СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ

РАСЧЕТ СТАТИКИ ПРОВОДОВ С УЧЕТОМ ТЕРМОЗАВИСИМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Сороко В.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Бладыко Ю.В.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Гриневич Н.С.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Мороз Р.Р.

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД КАК СРЕДСТВО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Жилко А.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Мороз Р.Р.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ БЕЗ СОСТАВЛЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Мошкина А.П., Кравцов М.Л.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Горошко В.И.

УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ С КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Данильчук В.В., Кулинка Е.Г.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ СОСТАВЛЕНИЯ УРАВНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ МЕТОДОМ НАЛОЖЕНИЯ

Паноцкая Е.И., Мазуров Е.М.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Горошко В.И.

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ЛЕБЁДКИ

Прупас В.А., Ситкевич С.В.
Научный руководитель – старший преподаватель Згаевская Г.В.

ОСОБЕННОСТИ КАЧЕСТВА ЗВУКА В ЛАМПОВЫХ УСИЛИТЕЛЯХ С НЕКОТОРЫМИ РАСПРОСТРАНЕННЫМИ ВИДАМИ ЛАМП

Мудрый В.В, Батайчук А.В.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

ЭВОЛЮЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЛАМПЫ

Жаврид А.В.
Научный руководитель – ассистент Жорова М.И.

ТРАНЗИСТОРЫ СЕГОДНЯ И ВОЗМОЖНОЕ РАЗВИТИЕ В БУДУЩЕМ

Кот. П.И.
Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОЦЕССОРОВ

Лабецкий Д.И.
Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

Макаров Я.Е.
Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

ЛАЗЕРНАЯ РЕЗКА МЕТАЛЛОВ

Суховерский Д.В.
Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛОКОННЫХ ЛАЗЕРОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Бабина С.С.
Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА БЫТОВЫХ СТИРАЛЬНЫХ МАШИН

Заянчковская М.И.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

ОХРАННЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ГЕРКОНА И GSM СВЯЗИ

Роскач А.А.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ РАЗМАГНИЧИВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лихачевская А.А., Винникова А.И.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗОНАНСА ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Журо М.Н.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В ТРАНСПОРТЕ

Пономарев Т.С., Кисель И.С.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

УСТРОЙСТВО, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП

Лойкуц Е.А., Сташкевич О.С, Аниськова В. А.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г. А.

ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННОГО ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Юркевич К.С.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ МАГНИТНЫХ ДЕФЕКТОСКОПОВ

Пусь А.В., Цвирко А.С.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

ТИПЫ РЕНТГЕНОВСКИХ СПЕКТРОМЕТРОВ

Пупейко Е.В., Сасковец А.А.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОКАМИНОВ

Букач А.Е
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ ИЗ 12 В 220 ВОЛЬТ

Азохов Д.Л, Дыдик П.П.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА

Н.С. Сомов, О.Е. Сычёв.
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.И. Можар

СЕРВОДВИГАТЕЛИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Шиманюк Ю.С.
Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

ПЛЕНОЧНАЯ МИКРОСХЕМА

Гребень В.В.
Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

УДК 621.316.35

РАСЧЕТ СТАТИКИ ПРОВОДОВ С УЧЕТОМ ТЕРМОЗАВИСИМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Сороко В.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Бладыко Ю.В.

Точный расчет механических напряжений возможен при представлении проводов гибкой упругой нитью, что позволяет кардинальным образом решить задачу учета упругих и температурных удлинений провода в различных режимах климатических воздействий. Поэтому в основу разработанного на кафедре "Электрические станции" БНТУ векторно-параметрического метода механического расчета гибкой ошиновки распределительных устройств и проводов воздушных линий (ВЛ) положена расчетная модель проводов в виде гибкой упругой нити [1].

Дифференциальные уравнения второго порядка, описывающие статику гибкой упругой нити [1], являются нелинейными. Их численное решение производится разностным методом с помощью ЭВМ. Система конечно-разностных уравнений решается на основе вложенных друг в друга итераций: относительно координат, тяжения или длины провода.

По разработанному алгоритму разработана модифицированная программа расчета статики проводов. Она использована для расчета монтажных кривых (рис.1 и 2), представляющих собой зависимость тяжений и стрел провеса провода от температуры.

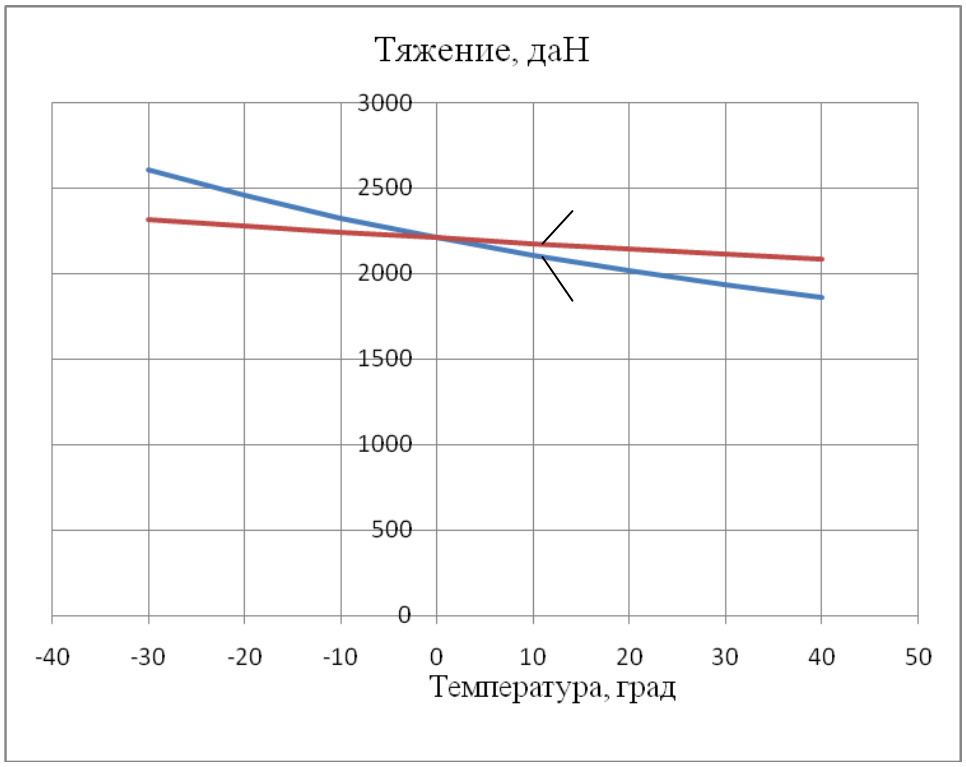


Рисунок 1. Зависимость тяжений провода пролета ВЛ длиной 300 м от температуры для разных коэффициентов температурного удлинения провода
(1 - $\alpha_t = 2\cdot10^{-5}$ 1/°C; 2 - $\alpha_t = 6\cdot10^{-6}$ 1/°C)

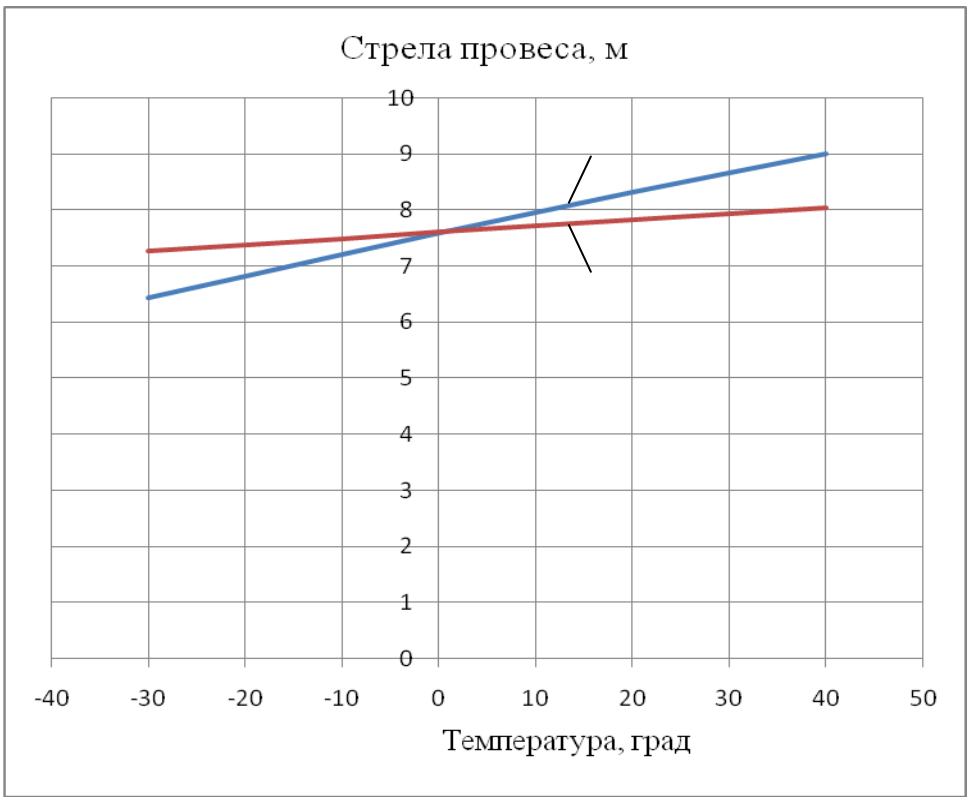


Рисунок 2. Зависимость стрел провеса провода пролета ВЛ длиной 300 м от температуры для разных коэффициентов температурного удлинения провода
(1 - α_t =2·10^{-5} 1/°C; 2 - α_t =6·10^{-6} 1/°C)

Как видно из рис. 1 и 2, чем меньше значение коэффициента температурного удлинения провода, тем меньше изменение тяжения и стрел провеса при изменении температуры. Поэтому предпочтительнее строительство ВЛ с композитными проводами, имеющими наименьшие значения коэффициента температурного удлинения провода.

Что касается применения адаптивной линейной арматуры (АЛА), то ее влияние на уменьшение изменений тяжений и стрел провеса несущественно из-за малой длины АЛА. Так эквивалентный коэффициент температурного удлинения системы «провод и АЛА» равен

$$\alpha_t = \frac{\alpha_{t1} \cdot l_1 + \alpha_{t2} \cdot l_2}{l_1 + l_2},$$

где α_{t1} - коэффициент температурного удлинения провода длиной l_1;

α_{t2} - коэффициент температурного удлинения АЛА длиной l_2.

При отрицательном коэффициенте температурного удлинения АЛА и $\alpha_{t2} \approx -\alpha_{t1} \cdot \frac{l_1}{l_2}$ влияние температуры можно компенсировать.

Литература

1. Стрелюк М.И., Сергей И.И., Бладыко Ю.В. Численный метод расчета статики гибкой ошиновки ОРУ в различных режимах климатических воздействий // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений).- 1983.- № 8.- С. 8-14.

УДК 621.311.16

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Гриневич Н.С.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Мороз Р.Р.

Преобразователи электроэнергии преобразуют переменный ток в постоянный и наоборот, регулируют или стабилизируют выходной ток или напряжение, изменяют частоту переменного тока. В электроприводе применяют два основных типа преобразователей электроэнергии: электромашинные и статические. С точки зрения качества электроэнергии и влияния работы на сеть электромашинные преобразователи имеют преимущества перед статическими, однако их доля использования постоянно уменьшается, так как они громоздки и имеют худший КПД, чем статические преобразователи.

Электромашинный преобразователь переменного тока в постоянный содержит асинхронный двигатель и машину постоянного тока, установленные на одном валу. Частота вращения ротора асинхронного двигателя практически постоянна, напряжение на зажимах машины постоянного тока регулируется изменением тока возбуждения.

Электромашинный преобразователь, выходное напряжение которого регулируется по амплитуде и частоте, содержит асинхронный двигатель, две машину постоянного тока, и синхронный генератор. Регулируя частоту вращения якоря машины постоянного тока и ток в цепи возбуждения машины постоянного тока, якорь которой соединён с ротором синхронного генератора, можно получить на выходе напряжение изменяющейся частоты и амплитуды.

Энергетические показатели электромашинных преобразователей электроэнергии можно оценивать по потерям отдельно в каждой электрической машине, используя для этого соответствующие соотношения.

Среди силовых статических преобразователей наиболее распространёнными и перспективными являются полупроводниковые преобразователи на базе диодов, тиристоров и транзисторов. По своим энергетическим свойствам статические преобразователи электроэнергии обладают рядом особенностей, главной из которых является генерация высших гармонических составляющих тока и напряжения, которые вызывают искажение напряжения в питающих сетях и увеличивают потери в канале передачи электроэнергии.

Процесс преобразования и регулирования электроэнергии в преобразователях производится за счёт работы полупроводниковых приборов в ключевом режиме, что является причиной возникновения высших гармонических токов и напряжений на входе и выходе преобразователей.

Другая особенность статических преобразователей обусловлена тем, что регулирование величины выходного напряжения осуществляется за счёт задержки момента включения тиристоров по отношению к сетевому напряжению, в результате чего первая гармоническая составляющая тока, определяемая частотой сети, оказывается сдвинутой на некоторый угол относительно напряжения сети. Поэтому преобразователи потребляют реактивную мощность не только на частоте высших гармоник, но и на частоте сети.

Отмеченные выше особенности преобразователей являются негативными, так как они вызывают увеличение потерь энергии в силовом канале электропривода и другие нежелательные эффекты (ускорение старения изоляции обмоток двигателя, усложнение коммутации коллекторных машин и др.).

Существенным положительным свойством полупроводниковых преобразователей, по сравнению с электромашинными, являются меньшие потери от гармонической составляющей тока. Это объясняется, во-первых, меньшими потерями в самом преобразователе по сравнению с электрической машиной (отсутствуют механические потери, потери на возбуждение электрических машин), и во-вторых, меньшим числом

ступеней преобразования электроэнергии. Номинальный КПД современных полупроводниковых преобразователей составляет: для преобразователей частоты – 0,9-0,95; для выпрямителей – 0,95-0.98. КПД электромеханических преобразователей существенно ниже – 0,7-0,8.

Оценивая энергетические показатели электроприводов с полупроводниковыми преобразователями, необходимо уделять внимание:

– потерям в преобразователе от первой гармонической составляющей тока;

– потерям в силовом канале от высших гармонических составляющих тока;

– коэффициенту мощности преобразователей.

Потери от первой гармонической составляющей тока состоят из потерь в силовых элементах, включённых на входе (трансформаторах, сетевых реакторах) и выходе (трансформаторах, сглаживающих и уравнительных реакторах), в самих полупроводниковых приборах, а также в активных сопротивлениях цепей обмоток двигателей, с которыми связаны преобразователи.

Потери от высших гармоник тока состоят из потерь в сети и в двигателях. В сети потери обусловлены искажением синусоидальности питающего тока. В двигателях постоянного тока потери в обмотке якоря от высших гармонических составляющих практически полностью определяются наиболее низкочастотной (первой) составляющей тока. В двигателях переменного тока дополнительные потери определяются практически только гармоническими составляющими низких частот.

УДК 621.311.16

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД КАК СРЕДСТВО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Жилко А.В.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Мороз Р.Р.

Как правило, необходимость регулирования скорости или момента электроприводов производственных механизмов диктуется требованиями технологического процесса. Например, скорость подачи резца определяет чистоту обработки детали на токарном станке, понижение скорости лифта необходимо для точной остановки кабины, необходимость регулирования момента на валу наматывающего устройства необходимо для поддержания постоянства усилия натяжения наматываемого материала т. д. Однако существует ряд механизмов, для которых изменение скорости по условиям технологии либо не требуется, либо для регулирования используются другие (не электрические) способы влияния на параметры технологического процесса. В первую очередь к ним относятся механизмы непрерывного транспорта для перемещения твёрдых, жидких и газообразных продуктов: конвейеры, вентиляторы, нагнетатели, насосные установки. Для этих механизмов в настоящее время используются, как правило, нерегулируемые асинхронные электроприводы, которые приводят в движение рабочие органы с постоянной скоростью независимо от загрузки механизмов. Однако следует иметь в виду, что режимы работы таких механизмов при неполной их загрузке характеризуются повышенным удельным расходом электроэнергии по сравнению с номинальным режимом. Более экономичным является режим работы с переменной скоростью, обеспечивающей ту же производительность, но при постоянстве усилия на транспортёре конвейера. При регулировании скорости конвейера и усилия на ленте транспортёра применение двигателя с переменной частотой вращения является более экономичным. Следует иметь в виду, что эффект от регулирования скорости тем выше, чем больше момент холостого хода.

Эффект в сфере технологии часто оказывается существенно выше, чем за счёт экономии электроэнергии, поэтому принимать решение о целесообразности применения регулируемого электропривода для таких механизмов, оценивая лишь энергетический аспект, принципиально неверно. Для оценки эффекта в сфере технологии рассмотрим пути снижения расхода электроэнергии механизмами непрерывного транспорта за счёт регулирования скорости их электроприводов.

Снижение скорости механизмов непрерывного транспорта при недогрузке позволяет выполнить необходимый объём работы с меньшим удельным расходом электроэнергии, т.е. решить чисто экономическую задачу по снижению энергоёмкости технологического процесса. Обычно при снижении скорости таких механизмов экономический эффект появляется также за счёт улучшения эксплуатационных характеристик технологического оборудования. Так, при снижении скорости уменьшается износ тянущего органа транспортёра; увеличивается срок службы трубопроводов и арматуры за счёт снижения давления, развиваемого машинами для подачи жидкостей и газов; а также устраняется избыточный расход этих продуктов.

Центробежные механизмы для подачи жидкостей и газов (вентиляторы, насосы, нагнетатели, компрессоры) являются основными общепромышленными механизмами, обладающими наибольшими потенциальными возможностями для значительного сокращения удельного расхода электроэнергии. Особое положение центробежных механизмов объясняется их массовостью, большой мощностью и, как правило, длительным режимом работы. Указанные обстоятельства определяют значительный удельный вес этих механизмов в энергетическом балансе страны

Суммарная установленная мощность приводных двигателей насосов, вентиляторов, компрессоров составляет около 20% от всей мощности энергосистемы.

Регулирование подачи насоса, работающего с постоянной скоростью, обычно осуществляется задвижкой на его выходе. По аналогии с электрическими цепями регулирование расхода задвижкой подобно регулированию тока путём увеличения электрического сопротивления цепи. Но такой способ регулирования с энергетической точки зрения не эффективен, так как сопровождается непроизводительными потерями энергии в регулирующих элементах (резисторе, задвижке).

Так же как и в электрической цепи, более экономно регулирование параметров источника энергии, а не её потребителя. В электрических цепях при этом ток нагрузки снижается за счёт уменьшения напряжения источника. В гидравлических и аэродинамических сетях аналогичный эффект получается при уменьшении напора, создаваемого механизмом, что реализуется снижением скорости его рабочего колеса.

Регулируемый электропривод позволяет значительно сократить расход потребляемой электроэнергии (около 40%). На практике этот эффект может оказаться ещё более высоким, так как по различным причинам (отсутствие или неисправность задвижек, ручной привод) регулирование задвижками вообще не применяется, что приводит не только к повышению расхода электроэнергии, но и к избыточным напорам и расходам в гидравлической сети.

УДК 621.3.01

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ БЕЗ СОСТАВЛЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Мошкина А.П., Кравцов М.Л.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Горошко В.И.

При расчете переходных процессов самой трудоемкой ручной процедурой является составление системы дифференциальных уравнений в нормальной форме (форме Коши). Этой процедуры можно избежать, если применить один из неявных численных методов непосредственно к уравнениям динамики реактивных элементов [1].Для индуктивности это уравнение имеет вид:

$$u_L = \frac{L d i_L}{dt}. \quad (1)$$

Применяя неявный метод Эйлера к уравнению (1), получим

$$i_{n+1} = i_n + \frac{h}{L} u_{n+1} \quad . \quad (2)$$

Уравнению (2) соответствует цепь на рис.1 или эквивалентная цепь на рис. 2.

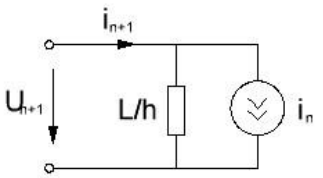


Рисунок 1

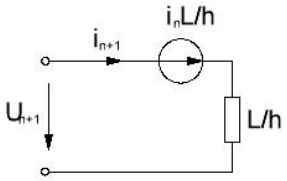


Рисунок 2

Для емкости С уравнение динамики имеет вид:

$$i_C = \frac{C du_C}{dt}. \quad (3)$$

Неявный метод Эйлера приводит к уравнению

$$u_{n+1} = u_n + \frac{h}{C} i_{n+1} \quad (4)$$

Уравнению (4) соответствует цепь на рис.3, которую можно преобразовать к схеме на рис. 4.

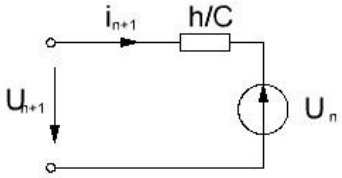


Рисунок 3

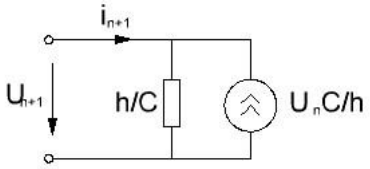


Рисунок 4

В полученных четырех схемах имеются источники напряжения и тока, которые зависят от напряжения или тока на предыдущем шаге. Это позволяет начать расчет при n = 0, т.е. зная независимые начальные условия $U_C(0)$, $i_L(0)$.

Если все индуктивности и емкости заменить их активно-резистивными моделями (рис. 1-рис. 4) получим активно-резистивную цепь. Эту цепь можно рассчитать, используя любой из методов расчета сложных цепей (законы Кирхгофа, метод контурных токов, узловые уравнения и т.д.). Выбрав временной шаг h = const, на каждой итерации будем получать обновленные значения источников, а эквивалентные сопротивления L/h и h/C будут оставаться неизменными.

Рассмотрим применение этого метода для цепи на рис. 5

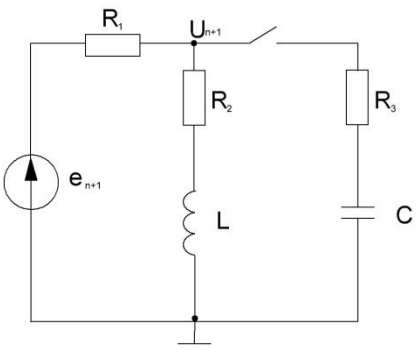


Рисунок 5

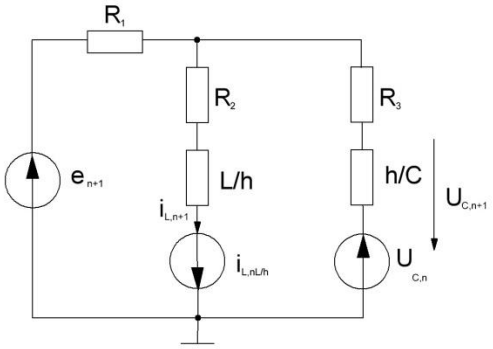


Рисунок 6

Для цепи на рис.5, удобнее брать последовательные схемы замещения. После проведения замены индуктивности и емкости их активно-резистивными моделями получим цепь на рис.6.

Расчет ведем методом узловых напряжений.

$$\begin{cases} u_{n+1}\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2+\frac{L}{h}}+\frac{1}{R_3+\frac{h}{C}}\right)=\frac{e_{n+1}}{R_1}-\frac{\frac{L}{h}i_{L,n}}{R_2+\frac{L}{h}}+\frac{u_{c,n}}{R_3+\frac{h}{C}}; \\ i_{L,n+1}=\frac{u_{n+1}+\frac{L}{h}i_{L,n}}{R_2+\frac{L}{h}}; \\ u_{C,n+1}=\frac{(u_{n+1}-u_{c,n})\frac{h}{C}}{R_3+\frac{h}{C}}+u_{c,n}. \end{cases} \quad (5)$$

В данном случае уравнения системы (5) распадаются на три независимых уравнения, т.е. первое уравнение решается независимо и позволяет найти потенциал u_{n+1} для узла А. Подставляя это значение u_{n+1} во второе уравнение системы находим $i_{L,n+1}$, а подставляя затем u_{n+1} в третье уравнение системы получаем $u_{C,n+1}$.

Для элементов цепи и временного шага приняты следующие значения:

I.$R_1 = 20$ Ом; $R_2 = 30$ Ом; $R_3 = 50$ Ом; $L = 0{,}5$ Гн; $C = 5 * 10^{-7}$ Ф;

$h = 0{,}05 * 10^{-4}$.

Исходная программа:

```
clear;
uc = 0;
u = 0;
t = 0;
iL = 1;
R1 = 20;
R2 = 30;
R3 = 5;
```

```
L = 0.05;
C = 5*10^-5;
E = 50;
h = 0.05*10^-4;
N = 3000;
for n = 1:N
uc=((u-uc)*(h/C))/(R3+(h/C))+uc;
u = ((E/R1)-((iL*L)/(h*((L/h)+R2)))+(uc/((h/C)+R3)))/((1/R1)+(1/((L/h)+R2))+(1/((h/C)+R3)));
iL=(u+iL*(L/h))/((L/h)+R2);
ucn(n) = uc;
un(n) = u;
iLn(n) = iL;
t = t+h; tn(n) = t;
end
plot(tn,iLn), grid on;
plot(tn,ucn), grid on;
```

Полученные графики:

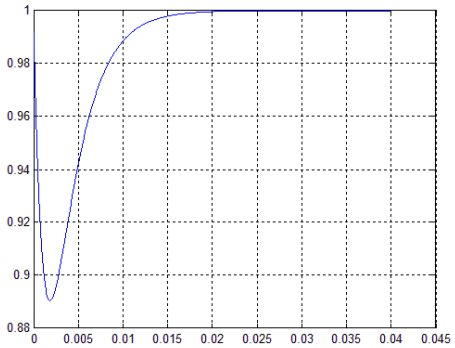


Рисунок 7 График зависимости $i_L(t)$

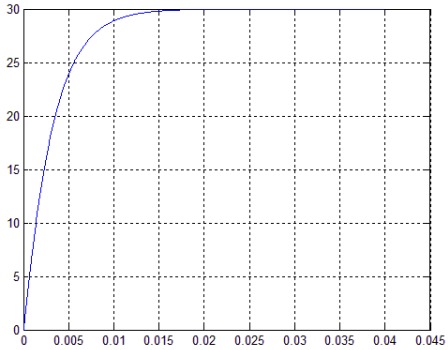


Рисунок 8 График зависимости $u_C(t)$

II. Изменим величину $R_3 = 5$ Ом.
Получим графики на рис. 9 и рис. 10.

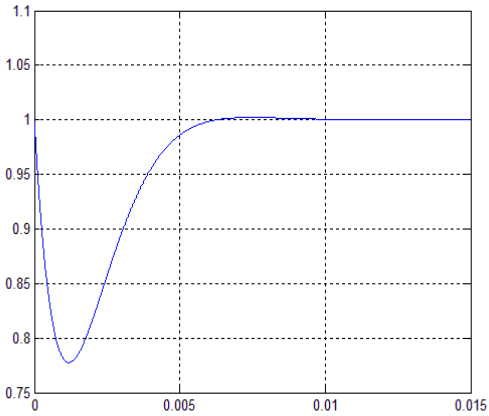


Рисунок 9 График зависимости $i_L(t)$

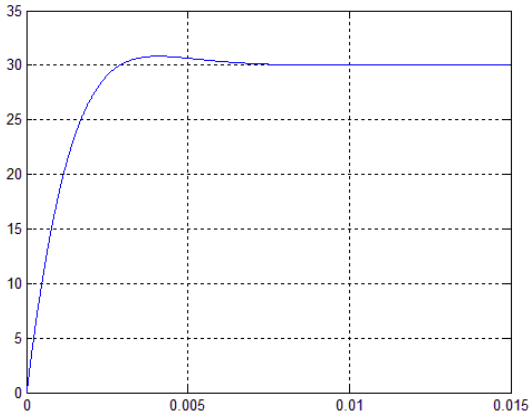


Рисунок 10 График зависимости $u_C(t)$

Изменения тока i_L и напряжения u_C для обоих значений сопротивления R_3 соответствуют ожидаемым значениям.

