент времени алгебраическая сумма падений напряжений на пассивных элементах контура равна алгебраической сумме ЭДС в этом контуре.**

В комплексной форме II закон Кирхгофа:

$$\sum_{k=1}^n U_k = \sum_{k=1}^m E_k.$$

4.Иллюстративный материал: Для проведения занятия используется следующее материально-техническое обеспечение: ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

5.Литература:

основная:

1. Туганбаев, И. Т. Электротехника [Текст] : учебник / И. Т. Туганбаев. - ; Рек. М-вом образования и науки РК. - Алматы : Эверо, 2014. - 250 с.
2. Электротехника и электроника [Текст] : учебник / А. Н. Горбунов [и др.] ; под ред. А. В. Кравцова. - Алматы : Эверо, 2012. - 660 с.
3. Шестеркин, Алексей Николаевич Введение в электротехнику. Элементы и устройства вычислительной техники [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. Н. Шестеркин; УМО вузов по унив. политехн. образованию. - М. : Горячая линия - Телеком, 2015. - 251, [1] с
4. Гельман, М. В.Основы электроники [Электронный ресурс] : исполнение настольное ручное минимодульное : метод. указания / М. В. Гельман, В. В. Шулдяков. - Челябинск : Учтех-Профи, 2013. - 80 с.
5. Афанасьева Н.А., Булат Л.П. Электротехника и электроника: Учеб. пособие. СПб.: СПбГУНиПТ, 2010. 181 с.
6. Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника: учебник для вузов / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – 6-е изд., стер. – Москва: КноРус, 2013. – 798 с.: ил
7. Ахметбаев, Д. С.Электротехниканың теориялық негіздері [Мәтін] : оқулық / Д. С. Ахметбаев. - Алматы : Лантар Трейд, 2019. - 328, [1] б. <http://elib.kaznu.kz>
8. Туганбаев, Ү. Электротехниканың теориялық негіздері [Мәтін] : оқулық / Ү. Туганбаев; ҚР Білім және ғылым м-гі. - Алматы : ҚР Жоғары оқу орындары, 2012. - 498, [2] б. <http://elib.kaznu.kz>
9. Қ.Е.Арыстанбаев, Т.Т. Амангельді, Б.М. Джаналиев. Электроника. Оқу құралы. – Алматы: Эверо, 2022. – 152 бет.
10. Панфилов Д.И. Электротехника и электроника в экспериментах и уравнениях. Практикум на Electronics Workbench. Том 1: Электротехника, том 2: Электроника, -М.: ДОДЕКА, 2012 г. 1 том - 303с. и 2 том -287с.

дополнительная:

11. Сборник задач по теоретическим основам электротехники. Под редакцией Л.А. Бессонова. - М.:Высшая школа, 2008

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 23стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

12. Афанасьева Н.А., Булат Л.П. Электротехника и электроника: Учеб. пособие. СПб.: СПбГУНиПТ, 2010. 181 с.
13. Лавров В.М. Л 13 Электротехника и электроника: Конспект лекций. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 98 с.
14. Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника: учебник для вузов / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – 6-е изд., стер. – Москва: КноРус, 2013. – 798 с.: ил
15. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник / Л.А. Бессонов. – 11-е изд., перераб. и доп. – М.: Гардарики, 2007. – 701с.: ил
16. Гальперин М. В. Электротехника и электроника: Учебник / Гальперин М.В. - М.:Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 480 с.: 60x90 1/16. - (Профессиональное образование). - Режим доступа <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=553180>
17. Славинский А. К. Электротехника с основами электроники: учебное пособие / А.К. Славинский, И.С. Туревский. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. - 448 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Профессиональное образование). - Режим доступа <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=494180>
18. Электрические измерения и приборы : Учеб. пособ. для студ. вузов, обуч. по направлению подготовки бакалавров и магистров / Г.И. Кольниченко, П.А. Михалин, А.С. Степанов; МОиН РФ, ФГБОУ ВПО МГУЛ. - М. : МГУЛ, 2014. - 89 с. : ил.
19. Арыстанбаев К.Е., Жумабекова А.Б., Умаров А.А. Системы управления химико-фармацевтическими процессами. - Алматы : Эверо, 2020. - 128 с.

Электронные ресурсы:

6. Контрольные вопросы:

1. Какой ток занимает лидирующее положение при генерировании, передаче и трансформировании электрической энергии в экономике?
2. Дать определение синусоидального тока. Мгновенные, амплитудные, средние, действующие значения тока, напряжения, ЭДС.
3. Объяснить способы представления синусоидальных величин и начертить их диаграммы.
4. Начертить и пояснить векторную диаграмму синусоидальных функций.
5. Перечислить и дать определения основным элементам электрических цепей переменного тока.
6. Объяснить законы Кирхгофа для цепей однофазного переменного тока для мгновенных значений

Лекция №4

1. Тема: Неразветвленные электрические цепи. Разветвленные электрические цепи.

2. Цель: Освоить основные понятия о неразветвленных электрических цепях, о разветвленных электрических цепях, электрических цепях трехфазного переменного тока, о переходных процессах в линейных электрических цепях, о электрических приборах и измерениях.

3. Тезисы лекции:

1. Неразветвленные электрические цепи.

2. Разветвленные электрические цепи

1. Неразветвленные электрические цепи.

Рассмотрим цепь с последовательным соединением R-, L- и C-элементов.

$$i = I_m \sin (\omega t + \psi_i).$$

Пусть данная цепь (рис. 4.1) подключена к источнику тока

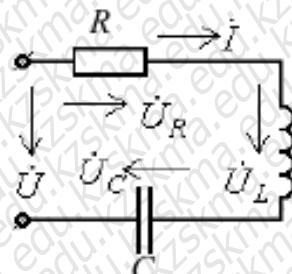


Рисунок 4.1- Неразветвленная электрическая цепь

Необходимо определить напряжение на ее входе.

По II закону Кирхгофа запишем:

$$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C,$$

где (из закона Ома):

$$\dot{U}_R = R \dot{I}; \quad \dot{U}_L = jx_L \dot{I};$$

$$\dot{U}_C = -jx_C \dot{I}.$$

Отсюда:

$$\dot{U} = \dot{I}(R + jx_L - jx_C),$$

Где $R + j(x_L - x_C) = \underline{Z}$ – комплексное сопротивление всей цепи. Тогда для данной цепи:

$$\dot{U} = \dot{I} \underline{Z}.$$

При последовательном соединении элементов R, L и C эквивалентное комплексное сопротивление цепи равно сумме комплексных сопротивлений всех последовательно включенных элементов:

$$\underline{Z} = R + jx_L - jx_C.$$

Закон Ома для действующих значений и выражение полного сопротивления цепи будут иметь вид:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2}}; \quad Z = \sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2}.$$

Рассмотрим векторные диаграммы.

При построении векторных диаграмм необходимо взять за основу какой-то базисный вектор, от которого и строить все другие векторы, при этом необходимо помнить, что за положительное направление вращения векторов принято вращение **против часовой стрелки**. При последовательном соединении элементов за исходный (основной) принимается вектор тока, так как во всех элементах цепи протекает один и тот же ток. Рассмотрим случай, когда индуктивное сопротивление катушки больше емкостного сопротивления конденсатора ($x_L > x_C$).

Векторная диаграмма будет иметь вид (рис. 4.2, а). Из векторной диаграммы можно выделить треугольник напряжений (рис. 4.2, б). Если стороны треугольника напряжений (мысленно) разделить на один и тот же ток получим подобный треугольник сопротивлений (рис. 4.2, в).

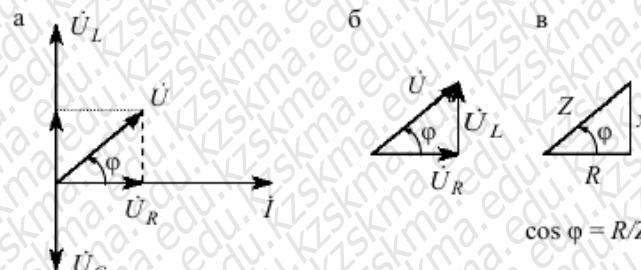


Рисунок 4.2 – Векторные диаграммы

Резонанс напряжений. Электрический резонанс – совпадение частоты собственных электрических колебаний в замкнутом контуре с частотой колебаний электрического тока, передаваемого внешним источником энергии.

Резонансом напряжений называется режим, при котором в цепи с последовательным соединением индуктивного и емкостного сопротивлений напряжение на входе совпадает по фазе с током. Условие резонанса напряжений следующее:

$$L\omega = \frac{1}{C\omega} \quad \text{и} \quad x_L = x_C$$

При резонансе напряжений векторная диаграмма представлена на рис. 5.3, а, а график изменения тока от изменения емкости конденсатора (или индуктивности катушки) может иметь вид (рис. 5.3, б):

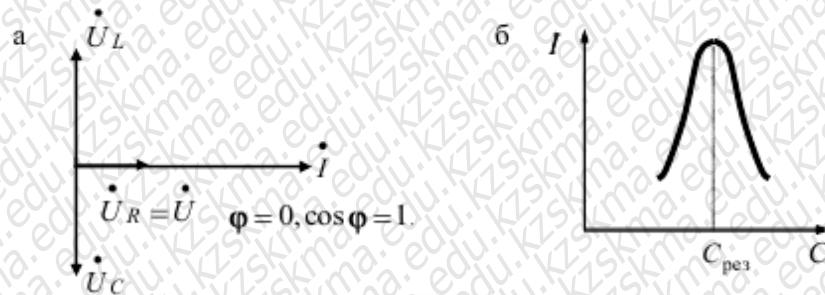


Рисунок 4.3 - Векторная диаграмма при резонансе напряжений

Как следствие из условия резонанса напряжений, можно отметить следующее:

- ток в цепи в точке резонанса – максимальный;
- угол сдвига фаз $\phi = 0$, т. е. цепь ведет себя как цепь, имеющая только активное сопротивление;
- $\cos\phi = 1$;
- напряжения на отдельных участках цепи переменного тока с последовательным соединением L- и C- элементов могут значительно превышать напряжение на входе (что невозможно в цепях постоянного тока), так как напряжения на L- и C- элементах находятся в противофазе ($\psi_{UC} = \psi_{UL} + \pi$) и их сумма меньше каждого в отдельности.

В электроэнергетических устройствах в большинстве случаев резонанс напряжений – явление нежелательное именно потому, что входные напряжения установок могут в несколько раз превышать их рабочие напряжения; однако в радиотехнике и автоматике резонанс напряжений часто применяется для настройки цепей на заданную частоту.

2. Разветвленные электрические цепи

Рассмотрим электрическую цепь, состоящую из двух параллельных ветвей, схема замещения которой представлена на рис. 4.4.

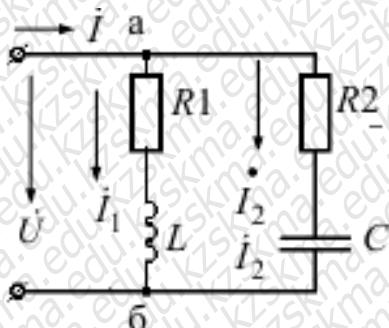


Рисунок 4.4 - Электрическая цепь, состоящая из двух параллельных ветвей

Пусть цепь присоединена к источнику напряжения $u = U_m \sin \omega t$.

Необходимо определить токи в ветвях и в неразветвленной части цепи. Для узла «а» по I закону Кирхгофа можно записать:

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2, \text{ но по закону Ома: } \dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{Z_1}; \quad \dot{I}_2 = \frac{\dot{U}}{Z_2}.$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{Z_1} + \frac{\dot{U}}{Z_2},$$

Тогда: где $Z_1 = R_1 + jx_L$ – комплексное сопротивление первой ветви; $Z_2 = R_2 - jx_C$ – комплексное сопротивление второй параллельной ветви. Иначе можно записать:

$$\dot{I} = \dot{U} \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \right),$$

$$\text{где } \frac{1}{Z_1} = Y_1; \quad \frac{1}{Z_2} = Y_2 \quad \text{– комплексные проводимости ветвей.}$$

Комплексная проводимость всей цепи:

$$\underline{Y} = \frac{1}{Z} = g \pm jb,$$

где g – активная проводимость, являющаяся действительной частью комплексного числа; b – реактивная проводимость, являющаяся мнимой частью комплексного числа (может быть b_L и b_C).

Закон Ома для цепи с параллельным соединением R- L- и C-элементов в комплексном виде

$$\dot{I} = \dot{U} \underline{Y}$$

или для действующих значений

$$I = U \sqrt{g^2 + b^2},$$

$$\text{For } |Y| = y = \sqrt{g^2 + b^2}$$

Где Σ – полная (действующая) проводимость цепи.

Выразим проводимости ветвей через их сопротивления. Для схемы, представленной на рис.5.4, можно записать закон Ома в следующем виде

$$\begin{aligned} \dot{I} &= \dot{U} \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} \right) = \dot{U} \left(\frac{1}{R_1 + jx_L} + \frac{1}{R_2 - jx_C} \right) = \dot{U} \left(\frac{R_1 - jx_L}{R_1^2 + x_L^2} + \frac{R_2 + jx_C}{R_2^2 + x_C^2} \right) = \\ &= \dot{U} \left(\frac{R_1}{Z_1^2} - j \frac{x_L}{Z_1^2} + \frac{R_2}{Z_2^2} + j \frac{x_C}{Z_2^2} \right) = \dot{U} \left(g_1 + g_2 - jb_L + jb_C \right) = \dot{U} \left(g - jb_L - jb_C \right) \end{aligned}$$

Из последнего выражения видно, что индуктивная проводимость – мнимая отрицательная часть комплексной проводимости с модулем, равным b_L ; емкостная проводимость – мнимая положительная часть комплексной проводимости с модулем, равным b_C . Действительная часть комплексного числа g – активная проводимость.

$$g = \frac{R}{Z^2} = \frac{1}{R}; \quad b_L = \frac{x_L}{Z^2}; \quad b_C = \frac{x_C}{Z^2}.$$

Рассмотрим векторные диаграммы.

При параллельном соединении за основной (базисный вектор) принимается вектор напряжения, так как напряжение одинаково на всех элементах цепи. Рассмотрим случай, когда емкостная проводимость конденсатора больше индуктивной проводимости катушки ($b_C > b_L$) рис. 5.5.

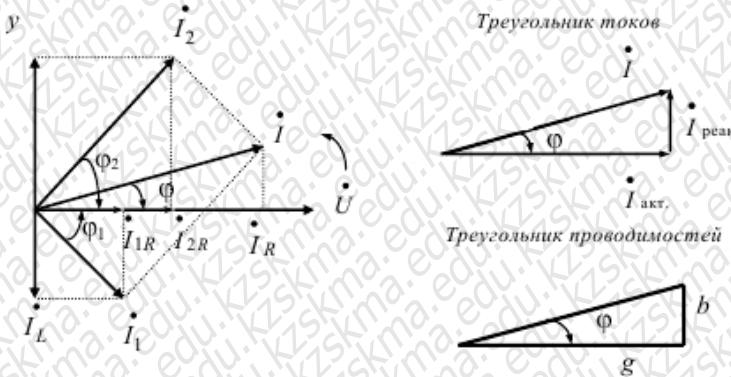


Рисунок 4.5 – Векторные диаграммы при параллельном соединении

Данная цепь имеет емкостной характер. Если в другой цепи индуктивная проводимость будет больше емкостной ($b_L > b_C$), то такая цепь будет иметь индуктивный характер.

Резонанс токов. Явление резонанса токов наступает в цепи с параллельным соединением R-, L- и C-элементов при условии равенства индуктивной и емкостной проводимостей

$$b_{\text{L}} = b_{\text{C}}$$

Векторная диаграмма при резонансе токов представлена на рис. 4.6, а, а график изменения тока в цепи от изменения емкости конденсатора (или индуктивности катушки) может иметь вид, представленный на рис. 4.6, б.

При этом цепь ведёт себя как цепь, имеющая только активное сопротивление. При резонансе токов обмен реактивной энергией происходит только между катушкой индуктивности и конденсатором, а от

генератора в цепь поступает лишь одна активная энергия, поглощаемая активным сопротивлением.

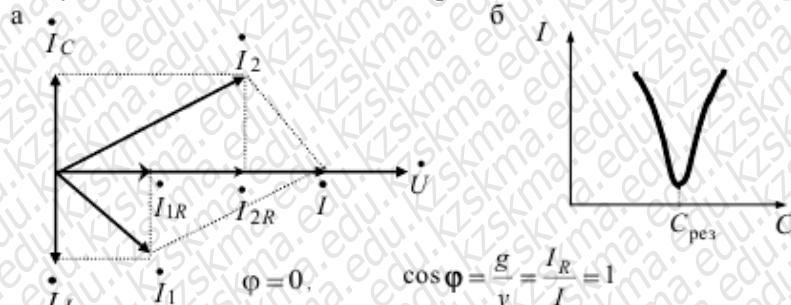


Рисунок 4.6 - Векторная диаграмма при резонансе токов

Как следствие из условия резонанса токов можно отметить следующее:

– ток в цепи при резонансе минимальный $I = U \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2}$ $I = U \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2}$

$$Y = \sqrt{g^2 + (b_C - b_L)^2} e^{-j\phi}$$

а так как $b_L = b_C$, то $I = U g$; $I = U * (G^2 + (B_L - B_C)^2)$

– угол сдвига фаз между полным током и напряжением в цепи равен нулю ($\phi = 0$), следовательно, $\cos = 1$;

– ток неразветвленного участка цепи может быть значительно меньше токов ветвей, так как реактивные составляющие токов находятся в противофазе и их сумма может быть меньше каждого тока в отдельности.

Резонанс токов в отличие от резонанса напряжений – явление безопасное для электроэнергетических установок. Резонанс токов широко применяется для повышения коэффициента мощности предприятий, а также находит применение в радиотехнических устройствах.

Мощность в цепи однофазного переменного тока

Активная мощность P определяет энергетический режим пассивного двухполюсника, т. е. среднюю скорость необратимого преобразования электрической энергии в другие виды энергии во всех резистивных элементах приемника. Измеряется в ваттах (Вт).

$$P = UI \cos \phi; \quad P = I^2 R = U^2 g.$$

Реактивная мощность Q характеризует интенсивность обмена энергией между источником и совокупностью индуктивных и емкостных элементов приемника. Измеряется в единицах – вар (вольт-ампер реактивный).

$$Q = UI \sin \phi; \quad Q = I^2 x = U^2 b.$$

Полная или кажущаяся мощность S определяет эксплуатационные возможности электротехнических устройств, для которых она указывается в качестве номинальной (S_n). Измеряется в вольт-амперах (ВА).

$$S = UI; \quad S = I^2 Z = U^2 Y.$$

В комплексном виде $S = U \dot{I}$, где \dot{I} – сопряженное значение комплексного тока.

Если

$$\dot{U} = U e^{j\psi_u}; \quad \dot{I} = I e^{-j\psi_i}, \quad \text{то}$$

$$S = U I e^{j(\psi_u - \psi_i)} = U I e^{j\Phi} = S e^{j\Phi},$$

так как

$$\Phi = \psi_u - \psi_i,$$

Тогда

$$S = S e^{j\Phi} = P \pm jQ.$$

Таким образом, вещественная составляющая комплексной мощности является активной мощностью, которая всегда положительна, а мнимая составляющая – реактивной мощностью. При этом, если $\Phi > 0$, то в цепи преобладает индуктивная нагрузка, реактивная мощность – положительна и комплексная мощность равна

$$S = P + jQ_L,$$

а если $\Phi < 0$, то в цепи преобладает ёмкостная нагрузка, реактивная мощность – отрицательна и комплексная мощность равна

$$S = P - jQ_C.$$

Треугольник мощностей можно получить из треугольника напряжений (см. рис. 4.2, б), мысленно умножив его стороны на ток, или из треугольника токов (см. рис. 4.5), умножив его стороны на напряжение. На рис. 4.7 представлен треугольник мощностей на комплексной плоскости.

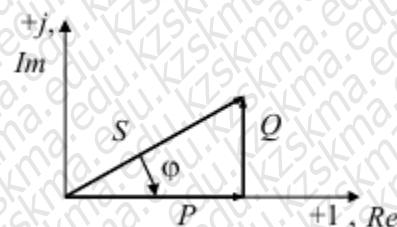


Рисунок 4.7 - Треугольник мощностей на комплексной плоскости.

Здесь полная мощность

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2};$$

активная мощность

$$P = S \cos \varphi;$$

реактивная мощность

$$Q = S \sin \varphi;$$

коэффициент мощности

$$\cos \varphi = P / S.$$

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 30стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

Коэффициент мощности ($\cos\phi = P/S$) является важным эксплуатационным параметром, который показывает, какая доля электрической энергии может быть преобразована в другие виды энергии (тепловую, световую, механическую, химическую, лучистую и т. д.).

Чем выше $\cos\phi$, тем при меньших токах может быть произведено преобразование электрической энергии в другие виды.

Это приводит к уменьшению потерь электроэнергии, её экономии и удешевлению устройств электропередачи.

Все законы и методы, используемые при расчете электрических цепей постоянного тока, можно применять для расчета цепей переменного тока только в том случае, если их параметры выражены в комплексной форме.

4.Иллюстративный материал: Для проведения занятия используется следующее материально-техническое обеспечение: ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

Электронные ресурсы:

5.Литература:

основная:

1. Мантлер С. Н. Химиялық технологияның процесстері және аппараттары : оқулық / С. Н. Мантлер, F. М. Жуманазарова. - КР БФМ ұсынған. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 б.
2. Мантлер С. Н. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер, Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
3. Туганбаев, И. Т. Электротехника [Текст] : учебник / И. Т. Туганбаев. - ; Рек. М-вом образования и науки РК. - Алматы : Эверо, 2014. - 250 с.
4. Баубеков, С. Ж.Электрлік машиналар мен аппараттар: оқулық - Алматы : Эверо, 2013
5. Қ.Е.Арыстанбаев, Т.Т. Амангельді, Б.М. Джаналиев. Электроника. Оқу құралы. – Алматы: Эверо, 2022. – 152 бет.
6. Арыстанбаев К.Е., Жумабекова А.Б., Умаров А.А. Системы управления химико-фармацевтическими процессами. - Алматы : Эверо, 2020. - 128 с.
7. Электротехника и электроника: учебник / А. Н. Горбунов [и др.] ; под ред. А. В. Кравцова. - Алматы : Эверо, 2012. - 660 с.

Дополнительная:

8. Электротехника и электроника: учебник / А. Н. Горбунов [и др.] ; под ред. А. В. Кравцова. - Алматы : Эверо, 2012. - 660 с.
9. Дүзелбаев С. Т. Машина тетіктері : Жоғары кәсіптік мамандар даярлайтын техникалық оқу орындарының студенттеріне арналған оқулық / С. Т. Дүзелбаев. - КР БФМ ұсынған. - Алматы : "Бастау", 2016. - 408 б.

10.Воронов, М. В. Системы искусственного интеллекта : учебник и практикум для вузов / М. В. Воронов, В. И. Пименов, И. А. Небаев. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Издательство Юрайт, 2024. - 268 с.

11. Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th US ed. by Stuart Russell and Peter Norvig. 2020. – 1127 p.

Электронные ресурсы:

1. Электротехника және өндірістік электроника негіздері: дәріс кешені.-Шымкент, 2023

https://base.ukgfa.kz/?wpfb_dl=29967

2. Электротехника и основы промышленной электроники: лекционный комплекс.- Шымкент, 2023 https://base.ukgfa.kz/?wpfb_dl=29962

3. Куракбай М.Б. Электроника және электротехникалық материалдар: оқу құралы. Алматы: «Medet Group» ЖШС, 2021. – 192 б. <https://aknurpress.kz/reader/web/3169>

4. Бёрд Дж.Электр және электроника негіздері мен технологиясы: Оқулық / ауд. Н.А. Маженов, Ю.М. Смирнов, О. Маженова. – Алматы, 2013

<https://aknurpress.kz/reader/web/2786>

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 31 стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

5. Амочаева Г.П., Афанасьев Д.А. Прикладная электроника. Учебное пособие. (2-е издание): ТОО «Medet Group». Караганда, 2020. – 106 стр <https://aknurpress.kz/reader/web/2400>

6. Луганская С. П., Қыдырбаева Н. Қ. Электроника негіздері: Оқу құралы./Луганская С. П., Қыдырбаева Н. Қ.–Алматы: «АҚНҰР» баспасы, 2018 – 198 б.

<https://aknurpress.kz/reader/web/1213>

7. Шпиганович, А. Н. Физические основы электроники : методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Физические основы электроники» для студентов — Липецк :, ЭБС АСВ, 2012. — 43 с. // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/22964.html>

Большаков, В. А. Лабораторный практикум по дисциплине \ "Общая электротехника и электроника. — Санкт-Петербург : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2006. — 91 с. // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART:

<https://www.iprbookshop.ru/12491.html>

Контрольные вопросы:

1. Объяснить, какие цепи являются неразветвленными?
2. Написать и объяснить формулы законов Ома и Кирхгофа для цепей переменного тока.
3. Какой ток занимает лидирующее положение при генерировании, передаче и трансформировании электрической энергии в экономике?
4. Дать определение синусоидального тока. Мгновенные, амплитудные, средние, действующие значения тока, напряжения, ЭДС.
5. Объяснить способы представления синусоидальных величин и начертить их диаграммы.
6. Начертить и пояснить векторную диаграмму синусоидальных функций.
7. Перечислить и дать определения основным элементам электрических цепей переменного тока.
8. Объяснить законы Кирхгофа для цепей однофазного переменного тока для мгновенных значений

Лекция 5

1. Тема: Электрические цепи трехфазного переменного тока. Электрические приборы и измерения.

2. Цель: Освоить основные понятия об электрических цепях трехфазного переменного тока. Понятия: электрические приборы и измерения.

3. Тезисы лекции:

1. Способы соединения фаз генератора трехфазной системы. Способы соединения приемников трёхфазных цепей.
2. Соотношение между линейными и фазовыми напряжениями и токами
3. Мощность трехфазной цепи

1. Способы соединения фаз генератора трехфазной системы. Способы соединения приемников трёхфазных цепей.

В современных энергетических системах генерирование и передача больших потоков энергии осуществляется трехфазными цепями (системами). Широкое их распространение объясняется, главным образом, тремя основными причинами:

- а) передача энергии на дальние расстояния трехфазным током экономически более выгодна, чем переменным током с иным числом фаз;
- б) элементы трехфазной системы - трехфазный асинхронный двигатель и трехфазный трансформатор - весьма просты в производстве, экономичны и надежны в работе;
- в) трехфазная система обладает свойством неизменности величины мгновенной мощности за период синусоидального тока в том случае, если нагрузка во всех трех фазах трехфазного генератора одинакова.

Трехфазная система была изобретена и разработана во всех деталях, включая трехфазные трансформатор и асинхронный двигатель, выдающимися русским инженером М.О. Доливо-Добровольским в 1891 году.

Под трехфазной симметричной системой ЭДС понимают совокупность трех синусоидальных ЭДС одинаковой частоты и амплитуды, сдвинутых по фазе на 120° .

График их мгновенных значений представлен на рис. 5.1., векторная диаграмма - на рис. 5.2.

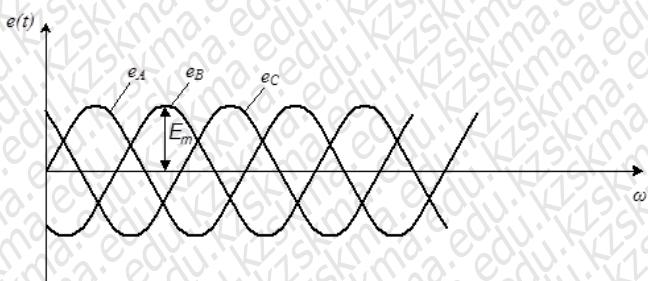


Рисунок 5.1

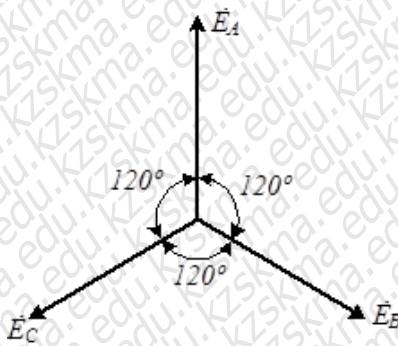


Рисунок 5.2

$$e_A = E_m \cdot \sin \omega t, \quad e_B = E_m \cdot \sin(\omega t - 2\pi/3), \quad e_C = E_m \cdot \sin(\omega t - 4\pi/3).$$

Трехфазную систему э.д.с. получают при помощи трехфазного генератора, в пазах статора которого размещены три электрически изолированные друг от друга обмотки - фазные обмотки генератора. Плоскости обмоток смещены в пространстве на 120° . При вращении ротора генератора в обмотках наводятся синусоидальные э.д.с. одинаковые по амплитуде, но сдвинутые по фазе на 120° .

Чтобы отличить три э.д.с. трехфазного генератора друг от друга, их обозначают соответствующим образом. Если одну э.д.с. обозначить E_A , то отстающие от нее на 120° э.д.с. принято обозначить E_B , а опережающую на 120° - E_C .

На электрической схеме трехфазный генератор изображают в виде трех обмоток, расположенных друг к другу под углом 120° .

При соединении "звездой" одноименные зажимы (например, концы) трех обмоток объединяются в один узел, который называют нулевой точкой генератора и обозначают буквой 0 (рис. 5.3). Начала обмоток генератора обозначают буквами А, В, С.

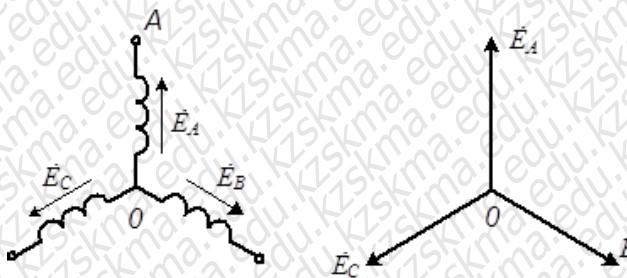


Рисунок 5.3

При соединении обмоток генератора "треугольником" конец первой обмотки генератора соединяется с началом второй, конец второй - с началом третьей, конец третьей - с началом первой (рис.5.4).

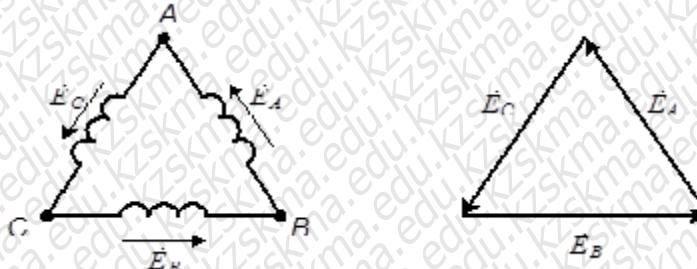


Рисунок 5.4

Геометрическая сумма э.д.с. в треугольнике равна нулю. Поэтому, если к зажимам А, В, С не присоединена нагрузка, то по обмоткам генератора не будет протекать ток.

Совокупность трехфазной системы ЭДС и трехфазной нагрузки (или нагрузок и соединительных проводов) называют трехфазной цепью.

Токи, протекающие по отдельным участкам трехфазной цепи, сдвинуты относительно друг друга по фазе. Под фазой трехфазной цепи понимают участок цепи, по которому протекает один и тот же ток. Таким образом, в зависимости от рассматриваемого вопроса, фаза - это либо участок трехфазной цепи, либо аргумент синусоидально изменяющейся величины.

Три обмотки генератора должны быть соединены с нагрузкой. Существуют различные способы соединения обмоток. Самым неэкономичным способом было бы соединение каждой обмотки генератора с нагрузкой двумя проводами, на что потребовалось бы шесть соединительных проводов. В целях экономии обмотки трехфазного генератора соединяют в "звезду" или "треугольник", вследствие чего количество соединительных проводов от генератора к нагрузке уменьшается с шести до трех или до четырех.

Рассмотрим способы соединения трехфазного генератора с трехфазной нагрузкой.

Схема соединения "звезда" - "звезда" с нулевым проводом представлена на рис. 5.5.

Узел, который образуют три конца трехфазной нагрузки при соединении ее "звездой", называют нулевой точкой нагрузки и обозначают $0'$. Провод, соединяющий нулевые точки генератора и нагрузки, называют нулевым (нейтральным). Ток нулевого провода обозначают I_0 , положительное направление тока - от узла $0'$ к узлу 0 .

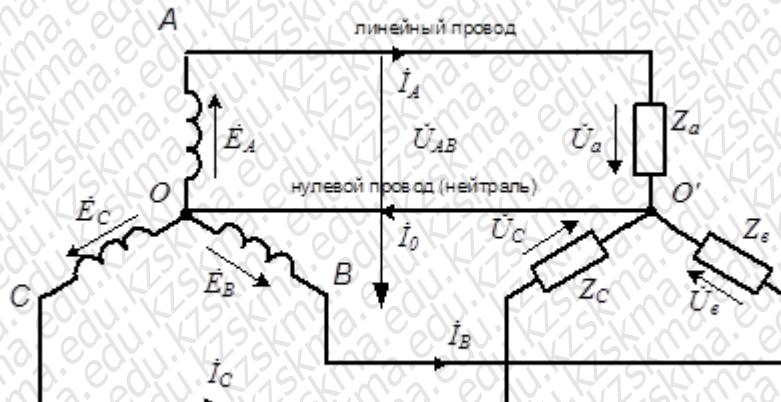


Рисунок 5.5

Провода, соединяющие зажимы А, В, С генератора с нагрузкой, называют линейными проводами. Текущие по линейным проводам токи называют линейными, их обозначают I_A , I_B , I_C . Условимся за положительное направление для них принимать направление от генератора к нагрузке. Модули линейных токов часто обозначают I_L , не указывая никакого дополнительного индекса. Такое обозначение применяется часто тогда, когда линейные токи по модулю одинаковы.

Напряжение между линейными проводами называют линейным напряжением и обозначают при помощи двух индексов, например U_{AB} . Модуль линейного напряжения обозначают U_L .

Каждую из трех обмоток генератора называют фазой генератора. Каждую из трех нагрузок называют фазой нагрузки. Протекающие по ним токи называют фазовыми токами I_F , а напряжения на них - фазовыми или фазными напряжениями U_F .

Схему на рис.5.6 называют "звезда - звезда" без нулевого провода; на рис.5.7. - "звезда - треугольник"; на рис. 5.8. - "треугольник - треугольник", на рис. 5.9. - "треугольник - звезда".

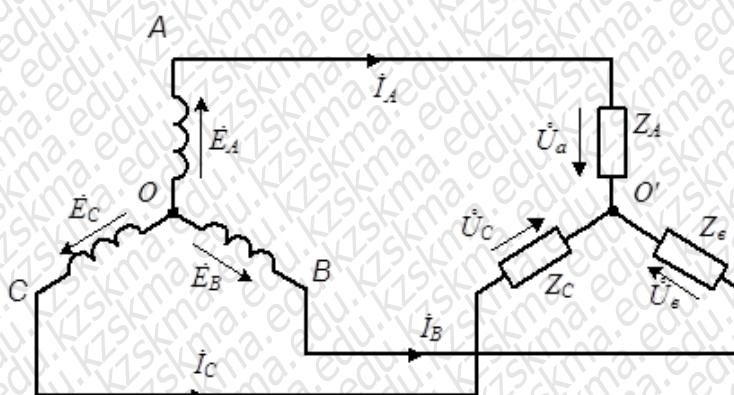


Рисунок 5.6

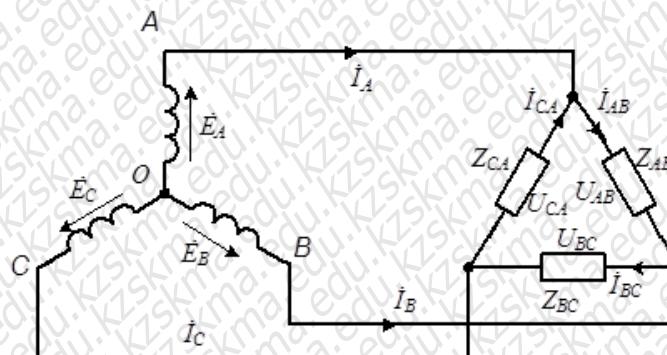


Рисунок 5.7

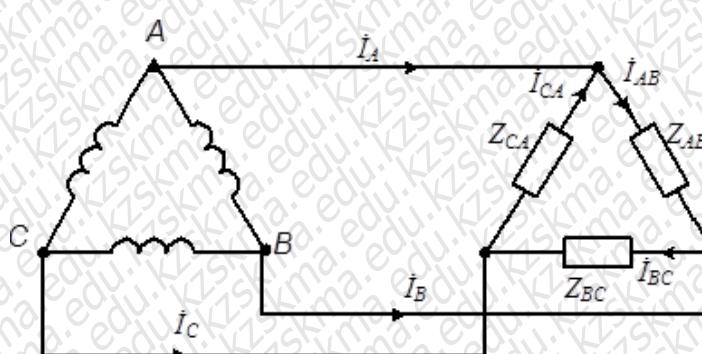


Рисунок 5.8

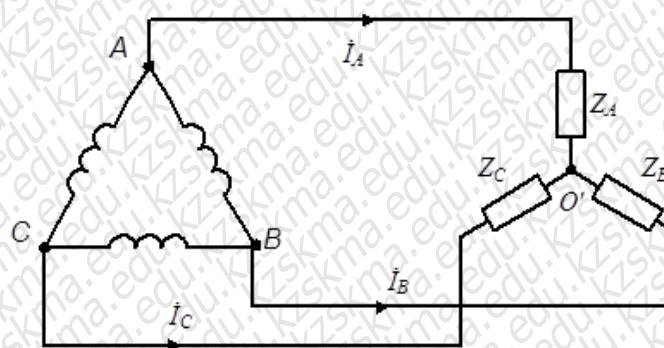


Рисунок 5.9

2. Соотношение между линейными и фазовыми напряжениями и токами

При соединении генератора в "звезду" (рис. 5.5) линейное напряжение по модулю в $\sqrt{3}$ раз больше фазового напряжения генератора. Это следует из того, что U_L есть основание равнобедренного треугольника с острыми углами по 30° (рис. 5.10):

$$U_L = U_{AB} = U_\phi \cdot 2 \cos 30^\circ = \sqrt{3} \cdot U_\phi. \quad (5.1)$$

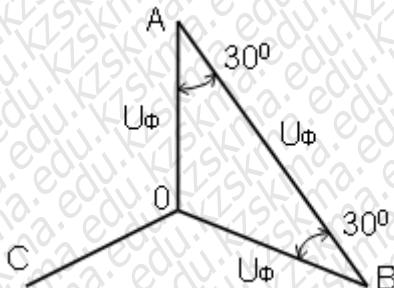


Рисунок 5.10

Линейный ток I_L при соединении генератора в "звезду" равен фазовому току генератора:

$$I_L = I_\phi. \quad (5.2)$$

При соединении генератора в "треугольник" линейное напряжение равно фазовому напряжению генератора (рис. 5.8; 5.9):

$$U_L = U_{\text{Фгенер.}} \quad (5.3)$$

При соединении нагрузки в "звезду" (рис. 5.5; 5.6; 5.9) соответствующий линейный ток равен соответствующему фазовому току нагрузки:

$$I_L = I_\phi.$$

При соединении нагрузки "треугольником" токи в сторонах треугольника также снабжают двумя индексами. Положительные направления токов выбирают по часовой стрелке. Индексы у токов соответствуют выбранным для них положительных направлениям. Первый индекс соответствует узлу, из которого ток вытекает, второй - узлу, в который ток втекает.

При соединении нагрузки в "треугольник" (рис. 5.7; 5.8) линейные токи не равны фазовым токам нагрузки и определяются через них по первому закону Кирхгофа:

$$I_A = I_{AB} - I_{CA}; \quad I_B = I_{BC} - I_{AB}; \quad I_C = I_{CA} - I_{BC}. \quad (5.4)$$

В случае симметричной нагрузки $Z_{AB} = Z_{CA} = Z_{BC}$ сумма фазных токов в нагрузке равна нулю.

Линейный ток определяется как основание равнобедренного треугольника (рис.5.11):

$$I_L = I_\phi \cdot 2 \cdot \cos 30^\circ = \sqrt{3} \cdot I_\phi. \quad (5.5)$$

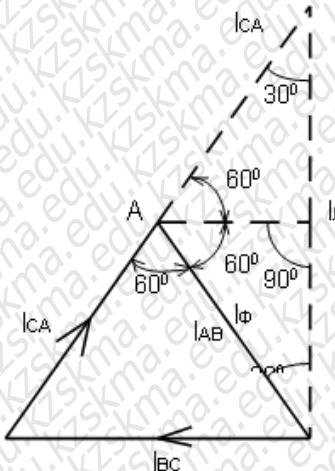


Рисунок 5.11

3. Мощность трехфазной цепи

Под активной мощностью трехфазной системы понимают сумму активных мощностей фаз и активной мощности, выделяемой в сопротивлении, включенном в нулевой провод:

$$P_{cp} = P_A + P_B + P_C + P_0. \quad (5.6)$$

Реактивная мощность - сумма реактивных мощностей фаз и реактивной мощности сопротивления, включенного в нулевой провод:

$$Q = Q_A + Q_B + Q_C + Q_0. \quad (5.7)$$

Полная мощность:

$$S = \sqrt{P_{cp}^2 + Q^2}. \quad (5.8)$$

Если нагрузка симметричная, то $P_0 = 0$. $Q_0 = 0$;

$$P_A = P_B = P_C = U_\phi \cdot I_\phi \cdot \cos \varphi; \quad (5.9)$$

$$Q_A = Q_B = Q_C = U_\phi \cdot I_\phi \cdot \sin \varphi. \quad (5.10)$$

Здесь под φ понимается угол между напряжением U_ϕ и током I_ϕ фазы нагрузки.

При симметричной нагрузке фаз

$$\left. \begin{array}{l} P_{cp} = 3U_\phi \cdot I_\phi \cdot \cos \varphi; \\ Q = 3U_\phi \cdot I_\phi \cdot \sin \varphi; \\ S = 3U_\phi \cdot I_\phi. \end{array} \right\} \quad (5.11)$$

При симметричной нагрузке независимо от способа ее соединения в "звезду" или в "треугольник"

$$3U_\phi I_\phi = \sqrt{3} \sqrt{3} U_\phi I_\phi = \sqrt{3} U_L I_L.$$

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 38стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

Поэтому вместо формул (5.11) используют следующие:

$$\left. \begin{array}{l} P_{cp} = \sqrt{3}U_{\perp}I_{\perp} \cos \varphi; \\ Q = \sqrt{3}U_{\perp}I_{\perp} \sin \varphi; \\ S = \sqrt{3}U_{\perp}I_{\perp}. \end{array} \right\} \quad (5.12)$$

4. Иллюстративный материал: Для проведения занятия используется следующее материально-техническое обеспечение: ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

Электронные ресурсы:

5. Литература:

основная:

основная:

1. Мантлер С. Н. Химиялық технологияның процесстері және аппараттары : оқулық / С. Н. Мантлер, F. М. Жуманазарова. - ҚР БФМ ұсынған. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 б.
2. Мантлер С. Н. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер, Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
3. Туганбаев, И. Т. Электротехника [Текст] : учебник / И. Т. Туганбаев. - ; Рек. М-вом образования и науки РК. - Алматы : Эверо, 2014. - 250 с.
4. Баубеков, С. Ж. Электрлік машиналар мен аппараттар: оқулық - Алматы : Эверо, 2013
5. Қ.Е.Арыстанбаев, Т.Т. Амангельді, Б.М. Джаналиев. Электроника. Оқу құралы. – Алматы: Эверо, 2022. – 152 бет.
6. Арыстанбаев Қ.Е., Жумабекова А.Б., Умаров А.А. Системы управления химико-фармацевтическими процессами. - Алматы : Эверо, 2020. - 128 с.
7. Электротехника и электроника: учебник / А. Н. Горбунов [и др.] ; под ред. А. В. Кравцова. - Алматы : Эверо, 2012. - 660 с.

Дополнительная:

8. Электротехника и электроника: учебник / А. Н. Горбунов [и др.] ; под ред. А. В. Кравцова. - Алматы : Эверо, 2012. - 660 с.
9. Дүзелбаев С. Т. Машина тетіктері : Жоғары кәсіптік мамандар даярлайтын техникалық оқу орындарының студенттеріне арналған оқулық / С. Т. Дүзелбаев. - ҚР БФМ ұсынған. - Алматы : "Бастау", 2016. - 408 б.
10. Воронов, М. В. Системы искусственного интеллекта : учебник и практикум для вузов / М. В. Воронов, В. И. Пименов, И. А. Небаев. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Издательство Юрайт, 2024. - 268 с.
11. Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th US ed. by Stuart Russell and Peter Norvig, 2020. – 1127 p.

Электронные ресурсы:

8. Электротехника және өндірістік электроника негіздері: дәріс кешені.-Шымкент, 2023

https://base.ukgfa.kz/?wpfb_dl=29967

9. Электротехника и основы промышленной электроники: лекционный комплекс.- Шымкент, 2023 https://base.ukgfa.kz/?wpfb_dl=29962

10. Куракбай М.Б. Электроника және электротехникалық материалдар: оқу құралы. Алматы: «Medet Group» ЖШС, 2021. – 192 б. <https://aknurpress.kz/reader/web/3169>

11. Бёрд Дж.Электр және электроника негіздері мен технологиясы: Оқулық / ауд. Н.А. Маженов, Ю.М. Смирнов, О. Маженова. – Алматы, 2013

<https://aknurpress.kz/reader/web/2786>

12. Амочаева Г.П., Афанасьев Д.А.Прикладная электроника. Учебное пособие. (2-е издание):ТОО «Medet Group». Караганда, 2020. – 106 стр <https://aknurpress.kz/reader/web/2400>

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 39стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

13. Луганская С. П., Қыдырбаева Н. Қ. Электроника негіздері: Оқу құралы./Луганская С. П., Қыдырбаева Н. Қ.—Алматы: «АҚНҮР» баспасы, 2018 – 198 б.

<https://aknurpress.kz/reader/web/1213>

14. Шпиганович, А. Н. Физические основы электроники : методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Физические основы электроники» для студентов — Липецк : , ЭБС АСВ, 2012. — 43 с. // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/22964.html>

Большаков, В. А. Лабораторный практикум по дисциплине \ "Общая электротехника и электроника. — Санкт-Петербург : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2006. — 91 с. // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: <https://www.iprbookshop.ru/12491.html>

6. Контроль (вопросы, задачи, решение)

Контрольные вопросы

1. Как понять –трехфазная симметричная система ЭДС?
2. Как можно получить при помощи трехфазного генератора трехфазную систему ЭДС?
3. Какая цепь называется трехфазной цепью?
4. Линейный ток, линейное напряжение при соединении «звездой»?
5. Линейный ток, линейное напряжение при соединении «треугольником»?
6. По какой формуле можно рассчитать активную мощность?
7. По какой формуле определяется реактивная мощность?
8. Чему равна полная мощность?

Лекция №6

1. Тема: Электроника. Основы промышленной электроники

2. Цель: Освоить основные понятия промышленной электроники.

3. Тезисы лекции:

1. Общие сведения о полупроводниковых приборах
2. Полупроводниковая элементная база современных электронных устройств

1. Общие сведения о полупроводниковых приборах

Зарождение электроники было подготовлено всем ходом развития промышленного производства конца 19 – начала 20 веков.

Электрическая энергия стала проникать во все сферы человеческой деятельности, что требовало создания новых средств измерения, контроля и управления, более чувствительных, точных и быстродействующих по сравнению с механическими и электромеханическими устройствами. Кроме того, возникла потребность в средствах быстрой передачи на большие расстояния различной информации.

Изобретение радио оказало большое влияние на становление и развитие электроники. В 30–40-е годы начали применяться электронные лампы, но они были ненадежны, имели небольшой срок службы, большие габариты, потребляли большую энергию. И вскоре их заменили полупроводниковые приборы.

Действие полупроводников основано на свойствах р-п перехода, поэтому проводимость полупроводников может меняться в широких пределах в зависимости от температуры нагрева, освещенности, воздействия электрических полей, примеси посторонних атомов и т. д. Эти особенности широко используются в технике.

В последние десятилетия одним из главных направлений стало развитие интегральной микроэлектроники.

2. Полупроводниковая элементная база современных электронных устройств

Полупроводниковый диод – прибор с одним р-п переходом и двумя выводами, в котором используется свойство перехода. Ток, проходящий через диод в его открытом состоянии, называется прямым током, в

другом направлении ток есть, но очень мал (диод заперт). Этот ток называется обратным. Соответственно напряжение, приложенное к диоду, называется – прямое и обратное (рис.6, а).

На рис. 6, б показана вольт-амперная характеристика диода.

Прямой ток диода направлен от анодного (А) к катодному (К) выводу. Нагрузочную способность выпрямительного диода характеризуют следующие параметры: допустимый прямой ток $I_{\text{пр}}$ и соответствующее ему прямое напряжение $U_{\text{пр}}$, допустимое обратное напряжение $U_{\text{обр}}$ и соответствующий ему обратный ток $I_{\text{обр}}$, допустимая мощность рассеяния $P_{\text{рас}}$ и допустимая температура окружающей среды $t_{\text{o.c.}}$ (до 50 °C для германиевых и до 140 °C для кремниевых диодов).

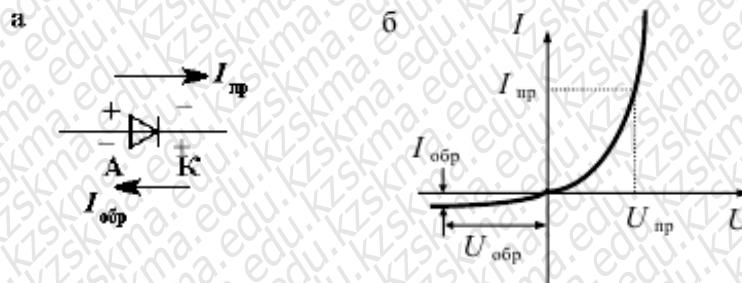


Рисунок 6.1 - Вольт-амперная характеристика диода.