Выводы. В работе исследуется эффективность замещения реактивных элементов их дискретными активно-резистивными моделями. Схема при этом становится активно-

резистивной и ее расчет сводится к решению системы алгебраических уравнений. Таким образом, исключается необходимость составления и решения системы дифференциальных уравнений цепи.

Литература

1. Чуа Л. О., Лин Пен-Мин Машинный анализ электронных схем. М.: Энергия, 1980.

УДК 621.317.757

УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ С КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Данильчук В.В., Кулинка Е.Г.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

В общем случае обратную связь (ОС) можно определить как связь выходной цеп усилителя с его входной цепью. Она образуется тогда, когда усиленный сигнал с выхода отдельного каскада усилителя или усилителя в целом передается на его вход через цепи, дополнительно вводимые для этого (внешняя ОС) или уже имеющиеся в нем для выполнения других функций (внутренняя ОС). К последним, например, относятся общая цепь источника питания усилителя, межэлектродные емкости в электронных приборах.

Часть усиленного внешнего сигнала с выхода усилителя (прямая цепь передачи сигналов) поступает по цепи ОС на его вход и складывается там с внешним сигналом. При таком сложении амплитуд сигналов (внешнего и ОС) на входе усилителя возможны два принципиально отличных по конечному действию случая: либо сумма амплитуд сигналов больше амплитуды внешнего сигнала либо меньше его. В первом случае говорят о ПОС (положительной обратной связи), во втором – об ООС (отрицательной ОС). Напряжение ОС, снимаемое с выхода усилительного каскада и подаваемое на вход цепи ОС, можно получить несколькими способами в зависимости от схемы присоединения цепи ОС к выходной цепи каскада. Различают следующие способы снятия ОС: по напряжению, по току и смешанную, или комбинированную.

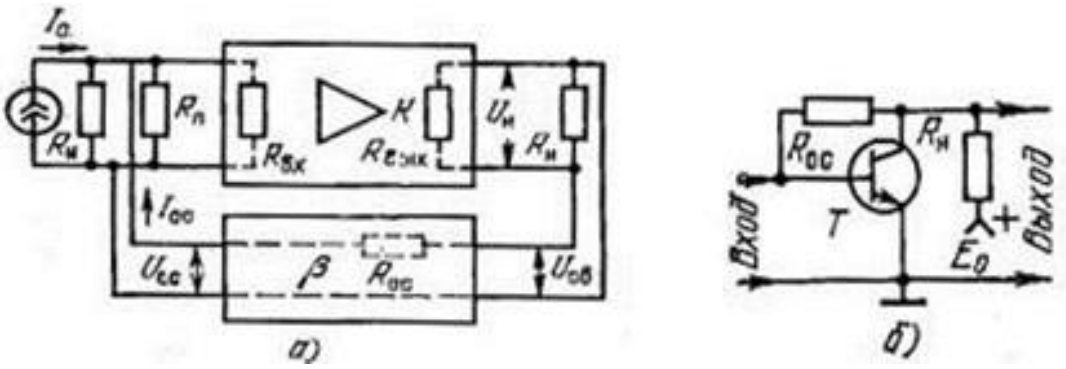


Рисунок 1. Параллельная обратная связь по напряжению

На рис. 1 – 5 показаны структурные и принципиальные схемы каскада усиления с различными способами присоединения цепи ОС. На рис. 1, а вход цепи ОС подключен параллельно сопротивлению нагрузки $R_Н$. В этой схеме напряжение на входе цепи ОС $U_{СВ}$ равно выходному напряжению $U_Н$ (на нагрузке $R_Н$) усилительного каскада. Таким образом, создается ОС по напряжению.

На рис. 2, а напряжение на вход цепи ОС $U_{СВ}$ поступает с резистора $R_Т$, включенного последовательно с сопротивлением нагрузки $R_Н$ (один конец резистора $R_Т$ подключен к выводу от электрода, общего для входной и выходной цепей УУ (усилительного устройства)). Это напряжение ОС пропорционально току $I_{СВ}$, протекающему по $R_Н$ и $R_Т$. Так образуется ОС по току.

Кроме рассмотренных способов получения входного напряжения ОС (со стороны выхода усилительного каскада), различают аналогичные способы введения напряжения ОС с выхода цепи ОС на вход каскада усиления: либо сложением напряжений сигналов входного $U_С$ и на выходе цепи ОС $U_{ОС}$, либо сложением токов $I_С$ и $I_{ОС}$, пропорциональных этим напряжениям, на общем входном сопротивлении каскада (см. рис. 1, а).

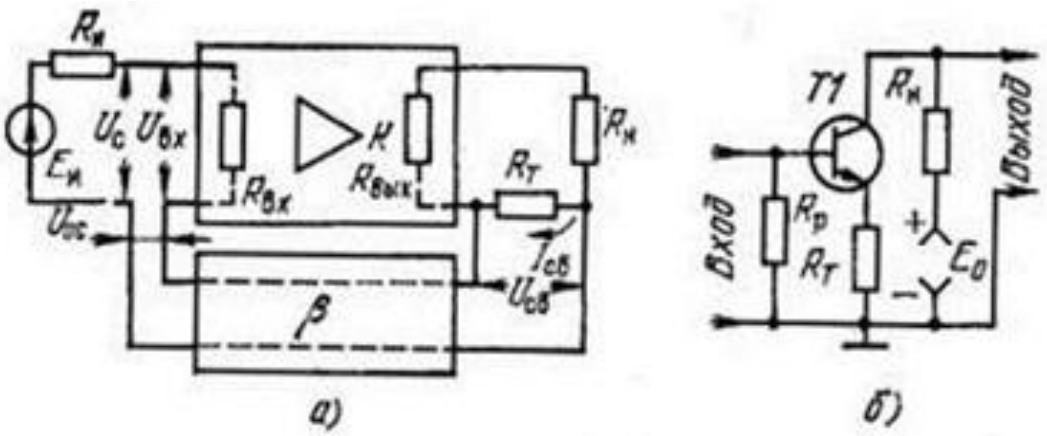


Рис. 2. Последовательная обратная связь по току

При последовательном соединении источника входного сигнала, выхода цепи ОС и входа УУ образуется последовательная ОС (рис. 2,а), а при параллельном их соединении – параллельная ОС (см. рис. 1,а). Таким образом, с точки зрения схемного построения усилителей с ОС можно различить следующие четыре простых вида ОС. Каждый из них позволяет в зависимости от различия или совпадения полярностей входного сигнала и сигнала на выходе цепи ОС получить либо ООС, либо ПОС.

Параллельная ОС по напряжению (см. рис. 1,а) образуется при параллельном соединении входа и выхода через цепь ОС. Принципиальная схема транзисторного каскада усиления с параллельной ОС по напряжению, образуемой резистором $R_{ОС}$, приведена на рис. 1,б. Для этого вида ОС характерно уменьшение ее действия с уменьшением сопротивлений нагрузки, источника сигнала, входного сопротивления УУ и полное ее прекращение при коротком замыкании выхода или входа каскада.

Последовательная ОС по току (рис. 2,а) образуется при последовательном соединении входа и выхода через цепь ОС. На рис. 5.2,б показана принципиальная схема транзисторного каскада усиления с последовательной ОС по току. Ее действие уменьшается с увеличением сопротивлений нагрузки и источника сигнала, с уменьшением сопротивления резистора $R_Т$ и входного сопротивления УУ.

Возможны и гибридные соединения цепи ОС с каскадом усиления. В первом из них вход цепи ОС подсоединен последовательно к выходу каскада, а ее выход – параллельно входной цепи каскада. Так получается параллельная ОС по току (рис. 3,а). Принципиальная схема транзисторного каскада усиления с таким видом ОС приведена на рис. 3,б. Этот вид ОС характеризуется тем, что с уменьшением сопротивлений источника сигнала, входного сопротивления УУ и увеличением сопротивления нагрузки $R_Н$ ее действие уменьшается, а при коротком замыкании на входе или холостом ходе на выходе каскада – прекращается.

Другое гибридное соединение, при котором вход цепи ОС подсоединен параллельно выходу каскада, а выход цепи ОС – последовательно к входной цепи каскада, образует последовательную ОС по напряжению (рис. 4,а). Иллюстрирующая ее принципиальная схема приведена на рис. 4,б. С увеличением сопротивления источника сигнала и уменьшением сопротивлений входного и нагрузки $R_Н$, ее действие уменьшается, а в режиме холостого хода на входе и короткого замыкания на выходе каскада она перестает действовать.

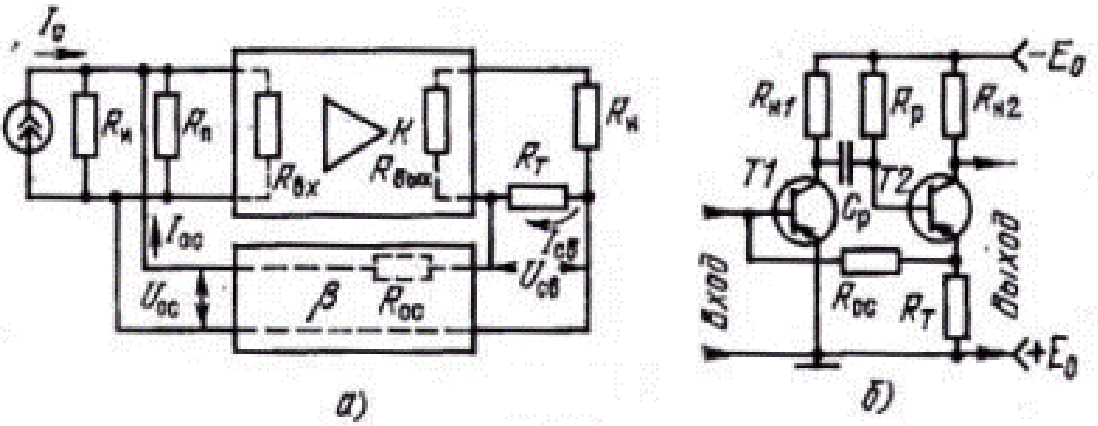


Рисунок 3. Параллельная обратная связь по току

При подключении входа цепи ОС к нагрузке $R_Н$ и резистору $R_Т$, как это показано на рис. 5, напряжение на входе цепи ОС образуется одновременно под действием части напряжения на концах $R_Н$, снимаемого с концов резистора $R_{ОС2}$ делителя напряжения из резисторов $R_{ОС1}$ и $R_{ОС2}$, и тока, протекающего в цепи нагрузки и по $R_Т$. Таким способом получается смешанная (комбинированная) ОС по выходу.

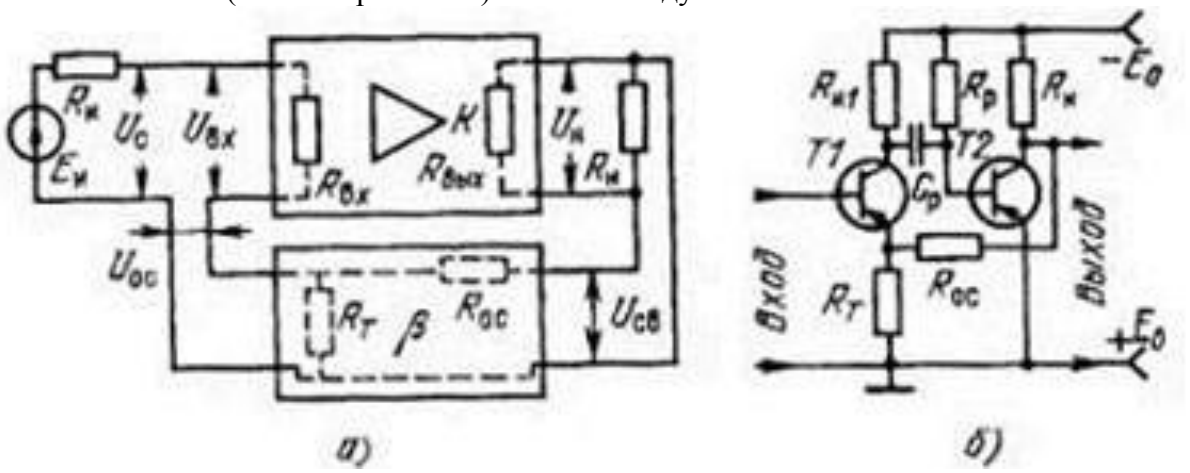


Рисунок 4. Последовательная обратная связь по напряжению

Аналогично получается комбинированная ОС по входу (рис. 5).

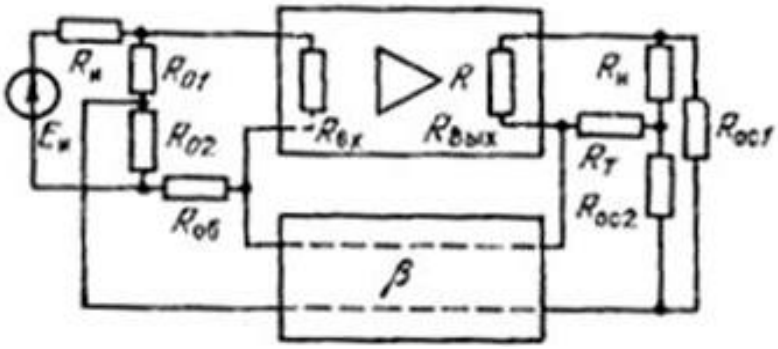


Рисунок 5. Комбинированная обратная связь

Смешанная ОС по одной из цепей (входной или выходной), а тем более по обеим цепям одновременно сравнительно редко применяется на практике. Это вызвано тем, что этот вид ОС достаточно сложен в настройке, а также и тем, что ОС по напряжению и ОС по току, одновременно входящие в этот вид ОС, изменяют свойства усилительного каскада противоположно, взаимно ослабляя действие друг друга.

В усилителях с ОС напряжение на входе усилительного каскада изменяется за счет действия цепи ОС и, следовательно, изменяется начальный (до введения ОС) коэффициент усиления. Как происходит это изменение, можно проследить на примере схемы последовательной ОС по напряжению (см. рис. 4,а) с пассивной цепью ОС.

Поданное на вход усилителя с ОС напряжение от внешнего источника сигнала $E_Н$ ослабляется в а раз, а затем усиливается в К раз и выделяется на сопротивлении нагрузки $R_Н$. Так как цепь ОС непосредственно присоединена к выходу усилительного каскада, то напряжение на ее входе равно выходному напряжению каскада $U_{ВЫХ} = U_Н$. Тогда напряжение на выходе цепи ОС:

$$U_{ОС} = \pm\beta U_{ВЫХ} \quad (1)$$

и называется напряжением ОС. Иначе говоря, выходное напряжение, измененное в β раз, возвращается обратно на вход каскада.

В зависимости от разности фаз внешнего сигнала и сигнала на выходе цепи ОС, фаза которого по отношению к внешнему сигналу может изменяться при прохождении по петле ОС, коэффициент β принимает различный знак. Так, при разности фаз, равной 0° (ПОС – положительная обратная связь) он принимает положительный знак и изменяет свое значение от 0 до +1, а при разности фаз, равной 180° (ООС – отрицательная обратная связь), знак его отрицательный и значение изменяется от 0 до -1.

Так как напряжение на входе усилительного каскада слагается из напряжения внешнего источника и напряжения ОС, в общем случае уменьшенных в а раз, то, получаем

$$U_{ВХ} = aE_u + a(\pm\beta U_{ВЫХ}),$$

откуда $aE_u = U_{ВХ} - a(\pm\beta U_{ВЫХ})$.

Подставив значение E_U в $K_{СКВ} = \frac{KU_{ВХ}}{E_U}$ и разделив числитель и знаменатель на $U_{ВХ}$, получим

$$K_{СКВ.ОС} = \frac{a}{1-(\pm\beta a U_{вых})/U_{вх}} \frac{U_{вых}}{U_{вх}}.$$

Тогда в окончательном виде выражение для сквозного коэффициента усиления каскада с ОС

$$K_{СКВ.ОС} = \frac{K_{СКВ}}{1-(\pm\beta K_{СКВ})} \quad (2)$$

Знак при произведении $\beta K_{СКВ}$, называемом коэффициентом петлевого усиления, совпадает со знаком, соответствующим положительной или отрицательной ОС. Поэтому выражение (2) перепишем в виде для ПОС

$$K_{СКВ.ОС} = \frac{K_{СКВ}}{1-\beta K_{СКВ}}, \quad (3)$$

для ООС

$$K_{СКВ.ОС} = \frac{K_{СКВ}}{1+\beta K_{СКВ}} = \frac{K_{СКВ}}{F_{СКВ}}. \quad (4)$$

Выражения (3) и (4) определяют изменение усиления от введения ОС и зависимость свойств усилителя от параметров цепи ОС. Они являются основными для расчета усилителей с любым видом ОС (в зависимости от способа введения и снятия ОС изменяется только формула определения коэффициента ОС). Знаменатель выражения (4)

$F_{СКВ} = 1+\beta K_{СКВ}$ показывает, на сколько изменяется сквозной коэффициент усиления каскада при введении ОС, и называется глубиной ОС. От его абсолютного значения, как это будет показано далее, существенно зависят все основные параметры усилителя, изменяясь пропорционально ему. При расчетах обычно задаются первоначальным значением $F_{СКВ}$ от 2

до 4. При $F_{СКВ}$ < 2 ОС сравнительно мало влияет на свойства усилителя, а при $F_{СКВ}$ > 4 значительно уменьшается первоначальный коэффициент усиления.

Так как для усилителей на ПТ $K_{СКВ} = K$, то соотношение (5.3) и (5.4) соответственно принимают вид

$$K_{ОС} = \frac{K}{1-\beta K} \quad (5)$$

и

$$K_{ОС} = \frac{K}{1+\beta K} = \frac{K}{F}, \quad (6)$$

где $K_{ОС}$ – коэффициент усиления каскада на ПТ с ОС; F – глубина ОС.

Литература

1. http://life-prog.ru/1_38998_obratnaya-svyaz-v-usilitelyah-klassifikatsiya-osn-sootnosheniya.html
2. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника (2000)

УДК 621.3

ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ СОСТАВЛЕНИЯ УРАВНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ МЕТОДОМ НАЛОЖЕНИЯ

Паноцкая Е.И., Мазуров Е.М.
Научный руководитель – к.т.н., доцент Горошко В.И.

Стандартно уравнения состояния получают из системы уравнений по законам Кирхгофа. Гораздо эффективнее получить уравнения состояния можно заменяя каждый реактивный элемент согласно теоремам замещения: индуктивности – источником тока, а емкости – источником напряжения. Затем применяя метод наложения, получаем уравнения для каждой цепи с одним источником.

Для емкости уравнение нужно записать в следующем виде:

$$i_c = f_1(u_c, i_L, e, J) \quad (1)$$

Для индуктивности в уравнение следует получить уравнение:

$$u_L = f_2(u_c, i_L, e, J) \quad (2)$$

Таким образом, в правой части должны быть только переменные состояния u_c, i_Lи задающие параметры источников *e, J*.

Поскольку $i_c = C \times u_c'$, $u_L = L \times i_L'$, то деля уравнение (1) на *C*, а уравнение (2) на *L* получаем уравнения состояния:

$$u_c' = \frac{1}{C} f_2(u, i_L, e, J) \quad (3)$$

$$i_L' = \frac{1}{L} f_2(u_c, i_L, e, J) \quad (4)$$

Эти уравнения содержат коэффициенты матриц *A, B.*

Проиллюстрируем эту методику получения уравнений состояния для цепи на рис. 1

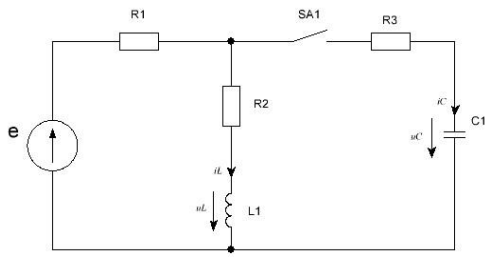


Рисунок 1

$$u_c' = A_{11} \cdot u_c + A_{12} \cdot i_L + B_1 \cdot E$$
$$i_c' = A_{21} \cdot u_c + A_{22} \cdot i_L + B_2 \cdot E$$

Задача №1

Дано: L=0,005 Гн; C=5·10^{-5} Ф; R_1=20 Ом; R_2=30 Ом; R_3=5 Ом.

Решение: заменяем каждый реактивный элемент согласно теоремам замещения: индуктивности – источником тока, а емкости – источником напряжения. Получаем схему на рис. 2.

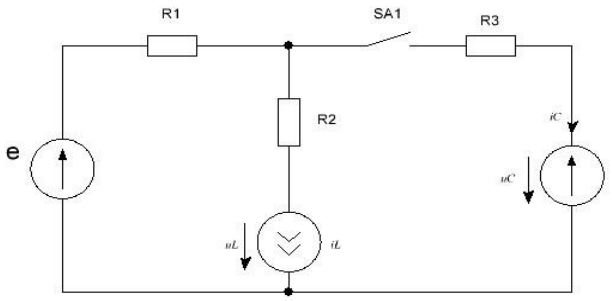


Рисунок 2

Используя программу MathCAD решим данную задачу:

$$a11 := \frac{-1}{(R2+R3)\cdot C} = -250 \qquad a12 := \frac{R2}{(R2+R3)\cdot C} = 7.5\times 10^{3} \qquad b1 := 0$$

$$a21 := \frac{1}{(R2+R3)\cdot L} = 0.25 \qquad a22 := \frac{-R2-(R1+R2)\cdot(R2+R3)}{(R2+R3)\cdot L} = -1.008\times 10^{3} \qquad b2 := \frac{1}{L}$$

$$end := 500\cdot 10^{-3} \qquad t := 0, 10^{-4} .. end \qquad h := 0.1$$

$$\frac{d}{dt}uc(t) = uc(t)\cdot a11 + il(t)\cdot a12 + E\cdot b1$$

$$\frac{d}{dt}il(t) = uc(t)\cdot a21 + il(t)\cdot a22 + E\cdot b2$$

$$uc(0) = -30 \qquad il(0) = 1$$

$$X := \begin{pmatrix} -30 \\ 1 \end{pmatrix} \qquad D(t,x) := \begin{pmatrix} x_0\cdot a11 + x_1\cdot a12 + E\cdot b1 \\ x_0\cdot a21 + x_1\cdot a22 + E\cdot b2 \end{pmatrix}$$

$$F := rkfixed(X, 0, 0.5, 1000, D)$$

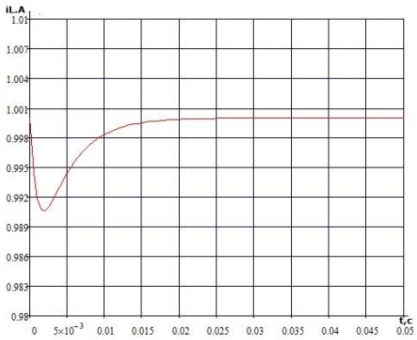


Рисунок 3

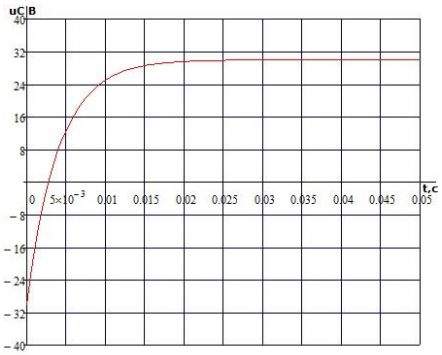


Рисунок 4

На рис. 3 представлен график зависимости i_L от времени t, на рис. 4 – u_c от t.

Задача 2.

В условии к задаче №2 изменяем только R_3 = 5Ом.

Используя решение задачи №1 получаем следующие графики – рис. 5 - i_L от времени t, рис. 6 - u_c от t.

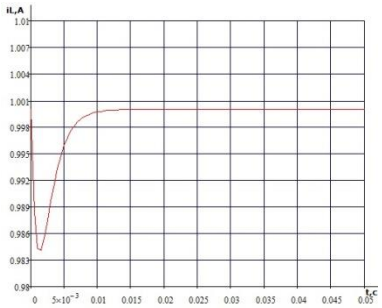


Рисунок 5

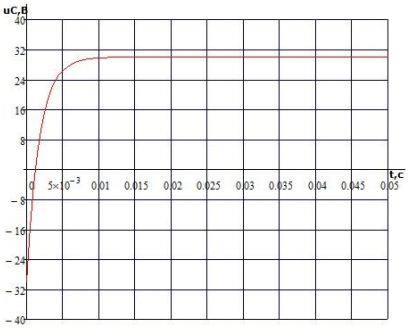


Рисунок 6

Для цепей достаточно высокого порядка к рассмотренной методике целесообразно добавить метод наложения.

$$X = col(u_{C1}, u_{C2}, u_{C3}, i_{L1}, i_{L2})$$

Описанная методика эффективна и для анализа сложных цепей, например на рис.7.

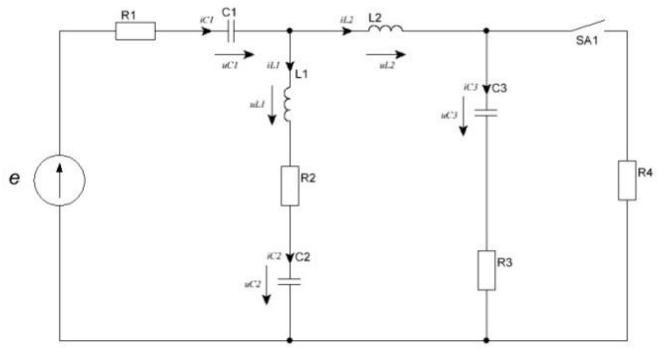


Рисунок 7

В результате получим такую систему уравнений:

$$\left|\begin{array}{c|ccccccc}
- & - & U_{C1} & U_{C2} & U_{C3} & i_{L1} & i_{L2} & e \\
U'_{C1} & \frac{I_{C1}}{C_1} & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{C_1} & \frac{1}{C_1} & 0 \\
U'_{C2} & \frac{I_{C2}}{C_2} & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{C_2} & 0 & 0 \\
U'_{C3} & \frac{I_{C3}}{C_3} & 0 & 0 & \frac{-1}{(R_3+R_4)\cdot C_3} & 0 & \frac{-R_4}{(R_3+R_4)\cdot C_3} & 0 \\
I'_{L1} & \frac{U_{L1}}{L_1} & \frac{-1}{L_1} & \frac{-1}{L_1} & 0 & \frac{-(R_1+R_2)}{L_1} & \frac{-R_1}{L_1} & \frac{1}{L_1} \\
I'_{L2} & \frac{U_{L2}}{L_2} & \frac{-1}{L_2} & 0 & \frac{-R_4}{(R_3+R_4)\cdot L_2} & \frac{-R_1}{L_2} & \frac{(R_1+R_4\cdot R_3)}{(R_3+R_4)\cdot L_2} & \frac{1}{L_2}
\end{array}\right|$$

Для которой матрицы *A* и *B* имеют вид:

$$A = \left|\begin{array}{ccccc}
0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\
0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
0 & 0 & \frac{-1}{(R_3+R_4)} & 0 & \frac{R_4}{(R_3+R_4)} \\
-1 & -1 & 0 & -(R_1+R_2) & -R_1 \\
-1 & 0 & \frac{R_4}{(R_3+R_4)} & -R_1 & \frac{-(R_1+R_4\cdot R_3)}{(R_3+R_4)}
\end{array}\right|$$

$$B=\begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{vmatrix}$$

Выводы:

В докладе показана эффективность получения уравнений состояния с помощью метода наложения. Все реактивные элементы предварительно заменяются соответствующими источниками. Для цепей низкого порядка эта методика не дает существенного выигрыша в объеме преобразований. Однако для цепей более высокого порядка (начиная с третьего) эффективность метода высока и растет с повышением порядка цепи.

Литература:

1. Основы теории линейных цепей. Под ред. П.А. Ионкина. Учебник. М., «Высш. школа», 1976

УДК 621.833

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ЛЕБЁДКИ

Прупас В.А., Ситкевич С.В.
Научный руководитель – старший преподаватель Згаевская Г.В.

Автомобильная лебёдка — механизм, закрепленный на автомобиле и предназначенный для его перемещения путем наматывания троса, свободный конец которого зацеплен за неподвижный предмет — хорошо закреплённый или значительно большей массы.

Существует 3 типа автомобильных лебёдок: электрические, с питанием от автомобильного аккумулятора; механические; гидравлические.

Конструкция электролебёдки: представляет собой барабан для намотки троса, оснащенный тормозным механизмом. С одной стороны к барабану крепится электродвигатель, с другой стороны – редуктор, необходимый для увеличения и передачи тягового усилия. Обычно возле редуктора располагается рычаг сцепления с предохранителем, предназначенный для отключения барабана от привода и ручного разматывания троса.

Управление всем этим механизмом выполняется посредством блока реле. Он, в свою очередь, может быть съемным или монтироваться на корпусе лебедки. Съемный блок можно установить в любом удобном месте автомобиля.

Плюсы электрической лебёдки: большой коммутируемый ток; малый размер и вес; удобство установки; возможность управления из салона; герметичность; надежная защита корпуса на "пробой"; надёжность самой электроники.

Двигатель. Устройство электродвигателя несложное и особенно разбираться там не с чем. Единственным важным моментом именно автомобильного использования является возможность вращения ротора двигателя в обоих направлениях для реализации смотки и намотки троса на барабан. Для этого на корпус двигателя выведено не два, а три силовых контакта. Смена «прямого» подключения на «обратное» осуществляется в блоке соленоидов. Вращается ротор электромотора в двух шарикоподшипниках, один из которых впрессован в крышку мотора или напрессован непосредственно на вал, а второй впрессован в моторную стойку. Разборке это не мешает, так как при откручивании двух болтов корпус двигателя с ротором легко выходит из «второго» подшипника.

Реле Грюнера. Дистанционно управляемое поляризованное (изменение состояния вкл/выкл кратковременной подачей напряжения на управляющий контакт) электромагнитное реле на 12V, коммутирующее в зависимости от необходимости либо плюсовую шину либо массу. Долговременный коммутируемый ток 300А, пиковая кратковременная нагрузка 1000А. Реле выполнено в полностью герметичном корпусе небольшого размера 76х30х20мм, весом 90г. Силовые контакты реле позволяют подключить провода сечением вплоть до 50мм^2. Реле изготовлено в Германии компанией GRUNER, занимающей лидирующее положение среди производителей поляризованных реле.

УДК 621.397.13.037.37

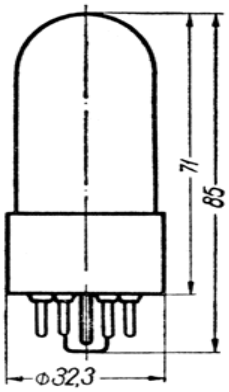
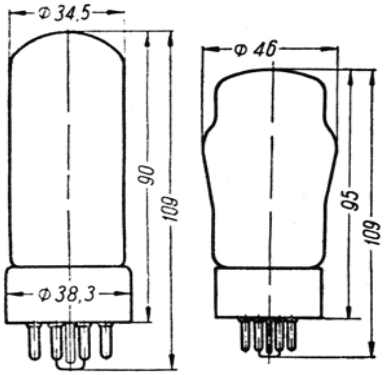
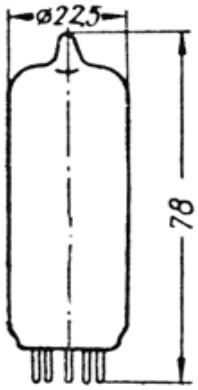
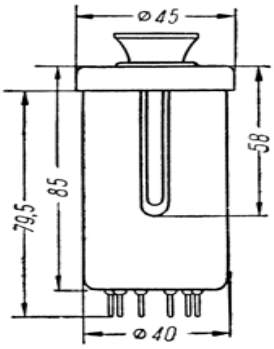
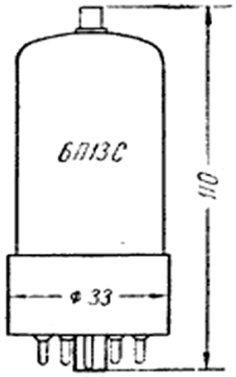
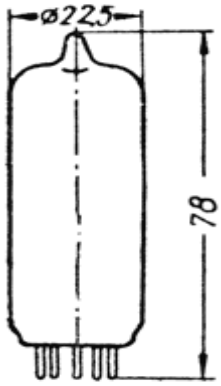
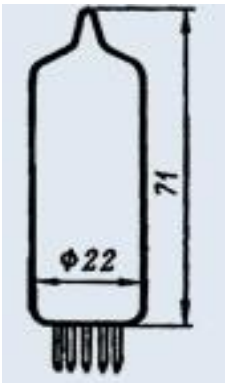
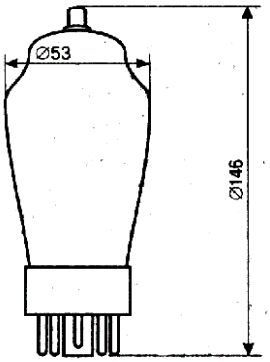
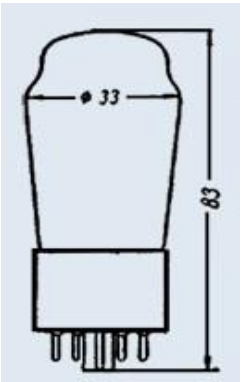
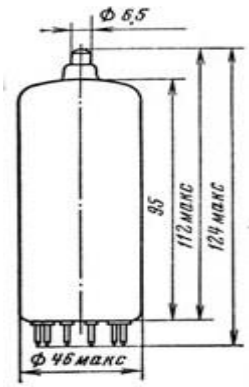
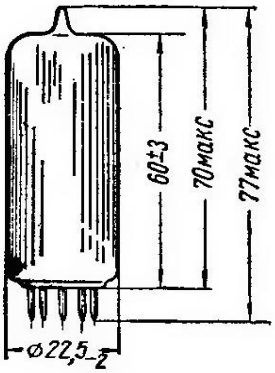
ОСОБЕННОСТИ КАЧЕСТВА ЗВУКА В ЛАМПОВЫХ УСИЛИТЕЛЯХ С НЕКОТОРЫМИ РАСПРОСТРАНЕННЫМИ ВИДАМИ ЛАМП

Мудрый В.В, Батайчук А.В.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

В технической литературе в вопросах, касаемых ламповых усилителей мощности, всегда говорится о выходном трансформаторе, как об одном из важнейших компонентов усилителя. Однако крайне редко упоминается о методах, приемах, полезных при создании выходного трансформатора. Полезно указать технологические приемы, позволяющие существенно улучшить звучание трансформатора, а так же устранить влияние на него воздействия внешних магнитных полей или улучшить уже готовые трансформаторы. Почему ламповые усилители стоят так дорого, хотя ими не озвучить стадион? Дело здесь не в выходной мощности, а в верности воспроизведения. Чаще всего это двухтактные схемы, работающие в классе А, либо просто однотактные схемы, которые, как известно, работают исключительно в классе А (в редких случаях А2 с токами сетки). В таком классе оконечный каскад потребляет немалый ток, и его КПД ограничивается в лучшем случае 10-15% от полной потребляемой мощности. Поэтому в подобных усилителях нужен солидный силовой трансформатор. Учитывая мощность, уходящую на накал ламп нетрудно подсчитать, что для стереоусилителя с выходной мощностью 5-10 Вт на канал, работающий в классе А в качестве силового понадобится трансформатор вроде ТС-180. На нем при помощи транзисторного или микросхемного тракта можно собрать и приличный 100-ваттный усилитель, но лампы дают более живой и реалистичный звук по сравнению со своими полупроводниковыми собратьями. Наверное, каждый радиолюбитель слышал мнения о превосходстве ламповой усилительной аппаратуры над транзисторной, недалеко не каждый мог убедиться в этом сам. Причин этому несколько: не часто можно встретить в наше время ламповые усилители, а главное, чтобы услышать заметное превосходство, нужно воспользоваться высококачественными фонограммами, не испорченными многократной обработкой и перезаписью.

Таблица 1 Характеристики ламповых усилителей

Ламповые усилители	6П6С	6П3С	6П14П	ГУ-50
Срок службы, ч	500	500	500	100
Цоколь	октальный с ключом	октальный с ключом	штырьковый с пуговичным дном	выпускается в стеклянном бесцокольном оформлении
Междуэлектродные ёмкости	входная (9,5 ± 1,6) пФ, выходная (9,5 ± 4) пФ, проходная не более 0,9 пФ	входная (11 ± 2) пФ, выходная (8.2 + 1.5 - 1.4) пФ. Проходная не более 1 пФ.	входная 11 пФ. Выходная 7 пФ. Проходная не более 0,2. пФ	входная (14,0 ±1,0)пФ, выходная (9,15 ± 1,15) пФ, Проходная не более 0,1 пФ.
Кол-во штырьков	6	6	9	8

6П6С  Мощность 1,7-2 Вт	**6П3С**  Мощность 2-2,5 Вт	**6П14П**  Мощность 1,5-1,7 Вт
ГУ-50  Мощность 21-25 Вт	**6П13С**  Мощность 4 Вт	**6П14П**  Мощность 1,5-1,7 Вт
6П43П  Мощность 2,5 Вт	**6П7С**  Мощность 2 Вт	**6Ф6С**  Мощность 1,7-2 Вт
6П45С  Мощность 12 Вт	**6Ф5П**  Мощность 2 Вт	

6П13С - абсолютно нейтральный звук. Из-за этого многим не нравится. Несмотря на это, линейность лампы и как следствие относительно малый коэффициент нелинейных искажений, вне конкуренции. Плюс к этому, из-за относительно низкого внутреннего сопротивления, мощность однотактного каскада на этой лампе будет около 4 Вт.

6П3С - очень "певучая" лампа, специально предназначенная для работы в выходных каскадах УНЧ. Звучание немного окрашено, высокие и низкие частоты на краях звукового диапазона несколько приглажены. Если Вам нравится звучание ламповых приёмников и радиол пятидесятых годов, то это удачный выбор. Мощность каскада на ней 2-2,5 Вт.

6П14П - звучит немного резче 6П3С. Лампа пальчиковая и разогревается очень сильно. Многие ламповые телевизоры и радиолы прошлых лет имели в выходном каскаде именно эту лампу. Мощность около 1,5-1,7 Вт.

6П43П - лампа очень линейна, звучание достаточно детальное и гармоничное. Недостатков я не заметил. Цоколь - как у 6П14П. Мощность каскада около 2,5 Вт. Звучание выходного каскада значительно лучше, чем на 6П14П.

6П7С - по сравнению с 6П3С имеет более прозрачное звучание на высоких частотах. В радиолюбительской литературе и на различных форумах лампу 6П7С часто приравнивают к 6П3С. Это несколько не так. 6П7С - это октальный вариант лампы Г-807 и звучит она больше как Г-807, а не как 6П3С. Звучание, с моей точки зрения, немного аналитичное, но в целом - неплохой выбор. Мощность 2 Вт.

6П6С - очень хороша по звучанию. Недаром известнейшие производители профессиональных усилителей (Fender, Rickenbacker и т.д.) очень часто применяли её аналог 6V6 GT в выходных каскадах. При использовании этой лампы нужно помнить о том, что из-за более высокого внутреннего сопротивления, не удаётся получить большую выходную мощность, но качество звучания прощает этот недостаток. Мощность однотактного каскада на лампе 6П6С в триодном включении составляет 1,7 - 2 Вт, при очень детальном и "наполненном" звучании. Если Вы не привыкли слушать музыку на большой громкости - смело применяйте эту лампу, она Вас не разочарует.

6Ф6С - по сравнению с 6П6С звучит немного прозрачнее на высоких частотах. Но разница едва уловима. Поскольку режимы ламп практически одинаковы, можно отслушать их методом простой замены одной на другую. В остальном, всё что сказано о лампе 6П6С, справедливо и для 6Ф6С. Лампа очень линейна, очень часто её применяют в качестве драйверной для раскачки прямонакальных триодов.

6П45С - очень мощная лампа. Имеет низкое внутреннее сопротивление и позволяет при использовании соответствующего выходного трансформатора получить до 12 Вт. выходной мощности. Усилитель, выходной каскад которого работает на лампе 6П45С, запросто "расправляется" (в хорошем смысле слова) практически с любыми акустическими системами. Но есть и маленькая "ложечка дёгтя". Для раскачки этой лампы лучше всего применять пентод, например 6Э5П, также не очень удобно и то, что цоколь у неё не стандартный. Звучание усилителя при использовании лампы 6П45С очень мощное и плотное, но, как следствие, присутствует некоторая потеря детальности и прозрачности. В общем - на любителя.

6Ф3П, 6Ф5П. Имея такие лампы, можно создать очень компактный аппарат, так как в одном баллоне содержится и триод и пентод. Мощность усилителя в этом случае 2 Вт, звучание достаточно ровное и детальное. Немного не хватает "напора", зато джаз, соул, ритм энд блюз - очень неплохо.

ГУ-50 - применение в выходном каскаде, более линейных, чем 6П41С и 6П45С, в триодном включении позволило снизить создаваемые каскадом искажения в 2-3 раза без применения трудоемкой в настройке ультралинейной схемы. Желательно использовать подобранные по характеристикам лампы. Как правило, лампы, прошедшие военную приемку, взятые из одной серии и из одной упаковки имеют разброс не более 1-2%, но лучше все же это проверить. Звук от ГУ50 более деликатный, лучше проработаны детали и, главное, отлично передается «воздух» и объем, даже при работе с небольшими АС.

Литература

1. http://www.oldradio.ru
2. http://www.radiolibrary.ru
3. http://torgdesign.narod.ru
4. http://e-mart.datagor.ru
5. http://drkn.ucoz.ru

ЭВОЛЮЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЛАМПЫ

Жаврид А.В.
Научный руководитель – ассистент Жорова М.И.

В начале XIX века русский физик В.В. Петров открыл явление электрической дуги и указал на возможность использования этого явления в освещении. Первые попытки применения электрической дуги для освещения относятся еще к 40-м годам XIX века. Дуговая лампа с ручным регулированием была создана в 1844 г. французским изобретателем Л. Фуко. В России первая дуговая лампа оригинальной конструкции была создана в начале 50-х годов XIX века инженером А.И.Шпаковским. В 1869 г. русский ученый В. Н. Чиколев продемонстрировал в Москве значительно усовершенствованную дуговую лампу с регулятором, однако эти лампы не получили большого распространения, так как регулятор был весьма сложным механизмом, требовавшим частой чистки и ремонта.

В 1876 г. русский изобретатель П. Н. Яблочков предложил так называемую «электрическую свечу» — дуговой источник света без применявшегося ранее регулятора. Он разместил угли параллельно, а не на одной прямой линии, как это делалось ранее. Таким образом, «свеча» Яблочкова представляла собой два угольных стержня, разделенных прослойкой огнеупорного изолирующего материала, например каолина, гипса и т. п., испаряющегося под действием электрической дуги. Угли в «свече» Яблочкова присоединялись к зажимам источника тока, в результате между ними образовывалась дуга. Яблочков старался усовершенствовать созданный им источник света. Его исследования привели к чрезвычайно важным для электротехники открытиям и изобретениям. Так, он первый для питания осветительных установок вместо постоянного стал применять переменный ток. В Париже его лампочками был впервые освещен магазин «Лувр». Газовые фонари на улицах французской столицы были демонтированы, их повсеместно заменили «свечи Яблочкова». Лампы Яблочкова горели на центральных улицах всех европейских столиц, в залах и ресторанах лучших гостиниц, на аллеях крупнейших парков Европы.

Параллельно с дуговыми лампами разрабатывались лампы накаливания с нитями или спиралями накала. Самая ранняя опытная лампа накаливания со спиралью была создана в 1820 году французом Деларю и представляла собой цилиндрическую трубку с платиновой спиралью и двумя концевыми зажимами для подвода тока. Лампа Деларю не получила широкого применения, так как имела большое количество недостатков.

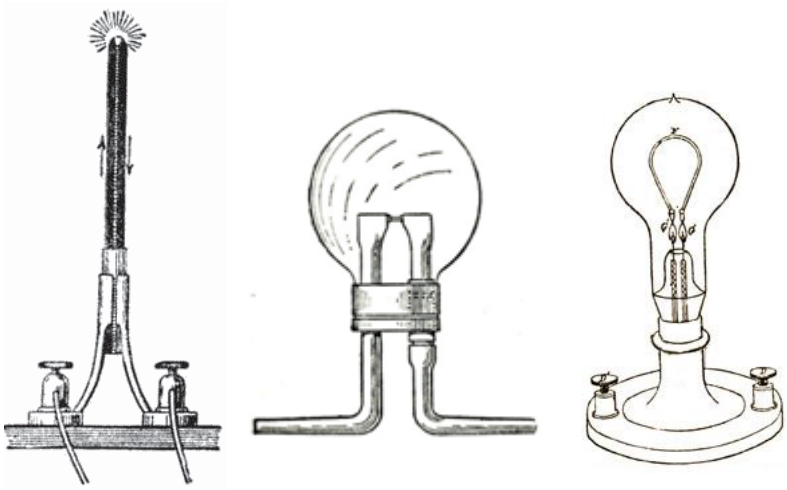
На протяжении 50 лет после Деларю было сконструировано большое количество электроламп, но все они были крайне несовершенны и не могли конкурировать с широко применявшимся тогда газовым освещением. В 1854 году немец Г. Гёбель разработал первую «современную» лампу: обугленную бамбуковую нить в вакуумированном сосуде.

В 1873 г. А. Н. Лодыгин впервые запатентовал лампу со стержнями накала из ретортного угля и вакуумной колбой в виде шара или цилиндра. Он впервые применил электричество для освещения улицы в Петербурге.

Выдающийся американский техник-изобретатель Т. Эдисон, ознакомившись с устройством ламп Лодыгина, занялся их усовершенствованием. После нескольких лет напряженной работы в 1879 г. Эдисону удалось получить достаточно хорошую конструкцию лампы накаливания вакуумного типа с угольной нитью, а потом с платиновой. Заслуга Эдисона состоит, прежде всего, в том, что он изобрел и создал надсистему для этой лампы и поставил ее производство на поток, что привело к сильному удешевлению стоимости. Он придумал для лампы винтовой цоколь и патрон к ней, изобрел предохранители, выключатели, первый счетчик энергии. Именно с лампочки Эдисона, электрическое освещение стало действительно массовым.

В 1890-х годах А. Н. Лодыгин изобретает несколько типов ламп с нитями накала из тугоплавких металлов. Он предложил применять в лампах нити из вольфрама и

молибдена и закручивать нить накаливания в форме спирали. Первая американская коммерческая лампа с вольфрамовой спиралью впоследствии производилась по патенту Лодыгина.



а б с

Рис.1: а) «свеча» Яблочкова; б) лампа Лодыгина; в) лампа Эдисона

В 1906 году Лодыгин продаёт патент на вольфрамовую нить компании General Electric.

В 1910 году Вильям Дэвид Кулидж изобретает улучшенный метод производства вольфрамовой нити. Впоследствии вольфрамовая нить вытесняет все другие виды нитей.

Проблема с быстрым испарением нити в вакууме была решена американским учёным, известным специалистом в области вакуумной техники Ирвингом Ленгмюром, который, работая с 1909 года в General Electric, ввёл в производство наполнение колбы ламп инертными, точнее — тяжёлыми благородными газами (в частности — аргоном), что существенно увеличило время их работы и повысило светоотдачу.

Впервые практически использовать аналог сегодняшней лампы дневного света и изыскать из этого коммерческий интерес удалось Даниэлю Фарлану Муру. Первую модель своей лампы оно показал общественности в 1895 году (на год раньше Эдисона). В качестве инертного газа в колбе он использовал двуокись углерода (для белого свечения) или азот (для розового). Его лампа была невероятно сложна в конструкции, но уже тогда инженеры заметили ее большую эффективность по сравнению с разрабатываемой лампой накаливания. Почти 9 лет усовершенствований и испытаний привели к тому, что начиная с 1904 года, система освещения Мура стала устанавливаться в магазинах и офисных помещениях.

Использовать в люминесцентной лампе пары ртути впервые предложил Питер Купер Хьюитт в 1901 году. Его лампы были намного эффективнее, как ламп Мура, так и ламп накаливания. Однако сине-зеленый свет свечения ограничил их применение в то время. Хотя в последствие, много лет спустя, именно ртутные лампы стали основой уличного освещения, именно ими оснащались фонарные столбы.

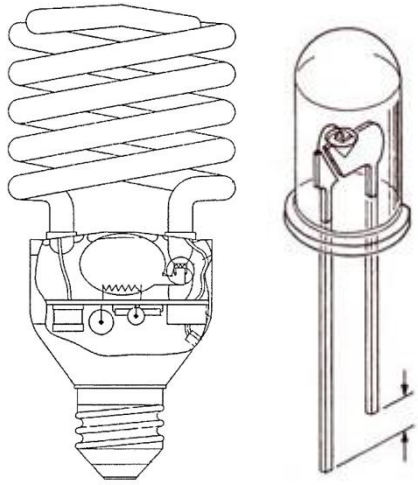
В 1906 году изобретена ртутная лампа высокого давления, а в1910 году открыт галогенный цикл. В 1911 году французским физиком Жоржом Клауди была разработана неоновая лампа и очень быстро нашла применение в рекламных целях.

Лишь в 1927 году свет увидела люминесцентная лампа – аналог той, что мы используем сейчас. И хотя ее изобретатель Эдмунд Джермер изначально ставил перед собой цель создать управляемый источник ультрафиолетового света, получилось так, что вместе с коллегами Фридрихом Мейером и Гансом Шпаннером он создал второй по популярности источник искусственного света, причем более близкий к естественному, чем популярная в то время лампа накаливания. Исследователи просто покрыли ультрафиолетовую лампу слоем люминофора, и оказалось, что она способна излучать естественный белый и достаточно

яркий свет. В 1934 году патент на изобретения выкупила General Electric. Первые продажи люминесцентных ламп начались лишь в 1938 году, так как на протяжении 4 лет до этого исследовательские бюро компании усиленно изобретали неразрушающийся под действием электрического тока электрод.

Главным недостатком люминесцентных ламп было то, что они имели довольно большие размеры. А это очень ограничивало их использование в бытовых условиях, в то время, как в административных и производственных зданиях они стали широко применяться. Постепенно люминесцентные лампы становились всё меньше и меньше по размеру, пока в восьмидесятые годы прошлого века разработчикам не удалось создать компактную люминесцентную лампу на основе люминофора новой конструкции. Поскольку генерируемый такой лампой свет находится в ультрафиолетовом диапазоне, для преобразования данного излучения в дневной свет, и применяется люминофор, которым покрывается внутренняя поверхность колбы компактной люминесцентной лампы.

Светодиод появился на свет еще в начале шестидесятых, благодаря инженеру General Electric Нику Холоньяку. Тогда разработка показалась очень перспективной, несмотря на то, что светодиод светил только тусклым красным светом. Уже через десять лет появились зеленые и желтые светодиоды, их стали использовать в электронных приборах. С каждым годом эффективность светового потока увеличивалась, значение один люмен было достигнуто к началу девяностых. В 1993 году был изобретен первый синий яркий светодиод. Теперь появляется возможность получить светодиод любого цвета, в том числе и белого (получены все составляющие света - красный, синий и зеленый). К концу девяностых светодиоды занимают место ламп накаливания, в местах, где необходимо окрашенное освещение. Постепенно световой поток достигает ста люменов, у белых светодиодов появляются оттенки "теплый", "холодный", "нейтральный".



а б

Рисунок 2 а) компактная люминесцентная лампа; б) светодиод

На сегодняшний день специалисты сходятся во мнении, что за светодиодами ближайшее будущее в освещении. Более эффективной и практичной технологии в настоящее время не существует. Однако, учитывая возрастающую потребность человечества в искусственном освещении, можно предположить, что появятся и новые, более эффективные технологии.

ТРАНЗИСТОРЫ СЕГОДНЯ И ВОЗМОЖНОЕ РАЗВИТИЕ В БУДУЩЕМ

Кот. П.И.
Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

Если последние 50 лет в электронике использовались исключительно планарные структуры, то отныне в массовом производстве применяемая структура станет трехмерной. Технология, позволившая и дальше следовать закону Мура, получила название Tri-Gate. По значимости этот шаг сопоставим, разве что, с изобретением интегральной схемы транзисторов.

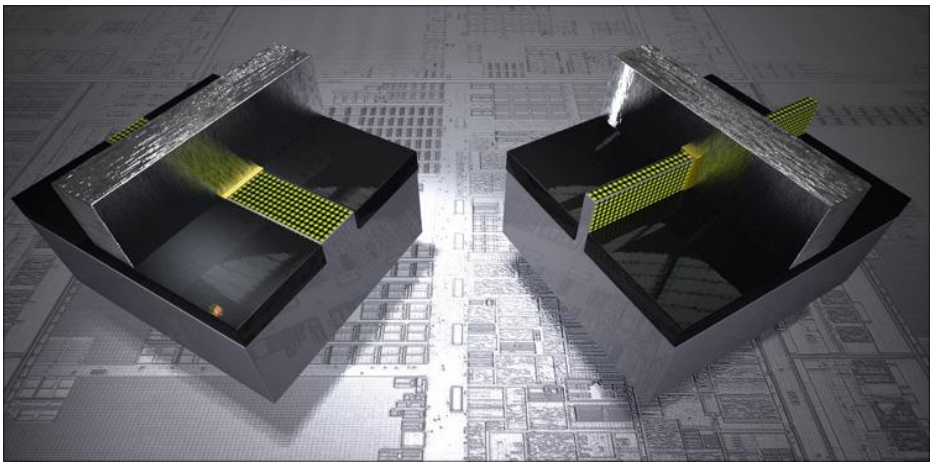
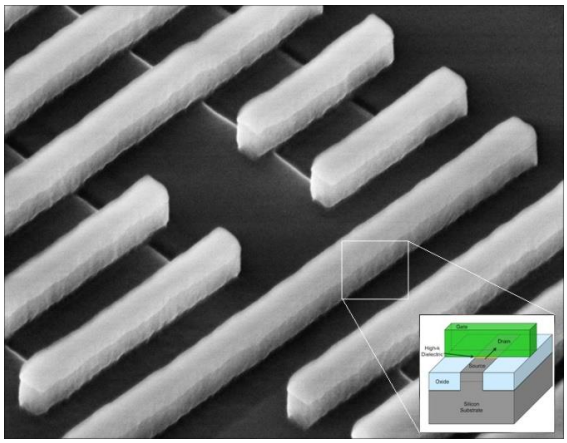


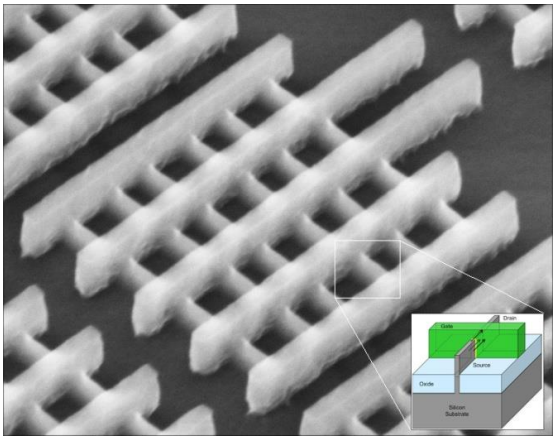
Рисунок 1 Транзисторы

Еще совсем недавно процессор можно было представить в виде листа бумаги, производительность которого зависела от количества ячеек-транзисторов, уместившихся на его площади. Чем больше транзисторов-ячеек на таком листе умещалось, тем выше была производительность. Понятное дело, что бесконечно уменьшать размеры транзисторов нельзя.