По функциональному назначению полупроводниковые диоды делятся на выпрямительные, импульсные, стабилитроны, фотодиоды, светоизлучающие диоды и т. д.

По способу изготовления различают сплавные диоды, диоды с диффузионной базой и точечные диоды. В диодах двух первых типов p-n переход создается на значительной площади (до 1000 мм^2), они применяются в основном в автоматике и приборостроении. В точечных диодах площадь перехода меньше 0,1 мм^2 . Они применяются главным образом в аппаратуре сверхвысоких частот при значении прямого тока 10–20 мА.

Выпрямительные диоды предназначены для преобразования переменного тока в постоянный и выполняются по сплавной или диффузионной технологии.

Импульсные диоды предназначены для работы в цепях формирования импульсов напряжения и тока. Это – точечные диоды.

Стабилитроны, называемые также опорными диодами, предназначены для стабилизации напряжения. В этих диодах используется явление неразрушающего электрического пробоя (лавинного пробоя) p-n перехода при определенных значениях обратного напряжения $U_{\text{обр}} = U_{\text{проб}}$ (рис. 6.2, а).

На рис. 6.2, б приведена простейшая схема стабилизатора напряжения на приемнике с сопротивлением нагрузки R_h . При изменении напряжения между входными выводами стабилизатора $U_{\text{вх}} > U_{\text{проб}}$ ($R_h + r$)/ R_h , напряжение между выходными выводами $U_{\text{вых}} = U_{\text{проб}}$ изменяется незначительно.

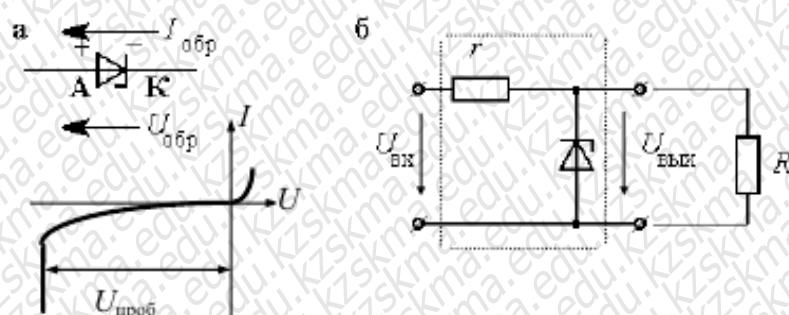


Рисунок 6.2 – График электрического пробоя и простейшая схема стабилизатора напряжения на приемнике с сопротивлением нагрузки R_h .

Светоизлучающие диоды и фотодиоды. Электрические свойства фотодиода изменяются под действием падающего на него светового излучения – повышается его обратный ток. Светодиоды сами излучают квант света в режиме прямого тока, поэтому они находят применение для индикации режима работы узлов и блоков различных систем.



Рисунок 6.3 – Условные графические обозначения

Полупроводниковые триоды (транзисторы)

Транзисторы служат для усиления мощности электрических сигналов. Они бывают биполярными и полевыми; имеют три вывода.

Биполярные – основаны на явлениях взаимодействия двух близко расположенных p-n переходов, физические процессы в них связаны с движением носителей зарядов обоих знаков.

Плоскостной биполярный транзистор представляет собой трехслойную структуру типа **p-n-p** (рис. 6.4, а) и **n-p-n** (рис. 6.4, б).

Транзистор называется **биполярным** потому, что физические процессы в нем связаны с движением носителей обоих знаков (свободных дырок и электронов).

Средний слой биполярного транзистора называется **базой – Б**, один крайний слой – **коллектором К**, а другой крайний слой – **эмиттером Э** (на электрических схемах эмиттер обозначается со стрелочкой). Каждый слой имеет вывод, при помощи которого транзистор включается в цепь.

Полевые – основаны на использовании носителей заряда только одного знака (электронов или дырок). Управление током в полевых транзисторах осуществляется изменением проводимости канала, через который протекает ток транзистора под воздействием электрического поля. По способу создания канала различают полевые транзисторы с р-п переходом и на основе конструкции металл-диэлектрик – полупроводник (МДП-транзисторы) с индуцированным каналом и со встроенным каналом.

Полевые транзисторы с управляющим p-n переходом бывают или с каналом n-типа (рис. 6.4, в), или с каналом p-типа (рис. 6.4, г).

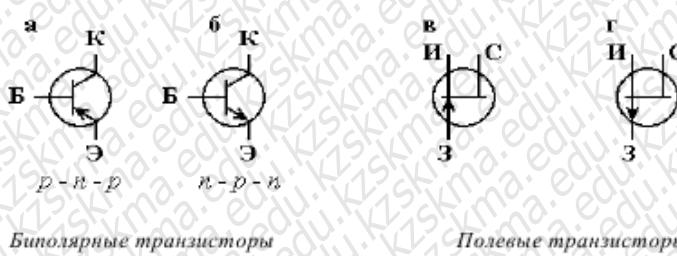


Рисунок 6.4 – Условные обозначения транзисторов

Электрод, от которого начинают движение носители заряда (в данном случае электроны), называется истоком И, а электрод, к которому они движутся, – стоком С. Оба р-слоя электрически связаны между собой и имеют общий внешний электрод, называемый затвором З.

Полевые транзисторы обладают высокой технологичностью, хорошей воспроизводимостью требуемых параметров и сравнительно небольшой стоимостью. Из электрических параметров полевые транзисторы отличает их **высокое входное сопротивление**.

Основное достоинство биполярных транзисторов – высокое быстродействие при достаточно больших

токах коллектора. Наличие внешних теплоотводов позволяет работать биполярным транзисторам при мощности рассеяния до 50 Вт и токах до 10 А.

Основной недостаток – относительно небольшое сопротивление входной цепи биполярного транзистора, включенного по схеме с общим эмиттером (1–10 кОм).

Рассмотрим подробнее биполярные транзисторы. Различают четыре режима работы этих приборов:

– **активный режим**, в котором переход эмиттер – база включен в прямом направлении, а переход коллектор – база – в обратном;

– **инверсный режим**, в котором переход эмиттер – база включен в обратном направлении, а переход коллектор – база – в прямом;

– **режим отсечки**, в котором оба перехода включены в обратном направлении;

– **режим насыщения**, в котором оба перехода включены в прямом направлении.

В схемах усилителей основным является активный режим работы биполярных транзисторов.

Для усиления сигналов применяются три схемы включения биполярных транзисторов:

– с общей базой (ОБ) – рис. 6.5, а;

– с общим эмиттером (ОЭ) – рис. 6.5, б;

– с общим коллектором (ОК) – рис. 6.5, в.

Название схемы включения транзистора совпадает с названием вывода, общего для входной и выходной цепей. Наиболее часто используются схемы с общим эмиттером.

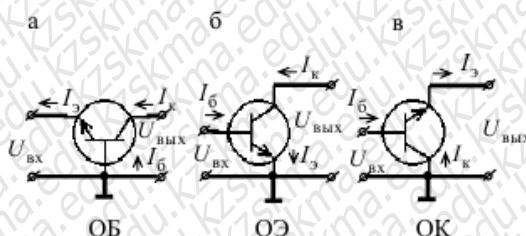


Рисунок 6.5 - Схемы включения биполярных транзисторов

Вольтамперные характеристики (ВАХ) биполярных транзисторов

Рассмотрим ВАХ для схемы с общим эмиттером.

Входная ВАХ – это зависимость между током и напряжением во входной цепи при постоянном напряжении коллектора $U_{КЭ} = \text{const}$.

$$I_B = f(U_{БЭ}) \quad U_{КЭ} = \text{const.}$$

Входная ВАХ практически не зависит от напряжения $U_{КЭ}$ (рис. 6.6).

Выходная ВАХ – это зависимость тока коллектора от напряжения $U_{КЭ}$ при постоянном входном сигнале ($I_B = \text{const}$)

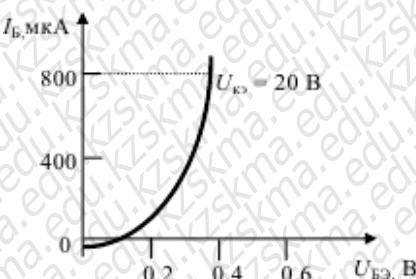


Рисунок 6.6- Входная ВАХ биполярного транзистора

Выходные характеристики приблизительно равноудалены друг от друга и почти прямолинейны в широком диапазоне напряжения U_{CE} (рис. 6.7).

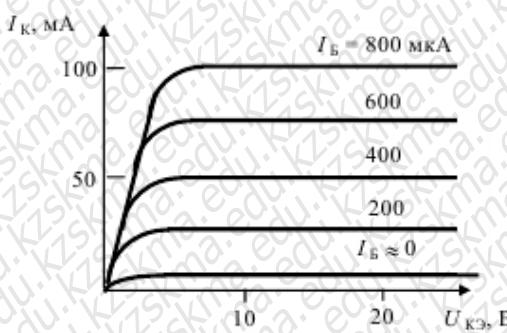


Рисунок 6.7 - Выходные характеристики транзисторов

Полупроводниковые тиристоры

Тиристор – полупроводниковый прибор с двумя устойчивыми состояниями и тремя или более последовательно включенными р-п переходами. Наиболее распространена структура тиристора с четырьмя чередующимися слоями полупроводников р- и н-типов.

Различают управляемые (триодные) и неуправляемые (диодные) тиристоры.

Рассмотрим несколько подробнее триодный тиристор.

Триодный тиристор называется управляемым. Он имеет три вывода – анодный А, катодный К и вывод управляющего электрода УЭ, который подключается либо к ближайшей к катоду р-области, либо к ближайшей к аноду н-области (катодное и анодное управление).

Тиристор может быть переключен из закрытого состояния в открытое и наоборот. Условное изображение управляемого тиристора и его вольт-амперные характеристики приведены на рис. 6.8, а, б.

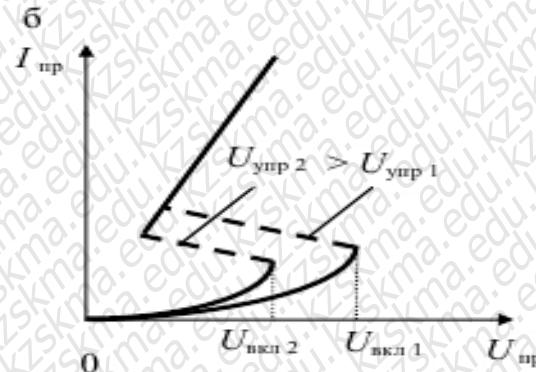
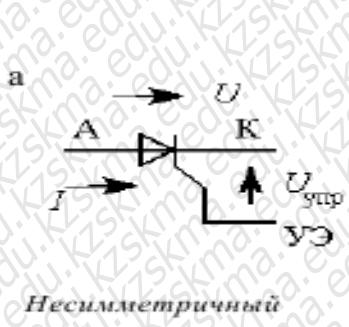


Рисунок 6.8 - Условное изображение управляемого тиристора и его вольт-амперные характеристики

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 44стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

Питающее напряжение подается на тиристор так, чтобы два перехода были открытыми, а один закрытым; сопротивление закрытого перехода достаточно высокое, следовательно, ток тиристора пока мал.

При повышении напряжения U_{pr} ток тиристора I_{pr} увеличивается незначительно, пока это напряжение не приблизится к некоторому критическому значению, равному напряжению включения.

После этого происходит лавинообразное нарастание тока в переходе и напряжение на тиристоре снижается в соответствии ВАХ (рис. 6.8, б).

Такой «пробой» не вызывает разрушения перехода, сопротивление которого восстанавливается с уменьшением тока.

Важным параметром тиристора является отпирающий ток (напряжение) управления – ток управляющего электрода УЭ, который обеспечивает переключение тиристора в открытое состояние.

Для запирания тиристора необходимо уменьшить ток практически до нуля.

Тиристоры как управляемые переключатели, обладающие еще и выпрямительными свойствами, широко применяются в управляемых выпрямителях, преобразователях, инверторах, коммутационной аппаратуре.

Номинальные значения токов у некоторых типов тиристоров в открытом состоянии достигают 5000 А, а номинальные значения напряжений в закрытом состоянии – до 5000 В.

4. Иллюстративный материал: Для проведения занятия используется следующее материально-техническое обеспечение: ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

5. Литература:

основная:

1. Мантлер С. Н. Химиялық технологияның процесстері және аппараттары : оқулық / С. Н. Мантлер, F. М. Жуманазарова. - ҚР БФМ ұсынған. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 б.
2. Мантлер С. Н. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер, Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
3. Туганбаев, И. Т. Электротехника [Текст] : учебник / И. Т. Туганбаев. - ; Рек. М-вом образования и науки РК. - Алматы : Эверо, 2014. - 250 с.
4. Баубеков, С. Ж. Электрлік машиналар мен аппараттар: оқулық - Алматы : Эверо, 2013
5. Қ.Е.Арыстанбаев, Т.Т. Амангельді, Б.М. Джаналиев. Электроника. Оқу құралы. – Алматы: Эверо, 2022. – 152 бет.
6. Арыстанбаев К.Е., Жумабекова А.Б., Умаров А.А. Системы управления химико-фармацевтическими процессами. - Алматы : Эверо, 2020. - 128 с.
7. Электротехника и электроника: учебник / А. Н. Горбунов [и др.] ; под ред. А. В. Кравцова. - Алматы : Эверо, 2012. - 660 с.

Дополнительная:

8. Электротехника и электроника: учебник / А. Н. Горбунов [и др.] ; под ред. А. В. Кравцова. - Алматы : Эверо, 2012. - 660 с.

9. Дүзелбаев С. Т. Машина тетіктері : Жоғары кәсіптік мамандар даярлайтын техникалық оқу орындарының студенттеріне арналған оқулық / С. Т. Дүзелбаев. - ҚР БФМ ұсынған. - Алматы : "Бастау", 2016. - 408 б.

10. Воронов, М. В. Системы искусственного интеллекта : учебник и практикум для вузов / М. В. Воронов, В. И. Пименов, И. А. Небаев. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Издательство Юрайт, 2024. - 268 с.

11. Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th US ed. by Stuart Russell and Peter Norvig. 2020. – 1127 p.

Электронные ресурсы:

15. Электротехника және өндірістік электроника негіздері: дәріс кешені.-Шымкент, 2023 https://base.ukgfa.kz/?wpfb_dl=29967

16. Электротехника и основы промышленной электроники: лекционный комплекс.-Шымкент, 2023 https://base.ukgfa.kz/?wpfb_dl=29962

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 45стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

17. Куракбай М.Б. Электроника және электротехникалық материалдар: оқу құралы. Алматы: «Medet Group» ЖШС, 2021. – 192 б. <https://aknurpress.kz/reader/web/3169>

18. Бёрд Дж.Электр және электроника негіздері мен технологиясы: Оқулық / ауд. Н.А. Маженов, Ю.М. Смирнов, О. Маженова. – Алматы, 2013 <https://aknurpress.kz/reader/web/2786>

19. Амочаева Г.П., Афанасьев Д.А.Прикладная электроника. Учебное пособие. (2-е издание):ТОО «Medet Group». Караганда, 2020. – 106 стр <https://aknurpress.kz/reader/web/2400>

20. Луганская С. П., Қыдырбаева Н. Қ.Электроника негіздері: Оқу құралы./Луганская С. П., Қыдырбаева Н.Қ.–Алматы: «АҚНҰР» баспасы, 2018 – 198 б. <https://aknurpress.kz/reader/web/1213>

21. Шпиганович, А. Н. Физические основы электроники : методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Физические основы электроники» для студентов — Липецк :, ЭБС АСВ, 2012. — 43 с. // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/22964.html>

Большаков, В. А. Лабораторный практикум по дисциплине "Общая электротехника и электроника. — Санкт-Петербург : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2006. — 91 с. // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: <https://www.iprbookshop.ru/12491.html>

6.Контрольные вопросы

1. Объяснить на чем основано действие полупроводников.
2. Объяснить принцип устройства и работы диода. Объяснить ВАХ диода.
3. Назначение выпрямительных диодов
4. Назначение импульсных диодов.
5. Назначение стабилитронов. Объяснить явление электрического пробоя.
6. Объяснить принцип устройства и работы биполярного и полевого транзисторов.
7. Объяснить режимы работы биполярных транзисторов.
8. Начертить и пояснить схемы включения биполярных транзисторов.
9. Начертить и объяснить ВАХ биполярного транзистора
- 10.Объяснить устройство и принцип работы тиристора.

Лекция №7

1.Тема : Выпрямители, электрические фильтры. Усилители электрических сигналов

2.Цель: Освоение основных понятий: выпрямители, электрические фильтры, усилители электрических сигналов

3.Тезисы лекции:

1. Однофазные однополупериодные и двухполупериодные выпрямители (схемы, основные соотношения).
2. Трехфазные выпрямители. Источники вторичного электропитания.
3. Инверторы. характеристики). Усилители постоянного тока. Операционные усилители.

Выпрямительные устройства могут быть управляемые и неуправляемые. Первые построены на тиристорах, вторые – на полупроводниковых диодах.

По числу фаз источника различают однофазные и многофазные (чаще трехфазные) выпрямительные устройства, по схемотехническому решению – с выводом нулевой точки трансформатора и мостовые.

Выпрямителем называется устройство, предназначеннное для преобразования энергии источника переменного тока в постоянный ток. Такие выпрямители предназначены для питания постоянным током

различных систем и устройств промышленной электроники, решают задачи управления, регулирования, переработки, отображения информации и т. д.

При относительно небольшой мощности нагрузки (до нескольких сотен ватт) задачу преобразования электрической энергии переменного тока промышленной частоты (50 Гц) в постоянный решают с помощью однофазных выпрямителей.

1. Однофазные однополупериодные и двухполупериодные выпрямители (схемы, основные соотношения).

В общем случае структурная схема выпрямителя содержит трансформатор, выпрямительные диоды, сглаживающий фильтр и стабилизатор выпрямленного напряжения. Трансформатор служит для изменения синусоидального напряжения сети до необходимого уровня, которое затем выпрямляется. Сглаживающий фильтр служит для уменьшения пульсации выпрямленного напряжения. Стабилизатор поддерживает неизменным напряжение приемника при изменении напряжения сети.

Отдельные узлы могут отсутствовать, это зависит от назначения выпрямителя.

Схема простейшего однофазного однополупериодного выпрямителя представлена на рис. 7.1, а, временная диаграмма выпрямленного напряжения и тока – на рис. 7.1, б.

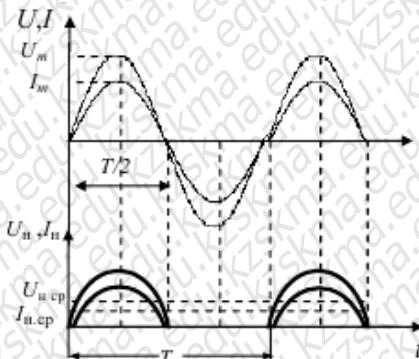
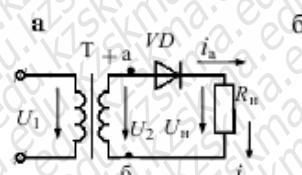


Рисунок 7.1 - Схема простейшего однофазного однополупериодного выпрямителя

Выпрямитель состоит из трансформатора (Т), к вторичной обмотке которого последовательно подключены диод (VD) и нагрузочный резистор (R_n).

В первый полупериод, т. е. в интервале времени $(0 - T/2)$, диод открыт, так как потенциал точки «а» выше потенциала точки «б», и под действием напряжения в цепи вторичной обмотки трансформатора возникает ток i_n .

Во второй полупериод, т. е. в интервале времени $(T/2 - T)$, диод закрыт, ток в нагрузочном резисторе отсутствует и к запертому диоду прикладывается обратное напряжение.

Средние значения выпрямленных тока и напряжения малы, а коэффициент пульсации достаточно высок ($K_n=1,57$), поэтому они применяются в основном для питания высокоомных нагрузочных устройств небольшой мощности (электронно-лучевых трубок).

Однофазный двухполупериодный выпрямитель

Однофазные двухполупериодные выпрямители бывают двух типов: мостовые и с выводом нулевой точки вторичной обмотки трансформатора. Эти выпрямители более мощные, чем однополупериодные, так как с их помощью нагрузочные устройства используют в работе оба полупериода напряжения сети. Коэффициент полезного действия (КПД) их значительно больше, чем однополупериодных выпрямителей.

Схемы однофазных двухполупериодных выпрямителей представлены на рис. 7.2, а и 7.2, б.

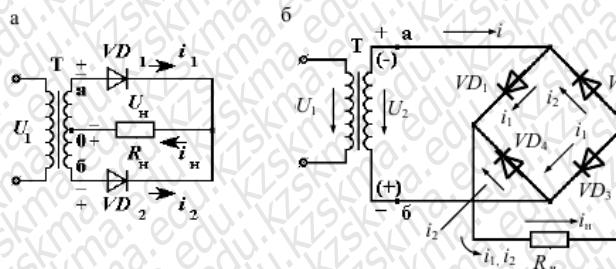


Рисунок 7.2 - Схемы однофазных двухполупериодных выпрямителей

В однофазном выпрямителе с нулевым выводом (рис. 7.2, а) нагрузка подключается к выводу от средней точки вторичной обмотки трансформатора.

Предположим, что в верхней половине вторичной обмотки трансформатора имеется положительная полуволна синусоиды переменного тока, т. е. потенциал точки «а» – положительный, а потенциал точки «0» – отрицательный; тогда диод VD_1 будет открыт, через него и нагрузочный резистор R_H проходит ток i_1 .

В этот же момент времени диод VD_2 будет закрыт, так как потенциал точки «б» – отрицательный, а потенциал нулевой точки «0» – положительный и ток через диод не проходит. Когда знаки входного напряжения синусоидального переменного тока поменяются и положительная полуволна будет в нижней половине вторичной обмотки трансформатора, т. е. потенциал точки «б» станет положительным, а потенциал точки «0» – отрицательным, диод VD_2 откроется, через него и нагрузку пройдет ток i_2 ; диод VD_1 закроется и ток через него не пройдет. В результате в нагрузочном резисторе за оба полупериода синусоиды появляется ток: $i_H = i_1 + i_2$.

Мостовой двухполупериодный выпрямитель (рис. 7.2, б) состоит из трансформатора Т и четырех диодов, подключенных ко вторичной обмотке трансформатора по мостовой схеме. Нагрузочный резистор подключен к одной диагонали моста, а вторичная обмотка трансформатора – к другой.

Каждая пара диодов (VD_1 и VD_3 ; VD_2 и VD_4) работает поочередно. Диоды VD_1 – VD_3 открыты в первый полупериод синусоиды (интервал времени $0 - T/2$), так как потенциал точки «а» выше потенциала точки «б» ($a > b$).

При этом в нагрузочном резисторе R_H появляется ток $i_H = i_1$.

В этом же интервале времени диоды VD_2 – VD_4 закрыты.

В следующий полупериод приходящей синусоиды ($T/2 - T$) потенциал точки «б» становится больше потенциала точки «а» ($b > a$), диоды VD_2 – VD_4 открываются, а диоды VD_1 – VD_3 закрываются и через нагрузочный резистор проходит ток $i_H = i_2$. В оба полупериода ток через нагрузку R_H имеет одно и то же направление.

Выпрямленный ток нагрузки: $i_H = i_1 + i_2$.

Временные диаграммы тока и напряжения для обеих изображенных на рис. 7.2 схем – одинаковы (рис. 7.3). Коэффициент пульсации у однофазных двухполупериодных выпрямителей значительно меньше, чем у однополупериодных (K_p 0,67). При идеальном трансформаторе постоянная составляющая тока нагрузки:

$$I_0 = \frac{2}{\pi} I_m \approx 0,64 I_m.$$

Тем не менее, главным преимуществом мостовой схемы двух полупериодного выпрямителя перед схемой с нулевым выводом средней точки трансформатора является более простой трансформатор, содержащий только одну вторичную обмотку, и меньшее обратное напряжение, на которое следует выбирать диоды, поскольку оно

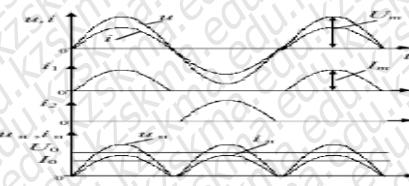


Рисунок 7.3 - Временные диаграммы тока и напряжения

прикладывается одновременно к двум непроводящим диодам, включенным последовательно, на интервале проводимости двух других диодов. Эти преимущества компенсируют недостаток схемы, заключающийся в большем количестве диодов.

Поэтому наибольшее применение нашла схема двухполупериодного мостового выпрямителя однофазного тока небольшой и средней мощности.

2. Трехфазные выпрямители. Источники вторичного электропитания.

Многофазное, в частности трехфазное, выпрямление дает возможность значительно уменьшить пульсации выпрямленного напряжения. Трехфазные выпрямители применяются как выпрямители средней и большой мощности. Существует два основных типа трехфазных выпрямителей:

- выпрямители с нулевым выводом вторичной обмотки трансформатора (рис. 7.4, а),
- выпрямители мостовые (рис. 7.4, б).