Однако в ближайшие годы полупроводниковая промышленность может вздохнуть спокойно и продолжить развитие прежними темпами — сейчас ячейки «можно» располагать в несколько рядов, то есть производительность процессоров будет расти вглубь (ну или ввысь, как в случае с небоскрёбами) и, честно сказать, я даже теряюсь в догадках, почему до этого додумались только сейчас. Впрочем, додумались-то до этого еще в далеком 2002, но именно сегодня речь пошла о массовом воплощении технологии в жизнь.

Ученые давно признают преимущества 3D-структур — в случае с транзисторами, такой подход позволит следовать закону Мура еще достаточно долгое время. Суть новой технологии очевидна (глаз вооружен):





32-нм и Транзистор Tri-Gate, 22-нм

Рисунок 2 Структурная схема транзистора

В традиционной планарной структуре транзистора электрический ток может протекать только по узкой поверхности проводника под затвором. В то время как в трёхмерных транзисторах ток распространяется в толще кремниевого выступа, «прорезающего» затвор.

Результатом такого конструкторского решения является снижение сопротивления транзистора в открытом состоянии, увеличение сопротивления в закрытом и более быстрое переключение между этими состояниями. Вместе с этим стало возможным снижение рабочего напряжения и уменьшение токов утечки. Как следствие — новый уровень энергоэффективности и солидный прирост производительности в сравнении с существующими аналогами.Транзисторы Tri-Gate (изготовленные по технологии 22-нм) демонстрируют почти 40-процентный прирост быстродействия в сравнении с обычными (изготовленными по технологии 32-нм). Это при том, что новые чипы будут потреблять почти вдвое меньше энергии (с той же производительностью), чем их 32-нанометровые братья с двухмерной структурой.

А ведь можно сделать, например, вот так:

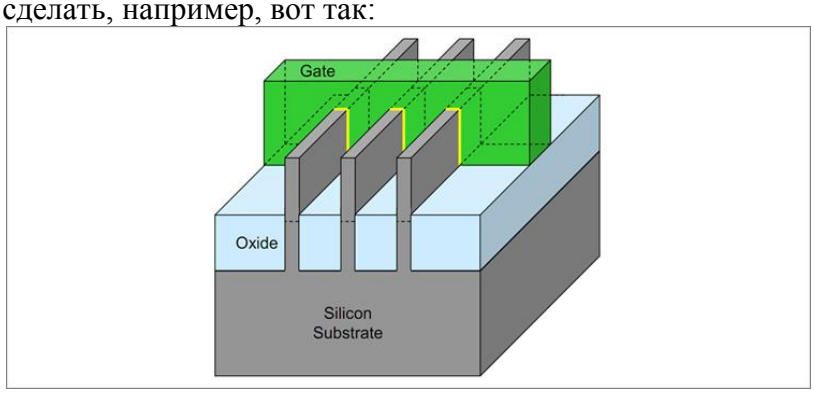


Рисунок 3 Структура Tri-Gate транзистора

Как сказал президент компании Intel Пол Отеллини, В сочетании с материалами, обладающими особой диэлектрической проницаемостью, элементами с металлическими затворами, 3D-транзисторы помогут Intel значительно снизить потребление энергии, стоимость чипа в расчете на один транзистор и существенно поднять производительность. Intel продолжит создавать лучшие в мире продукты во всех областях — от мобильных телефонов до суперкомпьютеров»

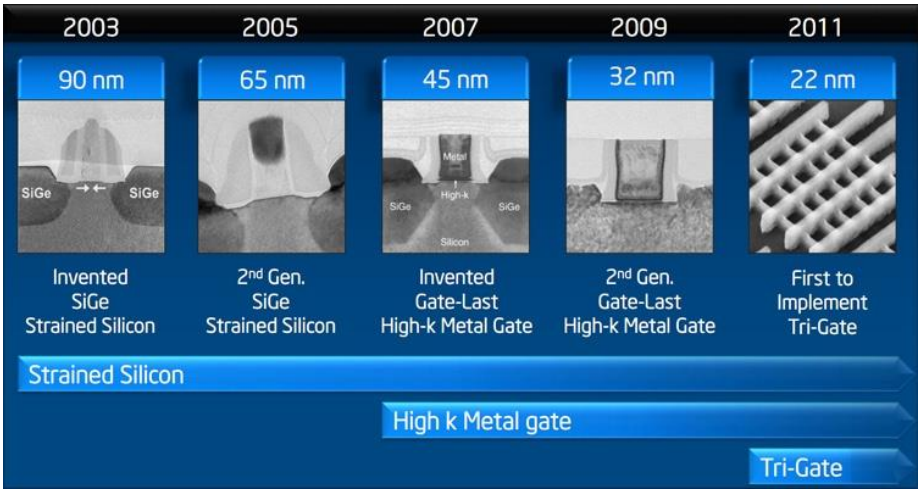


Рисунок 4 История развития транзисторов

Марк Бор, старший почетный исследователь компании:— Новое изобретение не только позволяет впредь следовать закону Мура. Это больше, чем просто переход с одного технологического процесса на другой — новое открытие позволяет конструировать совершенно новые устройства.

Переход на новые трёхмерные транзисторы будет осуществлен вместе с переходом на новую 22-нанометровую технологическую норму, отражающую размер структур интегральных схем. Первым в мире микропроцессором, изготовленным по этой норме, стал чип под кодовым названием Ivy Bridge, предназначенный в первую очередь для настольных компьютеров. Соответственно, процессоры Intel Core под этим кодовым названием станут первыми массовыми чипами с транзисторами Tri-Gate – их массовое серийное производство планируется начать в конце 2011 года. По крайней мере, в плане технического оснащения к этому почти все готово – ведь чипы могут изготавливаться на обычном литографическом оборудовании.

Учёные из университета Пердью пошли дальше, представив 4D транзистор. Исследователи из университета Пердью заявили об успешной замене кремния в транзисторах и открытия пути создания намного меньших структур микросхем, чем позволяют кремниевые полупроводники.

Команда учёных применила арсенид индия-галлия, который в будущем станет важнейшим материалом для производства полупроводников с размеров элементов меньше 10 нм. Изготовленный в университете прототип был сделан по 20 нм техпроцессу.

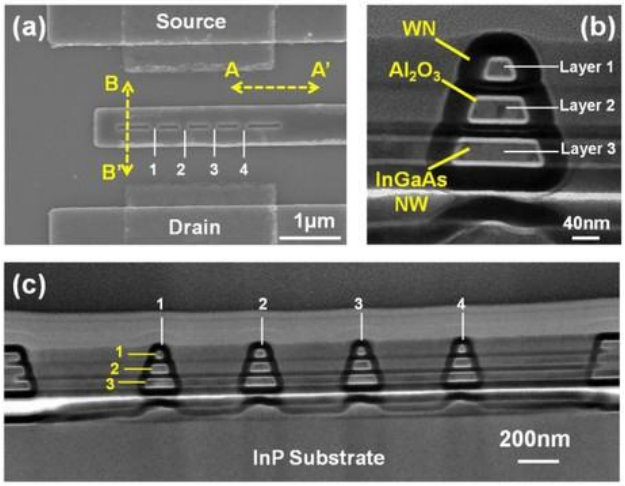


Рисунок 5 Предполагаемая структура 4D транзистора

Согласно объяснению Педэ Е (Peide Ye), профессора по электрике и компьютерному инжинирингу, три проводника арсенида индия-галлия размещаются друг над другом, при этом прогрессивно укорачиваясь к верху. Полученное сужающееся пересечение имеет вид ёлки. А значит, почему бы не назвать получившуюся структуру 4D транзистором? Вот его пояснение:

«Один дом может вмещать множество людей, но чем больше этажей, тем больше и людей, то же самое и с транзисторами. Увеличение их слоёв приводит к большему току и более быстрым операциям для высокоскоростных вычислений. Эта разработка добавляет полностью новое измерение, которое я назвал 4D». Но попридержите коней. Ещё слишком рано радоваться.

Хотя арсенид индия-галлия, на самом деле, довольно интересный материал для уменьшения элементов чипов, как и отметил Е, эта технология покажет себя лишь когда транзисторы дойдут до 10 нм. В любом случае, будет ли подобный подход применим в будущем, мы знаем, что Закон Мура получил право на дальнейшее существование.

Литература

1. http://nvworld.ru/news/forget-about-trigate-invire-4d/
2. http://www.dailytechinfo.org/infotech/2374-novye-22-nm-3d-tranzistory-kompanii-intel-obespechat-vypolnenie-zakona-gordona-mura.html

УДК 004.31 – 181.48

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОЦЕССОРОВ

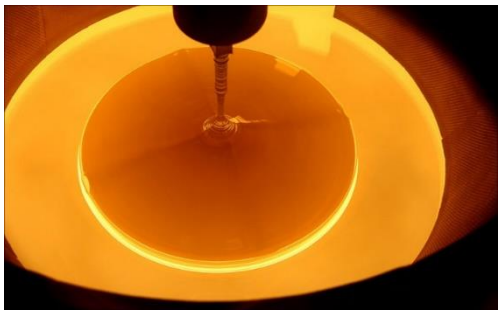
Лабецкий Д.И.
Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

Когда фабрика для производства процессоров по новой технологии построена, у нее есть 4 года на то, чтобы окупить вложенные средства (более $5млрд) и принести прибыль. Из несложных секретных расчетов получается, что фабрика должна производить не менее 100 работающих пластин в час.

Вкратце процесс изготовления процессора выглядит так: из расплавленного кремния на специальном оборудовании выращивают монокристалл цилиндрической формы. Получившийся слиток охлаждают и режут на «блины», поверхность которых тщательно выравнивают и полируют до зеркального блеска. Затем в «чистых комнатах» полупроводниковых заводов на кремниевых пластинах методами фотолитографии и травления создаются интегральные схемы. После повторной очистки пластин, специалисты лаборатории под микроскопом производят выборочное тестирование процессоров – если все «ОК», то готовые пластины разрезают на отдельные процессоры, которые позже заключают в корпуса.

Уроки химии

Рассмотрим весь процесс более подробно. Содержание кремния в земной коре составляет порядка 25-30% по массе, благодаря чему по распространённости этот элемент занимает второе место после кислорода. Песок, особенно кварцевый, имеет высокий процент содержания кремния в виде диоксида кремния (SiO_2) и в начале производственного процесса является базовым компонентом для создания полупроводников.



Первоначально берется SiO_2 в виде песка, который в дуговых печах (при температуре около 1800°C) восстанавливают коксом:

$$SiO_2 + 2C = Si + 2CO$$

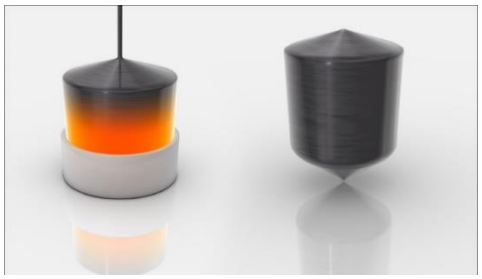
Такой кремний носит название «технический» и имеет чистоту 98-99.9%. Для производства процессоров требуется гораздо более чистое сырье, называемое «электронным кремнием» — в таком должно быть не более одного чужеродного атома на миллиард атомов кремния. Для очистки до такого уровня, кремний буквально «рождается заново». Путем хлорирования технического кремния получают тетрахлорид кремния ($SiCl_4$), который в дальнейшем преобразуется в трихлорсилан ($SiHCl_3$):

$$3SiCl_4 + 2H_2 + Si \leftrightarrow 4SiHCl_3$$

Данные реакции с использованием рецикла образующихся побочных кремнийсодержащих веществ снижают себестоимость и устраняют экологические проблемы:

$$2SiHCl_3 \leftrightarrow SiH_2Cl_2 + SiCl_4$$

$$2SiH_2Cl_2 \leftrightarrow SiH_3Cl + SiHCl_3$$



$$2SiH_3Cl \leftrightarrow SiH_4 + SiH_2Cl_2$$

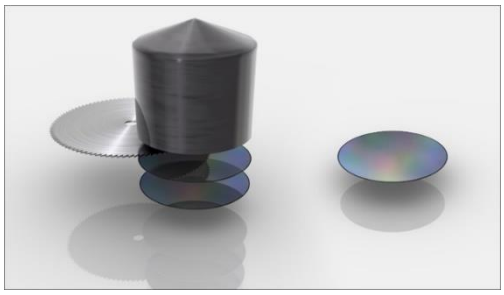
$$SiH_4 \leftrightarrow Si + 2H_2$$

Получившийся в результате водород можно много где использовать, но самое главное то, что был получен «электронный» кремний (99,9999999%). Чуть позже в расплав такого кремния опускается затравка («точка роста»), которая постепенно вытягивается из тигля. В

результате образуется так называемая «буля» — монокристалл высотой со взрослого человека. Вес соответствующий — на производстве такая дуля весит порядка 100 кг.

Слиток шкурят «нулёвкой» и режут алмазной пилой. На выходе – пластины (кодовое название «вафля») толщиной около 1 мм и диаметром 300 мм (~12 дюймов; именно такие используются для техпроцесса в 32нм с технологией HKMG, High-K/Metal Gate). Когда-то давно Intel использовала диски диаметром 50мм (2"), а в ближайшем будущем уже планируется переход на пластины с диаметром в 450мм – это оправдано как минимум с точки зрения снижения затрат на производство чипов. К слову об экономии — все эти кристаллы выращиваются вне Intel; для процессорного производства они закупаются в другом месте.

Каждую пластину полируют, делают идеально ровной, доводя ее поверхность до зеркального блеска.



Производство чипов состоит более чем из трёх сотен операций, в результате которых более 20 слоёв образуют сложную трёхмерную структуру. Итак. В отшлифованные кремниевые пластины необходимо перенести структуру будущего процессора, то есть внедрить в определенные участки кремниевой пластины примеси, которые в итоге и образуют транзисторы.

Фотолитография

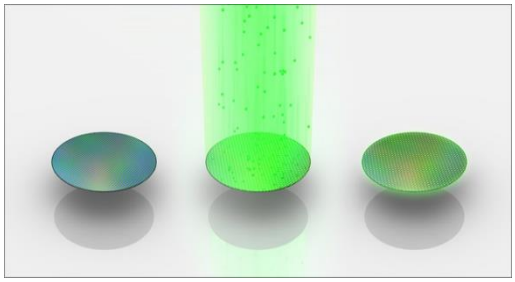
Проблема решается с помощью технологии фотолитографии — процесса избирательного травления поверхностного слоя с использованием защитного фотошаблона. Технология построена по принципу «свет-шаблон-фоторезист» и проходит следующим образом:

— На кремниевую подложку наносят слой материала, из которого нужно сформировать рисунок. На него наносится фоторезист — слой полимерного светочувствительного материала, меняющего свои физико-химические свойства при облучении светом.

— Производится экспонирование (освещение фотослоя в течение точно установленного промежутка времени) через фотошаблон

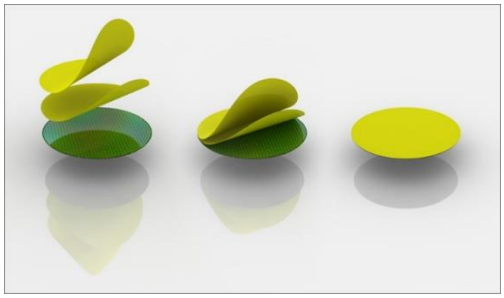
— Удаление отработанного фоторезиста.

Нужная структура рисуется на фотошаблоне — как правило, это пластинка из оптического стекла, на которую фотографическим способом нанесены непрозрачные области. Каждый такой шаблон содержит один из слоев будущего процессора, поэтому он должен быть очень точным и практичным.



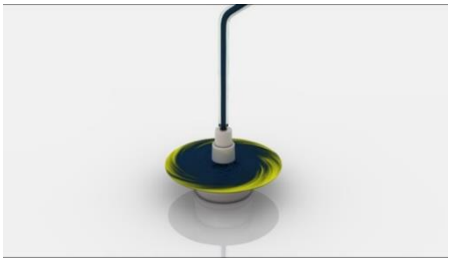
Иной раз осаждать те или иные материалы в нужных местах пластины просто невозможно, поэтому гораздо проще нанести материал сразу на всю поверхность, убрав лишнее из тех мест, где он не нужен — на изображении выше синим цветом показано нанесение фоторезиста.

Пластина облучается потоком ионов (положительно или отрицательно заряженных атомов), которые в заданных местах проникают под поверхность пластины и изменяют проводящие свойства кремния (зеленые участки — это внедренные чужеродные атомы).

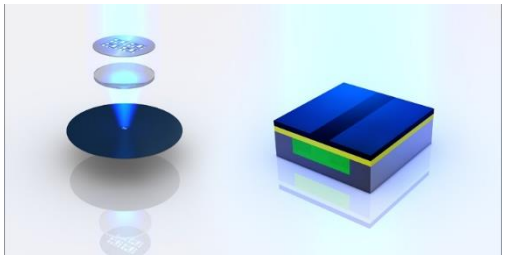


Как изолировать области, не требующие последующей обработки? Перед литографией на поверхность кремниевой пластины (при высокой температуре в специальной камере) наносится защитная пленка диэлектрика, вместо традиционного диоксида кремния компания Intel стала использовать High-K-диэлектрик. Он толще диоксида кремния, но в

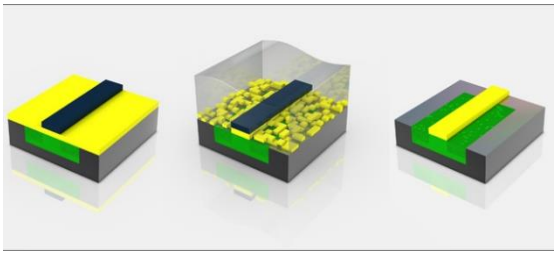
то же время у него те же емкостные свойства. Более того, в связи с увеличением толщины уменьшен ток утечки через диэлектрик, а как следствие – стало возможным получать более энергоэффективные процессоры. В общем, тут гораздо сложнее обеспечить равномерность этой пленки по всей поверхности пластины — в связи с этим на производстве применяется высокоточный температурный контроль.



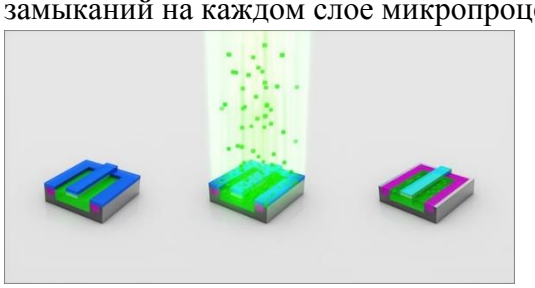
В тех местах, которые будут обрабатываться примесями, защитная пленка не нужна – её аккуратно снимают при помощи травления (удаления областей слоя для формирования многослойной структуры с определенными свойствами). А как снять ее не везде, а только в нужных областях? Для этого поверх пленки необходимо нанести еще один слой фоторезиста – за счет центробежной силы вращающейся пластины, он наносится очень тонким слоем.



В фотографии свет проходил через негативную пленку, падал на поверхность фотобумаги и менял ее химические свойства. В фотолитографии принцип схожий: свет пропускается через фотошаблон на фоторезист, и в тех местах, где он прошел через маску, отдельные участки фоторезиста меняют свойства. Через маски пропускается световое излучение, которое фокусируется на подложке. Для точной фокусировки необходима специальная система линз или зеркал, способная не просто уменьшить изображение, вырезанное на маске, до размеров чипа, но и точно спроецировать его на заготовке. Напечатанные пластины, как правило, в четыре раза меньше, чем сами маски.



Весь отработанный фоторезист (изменивший свою растворимость под действием облучения) удаляется специальным химическим раствором – вместе с ним растворяется и часть подложки под засвеченным фоторезистом. Часть подложки, которая была закрыта от света маской, не растворится. Она образует проводник или будущий активный элемент – результатом такого подхода становятся различные картины замыканий на каждом слое микропроцессора.

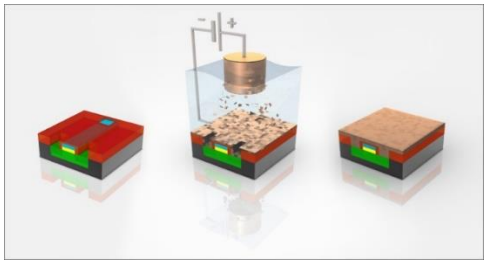


Собственно говоря, все предыдущие шаги были нужны для того, чтобы создать в необходимых местах полупроводниковые структуры путем внедрения донорной (n-типа) или акцепторной (p-типа) примеси. Допустим, нам нужно сделать в кремнии область концентрации носителей p-типа, то есть зону дырочной проводимости. Для этого пластину обрабатывают с помощью устройства, которое называется имплантер — ионы бора с огромной энергией выстреливаются из высоковольтного ускорителя и равномерно распределяются в незащищенных зонах, образованных при фотолитографии.

Там, где диэлектрик был убран, ионы проникают в слой незащищенного кремния – в противном случае они «застревают» в диэлектрике. После очередного процесса травления убираются остатки диэлектрика, а на пластине остаются зоны, в которых локально есть бор. Понятно, что у современных процессоров может быть несколько таких слоев — в таком случае на получившемся рисунке снова выращивается слой диэлектрика и так далее.

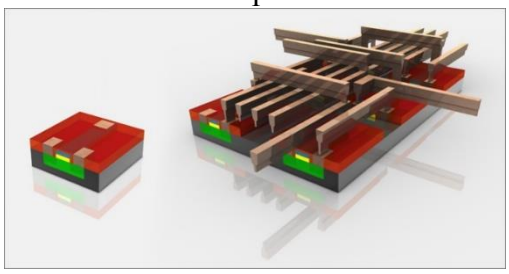
Характерный размер транзистора сейчас — 32 нм, а длина волны, которой обрабатывается кремний — это даже не обычный свет, а специальный ультрафиолетовый эксимерный лазер — 193 нм. Однако законы оптики не позволяют разрешить два объекта,

находящиеся на расстоянии меньше, чем половина длины волны. Происходит это из-за дифракции света. Как быть? Применять различные ухищрения — например, кроме упомянутых эксимерных лазеров, светящих далеко в ультрафиолетовом спектре, в современной фотолитографии используется многослойная отражающая оптика с использованием специальных масок и специальный процесс иммерсионной (погружной) фотолитографии.



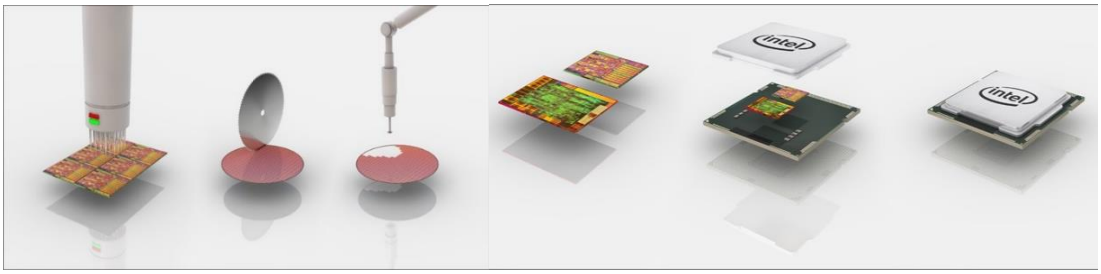
Логические элементы, которые образовались в процессе фотолитографии, должны быть соединены друг с другом. Для этого пластины помещают в раствор сульфата меди, в котором под действием электрического тока атомы металла «оседают» в оставшихся «проходах» — в результате этого гальванического процесса образуются проводящие области, создающие соединения между отдельными частями процессорной «логики». Излишки проводящего покрытия убираются полировкой.

Финишная прямая

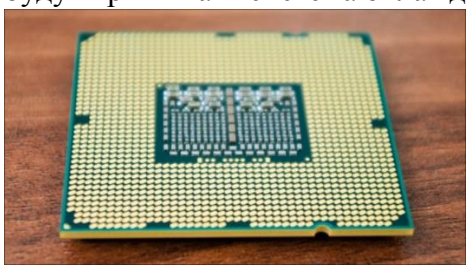


Самое сложное позади. Осталось хитрым способом соединить «остатки» транзисторов — принцип и последовательность всех этих соединений (шин) и называется процессорной архитектурой. Для каждого процессора эти соединения различны – хоть схемы и кажутся абсолютно плоскими, в некоторых случаях может использоваться до 30 уровней таких «проводов».

Когда обработка пластин завершена, пластины передаются из производства в монтажно-испытательный цех. Там кристаллы проходят первые испытания, и те, которые проходят тест (а это подавляющее большинство), вырезаются из подложки специальным устройством.



Подложка, кристалл и теплораспределительная крышка соединяются вместе – именно этот продукт мы будем иметь ввиду, говоря слово «процессор». Зеленая подложка создает электрический и механический интерфейс (для электрического соединения кремниевой микросхемы с корпусом используется золото), благодаря которому станет возможным установка процессора в сокет материнской платы – по сути, это просто площадка, на которой разведены контакты от маленького чипа. Теплораспределительная крышка является термоинтерфейсом, охлаждающим процессор во время работы – именно к этой крышке будут примыкать система охлаждения, будь то радиатор кулера или здоровый водоблок.



Сокет (разъём центрального процессора) — гнездовой или щелевой разъём, предназначенный для установки центрального процессора. Использование разъёма вместо прямого распаивания процессора на материнской плате упрощает замену процессора для модернизации или ремонта компьютера. Разъём может быть предназначен для установки собственно процессора

или CPU-карты (например, в Pegasos). Каждый разъём допускает установку только определённого типа процессора или CPU-карты.

На завершающем этапе производства готовые процессоры проходят финальные испытания на предмет соответствия основным характеристикам – если все в порядке, то процессоры сортируются в нужном порядке в специальные лотки – в таком виде процессоры уйдут производителям или поступят в OEM-продажу. Еще какая-то партия пойдет на продажу в виде BOX-версий – в красивой коробке вместе со стоковой системой охлаждения.

Послесловие

Теперь представьте себе, что компания анонсирует, например, 20 новых процессоров. Все они различны между собой – количество ядер, объемы кэша, поддерживаемые технологии. В каждой модели процессора используется определенное количество транзисторов (исчисляемое миллионами и даже миллиардами), свой принцип соединения элементов. И все это надо спроектировать и создать/автоматизировать – шаблоны, линзы, литографии, сотни параметров для каждого процесса, тестирование. И все это должно работать круглосуточно, сразу на нескольких фабриках. В результате чего должны появляться устройства, не имеющие права на ошибку в работе, а стоимость этих технологических шедевров должна быть в рамках приличия. Почти уверен в том, что вы, как и я, тоже не можете представить себе всего объема проделываемой работы, о которой я и постарался сегодня рассказать.

Литература

1. http://arxitektura-pk.26320-004georg.edusite.ru/p36aa1.html
2. http://www.intel.com/plt/cd/corporate/emea/rus/museum/chips-demo.swf
3. https://www.youtube.com/watch?v=aCOyq4YzBtY

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

Макаров Я.Е.
Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

В настоящее время на производстве в основном применяются неэкономичные системы дроссельного регулирования расхода воздуха компрессорных установок на стороне нагнетания, КПД турбомеханизма при этом снижается пропорционально регулированию производительности. Наиболее совершенным способом регулирования производительности турбокомпрессоров является изменение скорости их двигателей.

Особенность работы турбокомпрессоров состоит в том, что каждой частоте вращения соответствует определенная критическая подача машины, ниже которой ее работа становится неустойчивой. Причиной неустойчивой работы турбокомпрессоров является повторяющийся срыв потока с рабочих и направляющих лопаток, что приводит к сильным пульсациям давления, открыванию и закрыванию обратного клапана и возникновению аварийных колебаний в системе. Такой режим называется помпажным. Работа турбокомпрессоров в режимах левее границы помпажа (пунктирная линия на рис. 1) недопустима. Отметим, что с уменьшением частоты вращения область помпажных режимов сокращается, вследствие чего при регулировании путем изменения частоты вращения становится возможной работа турбокомпрессора с пониженной подачей.