Выпрямитель первого типа состоит из трехфазного трансформатора Т, обмотки которого соединены звездой, трех диодов VD₁, VD₂, VD₃, включенных в каждую фазу трансформатора, и нагрузочного резистора R_H. Диоды работают поочередно, каждый в течение трети периода, когда потенциал начала одной из фаз обмоток (например, а) более положителен, чем двух других (б и с).

Выпрямленный ток создается токами каждого диода, имеет одно и то же направление и равен сумме выпрямленных токов каждой из фаз

$$i_H = i_a + i_b + i_c.$$

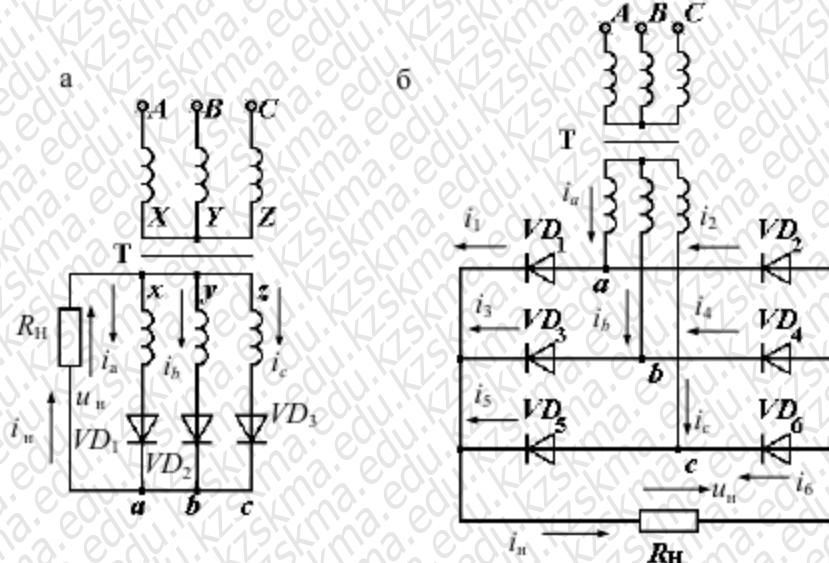


Рисунок 7.4 - Два основных типа трехфазных выпрямителей: выпрямители с нулевым выводом вторичной обмотки трансформатора (а), выпрямители мостовые (б)

Коэффициент пульсации этих выпрямителей еще ниже (подсчет коэффициента пульсаций дает значение КП = 0,25), а средняя составляющая выпрямленного тока и напряжения значительно выше.

Выпрямитель второго типа (схема Ларионова) содержит мост из шести диодов.

Диоды VD1, VD3, VD5 образуют одну группу, в которой соединены все катодные выводы, а диоды VD2,

VD4, VD6 – другую, в которой соединены все анодные выводы. Общая точка первой группы образует положительный полюс на нагрузочном реостате R_H , а общая точка второй группы – отрицательный полюс. В каждый момент времени ток в нагрузочном резисторе R_H и в двух диодах появляется тогда, когда к этим диодам приложено наибольшее напряжение.

Таким образом, в каждый данный момент времени работает тот диод первой группы, у которого анодный вывод имеет наибольший положительный потенциал относительно потенциала нулевой точки, а вместе с ним – диод второй группы, у которого катодный вывод имеет наибольший по абсолютному значению отрицательный потенциал относительно потенциала этой же нулевой точки.

Пульсации выпрямленного напряжения в этом выпрямителе еще меньше, чем в предыдущем (подсчет дает значение $K_P = 0,057$), а КПД значительно выше, так как в нем нет подмагничивания сердечника трансформатора постоянным током.

Временные диаграммы, представленные на рис. 7.5 наглядно иллюстрируют порядок переключения диодов в обеих схемах трехфазных выпрямителей, а также показывают формы кривых выпрямленных значений напряжения и тока.

На рис. 7.5, а представлены синусоиды трехфазного переменного напряжения, сдвинутые по фазе друг относительно друга на одну треть периода (2/3), питающие первичную обмотку трансформатора.

Для идеального трансформатора токи вторичных обмоток i_a , i_b , i_c представляют собой три последовательности импульсов, длительностью $T/3$ и амплитудой $I_m = U_m / R_H$ каждая, сдвинутые относительно друг друга на 1/3 периода, ток нагрузки $i_H = i_a + i_b + i_c$ имеет постоянную составляющую I_0 , а выпрямленное напряжение, имеющее постоянную составляющую U_0 , равно сумме положительных полуволн напряжений вторичных обмоток $u_H = R_H i_H$.

Работу мостового выпрямителя иллюстрируют совмещенные по времени кривые токов диодов первой группы i_1 , i_3 , i_5 , (рис. 7.5, б), токов диодов второй группы i_2 , i_4 , i_6 и тока нагрузки $i_H = i_1 + i_3 + i_5 = i_2 + i_4 + i_6$, а также выпрямленного напряжения $u_H = R_H i_H$.

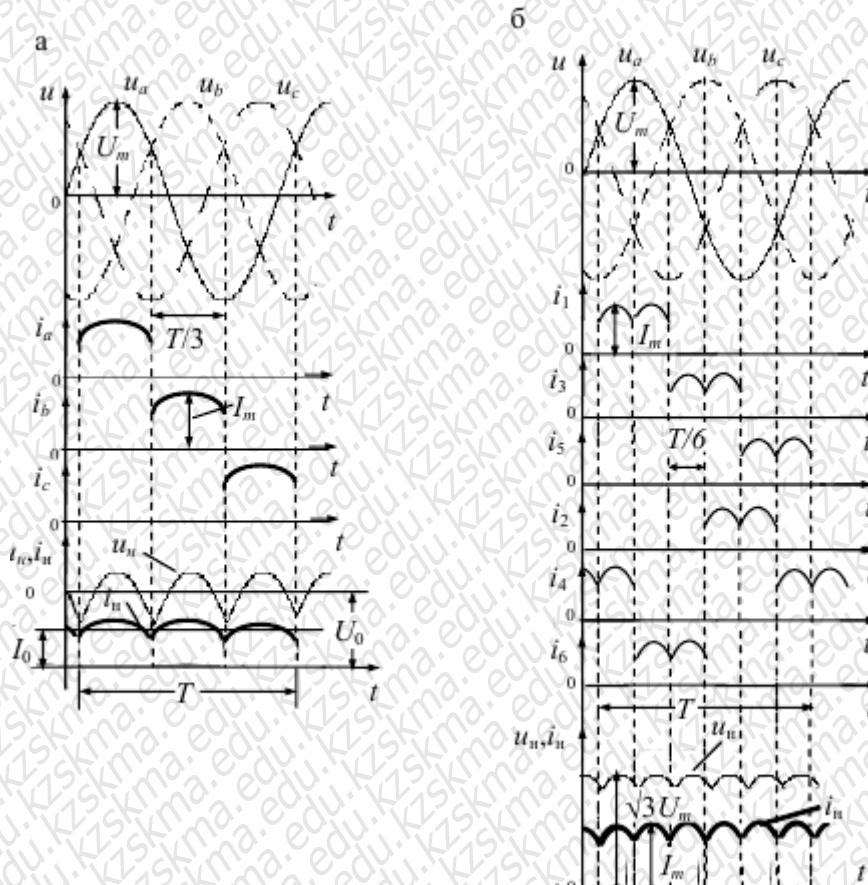


Рисунок 7.5 - Временные диаграммы порядка переключения диодов

Максимальное значение выпрямленного напряжения равно амплитуде синусоидального линейного напряжения трехфазного источника $3U_m$, а максимальное значение выпрямленного тока

$$I_m = \sqrt{3}U_m / R_u$$

В мостовом выпрямителе на каждой из двух фазах, в которых диоды оказываются открытыми, осуществляется двухполупериодное выпрямление, каждый импульс имеет длительность $T/6$, в отличие от выпрямителя (рис. 7.5, а), где между каждой фазой с открытым диодом и нулевым выводом осуществляется однополупериодное выпрямление.

Мощность многофазных выпрямителей обычно – от десятков до сотен киловатт и больше при токах до 100 000 А, коэффициент полезного действия достигает 98 %.

2. Понятие о сглаживающих фильтрах

Для улучшения формы кривой выпрямленного напряжения и для уменьшения пульсаций используются сглаживающие фильтры.

Они выполняются на основе реактивных элементов – дросселей и конденсаторов. Дроссель включают последовательно с нагрузкой, а конденсаторы – параллельно ей.

По способу соединения элементов фильтры бывают Г-образные, Т-образные и П-образные.

Путем надлежащего выбора параметров фильтра получают постоянное напряжение с наименьшими пульсациями.

Между сглаживающим фильтром и нагрузкой иногда подключают стабилизатор напряжения, обеспечивающий поддержание с необходимой точностью требуемой величины постоянного напряжения на нагрузке при изменении напряжения питающей сети и тока нагрузки.

В выпрямителях средней и большой мощности, выполненных по однофазной схеме, самым распространенным является простейший емкостной фильтр, когда конденсатор C_f включается параллельно нагрузке – R_h (рис. 7.6, а).

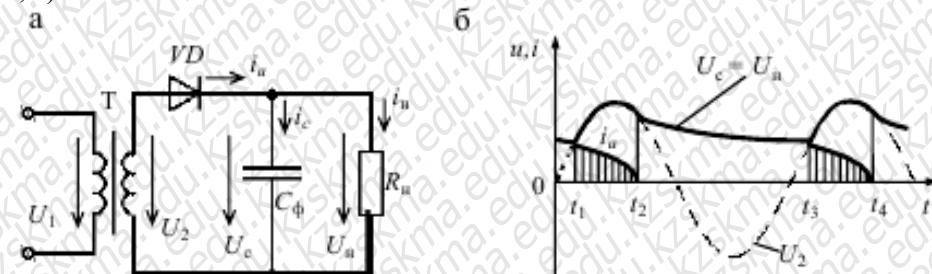


Рисунок 7.6

Включение сглаживающего фильтра увеличивает постоянную составляющую выпрямленного напряжения U_0 и уменьшает пульсации выпрямленного тока i_h , увеличивая тем самым его постоянную составляющую.

В интервале времени t_1 – t_2 конденсатор C_f через открытый диод VD заряжается почти до амплитудного значения напряжения U_2 (заряд конденсатора происходит по восходящей экспоненте). Так как $U_2 > U_c$ ток в этом интервале времени $i_a = i_c + i_h$. В интервале времени t_2 – t_3 , когда напряжение U_2 уменьшается и становится меньше U_c , конденсатор разряжается (разряд конденсатора происходит по нисходящей экспоненте) на нагрузку R_h , заполняя разрядным током паузу в нагрузочном токе i_h (рис. 7.6, б).

Далее процесс в цепи будет периодически повторяться, т. е. происходит периодическая зарядка конденсатора фильтра током i_c от источника энергии и его последующая разрядка на цепь приемника.

3. Инверторы. характеристики). Усилители постоянного тока. Операционные усилители.

Усилителями называются устройства, предназначенные для увеличения значений параметров электрических сигналов за счет энергии включенного источника питания. Различные усилители применяются для усиления значений тех или иных параметров сигналов.

По этому признаку они делятся на усилители напряжения, тока и мощности.

Возможны линейный и нелинейный режимы работы усилителей. В усилителях с практически линейным режимом работы получается минимальное искажение формы усиливаемого сигнала.

В усилителях с нелинейным режимом работы при увеличении значения напряжения на входе больше некоторого граничного уровня, изменение напряжения на выходе усилителя практически отсутствует. Такие усилители применяются в устройствах импульсной техники, в том числе логических.

В настоящее время усилительная техника основана на широком внедрении усилителей в интегральном исполнении. Поэтому актуальным становится не разработка самих усилителей, а их применение для реализации различных функциональных узлов автоматики, управления и измерения.

Структурная схема усилительного каскада представлена на рис. 7.7.

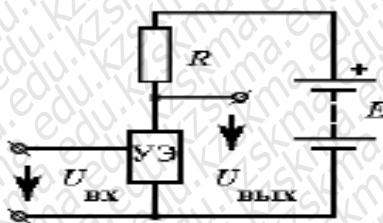


Рисунок 7.7 - Структурная схема усилительного каскада

На этой схеме УЭ – нелинейный управляемый элемент (транзистор); $U_{вх}$ – напряжение входной цепи, к которой подводится усиливаемый сигнал; $U_{вых}$ – напряжение выходной цепи, в которой получается усиленный сигнал; Е – батарея питания транзистора.

Процесс усиления осуществляется посредством изменения сопротивления нелинейного элемента УЭ, а следовательно, и тока в выходной цепи под воздействием входного напряжения или тока.

Таким образом, усиление основано на преобразовании электрической энергии источника постоянной ЭДС в энергию выходного сигнала за счет изменения сопротивления УЭ по закону, задаваемому входным сигналом.

Основным параметром усилительного каскада является коэффициент усиления

$$K_U = \frac{U_{вых}}{U_{вх}};$$

– по напряжению

$$K_I = \frac{I_{вых}}{I_{вх}};$$

– по току

$$K_P = \frac{P_{вых}}{P_{вх}}.$$

– по мощности

Коэффициент усиления одного каскада обычно составляет несколько десятков, а для инженерной практики необходимо несколько тысяч, поэтому используют многокаскадный усилитель, в котором каждый последующий каскад подключен к выходу предыдущего.

Коэффициент усиления многокаскадного усилителя: $K_U = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n$, где K_1, K_2, \dots, K_n – коэффициенты усиления каждого каскада.

Обычно оконечным каскадом многокаскадного усилителя является усилитель мощности.

В усилителях напряжения чаще используется усилительный каскад с общим эмиттером (ОЭ), который

представлен на рис. 7.8

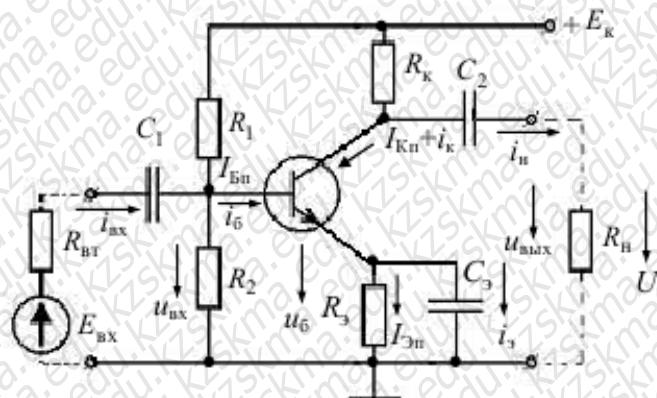


Рисунок 7.8 - Усилительный каскад с общим эмиттером (ОЭ).

Источник усиливаемого сигнала представляет собой источник с внутренним сопротивлением $R_{вт}$ и ЭДС $E_{вх}$. Конденсаторы большой емкости C_1 (часто называемый входным) и C_2 (называемый разделительным) отделяют цепь постоянного тока (цепь питания) от цепи источника входного сигнала и цепи приемника с сопротивлением нагрузки R_h . Конденсатор C_2 , как конденсатор между-каскадной связи, на выходе усилительного каскада обеспечивает выделение из коллекторного напряжения переменной составляющей усиленного сигнала.

Резистор с сопротивлением R_k выбирается исходя из требуемого коэффициента усиления ($R_k (E_k / u_{\text{вых}}) / i_k$), т. е. напряжения $u_{\text{вых}}$.

Базовый делитель (резисторы R_1 и R_2) обеспечивает требуемую работу транзистора в режиме покоя, т. е. отсутствия входного сигнала. Резистор R_1 предназначен для создания цепи протекания тока $I_{Би}$.

Совместно с R_2 резистор R_1 обеспечивает исходное напряжение на базе $U_{Бп}$ относительно зажима «+» источника питания.

Резистор R_3 является элементом отрицательной обратной связи, предназначенным для стабилизации режима покоя каскада при изменении температуры. Конденсатор C_3 шунтирует резистор R_3 по переменному току, исключая проявление отрицательной обратной связи в каскаде по переменным составляющим. Отсутствие конденсатора C_3 привело бы к уменьшению коэффициентов усиления схемы. Температурная зависимость параметров режима покоя обусловливается зависимостью коллекторного тока покоя I_{Kp} от температуры. При отсутствии мер по стабилизации тока I_{Kp} его температурные изменения вызывают изменение режима покоя каскада, что может привести к искажению формы кривой выходного сигнала.

Принцип действия каскада с ОЭ заключается в следующем.

При наличии постоянных составляющих токов и напряжений в схеме подача на вход усилительного каскада переменного напряжения $u_{\text{вх}}$ приводит к появлению переменной составляющей тока базы транзистора, а, следовательно, переменной составляющей тока в выходной цепи каскада (в коллекторном токе транзистора). За счет падения напряжения на резисторе R_k создается переменная составляющая напряжения на коллекторе, которая через конденсатор C_2 передается на выход каскада – в цепь нагрузки.

Ток базы будет меняться в соответствии с входной характеристикой и будет иметь кроме постоянной составляющей I_{B0} еще и переменную i_b . Одновременно будут меняться токи i_k и i_b .

Зная изменение тока i_k , можно проследить за изменением коллекторного напряжения и падением напряжения на резисторе R_k . Переменная составляющая коллекторного напряжения – это и есть выходное напряжение усилительного каскада, которое численно равно и противоположно по фазе переменной составляющей падения напряжения на резисторе R_k ($U_{\text{вых}} = -R_k i_k$), так как усилительный каскад с ОЭ осуществляет поворот по фазе на 180° выходного напряжения относительно входного.

Ток коллектора i_C значительно больше тока базы i_B , а $R_C > R_{Bx}$, следовательно, выходное напряжение $U_{\text{вых}}$ значительно больше входного напряжения U_{Bx} . Чтобы увеличить коэффициент усиления каскада,

величину резистора R_k выбирают в 3–5 раз больше величины резистора R_h . Небольшое значение входного сопротивления является главным недостатком усилительного каскада с ОЭ. Это увеличивает ток источника сигнала и мощность потерь в его внутреннем сопротивлении.

Для оценки диапазона изменений входных напряжений, усиливаемых без искажений, используется амплитудная характеристика, представляющая собой зависимость амплитудного значения выходного напряжения от амплитудного значения входного напряжения при постоянной частоте питающего тока $U_{\text{вых}} = F$ $U_{\text{вх}} = \text{const}$ (рис. 7.9, а).

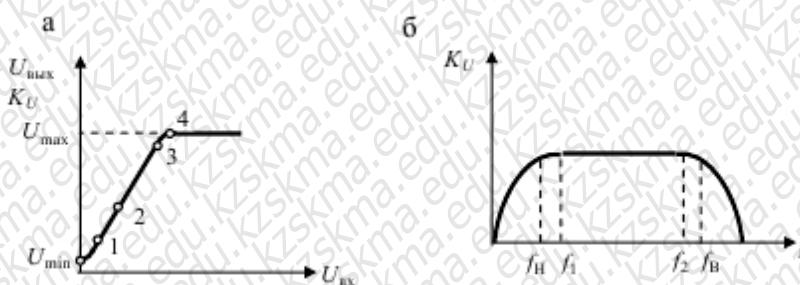


Рисунок 7.9 - Зависимость амплитудного значения выходного напряжения от амплитудного значения входного напряжения при постоянной частоте питающего тока

Участок 1–3 соответствует пропорциональной зависимости амплитуды выходного напряжения от амплитуды входного сигнала.

По этому участку можно определить коэффициент усиления по напряжению. Амплитудная характеристика не проходит через начало координат ввиду наличия на выходе напряжения собственных помех и шумов усилителя. По величине U_{min} оценивают уровень минимальных напряжений входного сигнала (чувствительность) усилителя.

При достижении некоторого значения входного сигнала, соответствующего точке 3, пропорциональность зависимости выходного напряжения от входного сигнала нарушается.

Если изменение входного напряжения тока базы и тока кол-лектора укладываются в линейный участок характеристики, то форма выходного напряжения будет соответствовать форме входного напряжения (например, на входе – синусоида и на выходе – синусоида).

Границной точкой является точка 4, в которой выходное напряжение достигает своего максимального значения, и его форма не искажается по сравнению с входным (режим насыщения).

Для оценки свойств многокаскадного усилителя с конденсаторной связью на разных частотах пользуются амплитудно-частотной характеристикой, т. е. зависимостью коэффициента усиления усилителя от частоты питающего тока при постоянном значении входного сигнала

$$K_U = Ff \quad U_{\text{вх}} = \text{const} \quad (\text{рис. 7.9, б}).$$

Наличие в схеме усилителя конденсаторов и зависимость параметров транзистора от частоты приводят к тому, что при изменении частоты входного сигнала напряжение на выходе усилителя изменяется как по амплитуде, так и по фазе. Поэтому на практике приходится исследовать еще фазочастотную характеристику усилителя, которая является зависимостью угла фазового сдвига от частоты.

Обычно влияние параметров элементов схемы на ход указанной характеристики исследуют в области низких (f_H) и высоких (f_B) частот.

По амплитудно-частотной характеристике можно определить тот диапазон частот, на котором можно работать с постоянным коэффициентом усиления без частотных искажений. Этот диапазон частот (f_1 – f_2) называется полосой пропускания частот усилителя (рис. 7.9, б).

Для улучшения показателей усилителя или придания ему некоторых специфических свойств (например, осуществление температурной стабилизации), а также для построения усилителей на линейных интегральных микросхемах применяются обратные связи (ОС).

Обратной связью называется воздействие выходной величины усилителя на его вход, т. е. обратная связь осуществляется подачей на вход усилителя сигнала с его выхода.

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 54стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

В усилителях применяются различные виды обратных связей.

Вид ОС зависит от параметра выходного сигнала, используемого для создания обратной связи, и способа подачи обратной связи на вход усилителя. В зависимости от этого ОС бывают по напряжению и по току, последовательные и параллельные, положительные и отрицательные, по переменной или по постоянной составляющей.

Воздействие обратной связи может привести либо к увеличению (часть выходного сигнала складывается с входным), либо к уменьшению (часть выходного сигнала вычитается из входного) результирующего сигнала на выходе усилителя. В первом случае ОС называется положительной, во втором – отрицательной.

Положительная обратная связь в усилителях почти не применяется, но лежит в основе работы различного рода автогенераторов.

Отрицательная обратная связь используется в усилителях очень широко. Она позволяет создавать на основе усилителей устройства различного функционального назначения: сумматоры и вычитатели напряжения, интеграторы, фильтры и т. д.

4.Иллюстративный материал: Для проведения занятия используется следующее материально-техническое обеспечение: ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

5.Литература:

основная:

1. Мантлер С. Н. Химиялық технологияның процесстері және аппараттары : оқулық / С. Н. Мантлер, F. М. Жуманазарова. - КР БФМ ұсынған. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 б.
2. Мантлер С. Н. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер, Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
3. Туганбаев, И. Т. Электротехника [Текст] : учебник / И. Т. Туганбаев. - ; Рек. М-вом образования и науки РК. - Алматы : Эверо, 2014. - 250 с.
4. Баубеков, С. Ж. Электрлік машиналар мен аппараттар: оқулық - Алматы : Эверо, 2013
5. К.Е.Арыстанбаев, Т.Т. Амангельді, Б.М. Джаналиев. Электроника. Оқу құралы. – Алматы: Эверо, 2022. – 152 бет.
6. Арыстанбаев К.Е., Жумабекова А.Б., Умаров А.А. Системы управления химико-фармацевтическими процессами. - Алматы : Эверо, 2020. - 128 с.
7. Электротехника и электроника: учебник / А. Н. Горбунов [и др.] ; под ред. А. В. Кравцова. - Алматы : Эверо, 2012. - 660 с.

Дополнительная:

8. Электротехника и электроника: учебник / А. Н. Горбунов [и др.] ; под ред. А. В. Кравцова. - Алматы : Эверо, 2012. - 660 с.
9. Дүзелбаев С. Т. Машина тетіктері : Жоғары кәсіптік мамандар даярлайтын техникалық оқу орындарының студенттеріне арналған оқулық / С. Т. Дүзелбаев. - КР БФМ ұсынған. - Алматы : "Бастау", 2016. - 408 б.

10.Воронов, М. В. Системы искусственного интеллекта : учебник и практикум для вузов / М. В. Воронов, В. И. Пименов, И. А. Небаев. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Издательство Юрайт, 2024. - 268 с.

11. Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th US ed. by Stuart Russell and Peter Norvig. 2020. – 1127 p.