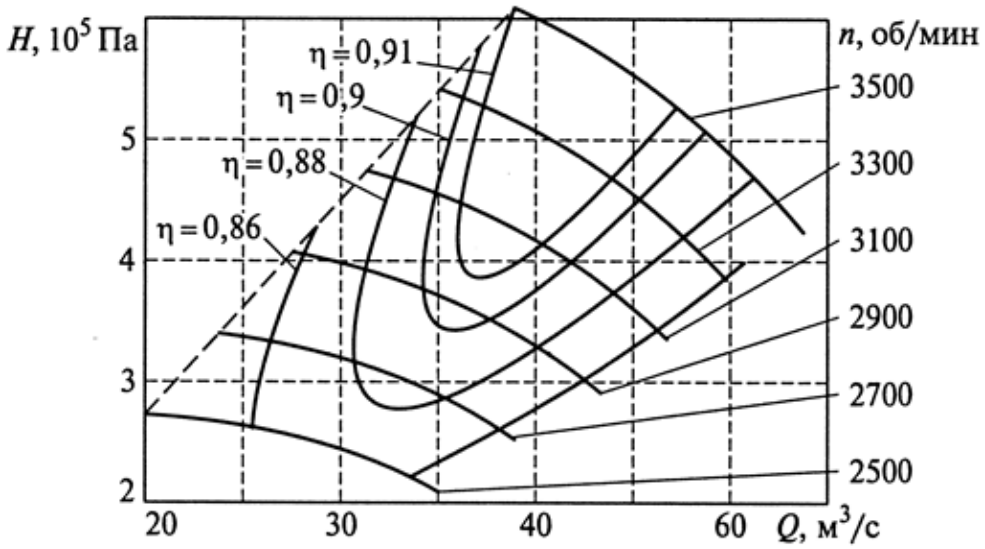


Рисунок 1. Характеристики турбокомпрессора типа К–3250-41-1 при различных частотах вращения.

Технологическая необходимость регулирования подачи турбокомпрессорных машин связана с их назначением. Так, режим работы нагнетателей магистральных газопроводов определяется графиком потребления газа на конце газопровода. Задачей регулирования подачи компрессоров в данном случае является обеспечение транспортирования требуемого количества газа при минимальных энергетических затратах. При сокращении потребления газа необходимо снижение его подачи во избежание излишнего повышения давления в трубопроводах.

Наиболее совершенным способом регулирования производительности турбокомпрессоров является изменение их частоты вращения. На данный момент существует множество вариантов регулирования электропривода компрессорных установок. В зависимости от поставленной задачи и с точки зрения экономической целесообразности существуют свои варианты. Для компрессорных установок мощностью до 50 кВт –

применяют привод с короткозамкнутым ротором, свыше 50 кВт - с фазовым ротором, свыше 100 кВт - синхронные электродвигатели.

В последнее время появилось множество разработок синхронного ЭП с частотным управлением особенно для высокомощных установок. Существует новая система управления преобразователя частоты (ПЧ) с инвертором тока и с релейным регулятором в котором используются полностью управляемые тиристоры, отличающаяся от известных возможностью работы с минимальной частотой коммутации ключей инвертора, обеспечивая тем самым снижение потерь в ПЧ. Данный частотный ЭП позволяет сократить потребление активной мощности из сети на 20-25%, по сравнению с дроссельным управлением.

Более рациональным и относительно новым вариантом является вентильно–индукторный двигатель (ВИД) – это тип электромеханического преобразователя энергии, который сочетает в себе свойства и электрической машины, и интегрированной системы регулируемого электропривода.

ВИД представляет собой достаточно сложную электромехатронную систему, структурная схема которой приведена на рис. 2.

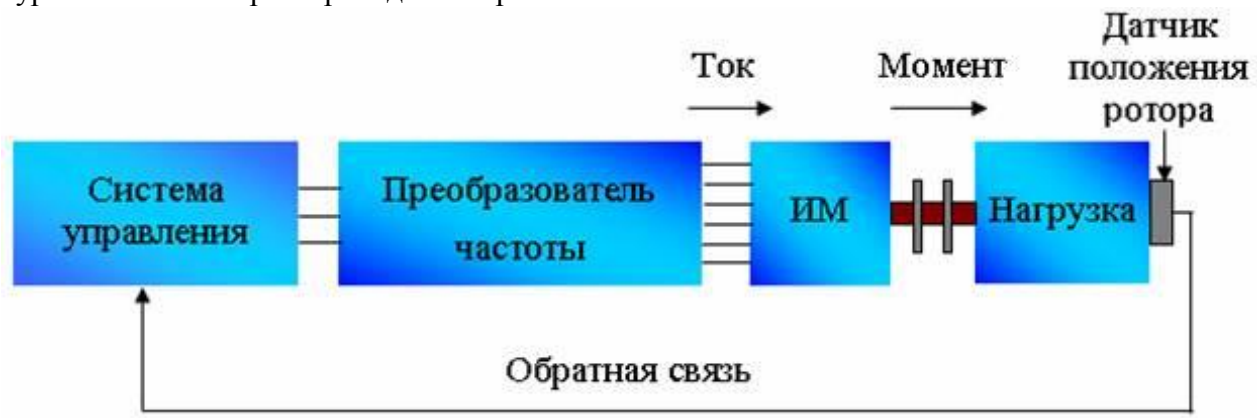


Рисунок 2. Структурная схема ВИД.

В отличие от большинства традиционных электрических машин современная конструкция этого двигателя имеет магнитную систему с явно выраженной двойной зубчатостью, причем число зубцов на статоре и роторе различно (рис. 3). Благодаря этому при протекании тока по катушкам одной фазы, находящимся на диаметрально расположенных зубцах статора, ближайшие зубцы ротора притягиваются к зубцам возбужденной фазы, и ротор поворачивается в так называемое согласованное положение. При этом зубцовые пары соседней фазы оказываются в частично рассогласованном положении, т.е. подготовлены к тому, чтобы при ее включении и отключении предыдущей повернуть ротор на угол шага, равный разности полюсных делений статора и ротора. Последовательное переключение фаз позволяет повернуть ротор на заданное число шагов.

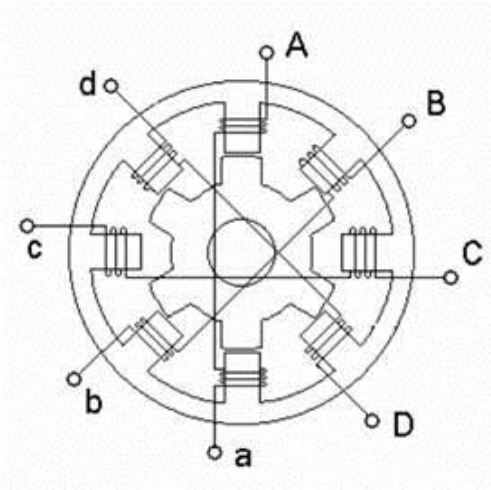


Рисунок 3. Поперечное сечение 4х–фазной индукторной машины конфигурации 8/6.

Потенциальными преимуществами ВИП по сравнению с ПЧ-АД это предельно простая, технологичная, дешевая и надежная конструкция собственно двигателя. В нем отсутствуют существенно усложняющие технологию производства постоянные магниты, цена которых иногда составляет до половины цены всего электропривода. Отсутствует операция заливки ротора, неизбежная при производстве асинхронных двигателей. Обмотки (катушки) статора хорошо приспособлены к машинному производству, проста сборка и, что важно при массовых применениях, разборка для ремонта или утилизации. Пропитка осуществляется только собственно катушек, а не статора в целом, как у других типов машин, что также снижает долю технологических затрат. Так, как сила притяжения ферромагнитного якоря в электромагните не зависит от направления тока в катушке, фазы вентильно-индукторной машины (ВИМ) питаются однополярными импульсами тока, что позволяет выбрать более надежную конфигурацию силовой схемы в сравнении с преобразователем частоты для асинхронного электропривода. Применение схемы несимметричного моста устраняет принципиальную возможность возникновения сквозных коротких замыканий в плече инвертора, не требует введения так называемого «мертвого времени» и компенсации его влияния на форму выходного напряжения, характерного для типовой трехфазной мостовой схемы инвертора, формирующего синусоидальные напряжения и токи за счет высокочастотной широтно-импульсной модуляции (ШИМ) интервалов работы силовых ключей. Питание фаз ВИМ прямоугольными импульсами напряжения устраняет необходимость в ШИМ, что уменьшает динамические потери в силовых транзисторах, улучшает условия их охлаждения, увеличивает КПД статического преобразователя. Также на основании теоретических расчетов, так и на сравнении конкретных образцов двигателей, ВИП по основным массогабаритным и энергетическим показателям не уступает и даже превосходит частотно-регулируемый асинхронный привод.

Наконец, ВИП имеет уникальную устойчивость к отказам отдельных элементов. Ни одна из традиционных электрических машин не может работать (по крайней мере, долго) с оборванной или закороченной фазой, поскольку в них существуют сильные магнитные связи между фазами статора, а отклонения от кругового вращающегося магнитного поля вызывают резкую асимметрию и возрастание токов в работающих фазах. Отсутствие магнитной связи между фазами ВИП позволяет работать каждой фазе независимо от других. Отключение одной и даже нескольких фаз приводит только к пропорциональному снижению выходной мощности и возрастанию пульсаций момента, но сохраняет привод в рабочем состоянии. Потеря мощности частично может быть компенсирована увеличением нагрузки на оставшиеся фазы, если имеется надлежащий запас по допустимым токам фаз и силовых ключей. Выход из строя одного из силовых транзисторов в плече типового инвертора вызывает «сквозное» короткое замыкание источника питания, защитой от которого может быть только отключение привода. Поскольку в ВИП используется несимметричная мостовая схема, в плечах которой включены транзистор и диод, при отказе любого из них токовая защита по току источника может заблокировать работу неисправной фазы через отключение оставшегося работоспособным ключа, а ВИП будет продолжать работать.

Литература

1. Энергосберегающий асинхронный электропривод // И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.

2. Использование частотно-регулируемого электропривода в насосных станциях // Ежемесячная газета «Новости приводной техники». – М.: 2002.

3. Вентильно-индукторные двигатели // Кузнецов В.А., Кузьмичев В.А.: Учеб. Пособие. - М.: Издательство: МЭИ, 2003

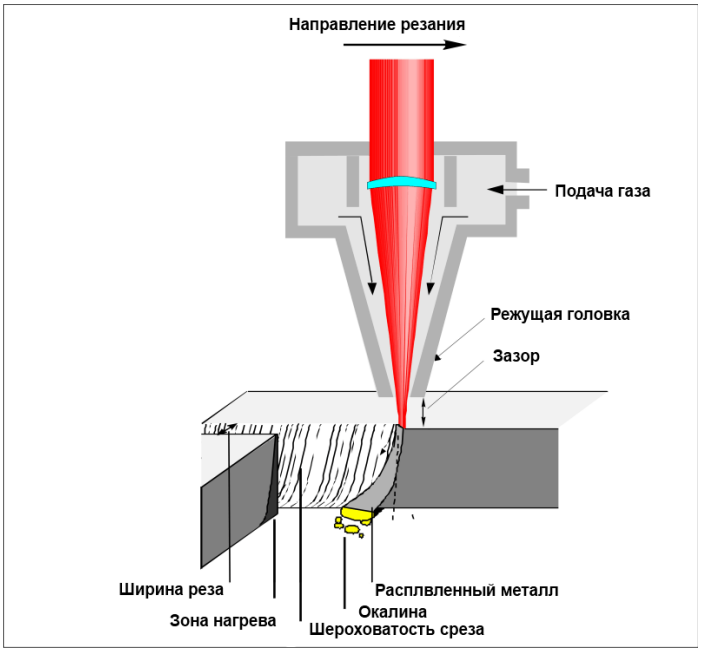
УДК 621.7/.9.048.7:621.373.826

ЛАЗЕРНАЯ РЕЗКА МЕТАЛЛОВ

Суховерский Д.В.
Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

Технология лазерной резки металла

Лазерная резка производится путем локального разогрева металла, сфокусированным на его поверхность лазерным излучением. В области воздействия лазерного луча металл нагревается до первой температуры разрушения – плавления. С дальнейшим поглощением излучения происходит расплавление металла, и фазовая граница плавления перемещается вглубь материала. В то же время энергетическое воздействие лазерного луча приводит к дальнейшему увеличению температуры, достигающей второй температуры разрушения – кипения, при которой металл начинает активно испаряться.



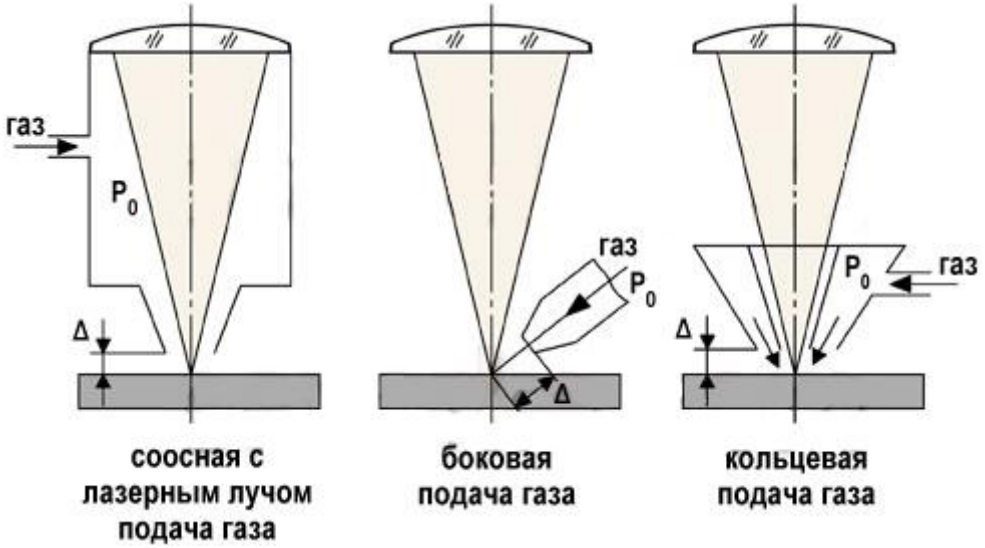
Таким образом, возможны два механизма лазерной резки – плавлением и испарением. Однако последний механизм требует высоких энергозатрат и осуществим лишь для достаточно тонкого металла. Поэтому на практике резку выполняют плавлением. При этом в целях существенного сокращения затрат энергии, повышения толщины обрабатываемого металла и скорости разрезания применяется вспомогательный газ, вдуваемый в зону реза для удаления продуктов разрушения металла. Обычно в качестве вспомогательного газа используется кислород, воздух, инертный газ или азот. Такая резка называется **газолазерной.**

Например, кислород при газолазерной резке выполняет тройную функцию:

- вначале содействует предварительному окислению металла и снижает его способность отражать лазерное излучение;
- затем металл воспламеняется и горит в струе кислорода, в результате выделяется дополнительная теплота, усиливающая действие лазерного излучения;
- кислородная струя сдувает и уносит из области резки расплавленный металл и продукты его сгорания, обеспечивая одновременный приток газа непосредственно к фронту реакции горения.

В зависимости от свойств разрезаемого металла применяются два механизма газолазерной резки. При первом значительный вклад в общий тепловой баланс вносит теплота реакции горения металла. Такой механизм резки обычно используется для материалов, подверженных воспламенению и горению ниже точки плавления и образующих жидкотекучие оксиды. Примерами могут служить низкоуглеродистая сталь и титан.

При втором механизме резки материал не горит, а плавится, и струя газа удаляет жидкий металл из области реза. Данный механизм применяется для металлов и сплавов с низким тепловым эффектом реакции горения, а также для тех, у которых при взаимодействии с кислородом образуются тугоплавкие оксиды. Например, легированные и высокоуглеродистые стали, алюминий, медь и др.



Схемы подачи вспомогательного газа в зону резки

Виды лазеров для резки

Существует достаточно много разновидностей лазеров и практически все они могут развивать мощность достаточную для работы с металлами. Чаще всего, резка металла лазером осуществляется с помощью **твердотельных**, **газовых** либо **газодинамических лазеров**.

Это связано с тем, что эти разновидности лазеров в настоящий момент являются наиболее оптимальными по мощности и стоимости оборудования.

Лазер, как правило, состоит из трех основных узлов:

- источника энергии (механизма или системы накачки);
- активного (рабочего) тела, которое подвергается «накачке», что приводит к его вынужденному излучению;
- оптического резонатора (системы зеркал), обеспечивающего усиление вынужденного излучения активного тела.

Твердотельные

В осветительной камере твердотельного лазера размещаются лампа накачки и активное тело, представляющее собой стержень из рубина, неодимового стекла (Nd-Glass) или алюмо-иттриевого граната, легированного иттербием (Yb-YAG) либо неодимом (Nd-YAG). Лампа накачки создает мощные световые вспышки для возбуждения атомов активного тела. По

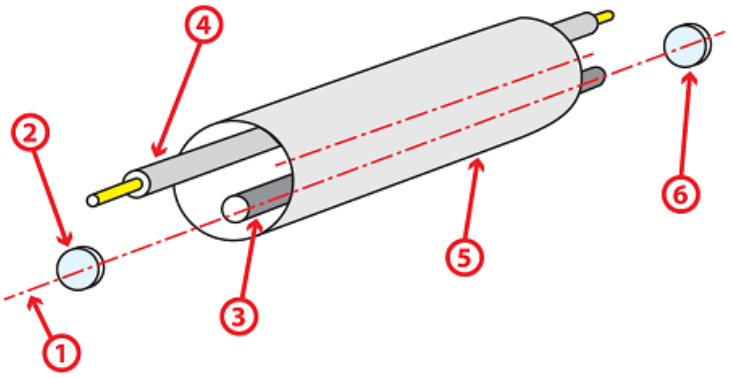


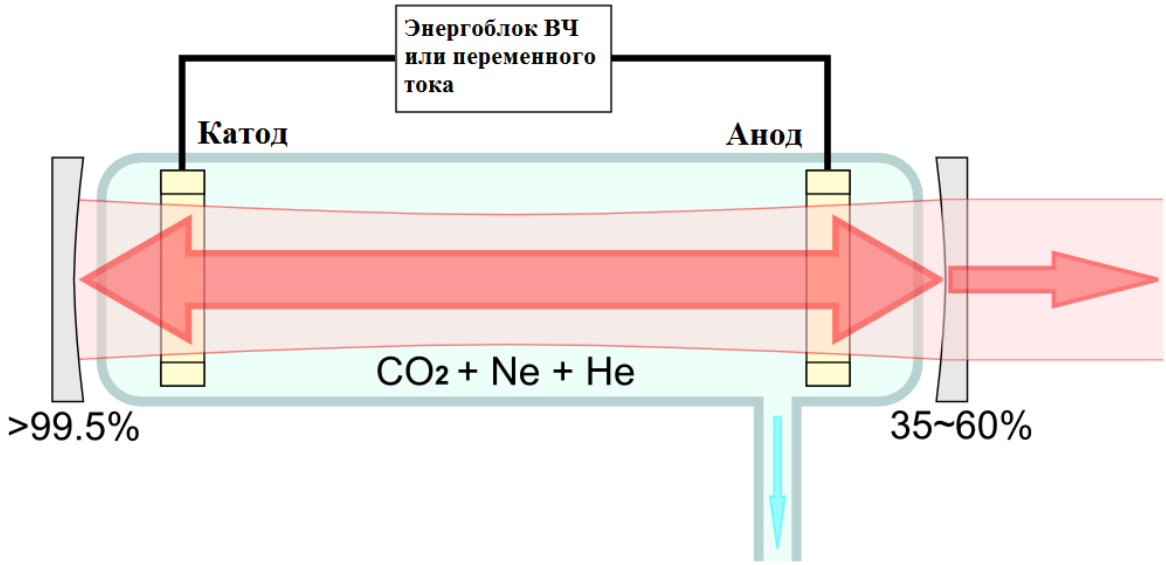
Схема твердотельного лазера:

1 – луч лазера,
2 – частично прозрачное зеркало,
3 – активное тело,
4 – лампа накачки,
5 – осветительная камера,
6 – отражающее зеркало

торцам стержня расположены зеркала – частично прозрачное (полупрозрачное) и отражающее. Лазерный луч усиливается в результате многократных отражений внутри активного тела и выходит через частично прозрачное зеркало.

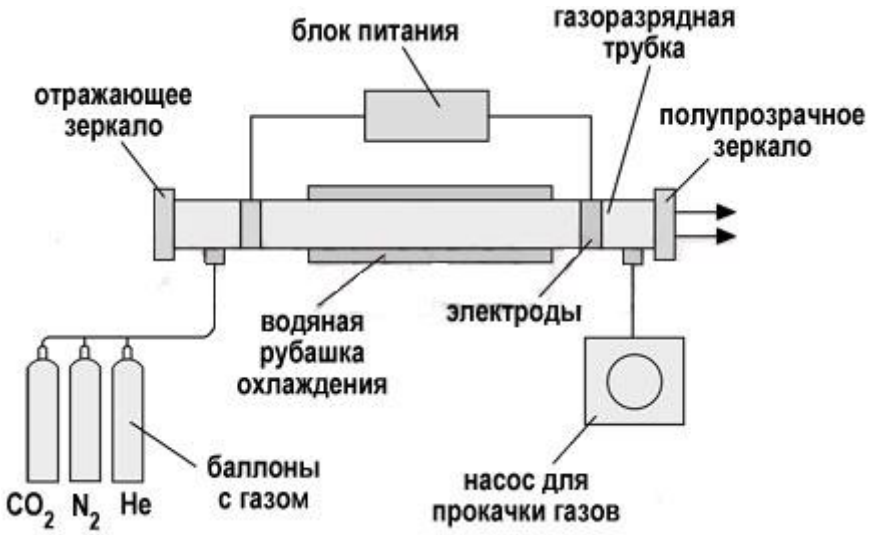
Серийные твердотельные лазеры имеют сравнительно небольшую мощность, как правило, не превышающую 1–6 кВт. Длина волны – около 1 мкм (рубинового лазера – около 694 нм). Режим излучения может быть как непрерывным, так и импульсным.

Газовые



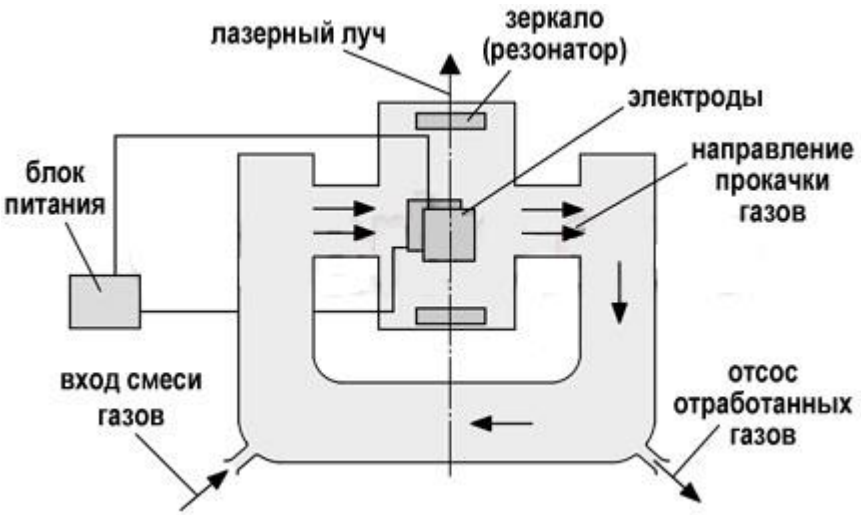
Устройство газового лазера

В газовых лазерах в качестве активного тела применяется смесь газов, обычно углекислого газа, азота и гелия. В лазерах с продольной прокачкой газа смесь газов, поступающих из баллонов, прокачивается с помощью насоса через газоразрядную трубку. Электрический разряд между электродами, подключенными к источнику питания, используется для энергетического возбуждения газа. По торцам трубки размещены отражающее и полупрозрачное зеркала.



Газовый лазер с продольной прокачкой газа

Более компактными и мощными являются лазеры с поперечной прокачкой газа. Их общая мощность может достигать 20 кВт и выше.



Газовый лазер с поперечной прокачкой газа

Весьма эффективны щелевые CO_2-лазеры. Они имеют еще меньшие габариты, а мощность их излучения обычно составляет 600–8000 Вт. Режим излучения – от непрерывного до частотно-импульсного.

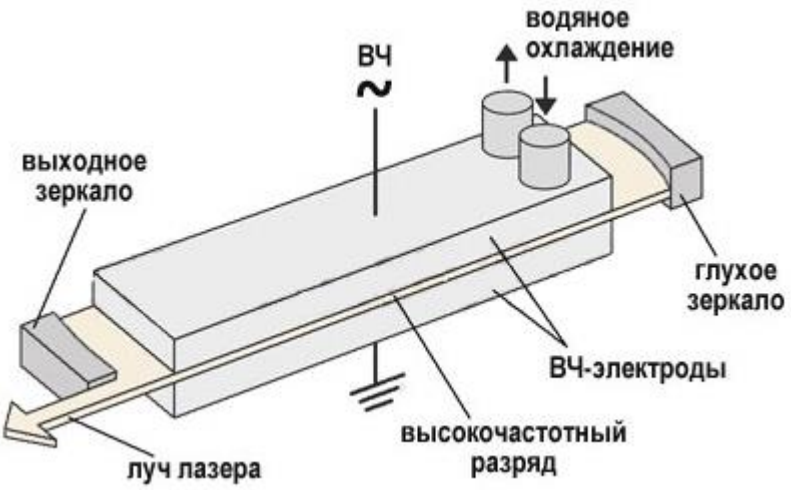


Схема щелевого лазера

В щелевом лазере применяется поперечная высокочастотная накачка активной среды (с частотой от десятков МГц до нескольких ГГц). Благодаря такой накачке увеличивается устойчивость и однородность горения разряда. Щель между электродами составляет 1–5 мм, что способствует эффективному отводу тепла от активной среды.

Газодинамические

Наиболее мощные лазеры – газодинамические (100–150 кВт и выше). Газ, нагретый до температуры 1000–3000 К, протекает со сверхзвуковой скоростью через сопло Лаваля (суженный посередине канал), в результате чего он адиабатически расширяется и охлаждается в зоне оптического резонатора. При охлаждении возбужденных молекул углекислого газа происходит испускание когерентного излучения. Накачка лазера может осуществляться вспомогательным лазером или другим мощным источником энергии.

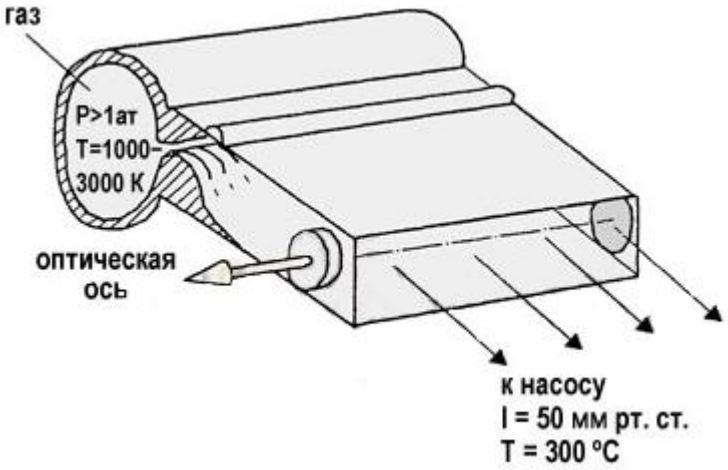


Схема газодинамического лазера

Длина волны излучения углекислотных лазеров составляет 9,4 или 10,6 мкм.

Твердотельные лазеры плохо обрабатывают неметаллы, поскольку ряд таких материалов полностью или частично прозрачен для излучения с длиной волны около 1 мкм, например, оргстекло. Лазерный луч более чувствителен к неровной поверхности обрабатываемого материала. Однако при раскрое алюминиевых сплавов, меди и латуни твердотельные лазеры имеют преимущество по сравнению с углекислотными, поскольку поглощение излучения поверхностью этих металлов значительно выше на длине волны твердотельного лазера.