Электронные ресурсы:

22. Электротехника және өндірістік электроника негіздері: дәріс кешені.-Шымкент, 2023 https://base.ukgfa.kz/?wpfb_dl=29967
23. Электротехника и основы промышленной электроники: лекционный комплекс.-Шымкент, 2023 https://base.ukgfa.kz/?wpfb_dl=29962
24. Куракбай М.Б. Электроника және электротехникалық материалдар: оқу құралы. Алматы: «Medet Group» ЖШС, 2021. – 192 б. <https://aknurpress.kz/reader/web/3169>

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 55стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

25. Бёрд Дж. Электр және электроника негіздері мен технологиясы: Оқулық /
ауд. Н.А. Маженов, Ю.М. Смирнов, О. Маженова. – Алматы, 2013
<https://aknurpress.kz/reader/web/2786>

26. Амочаева Г.П., Афанаев Д.А. Прикладная электроника. Учебное пособие. (2-е
издание): ТОО «Medet Group». Караганда, 2020. – 106 стр <https://aknurpress.kz/reader/web/2400>

27. Луганская С. П., Қыдырбаева Н. Қ. Электроника негіздері: Оқу құралы./Луганская
С. П., Қыдырбаева Н. Қ.–Алматы: «АҚНҰР» баспасы, 2018 – 198 б.
<https://aknurpress.kz/reader/web/1213>

28. Шпиганович, А. Н. Физические основы электроники : методические указания к
лабораторным работам по дисциплине «Физические основы электроники» для студентов — Липецк
:, ЭБС АСВ, 2012. — 43 с. // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL:
<https://www.iprbookshop.ru/22964.html>

Большаков, В. А. Лабораторный практикум по дисциплине \"Общая электротехника и
электроника. — Санкт-Петербург : Российский государственный гидрометеорологический
университет, 2006. — 91 с. // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART:
<https://www.iprbookshop.ru/12491.html>

6. Контрольные вопросы:

1. Каково назначение выпрямительного устройства?
2. Описать принцип однофазного однополупериодного выпрямителя.
3. Описать принцип работы однофазного двухполупериодного выпрямителя
4. Описать принцип работы трехфазного выпрямителя.
5. Принцип работы усилительного устройства.
- 6 Чему равен коэффициент усиления?

Лекция №8

1. Тема: Основы цифровой электроники. Цифровая обработка сигналов. Микропроцессорные системы
управления

2. Цель: Освоить основные понятия основ цифровой электроники, цифровой обработки сигналов и
микропроцессорной техники.

3. Тезисы лекции:

1. Основные логические элементы ЭВМ и логические функции.
2. Логические элементы.
3. Микропроцессоры. Цифровая обработка сигналов. Дискретизация и квантование.
4. Использование ИИ в алгоритмах машинного обучения для анализа данных от сенсоров и измерительных
приборов.

1. Основные логические элементы ЭВМ и логические функции.

Цифровые устройства (ЦУ) предназначены для формирования, преобразования и передачи кодовых
слов. При этом кодовые слова (коды или числа) в электронных ЦУ представляются в виде
последовательностей электрических импульсов (сигналов с двумя уровнями напряжения: высоким и низким),

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 56стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

а их преобразования осуществляются арифметическими, логическими, запоминающими и вспомогательными устройствами

Элементами и узлами ЦУ, служащими основой для построения микропроцессоров, микропроцессорных систем, компьютеров, автоматизированных систем управления объектами, технологическими процессами и информационными потоками, являются дешифраторы, сумматоры, триггеры, регистры, счетчики и др.

В современных устройствах цифровой обработки информации используют два класса переменных: числа и логические переменные. Числа несут информацию о количественных характеристиках процесса, объекта, системы, с их помощью можно производить арифметические действия. Логические переменные определяют состояние системы или принадлежность ее к определенному классу состояний

Главная особенность ЦУ (по отношению к аналоговым и импульсным устройствам) состоит в том, что объектами информации являются двоичные числа (кодовые слова) и логические переменные.

Числа и логические переменные связаны друг с другом при решении задач управления и обработки информации. В вычислительных задачах сначала определяют совокупность и значения входных воздействий на объект управления, предполагая, что существует математическая модель объекта в виде набора формул, таблиц, графиков и логических условий. При решении задач необходимо вести анализ логических условий с выдачей логических команд. Для решения таких задач необходим специальный математический аппарат и соответствующие устройства.

2. Логические элементы.

Логические элементы - (узлы) предназначены для выполнения различных логических (функциональных) операций над дискретными сигналами при двоичном способе их представления (1; 0).

Преимущественное распространение получили логические элементы потенциального типа. В них используются дискретные сигналы, нулевому значению «0» которых соответствует уровень низкого потенциала, а единичному значению «1» – уровень высокого потенциала (отрицательного или положительного).

Потенциальные логические элементы нашли исключительное применение в интегральном исполнении в виде микросхем.

Микросхема – это электронный узел, блок или устройство, изготовленное с высокой степенью миниатюризации, в которой каждый электронный компонент представляет собой не отдельно взятый транзистор, диод, резистор, конденсатор и т. д., а их неразъемное схемное соединение. Количество элементов, входящих в микросхему, может достигать тысяч и более элементов.

Применение микросхем легло в основу современного направления электроники – микроэлектроники, которая решает проблемы повышения надёжности, уменьшения массогабаритных показателей и стоимости электронной аппаратуры.

Логические биполярные микросхемы чаще всего выполняются на транзисторах типа n-p-n с напряжением питания $E_k > 0$, причём «1» – соответствует закрытое состояние транзистора, а «0» – открытое. Процесс перехода транзистора из одного состояния в другое достаточно быстрый.

Все схемы цифровой техники выполняются на логических интегральных микросхемах.

Работу логического элемента можно описать зависимостью логического значения выходного сигнала F от совокупности логических значений входных сигналов x . Такую зависимость принято представлять таблицей истинности.

Для любых логических преобразований достаточно иметь три элементарных логических элемента, выполняющие следующие операции: логическое сложение (логическое ИЛИ), логическое умножение (логическое И) и логическое отрицание (логическое НЕ).

Логический элемент ИЛИ – имеет несколько входов и один общий выход. Элемент ИЛИ осуществляет логическое сложение (дизъюнкцию)

$$F = x_1 \vee x_2, \text{ или } F = x_1 + x_2$$

где F – функция; x_1, \dots, x_n – аргументы (переменные двоичные сигналы на входе).

Его условное обозначение показано на рис. 8.1, а, а электрическая схема на полупроводниковых диодах – на рис. 8.1, б.

Функция $F = 0$, когда все ее аргументы равны нулю, и $F = 1$ при одном, нескольких или всех аргументах, равных единице. Значение $F = 1$ на выходе создается передачей входного сигнала вследствие отпирания соответствующего диода. К диодам, для которых входной сигнал равен нулю, прикладывается обратное напряжение, и они находятся в закрытом состоянии.

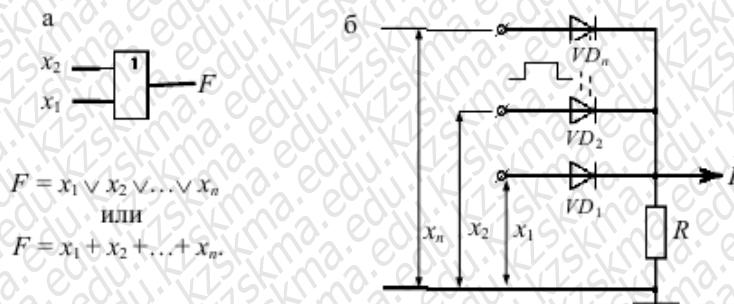


Рисунок 8.1 - Условное обозначение (а) и электрическая схема на полупроводниковых диодах (б)

Логический элемент И – имеет несколько входов и один выход. Элемент И осуществляет логическое умножение (конъюнкцию).

$$F = x_1 \wedge x_2 \text{ или } F = x_1 x_2$$

Его условное обозначение показано на рис. 8.2, а, а электрическая схема на полупроводниковых диодах – на рис. 8.2, б.

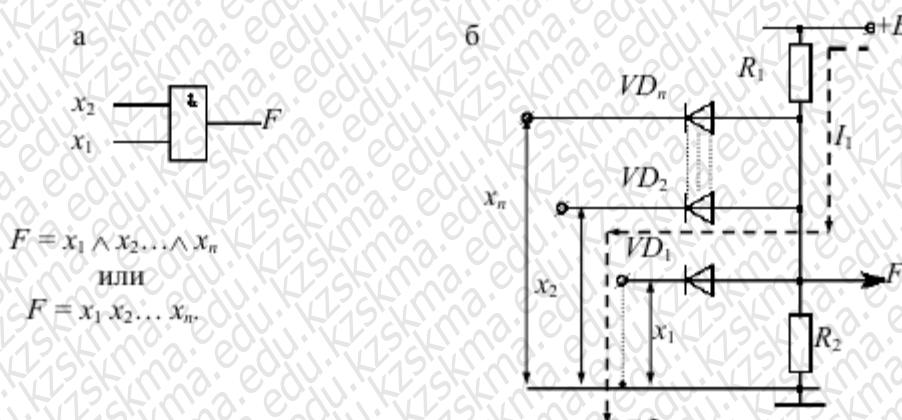


Рисунок 8.2 - Условное обозначение логического элемента И (а), электрическая схема элемента И на полупроводниковых диодах (б).

Функция $F = 0$, когда хотя бы один из ее аргументов равен нулю и $F = 1$ при всех аргументах, равных единице.

Логический элемент ИЛИ является схемой совпадения: сигнал «1» на выходе появляется при совпадении сигналов «1» на всех входах.

Отличие схемы И (рис. 8.2, б) от схемы ИЛИ (рис. 8.1, б) заключается в изменении полярности включения диодов и наличии резистора R_1 , подключенного к шине «+» источника питания. При всех входных сигналах, равных единице, на катодах диодов имеется положительный потенциал относительно общей точки и все диоды закрыты. На выходе схемы создается напряжение $ER_2 / (R_1 + R_2)$, определяющее $F = 1$. При нулевом значении сигнала хотя бы на одном из входов соответствующий диод будет проводить ток и шунтирует резистор R_2 , выполняящий роль нагрузки. Напряжение на выходе при этом определяется

падением напряжения на открытом диоде и близко к нулю ($F = 0$). На рис. 68, б показан вариант, когда $x_1 = 0$ и ток проводит диод VD_1 . Увеличение числа входов с нулевым значением сигнала приводит только к увеличению числа проводящих диодов, а функция F остается равной нулю.

Логический элемент НЕ – имеет один вход и один выход.

Элемент НЕ выполняет операцию отрицания (инверсии), в связи с чем его часто называют логическим инвертором. Им реализуется функция

$$F = \bar{x}$$

Сигнал $x = 0$ на входе соответствует $F = 1$ и, наоборот, при $x = 1 F = 0$. Логический элемент НЕ представляет собой ключевую схему на транзисторе (рис 8.3, б), его условное обозначение показано на рис. 8.3, а.

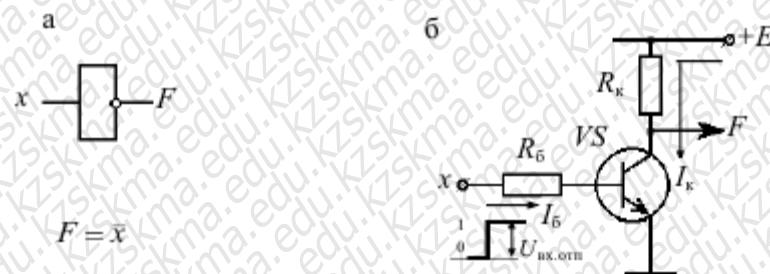


Рисунок 8.3 - Условное обозначение логического элемента НЕ (а), ключевая схема на транзисторе (б)

При $x = 0$ ($U_{bx} = 0$) транзистор закрыт, напряжение $U_{k\alpha} \approx E_k$, т. е. $F = 1$. При $x = 1$ ($U_{bx} = U_{bx, \text{отп}}$) транзистор открыт, напряжение $U_{k\alpha} = \Delta U_{k\alpha, \text{отп}} \approx 0$, т. е. $F = 0$. Открытое состояние транзистора обеспечивается заданием тока базы, вводящего транзистор в режим насыщения.

На практике часто используется расширенный набор логических элементов.

К ним относятся логические элементы:

ИЛИ-НЕ (стрелка Пирса), реализующий функцию

$$F = x_1 \vee x_2 ;$$

И-НЕ (штрих Шеффера), реализующий функцию:

$$F = \overline{x_1 \wedge x_2} .$$

Рабочие свойства логических элементов определяет ряд параметров:

- быстродействие – время задержки между сменой состояний входного и выходного сигналов;
- нагрузочная способность или коэффициент разветвления – число входов, которые можно подключить к одному выходу;
- помехоустойчивость – максимально допустимый уровень напряжения помехи, не вызывающий ложного переключения;
- степень генерирования помех – интенсивность колебаний тока при переключении элементов;
- мощность рассеяния – мощность потерь энергии в элементах.

3. Микропроцессоры. Цифровая обработка сигналов. Дискретизация и квантование.

Микропроцессор (МП) – это информационное устройство, которое по программе, задаваемой управляющими сигналами, обрабатывает информацию, т. е. реализует операции: арифметические, логические, ввода, вывода и т. д.

Микропроцессор реализуется в виде одной или нескольких микросхем высокой степени интеграции и обладает меньшими функциональными возможностями, чем процессор ЭВМ.

Микропроцессор применяется совместно с микроэлектронными элементами:

- запоминающим устройством программы (ЗУП);
- запоминающим устройством данных (ЗУД);
- устройством ввода – вывода (УВВ).

Система, состоящая из микропроцессора и указанных устройств, называется микропроцессорной системой (микроЭВМ).

Общая функциональная схема системы с микропроцессором показана на рис. 70.

Эта система содержит следующие функциональные элементы:

ЗУП – осуществляет хранение команд, составляющих программу микропроцессора, причём информация, записанная в нём не теряется при перерывах в напряжении питания.

ЗУД – осуществляет хранение данных, предназначенных для обработки микропроцессором.

УВВ – обеспечивает ввод данных в ЗУД и их вывод к внешним приборам и устройствам.



Рисунок 8.4 - Общая функциональная схема системы с микропроцессором

Генератор тактов осуществляет функционирование всех узлов и блоков микропроцессорной системы. Устройство управления при помощи генератора тактовых сигналов обеспечивает требуемую последовательность работы элементов для выполнения команды.

Блоки микропроцессорной системы связаны трактом передачи адресов для выборки микропроцессором команд из ЗУП и данных из ЗУД или УВВ, а также трактом передачи команд из ЗУП в микропроцессор и данных из ЗУД или УВВ в микропроцессор и от него.

Оба тракта передачи информации состоят из некоторого количества проводников, каждый из которых может подключаться к соответствующим приемникам и источникам микропроцессорной системы, осуществляя многократное использование каждого проводника для создания связи между узлами блоков всей системы.

Это достигается устройством управления микропроцессора, осуществляющим разделение во времени соответствующих связей (мультиплексирование). Тракт передачи информации можно сравнить с двусторонней транспортной магистралью, предназначеннной для доставки пассажиров в требуемые пункты назначения.

Система с микропроцессором оперирует информацией в двоичной системе исчисления (1–0). Каждый разряд двоичного числа называется битом. Например, число 1110 – четырёхбитовое двоичное число, а число 110 – трёхбитовое. Крайний слева бит имеет наибольший вес, крайний справа – наименьший (соответственно старший бит и младший).

Информация, которую обрабатывает микропроцессор, представляется группой битов, составляющих слово. Количество битов в слове зависит от типа микропроцессора.

Наиболее распространённые слова составляют длину 4, 8, 12, 16 бит. Количество битов в слове определяется числом разрядов приемных регистров, входящих в сверхоперативную память микропроцессора.

Биты, образующие слово, подразделяются на группы; группа из 8 бит называется байтом.

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 60стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

Деление слова на байты позволяет упростить представление двоичного слова, применив шестнадцатиричную форму записи (шестнадцатиричный код).

Представление двоичного слова в шестнадцатиричном коде позволяет уменьшить вероятность появления ошибок при составлении программы работы микропроцессора, а также упростить технику ее трансляции.

Микропроцессор – сложное цифровое устройство, состоящее из множества функциональных узлов.

Независимо от типа микропроцессора можно выделить отдельные функциональные узлы, составляющие основу его построения:

- счётчик команд – содержит адрес команды из ЗУП в текущий момент времени;
- регистр команд – осуществляет хранение в микропроцессоре команды, считанной с ЗУП на период её выполнения;
- формирователь адресов операндов – один или несколько регистров, в которых составляется адрес данных (операнда) перед обращением в ЗУД;
- АЛУ(арифметико-логическое устройство) – осуществляет операции сложения, вычитания, сравнения, операции И, ИЛИ, над двумя числами (операндами) с выдачей результата по одному выходу;
- аккумулятор – основной регистр служит для ввода данных в микропроцессор и вывода их от него. В аккумулятор поступает операнд из ЗУД перед проведением соответствующей операции в АЛУ.

В аккумулятор вводится результат проведённой в АЛУ операции;

– регистры сверхоперативной памяти – служат для временного хранения данных перед проведением операций в АЛУ.

Если, например, требуется провести операцию сложения двух чисел, то одно число предварительно хранится в аккумуляторе, а второе – в одном из регистров сверхоперативной памяти.

У большинства микропроцессоров количество регистров сверхоперативной памяти равно 6.

К началу выполнения программы микропроцессор должен находиться в исходном состоянии – для этого подаётся сигнал «установка нуля», которым все регистры микропроцессора, в том числе счетчик команд, устанавливаются в исходное нулевое состояние.

Однокристальные микроконтроллеры (ОМК или просто МК) предназначены для использования в системах промышленной и бытовой автоматики. Они представляют собой большие интегральные схемы, которые включают в себя все устройства, необходимые для реализации цифровой системы управления минимальной конфигурации: процессор (как правило, целочисленный), ЗУ команд, ЗУ данных, генератор тактовых сигналов, программируемые устройства для связи с внешней средой (*контроллер прерывания*, таймеры-счетчики, разнообразные порты ввода/вывода), иногда аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи и т. д. В некоторых источниках этот класс микропроцессоров называется однокристальными микроЭВМ (ОМЭВМ).

В настоящее время две трети всех производимых микропроцессорных БИС в мире составляют МП этого класса, причем почти две трети из них имеет разрядность, не превышающую 16 бит. К классу однокристальных микроконтроллеров прежде всего относятся микропроцессоры серии *MCS-51* фирмы *Intel* и аналогичные микропроцессоры других производителей, архитектура которых де-факто стала стандартом.

3. Использование ИИ в алгоритмах машинного обучения для анализа данных от сенсоров и измерительных приборов.

В последние годы наблюдается значительный рост использования искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) в различных отраслях. Одной из таких областей является анализ данных, получаемых от сенсоров и измерительных приборов. Эти данные могут использоваться для мониторинга, управления и оптимизации различных процессов и систем. Рассмотрим основные аспекты использования ИИ и МО для анализа данных от сенсоров, включая примеры приложений, алгоритмы и технологии.

1. Основные понятия и терминология

1.1 Искусственный интеллект (ИИ)

ИИ – это область информатики, направленная на создание систем, способных выполнять задачи, которые обычно требуют человеческого интеллекта, такие как распознавание речи, принятие решений, визуальное восприятие и понимание естественного языка.

1.2 Машинное обучение (МО)

ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ	 SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 61 стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

МО — это подмножество ИИ, которое включает методы и алгоритмы, позволяющие системам обучаться и улучшаться на основе опыта и данных. МО делится на несколько типов: обучение с учителем, обучение без учителя и обучение с подкреплением.

1.3 Сенсоры и измерительные приборы

Сенсоры и измерительные приборы — это устройства, которые собирают данные о физических параметрах окружающей среды, таких как температура, давление, влажность, освещенность, движение и т. д. Эти данные могут быть использованы для мониторинга, управления и анализа различных процессов.

2. Примеры применения ИИ и МО для анализа данных от сенсоров

2.1 Промышленный интернет вещей (ПоТ)

В промышленности сенсоры используются для мониторинга состояния оборудования, прогнозирования отказов и оптимизации производственных процессов. ИИ и МО позволяют анализировать данные с сенсоров в реальном времени, выявлять аномалии и прогнозировать возможные проблемы.

2.2 Умные города

В умных городах сенсоры используются для управления дорожным движением, мониторинга качества воздуха, управления энергопотреблением и т. д. ИИ и МО позволяют анализировать данные, полученные от сенсоров, для повышения эффективности городских служб и улучшения качества жизни горожан.

2.3 Здравоохранение

В здравоохранении сенсоры и измерительные приборы используются для мониторинга состояния пациентов, диагностики заболеваний и персонализированного лечения. ИИ и МО позволяют анализировать большие объемы медицинских данных для выявления скрытых закономерностей и улучшения точности диагностики и лечения.

3. Алгоритмы и технологии ИИ и МО для анализа данных от сенсоров

3.1 Регрессионные модели

Регрессионные модели используются для прогнозирования значений целевой переменной на основе данных от сенсоров. Примеры включают линейную регрессию, полиномиальную регрессию и регрессию на основе деревьев решений.

3.2 Классификационные модели

Классификационные модели используются для определения категорий или классов на основе данных от сенсоров. Примеры включают логистическую регрессию, методы опорных векторов (SVM) и нейронные сети.

3.3 Методы кластеризации

Методы кластеризации используются для группировки данных от сенсоров на основе их сходства. Примеры включают алгоритм k-средних, иерархическую кластеризацию и метод DBSCAN.

3.4 Нейронные сети и глубокое обучение

Глубокое обучение, основанное на многослойных нейронных сетях, позволяет анализировать сложные и неструктурированные данные от сенсоров, такие как изображения и видео. Примеры включают свёрточные нейронные сети (CNN) и рекуррентные нейронные сети (RNN).

4. Вызовы и перспективы

4.1 Обработка больших данных

Данные от сенсоров часто генерируются в больших объемах и требуют эффективных методов хранения, обработки и анализа. Важную роль здесь играют распределенные вычисления и облачные технологии.

4.2 Обеспечение безопасности и конфиденциальности

Использование данных от сенсоров требует соблюдения мер безопасности и защиты конфиденциальности, особенно в таких областях, как здравоохранение и умные города.

4.3 Интерпретируемость моделей

Для принятия обоснованных решений на основе данных от сенсоров важно, чтобы модели ИИ и МО были интерпретируемыми и объяснимыми.

4.4 Интеграция и стандартизация

Интеграция данных от различных типов сенсоров и измерительных приборов требует разработки стандартов и протоколов для обеспечения совместимости и взаимосвязи.

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>	<p>Кафедра инженерных дисциплин</p> <p>Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»</p>	<p>044/48-22 () 62стр. из 77</p>
--	---	---	---------------------------------------

Заключение. Использование ИИ и машинного обучения для анализа данных от сенсоров и измерительных приборов открывает новые возможности для мониторинга, управления и оптимизации различных процессов и систем. Несмотря на существующие вызовы, перспективы в этой области огромны и могут значительно улучшить эффективность и качество жизни в различных сферах.

Применение ИИ в фармацевтической промышленности

Использование ИИ в фармацевтике открывает новые возможности для ускорения процессов разработки лекарств, улучшения эффективности клинических испытаний, оптимизации производства и повышения качества обслуживания пациентов. В этой лекции мы рассмотрим основные области применения ИИ в фармацевтической промышленности, примеры успешных проектов и перспективы дальнейшего развития.

1. Основные области применения ИИ в фармацевтической промышленности

1.1 Разработка новых лекарств

ИИ используется для ускорения процесса разработки новых лекарств, включая следующие этапы:

- Идентификация мишеней: ИИ анализирует большие объемы биологических данных для выявления потенциальных мишеней для лекарств.
- Поиск кандидатов: Алгоритмы МО сканируют базы данных химических соединений, чтобы выявить потенциальные кандидаты на роль новых лекарств.
- Оптимизация молекул: ИИ помогает оптимизировать структуру молекул для улучшения их фармакологических свойств.

1.2 Клинические испытания

ИИ помогает улучшить эффективность и снизить стоимость клинических испытаний:

- Подбор участников: ИИ анализирует медицинские данные для подбора подходящих участников клинических испытаний, учитывая их медицинскую историю и генетические данные.
- Мониторинг и анализ данных: ИИ используется для мониторинга состояния участников в реальном времени и анализа данных для выявления потенциальных проблем и коррекции хода испытаний.

1.3 Производство и логистика

ИИ помогает оптимизировать процессы производства и логистики:

- Управление производством: ИИ анализирует данные с производственных линий для выявления узких мест и оптимизации процессов.
- Управление цепочками поставок: ИИ помогает прогнозировать спрос и управлять запасами, чтобы минимизировать затраты и избежать дефицита лекарств.

1.4 Персонализированная медицина

ИИ играет ключевую роль в развитии персонализированной медицины:

- Анализ генетических данных: ИИ помогает анализировать генетические данные пациентов для подбора наиболее эффективных и безопасных методов лечения.
- Прогнозирование реакции на лечение: ИИ используется для прогнозирования реакции пациентов на различные лекарства и корректировки дозировок.

2. Примеры успешных проектов

2.1 Project Hanover (Microsoft)

Project Hanover использует ИИ для ускорения поиска новых методов лечения рака. ИИ анализирует медицинские исследования и данные пациентов, чтобы выявить новые потенциальные лекарства и оптимизировать существующие методы лечения.

2.2 IBM Watson for Drug Discovery

IBM Watson for Drug Discovery использует методы машинного обучения и обработки естественного языка для анализа научных публикаций, клинических данных и других источников информации. Это позволяет ускорить процесс разработки новых лекарств и выявить новые мицени для лечения различных заболеваний.