Углекислотные лазеры более универсальны и применяются для обработки почти любых металлов и неметаллов. Кроме того, у них очень низкая расходимость луча, что дает возможность разместить источник излучения далеко от зоны обработки без потери качества луча.

Резка различных материалов

Для разрезания металлов в основном требуется мощность лазера от 450–500 Вт и выше, для цветных металлов – от 1кВт и выше.

Резку углеродистых сталей чаще всего выполняют с применением кислорода в качестве вспомогательного газа. В результате взаимодействия кислорода с нагретым лучом металлом протекает экзотермическая реакция окисления железа обычно с выделением в 3–5 больше тепла, чем от самого лазерного излучения. Качество торцевой поверхности реза – высокое. На нижней кромке реза характерно образование незначительного грата. Наибольшую проблему представляет возможность перехода процесса резки, выполняемого на очень малых скоростях (как правило, менее 0,5 м/мин), в неуправляемый автогенный режим, при котором металл начинает разогреваться до температуры горения за пределами воздействия луча, что приводит к повышению ширины реза и увеличению его шероховатости.

В ряде случаев, например, при вырезке деталей с острыми углами и отверстиями малого диаметра, вместо кислорода предпочтительно использование инертного газа при высоком давлении.

Лазерная резка нержавеющей стали, в особенности больших толщин, затруднена процессом зашлаковывания реза из-за присутствия в металле легирующих элементов, влияющих на температуру плавления металла и его оксидов. Так, возможно образование тугоплавких оксидов, препятствующих подводу лазерного излучения к обрабатываемому материалу. Усложняет процесс резки и низкая жидкотекучесть расплавленных оксидов, например, свойственная для нержавеющих хромоникелевых и высокохромистых сталей.

Для получения качественного реза используется азот высокой чистоты, подаваемый при повышенном давлении (обычно до 20 атм). При резке нержавеющей стали большой

толщины требуется заглубление фокального пятна луча в разрезаемый металл. Как следствие, повышается диаметр входного отверстия и возрастает подача газа внутрь металла в зону расплава.

Для **лазерной резки алюминия и его сплавов, меди и латуни** требуется излучение более высокой мощности, что обусловлено следующими факторами:

- низкой поглощательной способностью этих металлов по отношению к лазерному излучению, особенно с длиной волны 10,6 мкм углекислотного лазера, в связи с чем твердотельные лазеры более предпочтительны;
- высокой теплопроводностью этих материалов.

Обработка малых толщин на станке лазерной резки металла может выполняться в импульсном режиме работы лазера, что позволяет уменьшить зону термического воздействия, а больших толщин – в микроплазменном режиме. Плазмообразующими являются пары легко ионизируемых металлов – магния, цинка и др. Под действием лазерного луча в области реза образуется плазма, нагревающая металл до температуры плавления и плавящая его.

При разрезании алюминия применяется вспомогательный газ с давлением более 10 атм. Структура торцевой поверхности реза – пористая с легко удаляемым гратом на нижней кромке реза. С повышением толщины металла качество торцевой поверхности реза ухудшается.

При резке латуни торцевая поверхность реза обладает пористой шероховатой структурой с легко удаляемым гратом в нижней части реза. С возрастанием толщины металла качество торцевой поверхности реза ухудшается.

Технологические параметры

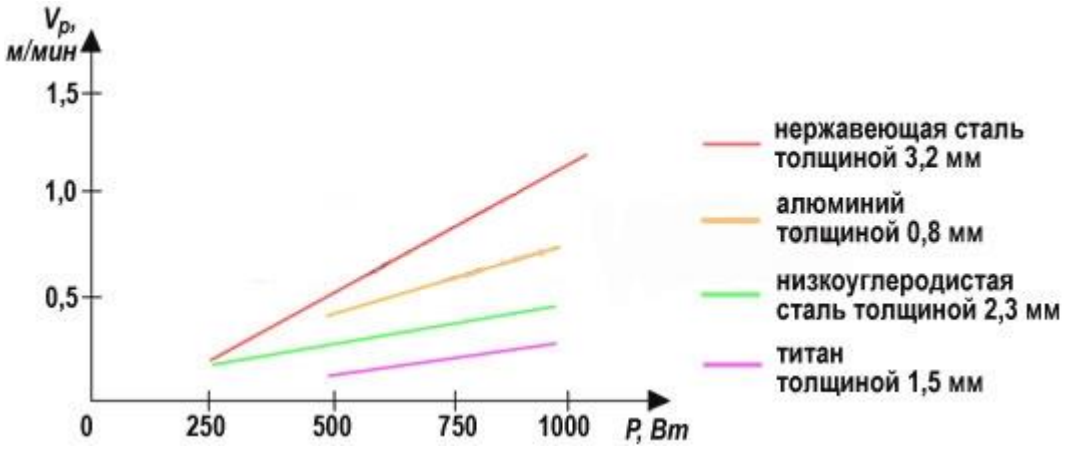
Основными технологическими параметрами процесса лазерной резки являются:

- мощность излучения;
- скорость резки;
- давление вспомогательного газа;
- диаметр сфокусированного пятна и др.

При импульсном режиме к данным параметрам добавляются:

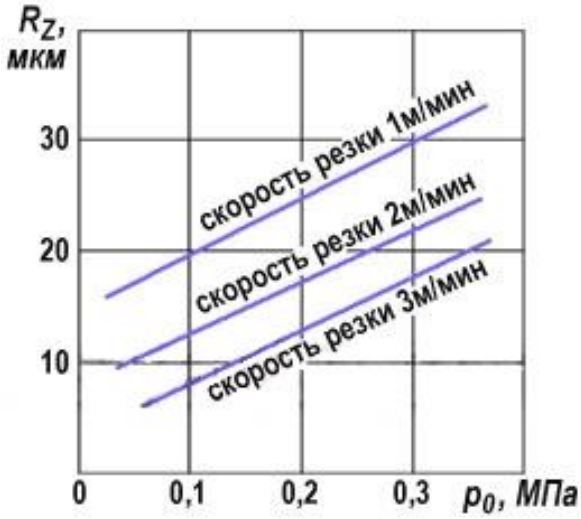
- частота повторения импульсов;
- длительность импульсов;
- средняя мощность излучения.

Эти параметры влияют на ширину реза, качество резки, зону термического влияния и другие характеристики.



Влияние мощности излучения на скорость резки металлов

Качество реза определяется шероховатостью его поверхности. Она отличается для различных зон по толщине металла. Наилучшее качество характерно для верхних слоев разрезанного металла, наихудшее – для нижних.



Зависимость шероховатости поверхности реза углеродистой стали от избыточного давления кислорода при разных скоростях газолазерной резки

Преимущества, недостатки

Преимущества технологии **лазерного раскроя**:

▪ Возможность изготовить изделия любой сложности, любой формы и конфигурации с точностью до 0,1 мм;

▪ Низкая себестоимость за счет высокого качества реза, что позволяет исключить или снизить затраты на дальнейшую механическую обработку;

▪ Минимальное количество отходов и экономный расход листового металла в процессе производства за счет оптимальной раскладки деталей на листе;

▪ Высокая производительность и скорость реза за счет большой мощности лазерного излучения;

▪ Малая зона термического влияния в зоне резки, отсутствие механического контакта с обрабатываемой поверхностью, возможность резки легкодеформируемых и нежестких деталей;

▪ Резка твердых инструментальных сплавов, плохо поддающихся механической обработке;

▪ Универсальность оборудования позволяет изготавливать детали практически по любым чертежам.

Как и все технологии, **лазерная резка** не лишена недостатков и ограничений:

▪ Ограничение по толщине разрезаемого материала;

▪ Уступает штамповке по цене за деталь (если не учитывать стоимость изготовления штампа!).

Литература

1. Лазерная резка [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.osvarke.com/lazernaya-rezka.html. - Дата доступа : 25.03.2015.

2. Технология лазерной резки листового металла [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.benutek.com.ua/articles/laser-cut-technology/. - Дата доступа : 25.03.2015.

УДК 621:621.373.826:681.7.068.1

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛОКОННЫХ ЛАЗЕРОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Бабина С.С.
Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

Волоконный лазеры - это лазер с полупроводниковой накачкой. Они были разработаны в 1980-х годах прошлого столетия. В настоящее время известны модели волоконных технологических лазеров мощностью до 20 кВт. Сегодня эти устройства достигли уровня характеристик, в первую очередь, мощности, надежности, позволяющих с успехом использовать их для решения различных задач лазерной обработки материалов.

Первые волоконные лазеры были созданы на кварцевых волокнах, легированных ионами неодима. В настоящее время генерация получена в кварцевых волокнах, легированных неодимом , эрбием , иттербием , туллием , празеодимом . Однако наиболее распространены волоконные лазеры, легированные неодимом , эрбием.

Лазерное волокно длиной в несколько десятков метров, как правило, состоит из двух волокон: центрального и внутреннего. Внутреннее волокно, заполненное активной средой (например, иттербий), имеет диаметр в 6-8 мкм и находится внутри кварцевого (центрального) волокна диаметром 400-600 мкм. Внутренние стенки волокна покрыты светоотражающей поверхностью, поэтому движущийся поток квантов претерпевает многократное отражение. Сталкиваясь между собой кванты, выбивают фотоны и ионы редкоземельных элементов, которые усиливают суммарный поток света. Все световые волны, многократно отражаясь, накладываются, тем самым, образуя стоячую волну. Так как сечение центрального волокна имеет малый диаметр, а само волокно имеет огромную длину, то для компактности волокно можно навить на какой либо объект.

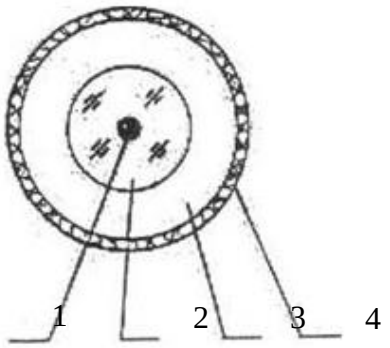


Рисунок 1 Схема строения волокна 1 - сердцевина, легированная редкоземельным элементом; 2 – кварцевое волокно; 3 - полимерная оболочка; 4 - внешнее защитное покрытие.

В волоконном же лазере накачка проводится диодами с одномодовым излучением. Рассмотрим разработанные волоконные световоды с двойной оболочкой, легированные ионами иттербия. Дифференциальная квантовая эффективность волоконного лазера с диодной накачкой, реализованного на основе таких световодов с волоконной брэгговской решеткой, составила 90%. Также разработаны иттербиевые волоконные световоды с двойной оболочкой и создан на их основе высокоэффективный лазер с диодной накачкой. Зачастую для накачки имеются мощные и надежные лазерные диоды, излучающие в области 960-980 нм, излучение которых вводится в кварцевое волокно.

Главная особенность этого лазера в том, что излучение здесь рождается в тонком, диаметром всего в 6-8 мкм, волокне 3 (сердцевине – например, активная среда иттербий), которое фактически находится внутри кварцевого волокна 2 диаметром 400-600 мкм.

Излучение лазерных диодов 8 накачки вводится в кварцевое волокно 2 и распространяется вдоль всего сложного составного волокна, отражаясь от светоотражающего покрытия 4, имеющего длину несколько десятков метров, которое можно навивать на какую-либо поверхность. Упрощенно говоря, это излучение оптически накачивает сердцевину, именно в ней происходит эффект усиления спонтанного излучения ионов редкоземельных элементов. Вблизи концов волокна на сердцевине размещают два так называемых дифракционных зеркала, одно из которых сплошное 1, а другое полупрозрачное. Полупрозрачное зеркало выпускает только часть полученного после многократного отражения светового излучения, в то время как сплошное зеркало не выпускает световой поток, отражая его. Тем самым часть излучения выходит в виде лазерного луча, а другая часть, испытывая переотражение от стенок волокна и двух зеркал, компенсирует ушедшее излучение. Система уравновешивается. Таким образом, создается резонатор волоконного лазера. Через полупрозрачное зеркало выходит идеальный одномодовый лазерный пучок с весьма равномерным распределением мощности, что позволяет сфокусировать излучение в пятно малого размера с помощью фокусирующей линзы 7, и, наконец, через волокно выходит конечный сфокусированный лазерный луч 6.

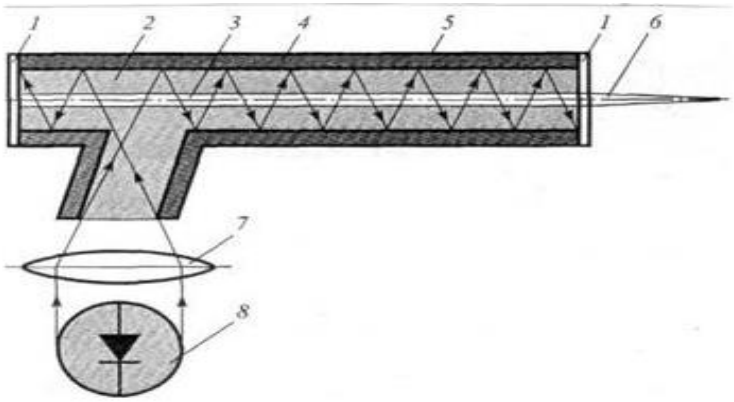


Рисунок 2 Схема конструкции лазера

Мощность волоконного лазера, применяемого для технологических целей, должна составлять от 100 Вт до 4…6кВт. Излучение такой мощности получают сочетанием многокаскадного усиления в волокнах с набором мощности излучения от нескольких лазеров с меньшей мощностью.

Принцип работы такого лазера заключается в следующем. Сначала накачивается задающий волоконный лазер с помощью излучения светодиодов, пропущенного через фокусирующие системы светодиодов. Затем световое излучение передается по световому волокну к изолятору. От изолятора излучение передается мощному волоконному лазеру первой ступени, накачивая его, а от лазера первой ступени соответственно к мощному волоконному лазеру второй ступени, который тоже накачивается. После фокусировки из лазера второй ступени выходит конечный лазерный луч. С помощью такого лазера можно получить мощность излучения до 100Вт. При этом КПД лазера составляет до 23 %. В этом случае наблюдается весьма малое тепловыделение (около 8…10 Вт). Это дает возможность использовать воздушное охлаждение и исключить применение сложных систем водяного охлаждения, что присуще другим типам технологических лазеров. Для получения мощностей 2, 4, 6 и 10 кВт создают блочные системы, в которых излучение отдельных одномодовых волоконных лазеров мощностью 100 Вт собирается в одном волокне. И после прохождения через фокусирующую систему лазерный луч попадает на обрабатываемую деталь.

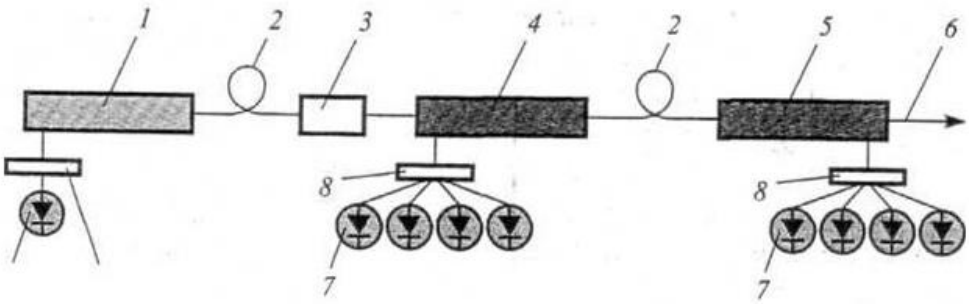


Рисунок 3 Схема многокаскадного усиления в волокнах путем набора мощности излучения от нескольких лазеров с меньшей мощностью 1– задающий волоконный лазер; 2 – соединяющее световое волокно; 3 – изолятор; 4 – мощный усиливающий волоконный лазер первой ступени; 5 - мощный усиливающий волоконный лазер второй ступени; 6 – лазерный луч; 7 – светодиоды; 8 – фокусирующие системы светодиодов.

Волоконный лазер имеет ряд преимуществ перед другими видами лазеров. Разделим их на три группы: оптические, энергетические и технологические.

Оптические.

Длина излучения волны у волоконного лазера l = 1,09 мкм. Такая длина волны дает волоконному лазеру ряд преимуществ:

1) Излучение с такой длиной волны будет прекрасно фокусироваться через стеклянные линзы, что позволяет сэкономить денежные средства при установке фокусирующей системы.

2) Излучение с такой длиной волны может передаваться по волокну на большие расстояния. Поэтому сама лазерная установка может находиться в удобном для работы месте, а волокно от лазерной установки уже непосредственно протягивается на место сварки.

3) Такое коротковолновое излучение очень интенсивно поглощается металлом:

- малый размер выходной апертуры луча (300 мкм) позволяет сфокусировать конечный лазерный луч в очень маленькую точку.

- у волоконного лазера малая расходимость луча, следовательно, увеличивается фокусное расстояние.

Энергетические

1) у волоконного лазера высокий КПД источника (h = 35%), в то время как у других лазеров КПД достаточно мал. Например, у газовых лазеров он составляет h = 5%.

2) возможность создания излучателей высокой мощности до 100кВт путем объединения излучений нескольких волоконных лазеров в одно.

3) малая теплоотдача, не требует интенсивного охлаждения, а это значит, что снижается суммарное потребление энергии и лазер становится компактнее и проще в обслуживании и ремонте.

Технологические

- для волоконных лазеров практически не требуется такое техническое обслуживание, как настройка, юстировка, чистка и др.

- допускает размещение в обычных рабочих помещениях цехов без учета специальных требований.

- компактность установок обусловлена тем, что лазер может занимать удобное для работы месторасположение, даже если оно находится на значительном расстоянии от места сварки и обработки деталей.

- возможность передачи излучения по световоду.

- срок работы до 100000 часов, так как большой нагрузки диоды и волокно не испытывают.

- отсутствие настроечных операций на лазере.

- стеклянная оптика (использование стеклянных фокусирующих линз) позволяет снизить затраты на фокусирующую систему.

- высокая эффективность проплавления.

Анализ применения волоконных лазеров показывает, что лазерная резка занимает 35% от общего объема, лазерная сварка — 25%, маркировка и гравировка — 15%, микрообработка – 20%.

В настоящее время лазерная резка применяется во всех отраслях промышленности от раскроя листового металла для корпусов различных приборов до изготовления строительных конструкций, деталей машин, узлов летательных аппаратов, судов, спец.изделий.

Для лазерной сварки и наплавки широко используются

установки с волоконными лазерами с ламповой накачкой. Применение этих лазеров обеспечивает минимальную зону термического влияния на материал, что позволяет сохранить геометрию свариваемых изделий практически без изменений. Эти установки используются для изготовления сложных и ответственных изделий в атомной, аэрокосмической, электронной, оборонных отраслях промышленности.

Из существующих способов маркировки лазерная маркировка наиболее современный, технологичный и гибкий метод, позволяющий управлять лазерным излучением (во времени и в пространстве), регулировать его энергию. При использовании лазеров различной длины волны круг маркируемых материалов очень широк: металлы, пластик, полупроводники, резина, кожа, спецсплавы, дерево и т.д. Маркировка осуществляется точно, быстро и качественно.

Лазерная микрообработка материалов, как правило, производится лазерным излучением, сфокусированным в пятно диаметром менее 25 микрон. Для большей части приложений микрообработки такой диаметр пятна является даже большим, так как зачастую толщина обрабатываемого материала или слоя составляет около 10 мкм, а требуемая точность размерной обработки и позиционирования — 1-2 мкм и менее.

Лазерная микропайка имеет ряд преимуществ перед традиционными методами. Прежде всего, это бесконтактность процесса, а, следовательно, меньший риск электростатического разрушения деталей. Повторяемость и контролируемость процесса вследствие стабильности параметров и качества излучения современных лазерных источников. До недавнего времени наиболее часто для микросварки применялись диодные лазеры, как наиболее экономичное решение, однако сегодня на этом рынке неплохую конкуренцию им составляют волоконные лазеры. Лазеры также применяются и для микросварки инструментария малоинвазивной хирургии, например, катетеров.

Литература

1. Голубенко Ю.В. Волоконные лазеры в технологиях машиностроения / Голубенко Ю.В. Богданов А.В. Учеб. Пособ. М. 2012.
2. Ласкин А.А., От твердых лазеров – к лазерам волоконным./Лаксин А.А., Журнал Флексо Плюс, Изд-во: Курсив.,М 2002
3. http://www.laser-portal.ru – Волоконные лазеры/ Лазерный портал.

УДК 648.23

ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА БЫТОВЫХ СТИРАЛЬНЫХ МАШИН

Заянчковская М.И.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Стирка в бытовых стиральных машинах осуществляется механическим перемешиванием белья в стиральном растворе. Перемешивание белья и активация стирального раствора в машинах производится вращающимся лопастным диском (активатором) или барабаном.

Стиральные машины изготовляются следующих типов:

- СМ – стиральная машина без отжима;
- СМР – стиральная машина с ручным отжимным устройством;
- СМП – стиральная машина полуавтоматическая, у которой управление отдельными процессами обработки тканей выполняется оператором;
- СМА – стиральная машина автоматическая, у которой управление процессами обработки тканей выполняется в соответствии с заданной программой.

Машины должны работать от электрической сети однофазного переменного тока с напряжением 220 В.

Стиральные машины типа СМА.

Бытовые автоматические стиральные машины типа СМА предназначены для стирки белья по заданной программе. Автоматические стиральные машины принципиально отличаются от выпускающихся ранее по конструкции и сложности электрических схем.

В них широко используются элементы автоматики, никогда ранее не применявшиеся в бытовых стиральных машинах.

Процессы стирки в этих машинах полностью автоматизированы:

- залив и слив воды для всех операций;
- ввод моющих средств;
- замочка;
- стирка с нагревом воды с бельем в баке стиральной машины до заданной температуры;
- полоскание и отжим.

Разнообразный набор программ позволяет стирать белье разной степени загрязненности, прочности, из тканей различной химической структуры, качественно и существенно не снижая степени износа. Для автоматического управления процессами стирки, с учетом физико-химических и механических свойств тканей, в автоматических стиральных машинах установлен целый ряд приборов контроля и регулирования процессов стирки. Они осуществляют взаимодействие механизмов машины в определенной, заранее заданной последовательности во времени:

- командоаппарат;
- задающее устройство;
- датчик-реле уровня стирального раствора в баке;
- датчик-реле температуры стирального раствора.

Непосредственно процесс стирки осуществляется в барабане стирального бака с помощью исполнительных органов: электромагнитного клапана, электродвигателя привода барабана, электронасоса, электронагревателя.

В автоматических стиральных машинах имеется ряд вспомогательных элементов, обеспечивающих работу исполнительных приборов: общий сетевой выключатель; микро-выключатель блокировки крышки; конденсаторы; резисторы; лампа сигнальная.

Все автоматические стиральные машины отличаются по конструкции, по примененным электрическим схемам и используемым элементам автоматики.

На рисунках 1 и 2 показан внешний вид СМ без декоративных крышек – вид сбоку и спереди соответственно.

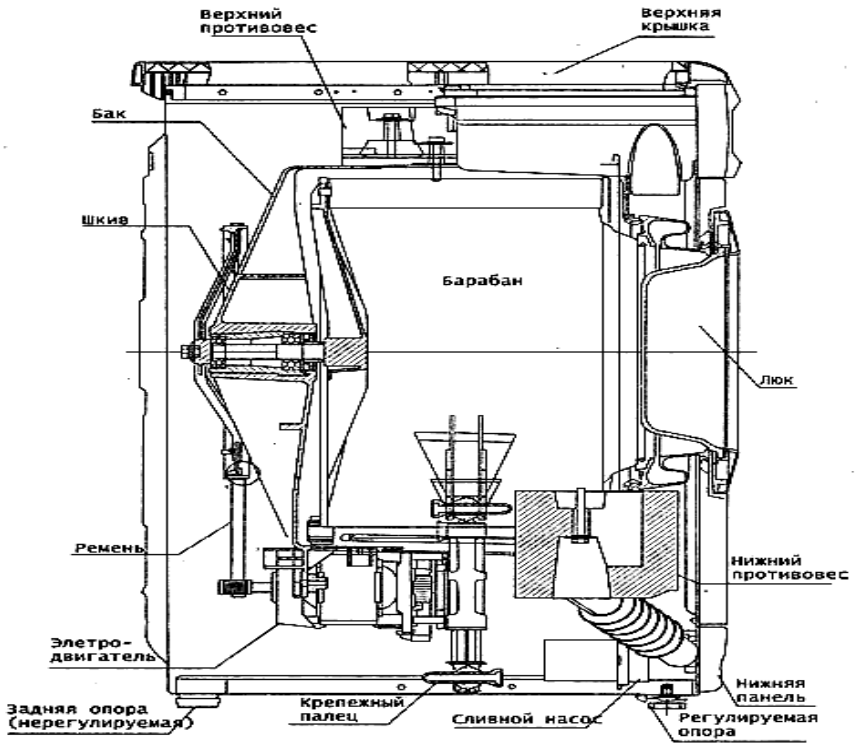


Рисунок 1. Основные конструктивные узлы стиральной машины (вид сбоку)

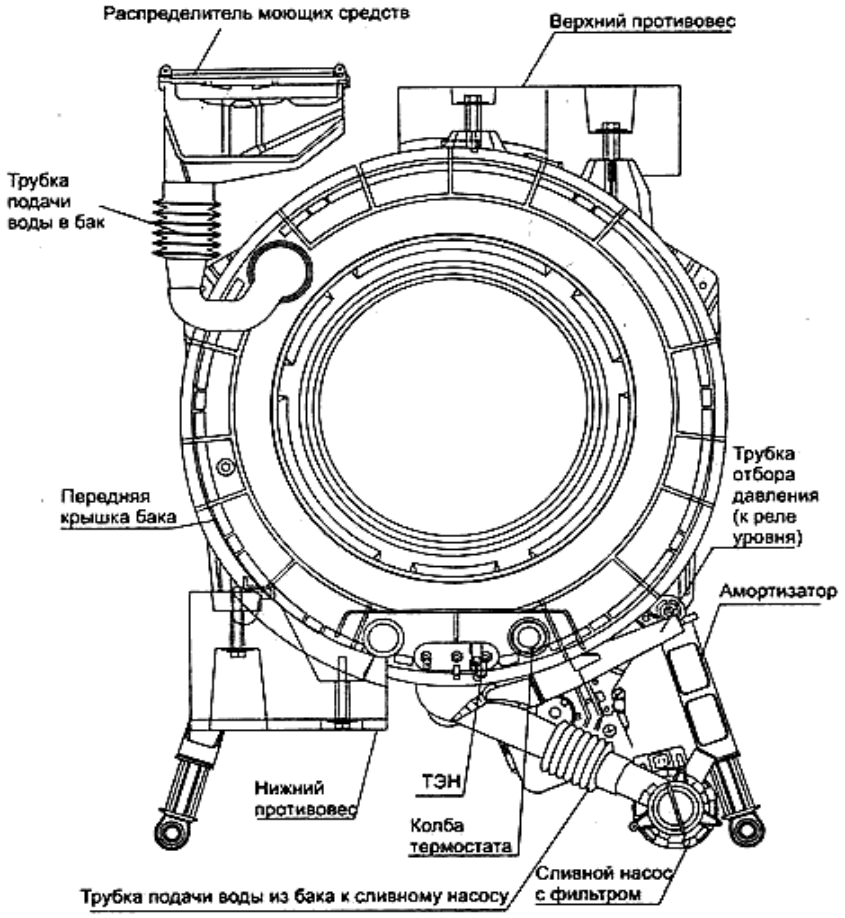
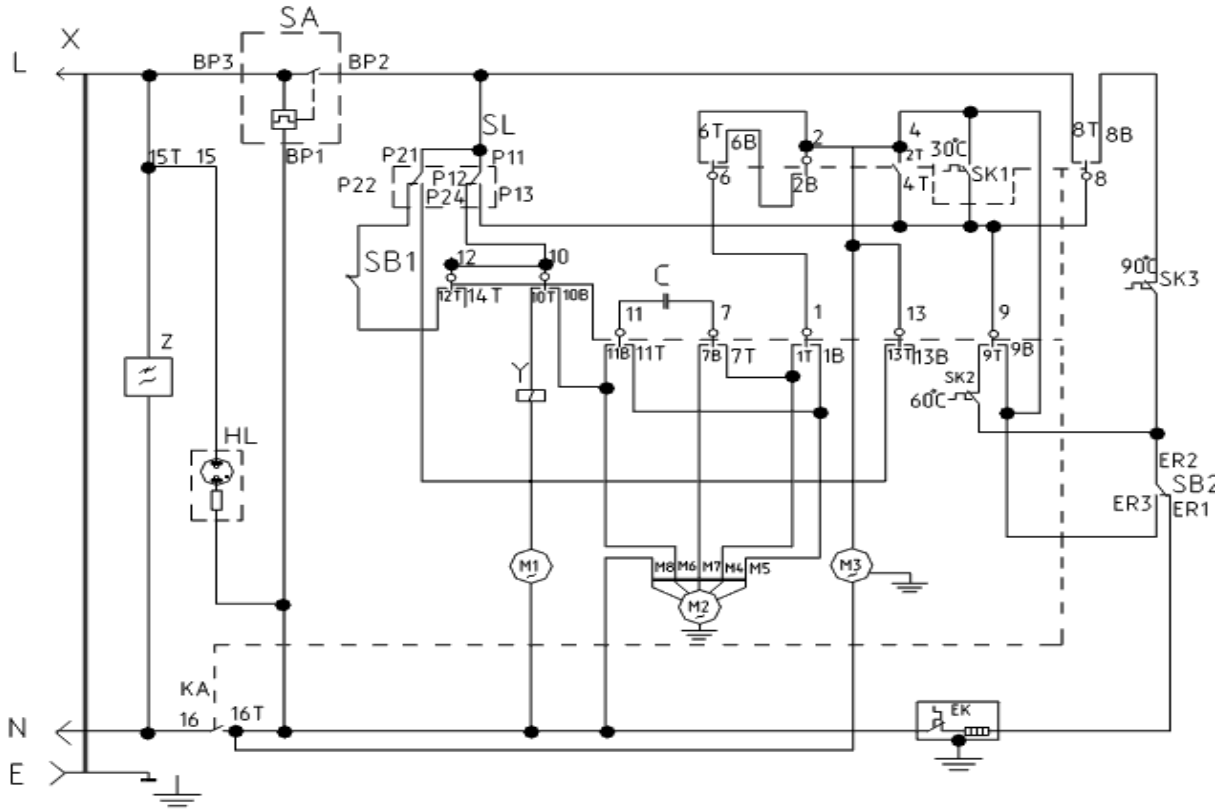


Рисунок 2. Основные конструктивные узлы стиральной машины (вид спереди)

В качестве примера на рисунке 3 приведена электрическая схема стиральной машинки Атлант СМА 5ФБ 520, построенной по схеме с механическим управлением. Основную роль в процессе управления стиркой играет командоаппарат стиральной машины.



C	Конденсатор
EK	ТЭН
HL	Индикатор сети
KA	Командоаппарат
M1	Электронасос
M2	Электродвигатель
M3	Электродвигатель командоаппарата
SA	Электрозамок блокировки дверцы
SB1	Выключатель (“половинная загрузка”)
SB2	Выключатель (“стирка в холодной воде”)
SK1	Термовыключатель 30℃
SK2	Термовыключатель 60℃
SK3	Термовыключатель 90℃
SL	Датчик-реле уровня
X	Шнур сетевой
Y	Электроклапан
Z	Фильтр радиопомех

Рисунок 3. Электрическая схема стиральной машины Атлант СМА 5ФБ 520

Литература

1. В. Коляда Современные стиральные машины Книги 1,2,3 / СОЛОН-Р. – 2002. – 606 с.
2. Лебедев А. И. Анатомия стиральных машин / Солон-Пресс. 2008. – 120 с.
3. http://www.prostiralku.com/cxemy-stiralnyx-mashin-atlant-sma-840t-1040t.html

УДК 621.316.99

ОХРАННЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ГЕРКОНА И GSM СВЯЗИ

Роскач А.А.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Существует множество промышленных охранных сигнализаций, которые можно купить в специализированном магазине. Для их установки часто обращаются в фирму, занимающуюся установкой охранных сигнализаций в доме, на даче, автомобиле, гараже и т.д.

Здесь описывается принцип работы и схемы простых и, тем не менее, надежных методов и автономных устройств охраны от проникновения. Сам принцип – при проникновении, в первую очередь, включается звуковая и (или) световая сигнализация – старый, проверенный способ, отпугивающий воров в 98%. Кстати, на 100% Вас не защитит ни одна, самая крутая, сигнализация и даже подключение на пульт охранной фирмы.

Охранные системы можно условно разделить на две группы: локальные или автономные и централизованные. Сегодня наиболее распространены локальные охранные системы в силу невысокой стоимости их установки и обслуживания. У централизованных систем в свою очередь есть ряд весомых преимуществ, среди которых стоит отметить возможность круглосуточной работы в автоматическом режиме.

Датчики охранной сигнализации бывают разных типов:

- инфракрасные датчики охранной сигнализации;
- радиоволновые датчики движения охранной сигнализации;
- вибрационные датчики охранной сигнализации;
- ёмкостные датчики охранной сигнализации;
- магнитные (герконовые) датчики открытия дверей и окон;
- лучевые датчики охранной сигнализации;
- акустические датчики разбития стекла;
- датчики удара и т. д.

В данной работе мы рассматриваем три охранные системы. Первая из них на основе геркона. Она изображена на рисунке 1.

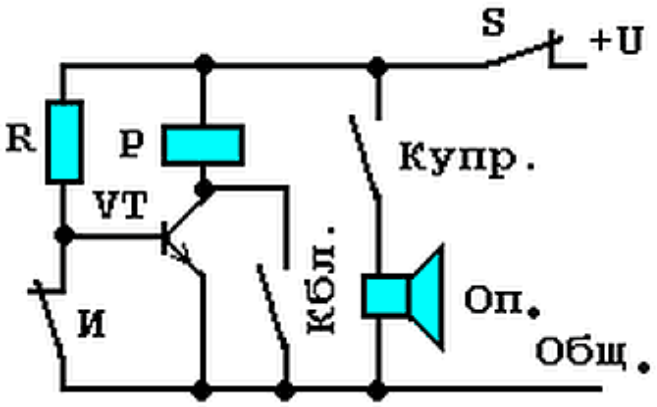


Рисунок 1. Схема сигнализации на основе геркона

Для самой простой сигнализации достаточно установить датчики проникновения на двери и окна (обычный геркон и магнит) и подключить их к схеме сигнализации. Датчик устанавливается: магнит на движущую часть двери или окна, геркон на не движущую, таким образом, чтобы в закрытом состоянии, геркон был замкнут. Все герконы подключаются последовательно. Сигнализация будет срабатывать при разрыве цепи в любом месте. При срабатывании сигнализации, включается устройство оповещения. Оповещение может быть

световым, звуковым, комбинированным. Кроме того, при небольшой доработке, сигнал о срабатывании охранной сигнализации может передаваться на пульт, мобильный телефон и т.п.

Вторая схема основана на телефонах, использующих стандарт связи GSM. Она изображена на рисунке 2.

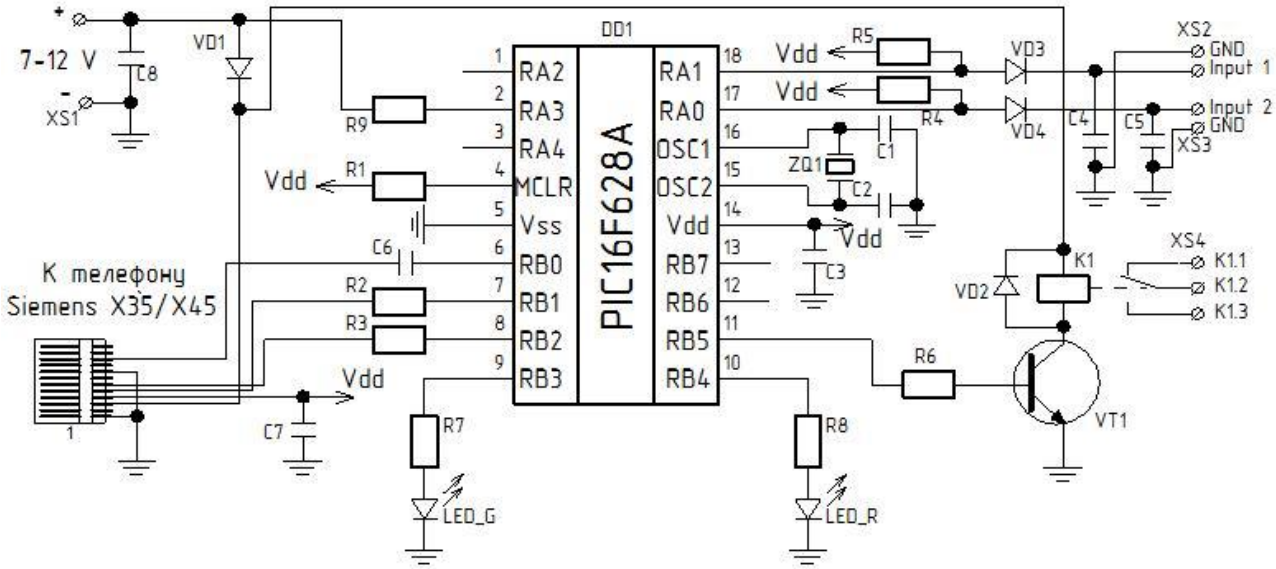


Рисунок 2. Схема сигнализации на основе GSM связи и микроконтроллера PIC16F628

Принцип действия GSM сигнализации заключается в получении и обработке данных с установленных на объекте датчиков GSM контроллером и, в случае возникновения нештатной ситуации (срабатывании датчика), оповещение через канал сотовой связи любого оператора (сотовый телефон). Кроме того, к GSM контроллеру подключается внешнее питание и, в случае необходимости звуковая сирена (к выходному реле).

Самое широкое распространение подобной сигнализации – в гараже. Простейшая самодельная GSM сигнализация поможет решить ряд проблем, добавить вам уверенности в сохранности автомобиля.

Некоторые основные особенности данной разработки, как положительные, так и отрицательные:

- быстродействие – оповещение, в случае нештатной ситуации на объекте, происходит путём дозвона GSM сигнализации на телефон "администратора". В качестве "администратора" может выступать любой абонент связи, имеющий подключенный сотовый, или стационарный телефонный аппарат. "Администратор" – это сам хозяин;
- удобство – отсутствуют кнопки (и провода) для постановки/снятия в режим охраны – постановка/снятие в режим охраны – дистанционная – с помощью дозвона "администратора" на GSM сигнализацию;
- отсутствуют микропереключатели конфигурации GSM сигнализации – вся настройка в памяти сотового телефона, который подключен к GSM контроллеру;
- автономность – при пропаже внешнего питающего напряжения, GSM сигнализация продолжает работать, т. к. GSM контроллер питается от аккумулятора сотового телефона;
- информативность – при дозвоне "администратора" на GSM сигнализацию (в случае постановке/снятии в режим охраны), а также при дозвоне GSM сигнализации на телефон "администратора" (при возникновении нештатной ситуации в режиме охраны) передаются звуковые сигналы, информирующие о состоянии GSM сигнализации/объекта;
- экономичность – при эксплуатации практически не требует денежных средств;
- простота и надёжность – основой GSM сигнализации является высоконадёжный PIC16F628. Минимизировано количество внешних электронных компонентов. Присутствует защита от переполюсовки. Входные цепи от датчиков также защищены;

• доступность - по сравнению с аналогичными является одной из самых дешёвых;

• многофункциональность – помимо основной функции, встроена функция реле. Включение/выключение выходного реле осуществляется путём дозвона "администратора" на GSM сигнализацию;

• минимальное потребление электрической энергии – основой GSM контроллера является PIC16F628, эти микроконтроллеры одни из самых экономичных в потреблении электрической энергии;

• зависимость от сотовых сетей – должен быть обеспечен достаточный уровень сотового сигнала. Но с каждым днём, областей с малым уровнем сигнала, становится всё меньше и меньше;

• зависимость от электрической энергии – хотя при отсутствии внешнего питания GSM контроллер и питается от аккумулятора сотового телефона, но вечных батарей всё-таки ещё не существует.

И третья – на основе «Умной розетки» и мобильного телефона на операционной системе Android. Метод психологический, а не прямое оповещение как с герконом или GSM связью.

«Умная розетка» позволяет управлять бытовыми электроприборами в радиусе действия *bluetooth* с телефона андроид, с минимальными требованиями к бюджету и монтажу. Не потребуется использовать никакие централизованные промежуточные элементы в управлении, т.к. коммуникация между телефоном и розеткой осуществляется непосредственно и напрямую. К розетке можно подключить любые "простые" электроприборы, которые включаются от подачи электроэнергии на вход и не боятся обесточивания (не компьютеры, принтеры и другая "сложная" периферия). Рекомендуется подключать приборы, которые в обычных условиях перманентно или сезонно подключены к розетке и для управления, к которым приходится подходить: музыкальный центр, обогреватель, вентилятор, вечерняя подсветка и т.д.

Схема «Умной розетки» изображена на рисунке 3.

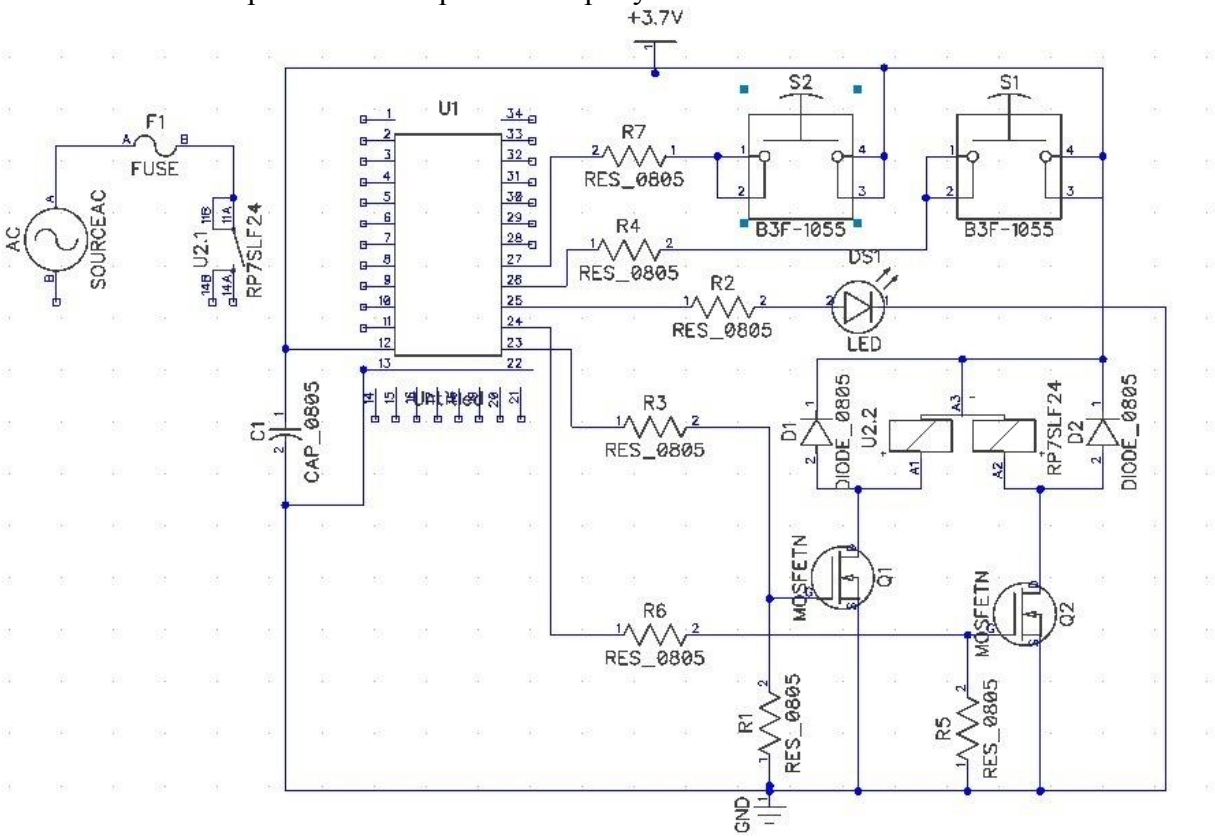


Рисунок 3. Схема «Умной розетки»

Возможности приложения позволяют задать время подачи электроэнергии и время отключения. Задавать можно сколько угодно промежутков.

Грабитель задумается, прежде чем грабить дом в котором играет музыкальный центр и включается\выключается музыка. То есть можно включить к умной розетке музыкальный центр или светильник и задавать время включения. Если у вас имеется разные электрические приборы и богатое воображение можно придумать ещё что-нибудь.

Литература

1. http://www.agrg.ru/solutions
2. http://24gadget.ru/1161052159-lenovo-vypustila-v-prodazhu-planshet-ideapad-a1107-9-foto.html?from=readme
3. http://bazila.net/energetika-i-radioelektronika/prostaya-signalizatsiya-dlya-doma-dachi-garazha-svoimi-rukami.html
4. http://www.bastion.kiev.ua/Main/Company/Publication/Types
5. http://www.bastion.kiev.ua/Main/Company/Publication/Types

УДК 621.316.99

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ РАЗМАГНИЧИВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лихачевская А.А., Винникова А.И.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Ферромагнетик – вещество или материал, в котором наблюдается явление ферромагнетизма, т. е. появление спонтанной намагниченности при температуре ниже температуры Кюри [1].

К ферромагнетикам относят переходные элементы – Fe, Co, Ni, некоторые редкоземельные элементы (Gd, Dy, Tm, Ho); металлические бинарные и многокомпонентные сплавы и соединения перечисленных металлов между собой и с другими неферромагнитными элементами; аморфные сплавы, в том числе металлические стёкла.

Случайно или преднамеренно намагниченные детали из ферромагнитных материалов перед сборкой из них различных устройств обычно размагничивают. Это нужно для устранения влияния остаточных магнитных полей на работу устройства из-за прилипания к деталям ферромагнитных частиц. Размагничивают также образцы, служащие для определения магнитных свойств материалов, так как эти свойства зависят от магнитной предыстории образцов.

Детали или образцы считаются размагниченными, если векторы намагниченности областей самопроизвольного намагничивания располагаются в них хаотически и средняя намагниченность в любом их сечении равна нулю или меньше величины, заданной техническими условиями или другим нормативными документами.

Даже полностью размагниченный магнетик имеет некую элементарную намагниченность, распределенную по всему его объему. Эта самопроизвольная намагниченность, обусловленная обменным взаимодействием электронов, из-за существования других взаимодействий (магнитокристаллического, магнитоупругого и магнитостатического) обычно неоднородна по всему объему, т.е. имеет место распределение намагниченности по кристаллографическим направлениям, соответствующим минимуму полной энергии магнетика.

Технологии изменения магнитного состояния материалов очень давно и активно развиваются в отраслях, связанных с изготовлением постоянных магнитов (электротехнической, приборостроительной, электронной и др.), а также там, где намагниченность является нормируемым параметром (в судостроении). Размагничивание – это процесс, в результате которого под воздействием внешнего магнитного поля уменьшается намагниченность магнитного материала. Существуют три основных принципиальных способа размагничивания ферромагнитных материалов: механический, температурный и электромагнитный.

Механический метод заключается в размагничивании материала под действием циклических, механических нагрузок. Однако он неприменим для размагничивания деталей и готовых изделий по техническим условиям.

Температурный метод заключается в нагреве образца выше температуры, при которой у ферромагнитных доменов нарушается единое направление ориентации, так называемой температуры Кюри. Вещество при этом полностью теряет свои ферромагнитные свойства. После чего происходит охлаждение в отсутствии внешнего поля. Преимуществом такого способа является наиболее полное размагничивание материалов, однако в большинстве случаев такой способ размагничивания недопустим, так как в результате нагрева могут измениться механические и другие свойства материала. Например, для железа температура Кюри составляет 768°C, и такой метод размагничивания в большинстве случаев (в частности, при размагничивании подшипников) оказывается неприемлемым из-за потери заданных механических свойств.

Электромагнитных способа два. Это размагничивание:

- компенсирующим постоянным магнитным полем;
- переменным магнитным полем (импульсный метод размагничивания).

Размагничивание компенсирующим постоянным магнитным полем заключается в создании размагничивающего поля, направленного против поля остаточного магнетизма ферромагнетика. В результате воздействия магнитного поля уровень первоначальной намагниченности детали компенсируется до допустимой величины.

Метод размагничивания компенсирующим постоянным полем может быть реализован магнитным полем, образуемым постоянным током, магнитным полем электромагнита или поля постоянных магнитов.

Преимуществом компенсационного метода размагничивания является сравнительно невысокая мощность размагничивающих установок. Можно выделить следующие недостатки:

- сложность размагничивания при неравномерном распределении остаточной намагниченности в детали; вредное влияние неоднородностей материала на остаточную намагниченность после размагничивания;
- необходимость замера остаточной намагниченности каждой детали (как векторной величины);
- необходимость постоянного контроля в процессе размагничивания результата действия размагничивающего поля с корректировкой силы и направления тока.

Размагничивание переменным затухающим магнитным полем заключается в следующем: повторяя импульсы, уменьшая их амплитуду и меняя полярность, кривая намагниченности приводится в 0-точку размагниченного состояния. Магнитное состояние материала, полученное таким образом, называется динамически размагниченным состоянием, также этот метод характеризуется хорошей стабильностью размагниченного состояния. Таким образом, этот метод размагничивания ферромагнетиков основан на многократном изменении направления внешнего магнитного поля при одновременном плавном уменьшении его амплитуды от значений, обеспечивающих насыщение образца, до значений, практически близких к нулю.

Существует три способа реализации размагничивания переменным затухающим магнитным полем:

- непрерывное воздействие по времени;
- непрерывное воздействие в пространстве;
- импульсное воздействие по времени.

Размагничивание с непрерывным воздействием по времени реализуется при помощи магнитного поля, создаваемого убывающим по амплитуде переменным током. Катушка и деталь неподвижны относительно друг друга.

При непрерывном воздействии в пространстве затухание амплитуды магнитного поля обеспечивается перемещением источника переменного магнитного поля или размагничиваемого объекта друг относительно друга. С ростом расстояния от источника ослабевает магнитное поле. Такое размагничивание реализуется обычно при помощи электромагнитной катушки, сквозь которую пропускают размагничиваемые детали. Размагничивание по этому методу можно также реализовать при помощи системы постоянных магнитов, перемещаемых в пространстве определенным способом.

Размагничивание импульсным воздействием по времени реализуется с помощью магнитного поля катушки колебательного контура. После возбуждающего импульса начинаются колебательные процессы, при этом амплитуда переменного тока через катушку, а, следовательно, и магнитного поля затухают естественным путем. Метод используется при хорошей добротности контура размагничивающей системы.

Достоинствами метода размагничивания переменным полем являются:

- уменьшение влияния на размагничивание неоднородностей;

- отсутствие необходимости точного замера остаточной намагниченности материала перед размагничиванием.

Недостатки такого метода:

- необходимость расчета величины каждого последующего импульса, с учетом величины остаточного магнитного поля, сформированного предшествующим импульсом;
- большая мощность установок.

Литература

1. http://ru.wikipedia.org/wiki/Ферромагнетик
2. Мишин, Д.Д. Магнитные материалы [Текст]: учебное пособие / Д.Д. Мишин. – М.: Высшая школа, 1981. – 335 с.
3. Нестерин, В.А. Оборудование для импульсного намагничивания и контроля постоянных магнитов / В.А. Нестерин. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 88 с.: ил.
4. Клюев, В.В. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий / В.В. Клюев. – М.: Машиностроение, 1986. – 488 с.
5. Неразрушающие испытания: Справочник [Текст]: в двух книгах / Под ред. Р. Мак-Мастера. – Л.: Энергия, 1965. – 504 с.

УДК 621.3.015.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗОНАНСА ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Журо М.Н.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Резонансом называется такой режим электрической цепи, содержащей индуктивности и емкости, при котором ток на входе цепи совпадает по фазе с приложенным напряжением [1]. При резонансе реактивное сопротивление или реактивная проводимость цепи равна нулю, т.е. для источника питания цепь, несмотря на наличие в ней реактивных элементов, эквивалентна активному сопротивлению *R*. Резонанс сопровождается периодическим переходом энергии электрического поля емкости в энергию магнитного поля индуктивности, а от источника реактивная энергия и соответствующая ей реактивная мощность не потребляются. Частота, при которой возникает резонанс, называется резонансной частотой.

Резонанс напряжений наблюдается при последовательном соединении элементов, обладающих индуктивностью *L* и емкостью *C*.

Резонанс токов возникает при параллельном соединении элементов, обладающих индуктивностью *L* и емкостью *C*.

Теоретически все эти определения понятны, но что они значат для практических вопросов? Очень многое! Всем известно, что полезная работа в любой схеме выполняется активной составляющей мощности. При этом большая часть потребления энергии приходится на электродвигатели, которых на любом предприятии немало, а они содержат в своей конструкции обмотки, представляющие собой индуктивную нагрузку и создающие угол φ, отличный он нуля. Для того чтобы возник резонанс токов, необходимо скомпенсировать реактивные сопротивления таким образом, чтобы их векторная сумма стала нулевой. На практике это достигается включением конденсатора, который создает противоположный сдвиг вектора тока.

Резонанс токов имеет и другое, радиотехническое применение. Колебательный контур, составляющий основу каждого приемного устройства, состоит из катушки индуктивности и конденсатора. Меняя величину электрической емкости, можно добиться того, что сигнал с требуемой несущей частотой будет приниматься избирательно, а остальные всеволновые составляющие, принимаемые на антенну, включая и помехи, окажутся подавленными. На практике такой переменный конденсатор выглядит как два набора пластин, один из которых при вращении входит или выходит из другого, увеличивая или уменьшая при этом электрическую емкость. При этом создается резонанс токов, а радиоприемник оказывается настроенным на нужную частоту. На рисунке 1 приведены примеры бытовых приборов, в которых используется резонанс токов и напряжений.

Рисунок 1. Бытовые приборы, использующие резонанс токов и напряжений

На явлении резонанса основана работа многих электроизмерительных приборов.

На рисунке 2 приведена электрическая схема УКВ ЧМ тюнера, работающего в диапазоне 64-108 МГц, выполненного на микросхеме *DA*1 типа *TDA*7000, которая представляет собой интегрированный УКВ приемник, и микросхеме для УНЧ *DA*2 типа LM386N-1, представляющий одноканальный усилитель мощности низкой частоты. В данной схеме используется резонанс напряжений во входной цепи, состоящей из катушки индуктивности *L*2 и конденсатора *C*16 и резонанса токов в цепи гетеродина на индуктивности *L*1, конденсаторах *C*3-*C*4 и варикапе *VD*2 [2]. Настройка на радиостанцию производится с помощью многооборотного резистора *R*2, изменяющего напряжение на варикапе *VD*2, изменяя при этом его эквивалентную емкость.