2.3 Atomwise

Atomwise использует глубокое обучение для прогнозирования взаимодействий между лекарствами и белками. Их платформа позволяет ускорить процесс поиска новых лекарств и улучшить точность прогнозов, что помогает снизить затраты и время на разработку новых терапий.

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 63стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

3. Вызовы и перспективы

3.1 Доступность и качество данных

Для эффективного использования ИИ необходимы большие объемы качественных данных. Важно обеспечить доступ к данным и разработать методы для их стандартизации и интеграции.

3.2 Обеспечение безопасности и конфиденциальности

Использование ИИ в фармацевтике требует соблюдения строгих мер безопасности и защиты конфиденциальности данных пациентов.

3.3 Интерпретируемость и объяснимость

Для принятия обоснованных решений важно, чтобы модели ИИ были интерпретируемыми и объяснимыми. Это позволит повысить доверие к результатам и облегчить их внедрение в клиническую практику.

3.4 Регуляторные аспекты

Разработка и внедрение ИИ в фармацевтике требуют соблюдения регуляторных требований и стандартов, что может потребовать дополнительных усилий и времени.

Заключение. Использование ИИ в фармацевтической промышленности открывает огромные возможности для ускорения процессов разработки новых лекарств, повышения эффективности клинических испытаний, оптимизации производства и улучшения качества обслуживания пациентов. Несмотря на существующие вызовы, перспективы в этой области огромны, и ИИ станет неотъемлемой частью будущего фармацевтики.

4. Иллюстративный материал: Для проведения занятия используется следующее материально-техническое обеспечение: ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

5. Литература:

основная:

1. Мантлер С. Н. Химиялық технологияның процесстері және аппараттары : оқулық / С. Н. Мантлер, F. М. Жуманазарова. - КР БФМ ұсынған. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 б.
2. Мантлер С. Н. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер, Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
3. Туганбаев, И. Т. Электротехника [Текст] : учебник / И. Т. Туганбаев. - ; Рек. М-вом образования и науки РК. - Алматы : Эверо, 2014. - 250 с.
4. Баубеков, С. Ж. Электрлік машиналар мен аппараттар: оқулық - Алматы : Эверо, 2013
5. К.Е.Арыстанбаев, Т.Т. Амангельді, Б.М. Джаналиев. Электроника. Оқу құралы. – Алматы: Эверо, 2022. – 152 бет.
6. Арыстанбаев К.Е., Жумабекова А.Б., Умаров А.А. Системы управления химико-фармацевтическими процессами. - Алматы : Эверо, 2020. - 128 с.
7. Электротехника и электроника: учебник / А. Н. Горбунов [и др.] ; под ред. А. В. Кравцова. - Алматы : Эверо, 2012. - 660 с.
8. Дополнительная:
9. Дүзелбаев С. Т. Машина тетіктері : Жоғары кәсіптік мамандар даярлайтын техникалық оқу орындарының студенттеріне арналған оқулық / С. Т. Дүзелбаев. - КР БФМ ұсынған. - Алматы : "Бастау", 2016. - 408 б.
10. Воронов, М. В. Системы искусственного интеллекта : учебник и практикум для вузов / М. В. Воронов, В. И. Пименов, И. А. Небаев. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Издательство Юрайт, 2024. - 268 с.
11. Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th US ed. by Stuart Russell and Peter Norvig. 2020. – 1127 p.

Электронные ресурсы:

29. Электротехника және өндірістік электроника негіздері: дәріс кешені.-Шымкент, 2023
https://base.ukgfa.kz/?wpfb_dl=29967

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 64стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

30. Электротехника и основы промышленной электроники: лекционный комплекс.- Шымкент, 2023 https://base.ukgfa.kz/?wpfb_dl=29962
31. Куракбай М.Б. Электроника және электротехникалық материалдар: оқу құралы. Алматы: «Medet Group» ЖШС, 2021. – 192 б. <https://aknurpress.kz/reader/web/3169>
32. Бёрд Дж.Электр және электроника негіздері мен технологиясы: Оқулық / ауд. Н.А. Маженов, Ю.М. Смирнов, О. Маженова. – Алматы, 2013 <https://aknurpress.kz/reader/web/2786>
33. Амочаева Г.П., Афанасьев Д.А.Прикладная электроника. Учебное пособие. (2-е издание):ТОО «Medet Group». Караганда, 2020. – 106 стр <https://aknurpress.kz/reader/web/2400>
34. Луганская С. П., Қыдырбаева Н. Қ.Электроника негіздері: Оқу құралы./Луганская С. П., Қыдырбаева Н.Қ.–Алматы: «АҚНҮР» баспасы, 2018 – 198 б. <https://aknurpress.kz/reader/web/1213>
35. Шпиганович, А. Н. Физические основы электроники : методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Физические основы электроники» для студентов — Липецк : ЭБС АСВ, 2012. — 43 с. // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/22964.html>
- Большаков, В. А. Лабораторный практикум по дисциплине \ "Общая электротехника и электроника. — Санкт-Петербург : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2006. — 91 с. // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: <https://www.iprbookshop.ru/12491.html>

6.Контрольные вопросы:

1. Объяснить, что собой представляют логические элементы?
2. Объяснить функции логического элемента ИЛИ
3. Объяснить функции логического элемента И
4. Объяснить функции логического элемента И-НЕ
5. Объяснить функции логического элемента НЕ
6. Объяснить, что называется микропроцессором?
7. Что собой представляет микроЭВМ
8. Начертить и объяснить общую функциональную схему системы с микропроцессором
9. Перечислить и объяснить функциональные узлы микропроцессора.
10. Объясните понятие – искусственный интеллект
11. Объясните понятие - машинное обучение
12. Приведите примеры применения ИИ и МО в фармацевтической промышленности.

Лекция №9

1.Тема: Электрооборудование. Элементы теории магнитного поля. Трансформаторы Асинхронные двигатели.

2.Цель: изучение явления электромагнетизма и магнитные цепи, классификация магнитных цепей, проведение анализа простейших неразветвленных магнитных цепей с постоянной магнитодвижущей силой, изучение принципа действия трансформатора устройства трансформаторов, изучение принципа работы асинхронного двигателя.

3.Тезисы лекции:

1. Электрооборудование. Элементы теории магнитного поля.
2. Трансформаторы
3. Асинхронные двигатели.

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 65стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

1. Электрооборудование. Элементы теории магнитного поля.

Электромагнетизм и магнитные цепи. Основные величины, характеризующие магнитное поле.

Многие источники и приемники электрической энергии представляют собой сложные электромагнитные устройства, разнообразные по конструкции, устройству и назначению. Однако, в общем случае их работа основана на использовании магнитного поля, так как при движении электрических зарядов кроме электрических полей возникают и магнитные поля.

Электрические и магнитные поля – поля одной природы, так как магнитные поля создаются упорядоченно движущимися зарядами, т. е. электрическим током.

Явления, связанные с магнитным полем, могут быть описаны с помощью следующих величин:

\vec{H} – напряженность магнитного поля.

\vec{H} Это векторная величина, выраженная через силу, действующую на единичные объекты в магнитном поле. Напряженность магнитного поля в системе СИ измеряется в единицах – ампер на метр (А/м);

μ – магнитная проницаемость среды;

\vec{B} – магнитная индукция – силовая характеристика магнитного поля, учитывающая свойства среды,

$$\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H}$$

связанная с напряженностью магнитного поля формулой

В вакууме индукция и

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H},$$

напряженность магнитного поля связаны соотношением

где $\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная

постоянная, характеризующая магнитные свойства вакуума. Единицей магнитной индукции в системе СИ является тесла (Тл). Для ферромагнитных материалов зависимость индукции от напряженности магнитного поля в общем случае нелинейная;

Φ – магнитный поток. При однородном магнитном поле

($\vec{B} = \text{const}$) и перпендикулярном направлении поля к площадке S , магнитный поток через площадку S равен $\Phi = BS$. В системе СИ единицей магнитного потока является вебер (Вб); $1\text{Вб} = 1\text{Tл} \cdot \text{м}^2$.

Свойства ферромагнитных материалов, находящихся под воздействием магнитного поля, описывают

$$\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H}.$$

кривой намагничивания, т. е. зависимостью $\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H}$. Эта зависимость устанавливается опытным путем с помощью специальных кольцевых образцов, в которых магнитное поле однородное. Таким образом может быть тороид, изготовленный из исследуемого ферромагнитного материала, длина магнитных линий в котором много больше его поперечных размеров (тонкостенный тороид). На тороиде находится равномерно навитая обмотка с числом витков w .

При расчете напряженности и индукции магнитного поля в тонкостенном тороиде можно считать, что все магнитные силовые линии имеют одинаковую длину, равную длине средней линии.

Если предположить, что ферромагнитный материал такого тороида полностью размагнчен, и тока в его обмотке нет ($B = 0$ и $H = 0$), то при плавном нарастании тока получим нелинейную зависимость $B(H)$, которая называется кривой первоначального намагничивания или основной кривой намагничивания (рис.11.1, штриховая линия).

Начиная с некоторых значений напряженности H магнитного поля, индукция B практически перестает увеличиваться и остается равной B_{\max} (рис. 11.1). Эта область называется областью технического насыщения.

Если, достигнув насыщения, начать плавно уменьшать ток в обмотке тороида, т. е. уменьшать напряженность магнитного поля, то индукция также начнет уменьшаться. Однако зависимость $B(H)$ уже не совпадет с кривой первоначального намагничивания. Изменяя направление тока в обмотке и увеличивая его значение, получим новый участок зависимости.

При значительных отрицательных значениях напряженности магнитного поля снова наступит техническое насыщение ферромагнетика. Если далее сначала уменьшать ток обратного направления, а затем увеличивать ток прямого направления до насыщения и т. д., то после нескольких циклов перемагничивания

для зависимости $B(H)$ будет получена симметричная кривая (рис. 9.1, сплошная линия). Этот замкнутый цикл $B(H)$ называется предельной статической петлей гистерезиса ферромагнитного материала.

Явление гистерезиса обусловлено наличием остаточного намагничивания материала. Предельный статический цикл гистерезиса характеризуется следующими параметрами (рис. 9.1):

H_c – коэрцитивной силой, B_r – остаточной индукцией, и k – коэффициентом прямоугольности ($k = Br / B_{max}$)

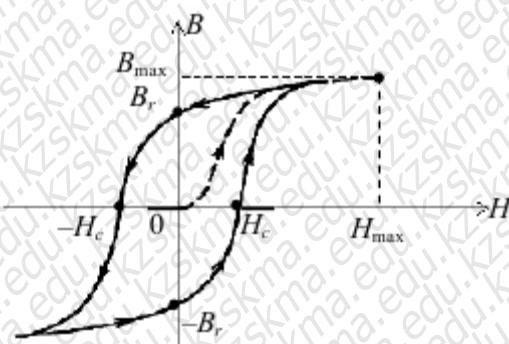


Рисунок 9.1

В технике применяют различные ферромагнитные материалы, отличающиеся формой петли гистерезиса и частотой перемагничивания; площадь петли гистерезиса пропорциональна энергии, выделяющейся в единице объема ферромагнитного вещества за один цикл перемагничивания. По этой площади определяют потери в стали ферромагнетика.

По значению параметра H_c различают две группы ферромагнитных материалов:

- магнитомягкие ($H_c < 0,05 \text{--} 0,01 \text{ A/m}$);
- магнитотвердые ($H_c > 20 \text{--} 30 \text{ kA/m}$).

Магнитомягкие материалы легко перемагничиваются, поэтому их используют для изготовления магнитопроводов магнитных систем. К ним относится чистое железо, листовая электротехническая сталь, железоникелевые сплавы, ферриты, и т. д.

Магнитомягкие материалы делятся на три типа:

- магнитные материалы с прямоугольной предельной статической петлей гистерезиса с коэффициентом прямоугольности, более 0,95;
- магнитные материалы с окружной предельной статической петлей гистерезиса с коэффициентом прямоугольности $0,4 < k < 0,7$;
- магнитные материалы с линейными свойствами, у которых зависимость $B(H)$ практически линейна.

Магнитотвердые материалы используются для изготовления постоянных магнитов, которые трудно размагнитить после выключения намагничающего тока. Это – сплавы железа, никеля, алюминия, кобальта, магнитотвердые ферриты.

Магнитопроводы из ферромагнитных материалов с прямоугольным предельным статическим циклом гистерезиса применяются в устройствах автоматики. Ферромагнитные материалы с окружной петлей гистерезиса используются для изготовления магнитопроводов электрических машин и аппаратов (например трансформаторов).

Из ферромагнитных материалов с линейными свойствами изготавливают участки магнитопроводов для катушек индуктивности колебательных контуров, примен器ющихся в радиотехнике и средствах связи.

Способы воздействия магнитного поля

О наличии магнитного поля судят по его воздействию на помещенное в него тело. Различают индукционное и электромеханическое (силовое) действие магнитного поля.

Индукционное воздействие магнитного поля заключается в следующем: если проводящий контур поместить в переменное магнитное поле, пронизывающее этот контур, то в контуре возникает ЭДС, если же этот контур замкнут, то в нем появляется ток.

<p>OÝTUSTIK-QAZAQSTAN MEDISINA AKADEMIASY «Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 67стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

Явление возникновения тока в проводящем контуре, пронизываемом переменным магнитным потоком, называется электромагнитной индукцией. Это явление описывается законом Фарадея, который формулируется так: при пересечении проводящего контура, изменяющимся во времени магнитным потоком, в нем возникает ЭДС индукции, пропорциональная скорости изменения магнитного потока через площадь, ограниченную этим контуром

$$e = - \frac{d\Phi}{dt}.$$

Знак « $-$ » в этой формуле означает, что индукционный ток всегда направлен так, чтобы противодействовать причине, его вызывающей (правило Ленца).

Если контур состоит из w одинаковых витков, т. е. представляет собой соленоид, ЭДС индукции будет

$$e = -w \frac{d\Phi}{dt}.$$

Если применить закон Фарадея к контуру, пронизанному собственным переменным магнитным потоком, то в нем возникает ЭДС самоиндукции.

Так как напряженность магнитного поля H прямо пропорциональна намагничивающему току, то магнитный поток Φ также пропорционален току, т. е. $\Phi = LI$, где L – величина постоянная для данного контура, которая называется коэффициентом самоиндукции или индуктивностью. Тогда ЭДС самоиндукции

$$e_L = -L \frac{di}{dt}.$$

Если имеем два контура, то ЭДС, возникающая во втором контуре, пронизанном переменным магнитным потоком, создаваемым током первого контура, называется ЭДС взаимоиндукции

$$e_{L_2} = -L_{21} \frac{di_1}{dt},$$

где L_{21} – коэффициент взаимной индукции первого и второго контура.

Запасенная при изменении тока энергия магнитного поля будет

$$W_m = \frac{\Psi_L I}{2} = \frac{LI^2}{2},$$

$$\Psi_L = \sum_{k=1}^w \Phi_k$$

– потокосцепление.

На индукционном действии магнитного поля основана работа таких электромагнитных устройств, как трансформаторы, электрические генераторы, электроизмерительные приборы, электроизмерительные преобразователи.

Электромеханическое или силовое воздействие переменного магнитного поля заключается в том, что помещенное в него ферромагнитное тело или проводник с током, испытывает действие силы со стороны этого поля.

Магнитное поле, необходимое для работы электромагнитного устройства, создается в его магнитной системе с помощью возбудителя (катушки с током или постоянного магнита). Если в это магнитное поле поместить замкнутый проводник с током, то возникает сила (сила Ампера), которая создает врачающий момент, под действием которого контур поворачивается.

На этом явлении основана работа электрических двигателей, электромагнитных реле, тяговых устройств и т. д.

В сплошных массивных проводниках (дисках, пластинах и др.), пересекаемых переменным магнитным полем, возбуждаются индукционные токи (токи Фуко или вихревые токи). Электрическое сопротивление таких проводников мало, поэтому токи Фуко могут достигать большой величины.

Взаимодействие этих токов с магнитным полем создает врачающий момент, пропорциональный величине тока. Это явление используется в счетчиках электрической энергии, а также в измерительных приборах для демпфирования (успокоения) подвижных частей (например, в гальванометрах).

Магнитная цепь – это совокупность ферромагнитных и неферромагнитных частей электротехнических устройств, необходимых для создания магнитных полей нужных конфигураций и интенсивности.

В зависимости от принципа действия электротехнического устройства магнитное поле может возбуждаться либо постоянным магнитом, либо катушкой с током, расположенной в той или иной части магнитной цепи. Электромагнитные процессы в магнитной цепи описываются с помощью следующих понятий: магнитодвижущая сила (МДС – F), магнитный поток (Φ), магнитное напряжение (U_m) и др.

Классификация магнитных цепей

Магнитные цепи могут быть неразветвленные, в которых магнитный поток в любом сечении цепи одинаков, и разветвленные, в которых магнитные потоки в различных сечениях цепи различны.

Разветвленные магнитные цепи могут быть сложной конфигурации, например в электрических двигателях, генераторах и других устройствах.

Неразветвленные магнитные цепи бывают однородные и неоднородные (рис. 9.2).

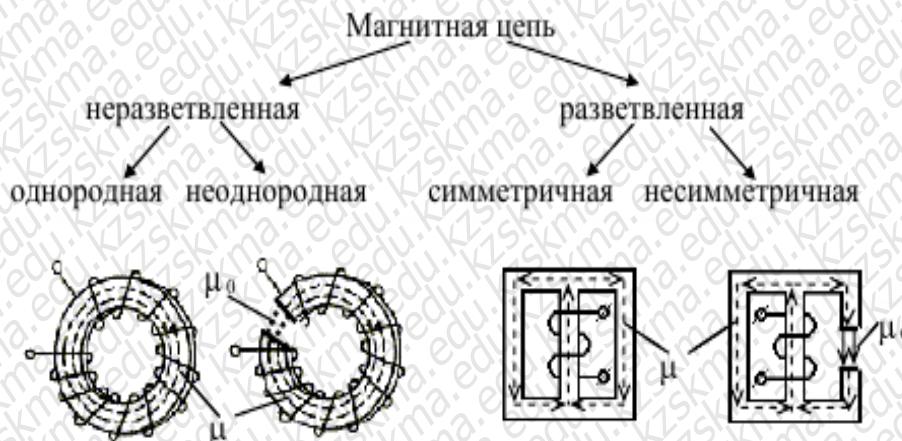


Рисунок 9.2 Неразветвленные магнитные цепи (однородные и неоднородные)

Однородная магнитная цепь образует замкнутый магнитопровод с равномерной намагничивающей обмоткой, причем каждый виток обмотки создает линии магнитной индукции, которые, замыкаясь по магнитопроводу, сливаются в общий магнитный поток.

В такой цепи магнитные линии проходят в одной среде и напряженность магнитного поля вдоль линий не меняется. Как правило, это – кольцевые магнитопроводы (тороиды), которые используют в качестве стандартных образцов, применяемых для определения магнитных характеристик материалов.

Неоднородная магнитная цепь – это такая магнитная цепь, в которой магнитопровод не сплошной, а, например, с воздушным зазором, поэтому магнитный поток и напряженность магнитного поля в ферромагнитном материале и воздушном зазоре – различны.

Разветвленные магнитные цепи могут быть симметричные и несимметричные (рис. 9.2).

В симметричных магнитных цепях, как показано на рис. 9.3, магнитный поток, создаваемый током, протекающим по обмотке, расположенной на центральном стержне магнитопровода (с магнитной проницаемостью μ), симметрично распределяется по его боковым стержням и напряженность магнитных полей одинакова.

В несимметричных магнитных цепях в одном из боковых стержней магнитопровода имеется воздушный зазор с магнитной проницаемостью 0, тогда и напряженность магнитного поля ферромагнетика и воздушного зазора будут различные.

Анализ простейших неразветвленных магнитных цепей с постоянной магнитодвижущей силой.

Неразветвленные магнитные цепи присущи большому числу различных устройств.

Рассмотрим однородную магнитную цепь (рис. 9.3).

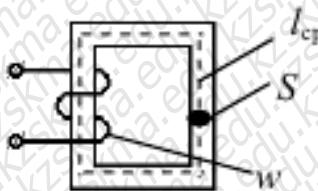


Рисунок 9.3 Однородная магнитная цепь

Здесь

$I_{ср}$ – средняя длина магнитной силовой линии;

S – площадь сечения магнитопровода;

w – число витков обмотки.

Будем считать, что магнитный поток Φ постоянен для любого сечения магнитопровода, а напряженность H является величиной постоянной по всей длине замкнутого контура (l).

Закон полного тока для магнитной цепи получен на основании многочисленных опытов. Этот закон устанавливает, что интеграл от напряженности магнитного поля по любому замкнутому контуру равен алгебраической сумме токов, сцепленных с этим контуром:

$$\oint H dl = \sum wI,$$

$$\sum wI$$

где называется магнитодвижущей силой (МДС) $-F$.

Если при этом магнитное поле возбуждается катушкой с током I , у которой w витков, то закон полного тока формулируется следующим образом: магнитодвижущая сила F равна интегралу от напряженности магнитного поля по любому замкнутому контуру, умноженной на длины соответствующих участков магнитной цепи $-l$

$$\oint H dl = wI,$$

где $wI = F$ – магнитодвижущая сила (ампер-витки).

Магнитную цепь большинства электротехнических устройств можно представить состоящей из совокупности участков, в пределах каждого из которых можно считать магнитное поле однородным, т. е. с постоянной H , равной напряженности магнитного поля вдоль средней линии участка l ср.

Для однородной цепи закон полного тока выражается формулой

$$H l_{ср} = F.$$

Так же, как и в электрической цепи, где задачей расчета является нахождение электрического тока, в магнитной цепи необходимо найти магнитный поток.

Порядок расчета следующий:

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 70стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

1) из закона полного тока, зная среднюю длину магнитной силовой линии, а также намагничивающий

$$H = \frac{F}{l_{\text{ср}}};$$

ток обмотки и ее число витков, находим напряженность магнитного поля

2) зная H и материал, из которого изготовлен магнитопровод, по кривой намагничивания материала, находим магнитную индукцию B ;

3) зная площадь сечения магнитопровода S , находим магнитный поток

$$\Phi = B S.$$

Закон полного тока для такой цепи

$$H_{\mu} l_{\mu} + H_0 l_0 = F = wI,$$

где $H_{\mu} l_{\mu}$ – называется магнитным напряжением участка цепи (в данном случае ферромагнетика); а $H_0 l_0$ – магнитным напряжением воздушного зазора.

Тогда можно написать

$$F = U_{\mu} + U_0.$$

Приведенное выражение закона полного тока аналогично выражению II закона Кирхгофа для электрической цепи

$$E = I(R_{\mu} + R_0) = U_{\mu} + U_0,$$

где R_{μ} и R_0 – магнитные сопротивления ферромагнетика и воздушного зазора соответственно.

Из курса физики известна теорема Гаусса: поток вектора магнитной индукции B через любую замкнутую поверхность равен нулю.

Значит, если обозначить Φ – магнитный поток, создаваемый током i , то

$$\sum \Phi_i = 0.$$

Это выражение для магнитной цепи аналогично выражению

I закона Кирхгофа для электрической цепи $\sum I_k = 0$.

Можно получить выражение закона Ома для магнитной цепи.

По определению $\Phi = B S$, подставив в эту формулу значение магнитной индукции, получим следующее выражение закона Ома:

$$\Phi = \mu_0 \mu H S.$$

В последнем выражении величина

$$\frac{\mu_0 \mu S}{I}$$

является магнитной проводимостью, т. е. величиной обратной магнитному сопротивлению. По аналогии с электрической цепью, где электрическое сопротивление равно:

$$R = \frac{1}{g} = \frac{\rho l}{S},$$

можно написать, что магнитное сопротивление ферромагнетика

равно:

$$R_m = \frac{l}{S \mu \mu_0},$$

где μ – магнитная проницаемость ферромагнетика.

Аналогично и выражение для магнитного сопротивления воздушного зазора

$$R_{m_0} = \frac{l_0}{S_0 \mu_0},$$

где μ_0 – магнитная постоянная в воздушном зазоре.

Из всего сказанного можно сделать следующие выводы:

- магнитное сопротивление всей цепи равно сумме магнитных сопротивлений ее последовательно соединенных участков;
- при постоянстве намагничивающего тока в обмотке с увеличением воздушного зазора, магнитный поток уменьшается;
- для обеспечения постоянства магнитного потока с увеличением воздушного зазора ток в обмотке необходимо увеличивать;
- для оптимального выбора материала магнитопровода надо учитывать влияние воздушного зазора.

Учитывая все вышеизложенное, можно утверждать, что для анализа неразветвленных магнитных цепей с постоянной магнитодвижущей силой можно пользоваться всеми графическими и аналитическими методами расчета линейных электрических цепей постоянного тока.

Можно составить следующую таблицу соответствия магнитной и электрической цепей.

Магнитная цепь	Электрическая цепь
$F = wI$ – магнитодвижущая сила (МДС)	E – электродвижущая сила (ЭДС)
Φ – магнитный поток	I – электрический ток
$R_m = \frac{1}{\mu \mu_0} \frac{l}{S}$ – магнитное сопротивление	$R = \rho \frac{l}{S}$ – электрическое сопротивление
$U_m = Hl = R_m \Phi$ – магнитное напряжение	$U = RI$ – электрическое напряжение
$\sum \Phi_i = 0$ – I закон Кирхгофа	$\sum I_k = 0$ – I закон Кирхгофа
$\sum U_m = \sum F_k$ – II закон Кирхгофа	$\sum U = \sum E_k$ – II закон Кирхгофа
$\Phi = \frac{F}{R_m}$ – закон Ома	$I = \frac{E}{R}$ – закон Ома
$\lambda = \frac{1}{R_m}$ – магнитная проводимость	$g = \frac{1}{R}$ – электрическая проводимость

2. Трансформаторы

Назначение и области применения

Трансформатором называют статическое электромагнитное устройство, имеющее две или большее число индуктивно-связанных обмоток и предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной (первичной) системы переменного тока в другую (вторичную) систему переменного тока. Трансформаторы широко используются в промышленности и быту для различных целей.

1. Для передачи и распределения электрической энергии.

Обычно на электростанциях генераторы переменного тока вырабатывают электрическую энергию при напряжении 6-24 кВ, а передавать электроэнергию на дальние расстояния выгодно при значительно больших напряжениях (110, 220, 330, 400, 500, и 750 кВ). Поэтому на каждой электростанции устанавливают трансформаторы, осуществляющие повышение напряжения.

Распределение электрической энергии между промышленными предприятиями, населёнными пунктами, в городах и сельских местностях, а также внутри промышленных предприятий производится по воздушным и кабельным линиям, при напряжении 220, 110, 35, 20, 10 и 6 кВ. Следовательно, во всех

распределительных узлах должны быть установлены трансформаторы, понижающие напряжение до величины 220, 380 и 660 В (рис. 11.5)

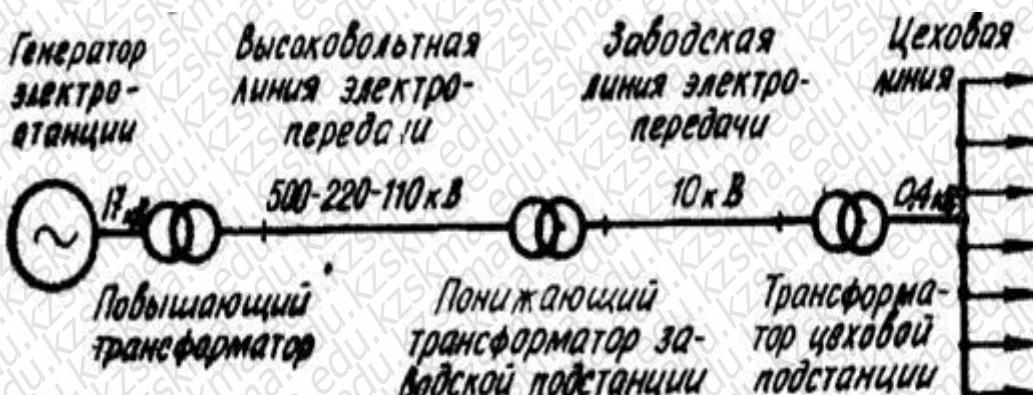


Рисунок 9.5

2. Для обеспечения нужной схемы включения вентилей в преобразовательных устройствах и согласования напряжения на выходе и входе преобразователя. Трансформаторы, применяемые для этих целей, называются **преобразовательными**.

3. Для различных технологических целей: сварки (**сварочные** трансформаторы), питания электротермических установок (электропечные трансформаторы) и др.

4. Для питания различных цепей радиоаппаратуры, электронной аппаратуры, устройств связи и автоматики, электробытовых приборов, для разделения электрических цепей различных элементов указанных устройств, для согласования напряжения и пр.

5. Для включения электроизмерительных приборов и некоторых аппаратов (реле и др.) в электрические цепи высокого напряжения или же в цепи, по которым проходят большие токи, с целью расширения пределов измерения и обеспечения электробезопасности. Трансформаторы, применяемые для этих целей, называются **измерительными**.

Классификацию трансформаторов можно произвести по нескольким признакам:

1. По **назначению** трансформаторы разделяют на **силовые общего и специального применения**. Силовые трансформаторы общего применения используются в линиях передачи и распределения электроэнергии. Для режима их работы характерна частота переменного тока 50 Гц и очень малые отклонения первичного и вторичного напряжений от номинальных значений. К трансформаторам специального назначения относятся силовые специальные (печные, выпрямительные, сварочные, радиотрансформаторы), измерительные и испытательные трансформаторы, трансформаторы для преобразования числа фаз, формы кривой ЭДС, частоты и т.д.

2. По виду охлаждения – с воздушным (сухие трансформаторы) и масляным (масляные трансформаторы) охлаждением.

3. По числу фаз на первичной стороне – однофазные и трёхфазные.

4. По форме магнитопровода – стержневые, броневые, тороидальные.

5. По числу обмоток на фазу – двухобмоточные, трёхобмоточные, многообмоточные (более трёх обмоток).

6. По конструкции обмоток – с концентрическими и чередующимися (дисковыми) обмотками.

Принцип действия трансформатора

Электромагнитная схема однофазного двухобмоточного трансформатора состоит из двух обмоток (рис. 9.6), размещенных на замкнутом магнитопроводе, который выполнен из ферромагнитного материала. Применение ферромагнитного магнитопровода позволяет усилить электромагнитную связь между обмотками, т.е. уменьшить магнитное сопротивление контура, по которому проходит магнитный поток трансформатора.

Первичную обмотку 1 подключают к источнику переменного тока – электрической сети с напряжением сети u_1 . К вторичной обмотке 2 присоединяют сопротивление нагрузки Z_H .

Обмотку более высокого напряжения называют обмоткой высшего напряжения (ВН), а низкого напряжения – обмоткой низшего напряжения (НН). Начала и концы обмотки ВН обозначают буквами А и Х; обмотки НН – буквами а и х.

При подключении к сети в первичной обмотке возникает переменный ток i_1 , который создаёт переменный магнитный поток Φ , замыкающийся по магнитопроводу. Поток Φ индуцирует в обеих обмотках переменные ЭДС – e_1 и e_2 пропорциональные, согласно закону Максвелла, числам витков w_1 и w_2 соответствующей обмотки и скорости изменения потока $d\Phi/dt$.

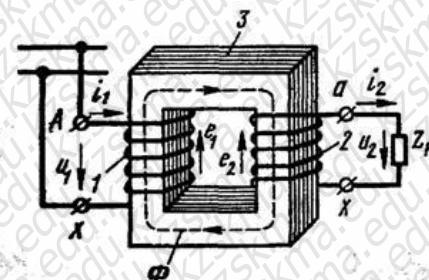


Рисунок 9.6

Таким образом, мгновенные значения ЭДС, индуцированные в каждой обмотке.

$$e_1 = -w_1 \frac{d\Phi}{dt}, \quad e_2 = -w_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

Следовательно, отношение мгновенных и действующих ЭДС в обмотках определяется выражением

$$E_1 / E_2 = e_1 / e_2 = w_1 / w_2. \quad (9.1)$$

Если пренебречь падениями напряжения в обмотках трансформатора, которые обычно не превышают 3-5 % от номинальных значений U_1 и U_2 , и считать $E_1 \approx U_1$ и $E_2 \approx U_2$, то получим

$$U_1 / U_2 \approx w_1 / w_2. \quad (9.2)$$

Следовательно, подбирая соответствующим образом числа витков обмоток, при заданном напряжении U_1 можно получить желаемое напряжение U_2 . Если необходимо повысить вторичное напряжение, то число витков w_2 берут больше числа w_1 ; такой трансформатор называют **повышающим**. Если требуется уменьшить напряжение U_2 , то число витков w_2 берут меньшим w_1 ; такой трансформатор называют **понижающим**.

Отношение ЭДС $E_{\text{вн}}$ обмотки высшего напряжения к ЭДС $E_{\text{нн}}$ обмотки низшего напряжения (или отношение их чисел витков) называют **коэффициентом трансформации**

$$n = \frac{E_{\text{вн}}}{E_{\text{нн}}} = \frac{w_{\text{вн}}}{w_{\text{нн}}}. \quad (9.3)$$

Коэффициент n всегда больше единицы.

В системах передачи и распределения энергии в ряде случаев применяют трёхобмоточные трансформаторы, а в устройствах радиоэлектроники и автоматики – многообмоточные трансформаторы. В таких трансформаторах на магнитопроводе размещают три или большее число изолированных друг от друга обмоток, что даёт возможность при питании одной из обмоток получать два или большее число различных напряжений (U_2 , U_3 , U_4 и т.д.) для электроснабжения двух или большего числа групп потребителей. В трехобмоточных силовых трансформаторах различают обмотки высшего, низшего и среднего (СН) напряжения.

В трансформаторе преобразуются только напряжения и токи. Мощность же остается приблизительно постоянной (она несколько уменьшается из-за внутренних потерь энергии в трансформаторе). Следовательно, полная мощность потребляемая из сети

$$S_1 = U_1 I_1 ,$$

практически полностью выделяется на нагрузке

$$S_1 = U_1 I_1 \approx S_2 = U_2 I_2 .$$

Отсюда следуют соотношения между токами и напряжениями на первичной и вторичной обмотках трансформатора.

$$U_1 / U_2 = I_2 / I_1 = w_1 / w_2 = n . \quad (9.4)$$

При уменьшении вторичного напряжения в n раз по сравнению с первичным, ток I_2 во вторичной обмотке соответственно увеличится в n раз.

Трансформатор может работать только в цепях переменного тока. Если первичную обмотку трансформатора подключить к источнику постоянного тока, то в его магнитопроводе образуется магнитный поток, постоянный во времени по величине и направлению. Поэтому в первичной и вторичной обмотках в установившемся режиме не индуцируются ЭДС, а, следовательно, не передаётся электрическая энергия из первичной цепи во вторичную. Такой режим опасен для трансформатора, так как из-за отсутствия ЭДС E_1 в первичной обмотке ток $I_1 = U_1 / R_1$ весьма большой.

Важным свойством трансформатора, используемым в устройствах автоматики и радиоэлектроники, является способность его преобразовывать сопротивление нагрузки. Если к источнику переменного тока подключить нагрузку с сопротивлением R через трансформатор с коэффициентом трансформации n , то для цепи источника

$$R' = \frac{P_1}{I_1^2} \approx \frac{P_2}{I_2^2} \approx \frac{I_2^2 R}{I_1^2} \approx n^2 R \quad (9.5)$$

где: P_1 – мощность, потребляемая трансформатором от источника переменного тока, Вт;

$P_2 = I_2^2 R \approx P_1$ – мощность, потребляемая нагрузкой с сопротивлением R от трансформатора.

Таким образом, трансформатор изменяет значение сопротивления нагрузки R в n^2 раз. Это свойство широко используется при разработке электрических схем для согласования сопротивлений нагрузки с внутренним сопротивлением источников электрической энергии.

Устройство трансформаторов

Магнитная система. В зависимости от конфигурации магнитной системы, трансформаторы подразделяют на стержневые (рис. 9.7, а), броневые (рис. 9.7, б) и тороидальные (рис. 9.7, в).

Стержнем называют часть магнитопровода, на которой размещают обмотки (рис. 9.7; 2). Часть магнитопровода, на которой обмотки отсутствуют, называют ярмом (рис. 9.7; 1). Трансформаторы большой и средней мощности обычно выполняют стержневыми. Они имеют лучшие условия охлаждения и меньшую массу, чем броневые.

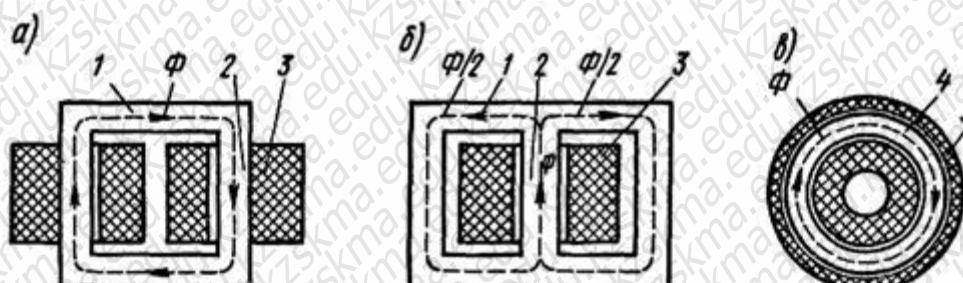


Рисунок 9.7

Для уменьшения потерь от вихревых токов, магнитопроводы трансформаторов (рис. 9.7) собирают из изолированных листов электротехнической стали толщиной 0,28-0,5 мм при частоте 50 Гц.

Трансформаторы малой мощности и микротрансформаторы часто выполняют броневыми, так как они имеют более низкую стоимость по сравнению со стержневыми трансформаторами из-за меньшего числа катушек и упрощения сборки и изготовления. Применяют также и маломощные трансформаторы стержневого типа с одной или двумя катушками (рис. 9.7; 3). Преимущество тороидальных трансформаторов – отсутствие

в магнитной системе (рис. 9.7; 4) воздушных зазоров, что значительно уменьшает магнитное сопротивление магнитопровода. В трансформаторах малой мощности магнитопровод собирают из штамповых пластин П-, Ш- и О-образной формы (рис. 9.8, а, б, в).

Широкое применение получили магнитопроводы, навитые из узкой ленты электротехнической стали или из специальных железоникелевых сплавов типа пермаллой. Их можно использовать для стержневых, броневых, тороидальных и трёхфазных трансформаторов (рис. 9.8 г, д, е, ж).

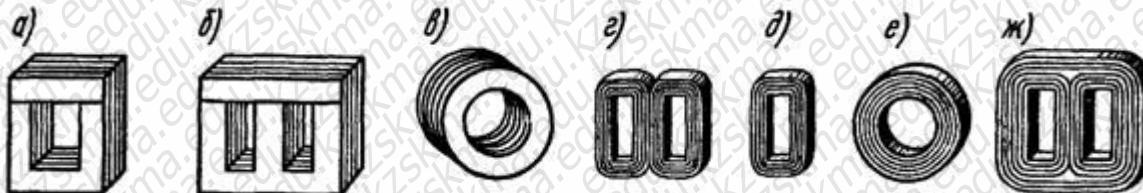


Рисунок 9.8

Монолитность конструкции ленточного магнитопровода обеспечивается путём применения kleющих лаков и эмалей.

Для трансформаторов, работающих при частоте 400 и 500 Гц, магнитопроводы выполняют из специальных сортов электротехнической стали с малыми удельными потерями при повышенной частоте, а также из железоникелевых сплавов типа пермаллой, которые имеют большие начальную и максимальную магнитные проницаемости и позволяют получить магнитные поля с большой индукцией при сравнительно слабой напряжённости. Толщина листов составляет 0.2; 0.15; 0.1 и 0.08 мм. При частотах более 10-20 кГц магнитопроводы прессуют из порошковых материалов (магнитодиэлектриков и ферритов).

Обмотки. В современных трансформаторах первичную (рис. 9.9; 1) и вторичную (рис. 9.9; 3, 4, 5) обмотки стремятся расположить для лучшей магнитной связи как можно ближе одну к другой. При этом на каждом стержне магнитопровода (рис. 9.9; 2) размещают обе обмотки либо концентрически – одну поверх другой (рис. 9.9 а), либо в виде нескольких дисковых катушек, чередующиеся по высоте стержня (рис. 9.9, б). В первом случае обмотки называют концентрическими, во втором – чередующимися. В силовых трансформаторах обычно применяют концентрические обмотки, причём ближе к стержням располагают обмотку НН, требующей меньшей изоляции относительно остова трансформатора, а снаружи – обмотку ВН.

В трансформаторах малой мощности и микротрансформаторах используют однослойные и многослойные обмотки из круглого провода с эмалевой или хлопчатобумажной изоляцией, которые наматывают на гильзу или на каркас из электрокартона (рис. 9.10; а); между слоями проводов прокладывают изоляцию из кабельной бумаги или ткани.

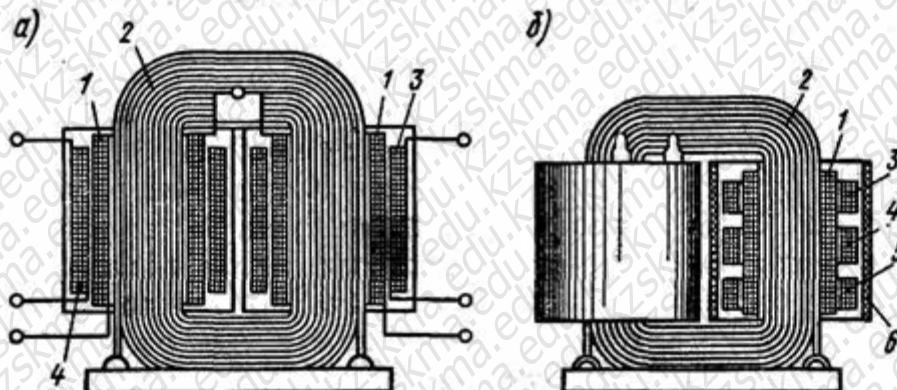


Рисунок 9.10

В микротрансформаторах часто выполняют из алюминиевой фольги толщиной 30-20 мкм. Изоляцией здесь служит окисная пленка фольги, которая обладает достаточной теплоёмкостью, теплопроводностью и может выдерживать рабочее напряжение до 100 В.

3. Асинхронные двигатели

История создания и область применения асинхронных двигателей

В настоящее время асинхронные машины используются в основном в режиме двигателя. Машины мощностью больше 0,5 кВт обычно выполняются трёхфазными, а при меньшей мощности – однофазными.

Впервые конструкция трёхфазного асинхронного двигателя была разработана, создана и опробована русским инженером М. О. Доливо-Добровольским в 1889-91 годах. Демонстрация первых двигателей состоялась на Международной электротехнической выставке во Франкфурте на Майне в сентябре 1891 года. На выставке было представлено три трёхфазных двигателя разной мощности. Самый мощный из них имел мощность 1,5 кВт и использовался для приведения во вращение генератора постоянного тока. Конструкция асинхронного двигателя, предложенная Доливо-Добровольским, оказалась очень удачной и является основным видом конструкции этих двигателей до настоящего времени.

За прошедшие годы асинхронные двигатели нашли очень широкое применение в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства. Их используют в электроприводе металлорежущих станков, подъёмно-транспортных машин, транспортёров, насосов, вентиляторов. Маломощные двигатели используются в устройствах автоматики.

Широкое применение асинхронных двигателей объясняется их достоинствами по сравнению с другими двигателями: высокая надёжность, возможность работы непосредственно от сети переменного тока, простота обслуживания.

Устройство трёхфазной асинхронной машины

Неподвижная часть машины называется **статор**, подвижная – **ротор**. Сердечник статора набирается из листовой электротехнической стали и запрессовывается в станину. На рис. 9.11 показан сердечник статора в сборе. Станина (1) выполняется литой, из немагнитного материала. Чаще всего станину выполняют из чугуна или алюминия. На внутренней поверхности листов (2), из которых выполняется сердечник статора, имеются пазы, в которые закладывается **трёхфазная обмотка** (3). Обмотка статора выполняется в основном из изолированного медного провода круглого или прямоугольного сечения, реже – из алюминия.

Обмотка статора состоит из трёх отдельных частей, называемых **фазами**. Начала фаз обозначаются буквами c_1, c_2, c_3 , концы – c_4, c_5, c_6 .

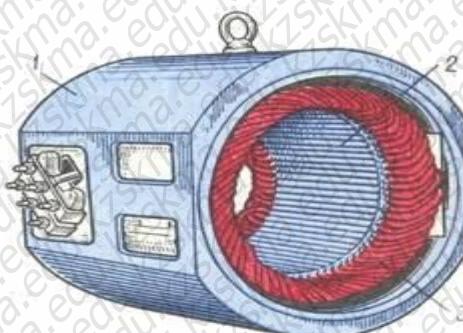


Рисунок 9.11

Начала и концы фаз выведены на клеммник (рис. 9.12.а), закреплённый на станине. Обмотка статора может быть соединена по схеме звезды (рис. 9.12.б) или треугольник (рис. 9.16.в). Выбор схемы соединения обмотки статора зависит от линейного напряжения сети и паспортных данных двигателя. В паспорте трёхфазного двигателя задаются линейные напряжения сети и схема соединения обмотки статора. Например, 660/380, Y/Δ. Данный двигатель можно включать в сеть с $U_L = 660$ В по схеме звезды или в сеть с $U_L = 380$ В – по схеме треугольник.

Основное назначение обмотки статора – создание в машине вращающего магнитного поля.

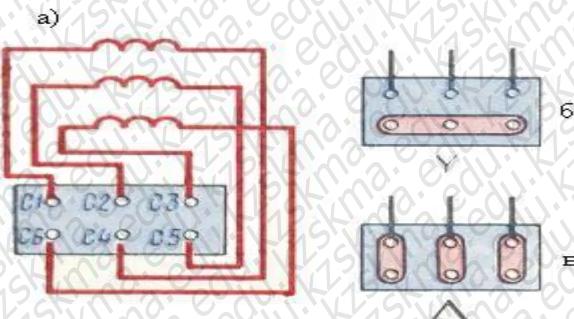


Рисунок 9.12

Сердечник ротора (рис. 9.13.б) набирается из листов электротехнической стали, на внешней стороне которых имеются пазы, в которые закладывается обмотка ротора. Обмотка ротора бывает двух видов: **короткозамкнутая и фазная**. Соответственно этому асинхронные двигатели бывают с короткозамкнутым ротором и фазным ротором (с контактными кольцами).

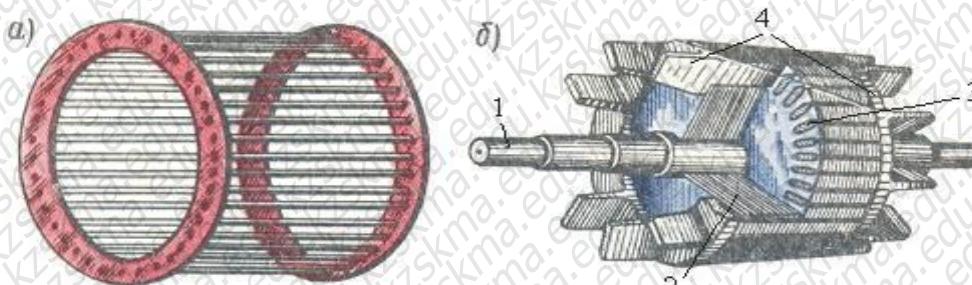


рисунок 9.13

Короткозамкнутая обмотка (рис. 9.13) ротора состоит из стержней 3, которые закладываются в пазы сердечника ротора. С торцов эти стержни замыкаются торцевыми кольцами 4. Такая обмотка напоминает “беличье колесо” и называют её типа “беличьей клетки” (рис. 9.13.а). Двигатель с короткозамкнутым ротором не имеет подвижных контактов. За счёт этого такие двигатели обладают высокой надёжностью. Обмотка ротора выполняется из меди, алюминия, латуни и других материалов.

Доливо-Добровольский первым создал двигатель с короткозамкнутым ротором и исследовал его свойства. Он выяснил, что у таких двигателей есть очень серьёзный недостаток – ограниченный пусковой момент. Доливо-Добровольский назвал причину этого недостатка – сильно закороченный ротор. Им же была предложена конструкция двигателя с фазным ротором.

На рис. 9.14 приведен вид асинхронной машины с фазным ротором в разрезе: 1 – станина, 2 – обмотка статора, 3 – ротор, 4 – контактные кольца, 5 – щетки.

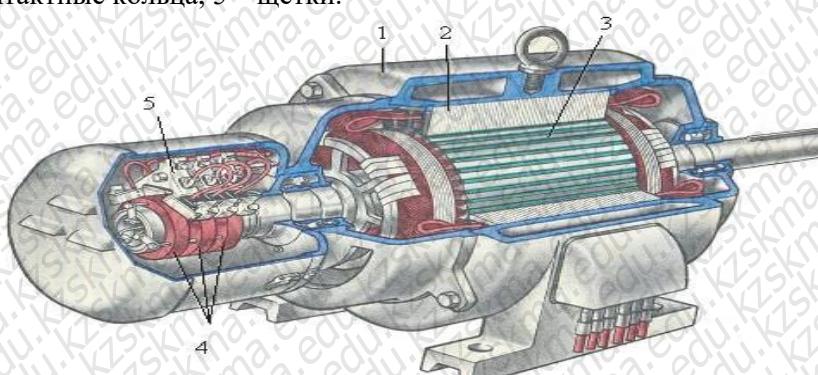


Рисунок 9.14

У фазного ротора обмотка выполняется трёхфазной, аналогично обмотке статора, с тем же числом пар полюсов. Витки обмотки закладываются в пазы сердечника ротора и соединяются по схеме звезды. Концы каждой фазы соединяются с контактными кольцами, закреплёнными на валу ротора, и через щётки выводятся во внешнюю цепь. Контактные кольца изготавливают из латуни или стали, они должны быть изолированы друг от друга и от вала. В качестве щёток используют металлографитовые щётки, которые прижимаются к контактным кольцам с помощью пружин щёткодержателей, закреплённых неподвижно в корпусе машины. На рис. 9.15 приведено условное обозначение асинхронного двигателя с короткозамкнутым (а) и фазным (б) ротором.



Рисунок 9.15

4.Иллюстративный материал: Для проведения занятия используется следующее материально- техническое обеспечение: ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

5.Литература:

основная:

1. Мантлер С. Н. Химиялық технологияның процесстері және аппараттары : оқулық / С. Н. Мантлер, F. М. Жуманазарова. - КР БФМ ұсынған. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 б.
2. Мантлер С. Н. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер, Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
3. Туганбаев, И. Т. Электротехника [Текст] : учебник / И. Т. Туганбаев. - ; Рек. М-вом образования и науки РК. - Алматы : Эверо, 2014. - 250 с.
4. Баубеков, С. Ж. Электрлік машиналар мен аппараттар: оқулық - Алматы : Эверо, 2013
5. К.Е.Арыстанбаев, Т.Т. Амангельді, Б.М. Джаналиев. Электроника. Оқу құралы. – Алматы: Эверо, 2022. – 152 бет.
6. Арыстанбаев К.Е., Жумабекова А.Б., Умаров А.А. Системы управления химико-фармацевтическими процессами. - Алматы : Эверо, 2020. - 128 с.
7. Электротехника и электроника: учебник / А. Н. Горбунов [и др.] ; под ред. А. В. Кравцова. - Алматы : Эверо, 2012. - 660 с.

Дополнительная:

8. Электротехника и электроника: учебник / А. Н. Горбунов [и др.] ; под ред. А. В. Кравцова. - Алматы : Эверо, 2012. - 660 с.
9. Дүзелбаев С. Т. Машина тетіктері : Жоғары кәсіптік мамандар даярлайтын техникалық оқу орындарының студенттеріне арналған оқулық / С. Т. Дүзелбаев. - КР БФМ ұсынған. - Алматы : "Бастау", 2016. - 408 б.

10. Воронов, М. В. Системы искусственного интеллекта : учебник и практикум для вузов / М. В. Воронов, В. И. Пименов, И. А. Небаев. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Издательство Юрайт, 2024. - 268 с.

11. Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th US ed. by Stuart Russell and Peter Norvig. 2020. – 1127 p.

Электронные ресурсы:

36. Электротехника және өндірістік электроника негіздері: дәріс кешені.-Шымкент, 2023
https://base.ukgfa.kz/?wpfb_dl=29967

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 79стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

37. Электротехника и основы промышленной электроники: лекционный комплекс.- Шымкент, 2023 https://base.ukgfa.kz/?wpfb_dl=29962
38. Куракбай М.Б. Электроника және электротехникалық материалдар: оқу құралы. Алматы: «Medet Group» ЖШС, 2021. – 192 б. <https://aknurpress.kz/reader/web/3169>
39. Бёрд Дж.Электр және электроника негіздері мен технологиясы: Оқулык / ауд. Н.А. Маженов, Ю.М. Смирнов, О. Маженова. – Алматы, 2013 <https://aknurpress.kz/reader/web/2786>
40. Амочаева Г.П., Афанасьев Д.А.Прикладная электроника. Учебное пособие. (2-е издание):ТОО «Medet Group». Караганда, 2020. – 106 стр <https://aknurpress.kz/reader/web/2400>
41. Луганская С. П., Қыдырбаева Н. Қ.Электроника негіздері: Оқу құралы./Луганская С. П., Қыдырбаева Н.Қ.–Алматы: «АҚНҮР» баспасы, 2018 – 198 б. <https://aknurpress.kz/reader/web/1213>
42. Шпиганович, А. Н. Физические основы электроники : методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Физические основы электроники» для студентов — Липецк : ЭБС АСВ, 2012. — 43 с. // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/22964.html>
- Большаков, В. А. Лабораторный практикум по дисциплине \ "Общая электротехника и электроника. — Санкт-Петербург : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2006. — 91 с. // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: <https://www.iprbookshop.ru/12491.html>

6.Контрольные вопросы:

1. Электромагнетизм и основные понятия. Магнитное поле и его параметры.
2. Электромагнетизм и магнитные цепи. Свойства ферромагнитных материалов.
3. Дать определение магнитной цепи, объяснить закон полного тока, применение закона полного тока для расчета магнитных цепей.
4. Способы воздействия магнитного поля. Магнитные цепи. Классификация магнитных цепей.
5. Анализ простейших неразветвленных магнитных цепей с постоянной магнитодвижущей силой.
6. Закон Ома для магнитной цепи. Линейные и нелинейные магнитные сопротивления
7. Объяснить особенности работы магнитных цепей при переменной магнитодвижущей силе.
8. Получение врачающего магнитного поля. Получение врачающего момента в асинхронном двигателе.
9. Объяснить устройство трехфазной асинхронной машины.
10. Объяснить режим работы генератора.
11. Частота ЭДС и тока ротора асинхронной машины.
12. Объяснить назначение, устройство и принцип действия синхронных генераторов.

Лекция №10

1.Тема: Электрооборудование и автоматизация фармацевтического производства. Экономия электрической энергии на фармацевтических производствах.

2.Цель: изучение электрооборудования и автоматизации фармацевтического производства. Экономия электрической энергии на фармацевтических производствах. .

3.Тезисы лекции:

- 1.Управление режимами электропотребления фармацевтического производства.
- 2.Экономия электрической энергии. Основные показатели эффективности использования электрической энергии.

3.Использование искусственного интеллекта для мониторинга и управления электросетями в реальном времени.

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	044/48-22 () 80стр. из 77

1. Управление режимами электропотребления фармацевтического производства.

Автоматизация производства предприятия. Автоматизация технологических процессов. Системы автоматического управления классифицируются в основном по цели управления, типу контура управления и способу передачи сигналов. Первоначально перед системами автоматического управления (САУ) ставились задачи поддержания определённых законов изменения во времени управляемых величин. В этом классе систем различают *системы автоматического регулирования* (САР), в задачу которых входит сохранение постоянными значения управляемой величины; системы программного управления, где управляемая величина изменяется по заданной программе; *следящие системы*, для которых программа управления заранее неизвестна. В дальнейшем цель управления стала связываться непосредственно с определёнными комплексными показателями качества, характеризующими систему (её производительность, точность воспроизведения и т. п.); к показателю качества могут предъявляться требования достижения им предельных (наибольших или наименьших) значений, для чего были разработаны адаптивные, или самоприспособляющиеся системы.

Последние различаются по способу управления: в самонастраивающихся системах меняются параметры устройства управления, пока не будут достигнуты оптимальные или близкие к оптимальным значения управляемых величин; в самоорганизующихся системах с той же целью может меняться и её структура. Наиболее широки, в принципе, возможности самообучающихся систем, улучшающих алгоритмы своего функционирования на основе анализа опыта управления. Отыскание оптимального режима в **адаптивных САУ** может осуществляться как с помощью автоматического поиска, так и беспоисковым образом.

Способ компенсации возмущений *связан* с типом контура управления системы. В разомкнутых системах автоматического управления на устройство управления не поступают сигналы, несущие информацию о текущем состоянии управляемого объекта, либо в них измеряются и компенсируются главные из возмущений, либо управление ведётся по жёсткой программе, без анализа каких-либо факторов в процессе работы. Основной тип систем автоматического управления - замкнутые, в которых осуществляется регулирование по отклонению, а цепь прохождения сигналов образует замкнутый контур, включающий объект управления и устройство управления; отклонения управляемой величины от желаемых значений компенсируются воздействием через обратную связь, вне зависимости от причин, вызвавших эти отклонения.

Объединение принципов управления по отклонению и по возмущению приводит к комбинированным системам. Часто, помимо основного контура управления, замыкаемого главной обратной связью, в системах автоматического управления имеются вспомогательные контуры (многоконтурные системы) для стабилизации и коррекции динамических свойств. Одновременное управление несколькими величинами, влияющими друг на друга, осуществляется в системах многосвязного управления или регулирования. По форме представления сигналов различают дискретные и непрерывные системы автоматического управления. В первых сигналы, по крайней мере в одной точке цепи прохождения, квантуются по времени, либо по уровню, либо как по уровню, так и по времени.

Простейший пример системы автоматического управления - система прямого регулирования частоты вращения двигателя. Цель управления - поддержание постоянной частоты вращения маховика, управляемый объект - двигатель; управляющее воздействие - положение регулирующей заслонки дросселя; устройство управления - центробежный регулятор, муфта которого смещается под действием центробежных сил при отклонении от заданного значения частоты вращения вала, жестко связанного с маховиком. При смещении муфты изменяется положение заслонки дросселя. Структурная схема рассмотренного примера типична для многих систем автоматического управления вне зависимости от их физической природы. Описанная система представляет собой замкнутую одноконтурную непрерывную систему автоматического регулирования механического действия, допускающую линеаризацию при исследовании.

Промышленность выпускает универсальные регуляторы, в том числе с воздействием по производной, по интегралу, экстремальные регуляторы, для управления различными объектами.

Специализированные системы автоматического управления широко применяются в различных областях техники, например: следящая система управления копировально-фрезерным станком по жёсткому копиру; системы управления металлорежущих станков с программным управлением от магнитной ленты,

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 81 стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

перфоленты или перфокарты (преимущества такого управления заключаются в относительной универсальности, лёгкости перестройки программы и высокой точности обработки деталей); система программного управления реверсивным прокатным станом, включающая в свой контур управляющую вычислительную машину

В относительно медленных технологических процессах в химической и нефтяной промышленности распространены многосвязные системы автоматического управления, осуществляющие регулирование большого количества связанных величин; так, при перегонке нефти информация о температуре, давлении, расходе и составе нефтепродуктов, получаемая от нескольких сотен датчиков, используется для формирования сигналов управления десятками различных регуляторов. САУ играют важную роль в авиации и космонавтике, например автопилот представляет собой систему автоматического управления связанным регулированием, а иногда и самонастраивающуюся систему. В военной технике применяются высокоточные следящие системы, часто включающие вычислительные устройства. При анализе многих физиологических процессов в живом организме, таких как кровообращение, регуляция температуры тела у теплокровных животных, двигательные операции, обнаруживаются характерные черты систем автоматического управления.

Подавление помех электроприводов

Приводы с регулируемой скоростью вращения вала экономят энергию и обладают другими преимуществами, но у них есть и недостаток — тенденция создавать интенсивные электромагнитные помехи, которые должны быть сведены к минимуму при конструировании и монтаже привода.

Приводы с регулируемой скоростью (ПРС) хорошо подходят для экономии энергии и оптимизации автоматических систем, но они неизбежно создают высокочастотные электрические помехи. Основным источником электрических помех, также называемых электромагнитными помехами (ЭМП), являются быстро переключающиеся транзисторы, создающие большие скачки напряжения в блоке питания привода. ЭМП означают любую помеху нормальной работе оборудования (и приводов), вызванную как избыточной энергией, передающейся по кабелю (наведенная помеха), так и влиянием электромагнитных волн (помеха от паразитного электромагнитного излучения). Частоты наведенных помех лежат в диапазоне от 150 кГц до 30 МГц, а паразитное электромагнитное излучение имеет частоту от 30 МГц до 1 ГГц. Несмотря на то, что здесь, в основном, рассматриваются приводы переменного тока, это также касается и приводов постоянного тока. Радиочастотные помехи (РЧП) представляют собой аналогичное возмущение, которое влияет на средства связи; как правило, оно считается частью ЭМП. Хотя частоты ЭМП и РЧП лежат выше звукового диапазона, их влияние в средствах связи может вызывать слышимые искажения.

Учет условий окружающей среды

В стандарте IEC 61300-3 предусмотрены два типа окружающих сред для размещения приводов. Для жилых районов (первый тип) установлены более строгие требования по ЭМС, чем для промышленных регионов (второй тип). Как отметил г-н Марк Кенyon (Mark Kenyon), менеджер по маркетингу низковольтных приводов компании ABB Automation Inc., для приводов, подключаемых к бытовой низковольтной сети (первый тип), необходимо использовать фильтры ЭМП. Он сказал: «Также рекомендуется использовать фильтры и в промышленности (второй тип), если поблизости расположено чувствительное к наводкам оборудование».

Фильтры ЭМП уменьшают наведенные помехи в точке подключения к линии, отводя их на землю. Фильтр ЭМП, использующий ферритовые сердечники (или кольца) и резистивно-емкостные цепи, является стандартным дополнительным оборудованием большинства новых приводов для первого типа среды, заявил г-н Кенyon. «Встроенные или внешние фильтры являются дополнительной принадлежностью некоторых приводов и для второго типа среды», — сказал он.

В компании Siemens Energy & Automation влияние ЭМП/РЧП внимательно рассматривается уже на этапе разработки приводов с регулируемой скоростью. Для того чтобы убедиться в том, что излучение электромагнитных помех в окружающую среду минимизировано, а окружающая среда не оказывает влияния на работу приводов, проводятся их испытания в специальной камере, — пояснил г-н Вольфганг Гилмер (Wolfgang Hilmer), менеджер по технологии приводов. В основном производятся испытания компонентов блока питания, где расположены быстро переключающиеся биполярные транзисторы с изолированным затвором, создающие ЭМП.

2. Экономия электрической энергии. Основные показатели эффективности использования электрической энергии.

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	044/48-22 () 82стр. из 77
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	

Энергосбережение или экономия электроэнергии является практической реализацией научных, правовых, технических, организационных, экономических и производственных мероприятий, направленных на рациональное использование и расходование энергетических ресурсов, а так же на внедрение в хозяйственный оборот рациональных возобновляемых источников энергии. Энергосбережение и экономия электроэнергии - важная задача сохранения наших природных ресурсов.

Повышение энергоемкости некоторых производств, увеличение количества техники, задействованной в производственных процессах на предприятиях и постоянный рост цен на энергоносители явилось серьезным фактором в решении вопроса об экономии электроэнергии.

Вопрос экономии электроэнергии достаточно многоплановый и необходим стратегический подход, для максимально эффективного использования всех производственных мощностей при минимально возможных энергетических затратах.

Выработаны подходы к экономии электроэнергии, основанные на использовании и практическом внедрении энергосберегающих технологий, призванных уменьшить потери электроэнергии там, где это возможно.

На данный момент уже существует много устройств, применение которых позволяет добиться сокращения потерь при работе электрического оборудования. Основными устройствами из них является частотно-регулируемые приводы и конденсаторные установки.

Применение конденсаторных установок для энергосбережения за счет компенсации реактивной мощности позволяет обеспечить существенную экономию электроэнергии.

Оптимизация режимов потребления электроэнергии при использовании конденсаторных установок дает возможность снижения токовых нагрузок на аппаратуру и сетевые кабели.

Возможные пути и методы в экономии электроэнергии:

1) Внедрение электрогенерирующего оборудования на основе газо - и паротурбинных, газопоршневых, турбодетандерных и парогазовых установок.

2) Переход на частотно-регулируемые приводы на оборудовании с изменяемой нагрузкой.

3) Использование менее энергоёмких насосных установок.

4) Внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами АСУ ("энергоэффективность").

5) Внедрение систем управления освещением, энергоэффективных осветительных устройств и секционное разделение освещения.

6) Замена электрокотельных и электроводонагревательных приборов источниками тепла, работающими на местных видах топлива (торф, пелеты).

7) Ввод энергогенерирующего и технологического оборудования, работающего с использованием горючих вторичных энергоресурсов (ВЭР) и отходов производства.

8) Внедрение нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (гелиоколлекторы, ГЭС, ВЭУ, биогазовые установки)

Каждое из этих мероприятий позволяет снизить потребление энергии в среднем на 15%.

3 Использование искусственного интеллекта для мониторинга и управления электросетями в реальном времени.

Введение

Электросети играют ключевую роль в обеспечении энергоснабжения для различных секторов экономики и домохозяйств. С развитием технологий и увеличением потребления электроэнергии, управление электросетями становится все более сложным и критическим процессом. Искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение (МО) предоставляют новые возможности для мониторинга и управления электросетями в реальном времени, что позволяет повысить их надежность, эффективность и устойчивость.

1. Основные задачи и вызовы в управлении электросетями

1.1 Мониторинг электросетей

Мониторинг включает сбор и анализ данных о состоянии различных компонентов электросети, таких как линии электропередачи, трансформаторы и распределительные подстанции. Основные задачи включают:

- Обнаружение неисправностей и повреждений.

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
<p>Кафедра инженерных дисциплин</p>	<p>044/48-22 () 83стр. из 77</p>
<p>Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»</p>	

- Анализ нагрузки и прогнозирование спроса.
- Оценка состояния оборудования и прогнозирование отказов.

1.2 Управление электросетями

Управление электросетями включает принятие решений и выполнение действий для обеспечения стабильного и надежного энергоснабжения. Основные задачи включают:

- Регулирование напряжения и частоты.
- Управление распределением энергии и балансировка нагрузки.
- Оптимизация работы генераторов и накопителей энергии.

2. Применение ИИ и МО для мониторинга и управления электросетями

2.1 Мониторинг в реальном времени

ИИ и МО позволяют анализировать большие объемы данных в реальном времени для своевременного обнаружения аномалий и прогнозирования возможных проблем. Примеры включают:

- Анализ временных рядов: Использование рекуррентных нейронных сетей (RNN) и длинно-краткосрочной памяти (LSTM) для прогнозирования спроса на электроэнергию и выявления аномалий.
- Обработка изображений: Применение сверточных нейронных сетей (CNN) для анализа изображений с дронов и спутников, используемых для мониторинга линий электропередачи и обнаружения повреждений.

2.2 Управление энергоснабжением

ИИ и МО помогают оптимизировать управление энергоснабжением за счет предсказательных моделей и алгоритмов принятия решений. Примеры включают:

- Оптимизация распределения энергии: Использование методов глубокого обучения для прогнозирования нагрузки и оптимального распределения энергии между источниками и потребителями.

- Регулирование генерации и накопления энергии**: Применение методов обучения с подкреплением (RL) для управления генераторами и системами накопления энергии с учетом изменяющегося спроса и наличия возобновляемых источников энергии.

2.3 Поддержка принятия решений

ИИ может быть использован для поддержки операторов электросетей в принятии решений. Примеры включают:

- Системы рекомендаций: Разработка систем рекомендаций для операторов, которые предлагают наилучшие действия на основе текущих данных и прогнозов.

- Моделирование и симуляция: Использование моделей МО для симуляции различных сценариев и оценки их последствий для электросети.

3. Примеры успешного применения ИИ в управлении электросетями

3.1 Smart Grid (умные сети)

Умные сети используют ИИ для интеграции различных источников энергии, включая возобновляемые источники, и для обеспечения надежного и эффективного энергоснабжения. Примеры включают использование ИИ для управления нагрузкой и оптимизации работы генераторов.

3.2 Прогнозирование спроса и генерации энергии

Компании, такие как Google и IBM, используют ИИ для прогнозирования спроса на электроэнергию и генерации энергии от возобновляемых источников, что позволяет оптимизировать управление энергосистемами и снизить затраты.

3.3 Обнаружение и предотвращение аварий

Использование ИИ для анализа данных с сенсоров и выявления признаков возможных аварий позволяет операторам электросетей своевременно принимать меры для предотвращения аварийных ситуаций.

4. Вызовы и перспективы

4.1 Качество и доступность данных

Для эффективного применения ИИ необходимы большие объемы качественных данных. Важно обеспечить доступ к данным и разработать методы для их стандартизации и интеграции.

4.2 Безопасность и конфиденциальность

Использование ИИ в управлении электросетями требует обеспечения безопасности данных и защиты конфиденциальности, особенно с учетом возможных кибератак.

4.3 Интерпретируемость моделей

Для принятия обоснованных решений важно, чтобы модели ИИ были интерпретируемыми и объяснимыми, что позволит повысить доверие к их результатам.

4.4 Регуляторные и юридические аспекты

Разработка и внедрение ИИ в управление электросетями требуют соблюдения регуляторных требований и стандартов, что может потребовать дополнительных усилий и времени.

Заключение

<p>ОҢТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН MEDISINA АКАДЕМИЯСЫ</p> <p>«Оңтүстік Қазақстан медицина академиясы» АҚ</p>	 <p>SOUTH KAZAKHSTAN MEDICAL ACADEMY АО «Южно-Казахстанская медицинская академия»</p>
Кафедра инженерных дисциплин	
Лекционный комплекс «Электротехника и основы промышленной электроники»	044/48-22 () 84стр. из 77

Использование ИИ для мониторинга и управления электросетями в реальном времени открывает новые возможности для повышения надежности, эффективности и устойчивости энергосистем. Несмотря на существующие вызовы, перспективы в этой области огромны, и ИИ станет неотъемлемой частью будущего управления энергосетями.

4.Иллюстративный материал: Для проведения занятия используется следующее материально-техническое обеспечение: ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

5.Литература:

основная:

1. Мантлер С. Н. Химиялық технологияның процесстері және аппараттары : оқулық / С. Н. Мантлер, F. М. Жуманазарова. - КР БФМ ұсынған. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 б.
2. Мантлер С. Н. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / С. Н. Мантлер, Г. М. Жуманазарова. - Министерство образования и науки Республики Казахстан. - Алматы : "Бастау", 2018. - 256 с
3. Туганбаев, И. Т. Электротехника [Текст] : учебник / И. Т. Туганбаев. - ; Рек. М-вом образования и науки РК. - Алматы : Эверо, 2014. - 250 с.
4. Баубеков, С. Ж. Электрлік машиналар мен аппараттар: оқулық - Алматы : Эверо, 2013
5. К.Е.Арыстанбаев, Т.Т. Амангельді, Б.М. Джаналиев. Электроника. Оқу құралы. – Алматы: Эверо, 2022. – 152 бет.
6. Арыстанбаев К.Е., Жумабекова А.Б., Умаров А.А. Системы управления химико-фармацевтическими процессами. - Алматы : Эверо, 2020. - 128 с.
7. Электротехника и электроника: учебник / А. Н. Горбунов [и др.] ; под ред. А. В. Кравцова. - Алматы : Эверо, 2012. - 660 с.

Дополнительная:

8. Электротехника и электроника: учебник / А. Н. Горбунов [и др.] ; под ред. А. В. Кравцова. - Алматы : Эверо, 2012. - 660 с.
9. Дүзелбаев С. Т. Машина тетіктері : Жоғары кәсіптік мамандар даярлайтын техникалық оқу орындарының студенттеріне арналған оқулық / С. Т. Дүзелбаев. - КР БФМ ұсынған. - Алматы : "Бастау", 2016. - 408 б.
10. Воронов, М. В. Системы искусственного интеллекта : учебник и практикум для вузов / М. В. Воронов, В. И. Пименов, И. А. Небаев. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Издательство Юрайт, 2024. - 268 с.
11. Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th US ed. by Stuart Russell and Peter Norvig. 2020. – 1127 p.

Электронные ресурсы:

43. Электротехника және өндірістік электроника негіздері: дәріс кешені.-Шымкент, 2023 https://base.ukgfa.kz/?wpfb_dl=29967
44. Электротехника и основы промышленной электроники: лекционный комплекс.-Шымкент, 2023 https://base.ukgfa.kz/?wpfb_dl=29962
45. Куракбай М.Б. Электроника және электротехникалық материалдар: оқу құралы. Алматы: «Medet Group» ЖШС, 2021. – 192 б. <https://aknurpress.kz/reader/web/3169>
46. Бёрд Дж. Электр және электроника негіздері мен технологиясы: Оқулық / ауд. Н.А. Маженов, Ю.М. Смирнов, О. Маженова. – Алматы, 2013 <https://aknurpress.kz/reader/web/2786>
47. Амочаева Г.П., Афанасьев Д.А. Прикладная электроника. Учебное пособие. (2-е издание): ТОО «Medet Group». Караганда, 2020. – 106 стр <https://aknurpress.kz/reader/web/2400>
48. Луганская С. П., Қыдырбаева Н. Қ. Электроника негіздері: Оқу құралы./Луганская С. П., Қыдырбаева Н. Қ.–Алматы: «АҚНҰР» баспасы, 2018 – 198 б. <https://aknurpress.kz/reader/web/1213>
49. Шпиганович, А. Н. Физические основы электроники : методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Физические основы электроники» для студентов — Липецк : , ЭБС АСВ, 2012. — 43 с. // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/22964.html>

Большаков, В. А. Лабораторный практикум по дисциплине \ "Общая электротехника и электроника. — Санкт-Петербург : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2006. — 91 с. // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART:
<https://www.iprbookshop.ru/12491.html>

6.Контрольные вопросы:

1. Виды и принцип выбора SCADA-систем
2. STOM фирмы "Landis & Gir"
3. Коммерческие и технические АСУЭ.
4. Организация АСУЭ с проведением опроса счетчиков через оптический порт.
5. Организация АСУЭ с проведением опроса счетчиков переносным компьютером через преобразователь интерфейсов, мультиплексор или модем.
6. Организация АСУЭ с проведением автоматического опроса счетчиков локальным центром сбора и обработки данных.
7. Поясните использование ИИ для управления энергоснабжением.
8. Объясните Smart Grid (умные сети).