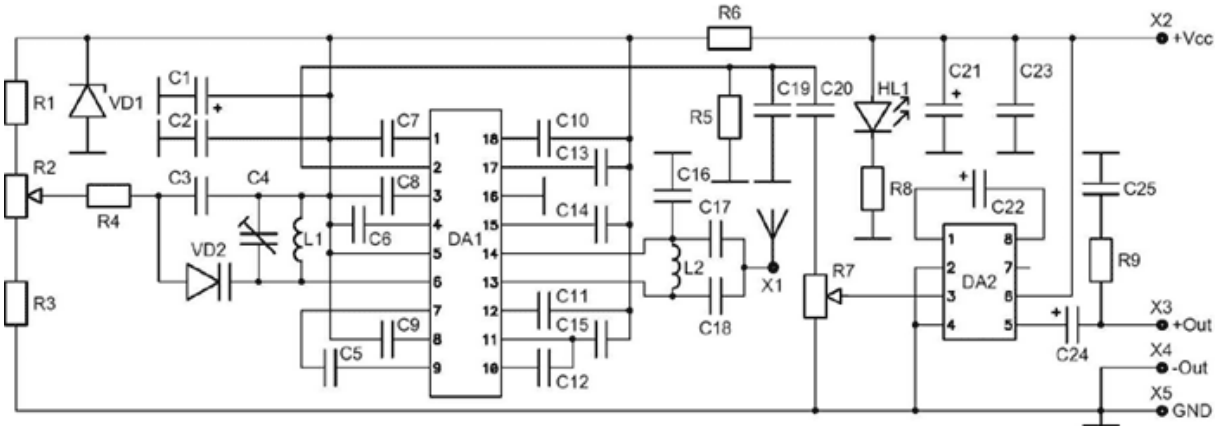


Рисунок 2. Принципиальная электрическая схема УКВ ЧМ тюнера

Вибрация, возникающая в пьезокерамическом излучателе при резонансе, используется во многих приборах, например в ультразвуковой стиральном устройстве (УСУ) "Ретона", внешний вид которой изображен на рисунке 3 [3].

Технические характеристики УСУ "Ретона":

- Напряжение питания – 220 ±15%, частота 50 Гц.
- Потребляемая мощность – не более 5 Вт.
- Частота акустических колебаний излучателей F = 100 кГц±6кГц.
- Температура моющего раствора – не более 90°С.
- Режим работы - продолжительный, без ограничений.
- Масса изделия - не более 0.36 кг.

Ретона состоит из источника питания, излучателя и соединительного кабеля.

Рисунок 3. Ультразвуковая стиральная машина "Ретона"

УСУ состоит из источника питания, активатора с излучателем, соединительного кабеля.

Для стирки активатор помещается в середину емкости с моющим раствором и текстильными изделиями. Пьезокерамические излучатели возбуждают ультразвуковые колебания, образующие в растворе огромное количество микроскопических пузырьков, которые нарушают сцепление загрязненных микрочастиц с волокнами изделий и облегчают их удаление поверхностно-активными веществами моющего раствора стирального порошка или мыла. Таким образом, очищение волокон ткани происходит изнутри, что позволяет достигать высокой эффективности стирки.

Учитывая, что данное устройство не создает "привычных" шумовых и вибрационных эффектов, видимых перемещений воды, сопровождающих обычную стирку, работа с ним требует определенных навыков. Но двух-трех стирок будет достаточно для того, чтобы Вы преодолели этот психологический барьер и определили наилучшие методы работы.

На рисунке 4 изображена электрическая схема УСУ «Ретона».

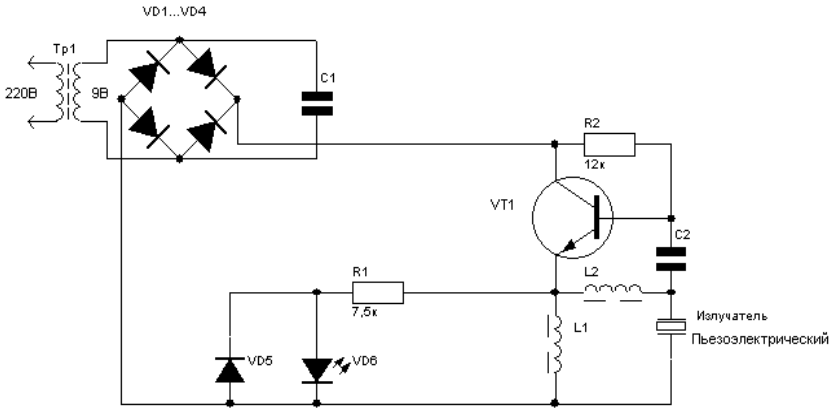


Рисунок 4. Принципиальная электрическая схема ультразвуковой стиральной машинки «Ретона»

Она состоит из силового понижающего трансформатора Тр1, мостового однофазного выпрямителя на диодах VD1-VD4, сглаживающего фильтра на конденсаторе С1 и втогенератора, на транзисторе *VT*1, резисторе R2, конденсаторе С2, индуктивностях *L*1 и *L*2 и пьезокерамическом излучателе.

Свечение светодиода VD6 свидетельствует о нормальной работе УСУ.

Литература

1. Новаш, И. В. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ по курсу «Электротехника и электроники» для студентов неэлектротехнических специальностей Часть 1 [Текст]: учебное пособие / И. В. Новаш [и др.]. – Минск 2007. – 66 с.

2. http://www.chipinfo.ru/schems/comm/comm1.html

УДК 621.3.077

ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В ТРАНСПОРТЕ

Пономарев Т.С., Кисель И.С.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Тяговый электродвигатель (ТЭД) это электрический двигатель, предназначенный для приведения в движение транспортных средств [1]. Например, таких как электровозы, электропоезда, тепловозы, трамваи, троллейбусы, электромобили, большегрузные автомобили с электроприводом, танки и машины на гусеничном ходу с электропередачей, подъемно-транспортные машины, самоходные краны и т. п. Вращающиеся тяговые электродвигатели регламентируются по ГОСТ 2582-81 (кроме аккумуляторных погрузочно-разгрузочных машин, электротягачей, электротележек и теплоэлектрических автотранспортных систем).

Коллекторный ТЭД изображен на рисунке 1.

Рисунок 1. Коллекторный ТЭД

Основное отличие ТЭД от обычных электродвигателей большой мощности заключается в относительно трудных условиях их монтажа в ограниченном месте для их размещения. Это привело к специфичности их конструкций.

Тяговые двигатели городского и железнодорожного транспорта, а также двигатели мотор-колес автомобилей эксплуатируются в сложных погодных условиях, во влажном и пыльном воздухе. Также в отличие от электродвигателей общего назначения ТЭД работают в самых разнообразных режимах (кратковременных, повторно-кратковременных с частыми пусками), сопровождающихся широким изменением частоты вращения ротора и нагрузки по току. При эксплуатации тяговых двигателей имеют место частые механические, тепловые и электрические перегрузки, тряска и толчки. Поэтому при разработке их конструкции предусматривают повышенную электрическую и механическую прочность деталей и узлов, теплостойкую и влагостойкую изоляцию токоведущих частей и обмоток, устойчивую и надежную коммутацию двигателей. Кроме того ТЭД шахтных электровозов должны удовлетворять требованиям, относящимся к взрывозащищенному электрооборудованию. Тяговые двигатели должны иметь характеристики, обеспечивающие высокие тяговые и энергетические свойства (особенно КПД) подвижного состава. Развитие полупроводниковой техники открыло возможности перехода от двигателей с электромеханической коммутацией к бесколлекторным машинам с коммутацией при помощи полупроводниковых преобразователей. Разновидностью бесколлекторной машины является вентильный двигатель [2].

Вентильный электродвигатель (ВД) – это замкнутая электромеханическая система, состоящая из синхронной машины с синусоидальным распределением магнитного поля в зазоре, датчика положения ротора, преобразователя координат и усилителя мощности [3].

Механическая и регулировочная характеристики вентильного двигателя линейны и идентичны механической и регулировочной характеристикам электродвигателя постоянного тока. Как и электродвигатели постоянного тока, вентильные двигатели работают от сети постоянного тока. ВД можно рассматривать как двигатель постоянного тока, в котором щёточно-коллекторный узел заменён электроникой, что подчёркивается словом «вентильный», то есть «управляемый силовыми ключами» (вентилями). Фазные токи вентильного двигателя имеют синусоидальную форму. Как правило, в качестве усилителя мощности применяется автономный инвертор напряжения с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ).

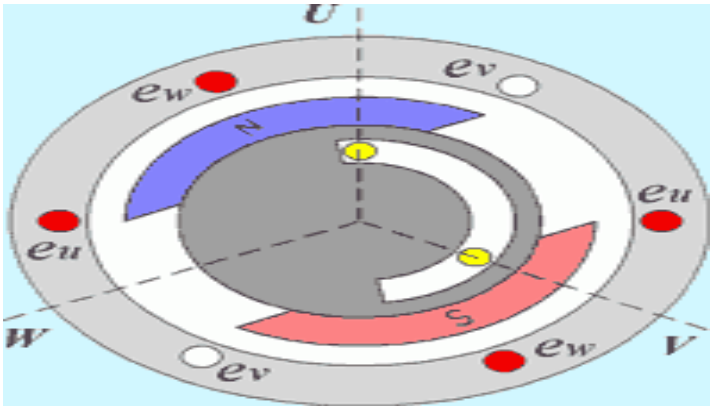


Рисунок 2 Принцип работы трёхфазного вентильного двигателя

Вентильный двигатель следует отличать от бесколлекторного двигателя постоянного тока (БДПТ), который имеет трапецеидальное распределение магнитного поля в зазоре и характеризуется прямоугольной формой фазных напряжений [4]. Структура БДПТ проще, чем структура ВД (отсутствует преобразователь координат, вместо ШИМ используется 120- или 180-градусная коммутация, реализация которой проще ШИМ).

В русскоязычной литературе двигатель называют вентильным, если противо-ЭДС управляемой синхронной машины синусоидальная, а бесконтактным двигателем постоянного тока, если противо-ЭДС трапецеидальная.

В англоязычной литературе такие двигатели обычно рассматриваются в составе электропривода и упоминаются под аббревиатурами PMSM (Permanent Magnet Synchronous Motor) или BLDC (Brushless Direct Current Motor). Стоит отметить, что аббревиатура PMSM в англоязычной литературе чаще используется для обозначения самих синхронных машин с постоянными магнитами и с синусоидальной формой фазных противо-ЭДС, в то время как аббревиатура BLDC аналогична русской аббревиатуре БДПТ и относится к двигателям с трапецеидальной формой противо-ЭДС (если иная форма не оговорена специально).

Вентильный двигатель не является электрической машиной в традиционном понимании, поскольку его работа затрагивает ряд вопросов, связанных с теорией электропривода и систем автоматического управления. Это структурная организация, использование датчиков и электронных компонентов, а также программное обеспечение.

Вентильные двигатели, сочетают в себе надёжность машин переменного тока с хорошей управляемостью машин постоянного тока. Они являются альтернативой двигателям постоянного тока (ДПТ), которые характеризуются рядом изъянов, связанных со щёточно-коллекторным узлом (ЩКУ), таких как искрение, помехи, износ щёток, плохой теплоотвод якоря и т.д. Отсутствие ЩКУ в ВД позволяет применять их в тех приложениях, где использование ДПТ затруднено или невозможно.

Рассмотрим принцип работы двухфазного вентильного двигателя, структура которого показана на рисунке 3.

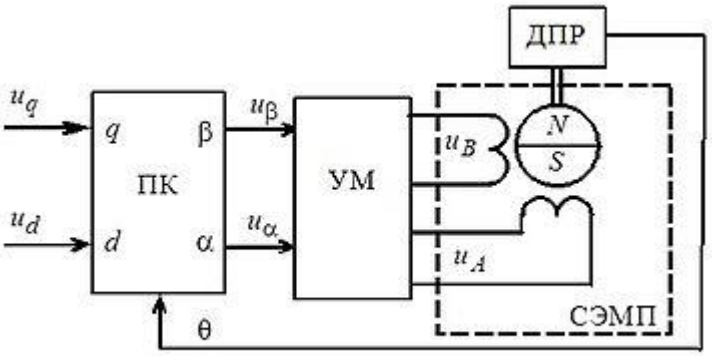


Рисунок 3 Структура двухфазного вентильного двигателя с синхронной машиной с постоянными магнитами на роторе: ПК – преобразователь координат, УМ – усилитель мощности, СЭМП – синхронный электромеханический преобразователь (синхронная машина), ДПР – датчик положения ротора

На входы преобразователя координат (ПК) поступает напряжение постоянного тока, действие которого аналогично действию напряжения на якорь и обмотку возбуждения двигателя постоянного тока. Сигналы, представляют собой проекции вектора напряжения управления на оси вращающейся системы координат, связанной с ротором ВД (а точнее – с вектором потока ротора). Преобразователь координат осуществляет преобразование проекций в проекции неподвижной системы координат, связанной со статором и является в этом случае заданием значения амплитуды фазных напряжений. А ПК, осуществляя позиционную модуляцию сигнала, формирует гармонические сигналы, которые УМ преобразует в фазные напряжения. Синхронный двигатель в составе вентильного двигателя часто называют синхронным электромеханическим преобразователем (СЭМП).

Как правило, электронная часть ВД коммутирует фазы статора синхронной машины так, чтобы вектор магнитного потока статора был ортогонален вектору магнитного потока ротора. При этом осуществляется т. н. векторное управление. При соблюдении ортогональности потоков статора и ротора обеспечивается поддержание максимального вращающего момента ВД в условиях изменения частоты вращения. Это предотвращает выпадение ротора из синхронизма и обеспечивает работу синхронной машины с максимально возможным для неё КПД. Для определения текущего положения потока ротора вместо датчика положения ротора могут использоваться токовые датчики.

Электронная часть современного ВД содержит микроконтроллер и транзисторный мост. Для формирования фазных токов используется принцип ШИМ. Микроконтроллер отслеживает соблюдение заданных законов управления, а также производит диагностику системы и её программную защиту от аварийных ситуаций.

Иногда датчик положения ротора отсутствует, а положение оценивается системой управления по измерениям токовых датчиков с помощью наблюдателей (т. н. «бездатчиковое» управление ВД). В таких случаях, за счёт удаления дорогостоящего и, зачастую, громоздкого датчика положения, уменьшается цена и массо-габаритные показатели электропривода с ВД, однако усложняется управление, снижается точность определения положения и скорости.

В приложениях средней и большой мощности в систему могут дополнительно включаться электрические фильтры для смягчения негативных эффектов ШИМ: перенапряжений на обмотках, подшипниковых токов и снижения КПД. Впрочем, это характерно для всех типов двигателей.

Благодаря высокой надёжности и хорошей управляемости, вентильные двигатели применяются в широком спектре приложений: от компьютерных вентиляторов и CD/DVD-

приводов до роботов и космических ракет. Широкое применение ВД нашли в промышленности, особенно в системах регулирования скорости с большим диапазоном и высоким темпом пусков, остановок и реверса; авиационной технике, автомобильном машиностроении, биомедицинской аппаратуре, бытовой и некоторой другой технике.

Достоинства:

• широкий диапазон изменения частоты вращения;

• отсутствие узлов и контактов, требующих частого обслуживания (коллектора);

• возможность использования во взрывоопасной и агрессивной среде;

• большая перегрузочная способность по моменту;

• высокие энергетические показатели (КПД выше 90 %);

• большой срок службы и высокая надёжность за счёт отсутствия скользящих электрических контактов.

Вентильные двигатели характеризуются и некоторыми недостатками, главный из которых – высокая стоимость. Однако, говоря о высокой стоимости, следует учитывать и тот факт, что вентильные двигатели обычно используются в дорогостоящих системах с повышенными требованиями по точности и надёжности.

Недостатки:

• Высокая стоимость двигателя, обусловленная частым использованием дорогостоящих постоянных магнитов в конструкции ротора. Стоимость электропривода с ВД, однако, сопоставима со стоимостью аналогичного электропривода на основе ДПТ с независимым возбуждением (регулировочные характеристики такого двигателя и ВД сопоставимы). Вообще говоря, в вентильном двигателе может быть использован и ротор с электромагнитным возбуждением, однако это сопряжено с комплексом практических неудобств. В ряде случаев предпочтительным оказывается применение асинхронного двигателя с преобразователем частоты.

• Относительно сложная структура двигателя и управление им.

Литература

1. Герман-Галкин, С.Г. Модельное проектирование синхронных мехатронных систем: Глава 9 / С.Г. Герман-Галкин. – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с. – ISBN 978-5-903383-39-9.

2. Борцов, Ю.А. Адаптивно-модальное управление в следящих системах с бесконтактными моментными двигателями // Автоматизированный электропривод с упругими связями: Глава 8 / Ю.А. Борцов, Г.Г. Соколовский. – 2-ое изд., перераб. и доп. – СПб: Энергоатомиздат, 1992. – 288 с. – ISBN 5-283-04544-7.

3. Соколовский, Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием / Г.Г. Соколовский – М.: "Академия", 2006. – 272 с. – ISBN 5-7695-2306-9.

4. Микеров, А.Г. Управляемые вентильные двигатели малой мощности [Текст]: учебное пособие / А.Г. Микеров. – СПб: СПбГЭТУ, 1997. – 64 с.

УДК 621.321

УСТРОЙСТВО, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП

Лойкуц Е.А., Сташкевич О.С, Аниськова В. А.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г. А.

Светодиодное освещение все шире используется на производстве и в быту. В светодиодной лампе устанавливается несколько светодиодов для получения требуемой яркости свечения.

Светодиод – это полупроводниковый прибор, преобразующий электрический ток в световое излучение. Так как светодиод является полупроводниковым прибором, то при включении его в цепь необходимо соблюдать полярность.

Светодиод состоит из полупроводникового кристалла, подложки, корпуса с контактными выводами и оптической системы.

Принцип работы светодиода:

- при рекомбинации электронов и дырок в области p-n-перехода возникает свечение. Чем больший ток проходит через светодиод, тем он светит ярче и тем больше электронов и дырок поступают в зону рекомбинации в единицу времени;
- происходит контакт двух полупроводников с разными типами проводимости;
- слои полупроводникового кристалла легируют разными примесями: по одну сторону акцепторными, по другую – донорскими;
- после того, как через прямо смещённый p-n переход пошёл ток, выделяется энергия в виде излучения кванта света – фотона.

Яркость светодиода характеризуется световым потоком и осевой силой света, а также диаграммой направленности. Светодиоды разных конструкций излучают обычно от 4 до 140 градусов.

С повышением температуры *p-n*-перехода яркость светодиода падает, потому что уменьшается внутренний квантовый выход из-за влияния колебаний кристаллической решетки. Поэтому очень важно наличие хорошего теплоотвода *p-n*-перехода. Падение яркости с повышением температуры не одинаково у светодиодов разных цветов. Поэтому, ток через светодиод нужно стабилизировать. Если ток превысит допустимый предел, то перегрев светодиода может привести к его ускоренному старению.

Цвет свечения светодиода зависит от внесенных в полупроводник легирующих примесей. Так, например, примеси алюминия, гелия, индия и фосфора заставляет светиться светодиод от красного до желтого цвета. Индий, галлий и азот заставляет светиться светодиод от голубого до зеленого цвета.

Суммарный цвет определяется координатами цветности и цветовой температурой, а также длиной волны излучения.

Существуют три способа получения белого цвета от светодиодов. Первый – смешивание цветов по системе *RGB*. На одной матрице плотно располагаются красные, голубые и зеленые светодиоды, излучение которых смешивается с помощью оптической системы, например линзы. Таким образом, получается белый цвет.

Второй способ – за основу берутся три светодиода, которые излучают ультрафиолетовый цвет. На поверхность каждого из светодиодов наносится покрытие из люминофора синего, зеленого и красного цвета. Так получается белое свечение.

Третий способ – за основу берется синий светодиод, на его поверхность наносится зеленый и красный люминофор. Таким образом, люминофор начинает светиться тремя цветами, а при смешивании этого свечения линзой получается белый цвет.

Основная технология выращивания кристаллов и впоследствии изготовления светодиодных модулей – металлоорганическая эпитаксия. Разные слои легируются примесями, донорами или акцепторами, чтобы создать p-n-переход с большой

концентрацией электронов в *n*-области и дырок – в *p*-области. Пленка, выращенная на одной подложке, разрезается на несколько тысяч чипов.

Для увеличения светового потока используется COB-технология. Она позволяет максимально приблизить чип к поверхности. Светодиод, изготовленный по COB-технологии, изображен на рисунке 2.

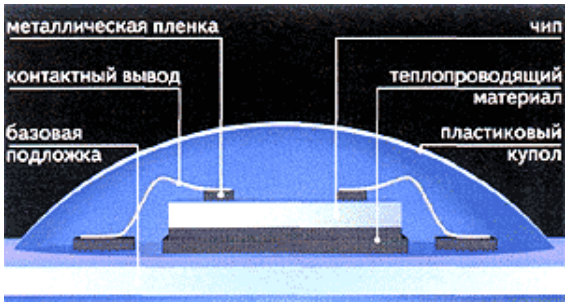


Рисунок 2 Светодиод, изготовленный по COB-технологии

Светодиоды, монтируются (приклеиваются) на общую подложку. Затем эта структура становится светодиодным модулем.

Использование мощных светодиодов совместно с полупроводниковыми преобразователями привело к созданию источников света, выдерживающих конкуренцию с лампами накаливания. Такие приборы достаточно просты и содержат небольшое количество деталей.

На рисунке 3 изображена схема импульсного блока питания для питания светодиодной лампы на микросхеме *LT*3799 мощностью 20 Вт.

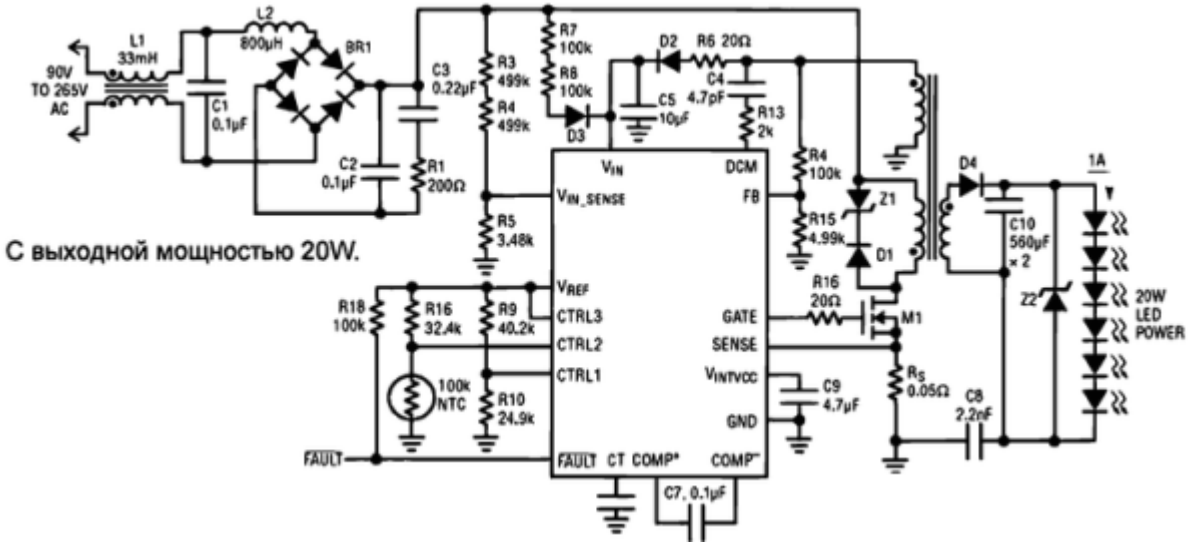


Рисунок 3 – Схема импульсного преобразователя для питания светодиодной лампы

Преобразователь, подключенный к осветительной сети 90÷263 В, обеспечивает на выходе заданное напряжение при токе нагрузки 1 ампер.

Использование данного преобразователя позволяет отказаться от применения понижающего низкочастотного трансформатора, что значительно уменьшает габариты всего устройства в целом.

Для питания светодиодов может использоваться мостовой выпрямитель с емкостным балластом, который ограничивает выходной ток. Такие источники питания экономичны и просты, не боятся коротких замыканий, их выходной ток ограничивается емкостным сопротивлением конденсатора. Подобные выпрямители часто называют стабилизаторами тока.

Типичная схема такого выпрямителя изображена на рисунке 4 [1].

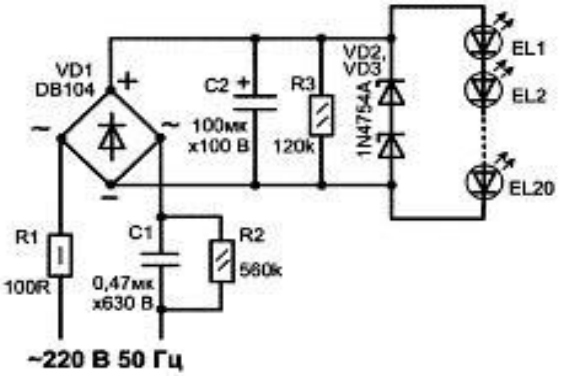


Рисунок 4 Схема блока питания светодиодной лампы с емкостным балластом

На многих упаковочных коробках и инструкциях по применению сетевых светодиодных ламп написано, что их нельзя подключать к обычным сетевым фазоимпульсным регуляторам, предназначенных для ламп накаливания. Это связано с особенностью работы их блоков питания.

Для регулировки яркости светодиодной лампы необходимо использовать специальный управляющий блок, предназначенный для нее, основанный на методе широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Метод ШИМ основывается на изменении импульсно-модулированного тока, чья частота должна изменяться в тысячах герц. За счет изменения ширины импульсов и создания паузы между постоянным током можно регулировать яркость светодиодной лампы в широких пределах, не доводя ее до полного погасания.

Преимущества светодиодных ламп заключаются в том, что в отличие от лампы накаливания или люминесцентной лампы, электрический ток преобразуется непосредственно в световое излучение, и происходит это с очень малыми потерями, т.е. у них высокая световая отдача. Так же, у светодиодных ламп высокая механическая прочность из-за отсутствия нити накаливания и нечувствительность к низким температурам. Они экологичны и безопасны в использовании – в них нет ртути, фосфора и ультрафиолетового излучения при работе и нет необходимости в высоком напряжении питания. Имеют различный угол излучения – от 15 до 180 градусов. Электропотребление светодиодных ламп в 9-12 раз меньшее, чем у ламп накаливания и в среднем в 3 раза меньше, чем у люминесцентных ламп.

Самый существенный **недостаток** светодиодных ламп такого типа – это их высокая цена. Так же, практика показывает, что срок службы таких ламп далеко не 100000 часов, как часто обещает производитель. При частом использовании (в среднем 8 часов в день) светодиодные лампы быстро (за 3-6 лет) теряют яркость, так как существует такое явление как деградация, т.е. постепенное умирание кристаллов светодиодов. Особенно это характерно для ламп с повышенным током потребления. Для освещения нужно довольно большое количество ламп, чтобы получить привычную освещенность. Для стабильной и долговечной работы таких светильников нужно применять сравнительно дорогие источники питания и системы охлаждения. Так как часто используются импульсные источники питания, из-за больших перепадов напряжения они могут выходить из строя. Недорогие светодиодные лампы питающиеся от сетевого напряжения и не имеющие импульсного высокочастотного блока питания могут создавать эффект мерцания, из-за отсутствия инерционности в работе, который может негативно проявиться при фотосъемке или при рассмотрении мелких вещей на рабочем столе.

Литература

1. http://electrik.info/main/praktika/

УДК 621.397.132

ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННОГО ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Юркевич К.С.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Прогресс не стоит на месте. Первые телевизионные системы, использовавшие механический принцип, по современным меркам обеспечивали неважное качество изображения, и телезрители с трудом могли рассмотреть расплывчатые силуэты на экране. Но это были временные трудности. Активно развиваться телевидение начало лишь тогда, когда стало чисто электронным.

Привычное для нас аналоговое электронное телевидение постепенно достигло такого качества, что, казалось, дальше совершенствовать его невозможно. Однако тенденция вытеснения аналоговых способов передачи информации не обошла стороной и телевидение. На смену аналоговому телевидению постепенно приходит цифровое. Время идёт, и цифровые технологии не стоят на месте. В том числе и телевизионные.

Цифровое телевидение – технология передачи телевизионного изображения и звука при помощи кодирования видеосигнала и сигнала звука с использованием цифровых каналов. Основой современного цифрового телевидения является стандарт сжатия данных MPEG.

Способы передачи цифрового сигнала:

- Эфирное наземное телевидение – DVB-T и DVB-T2.
- Спутниковое телевидение.
- Кабельное телевидение.

Преимущества и недостатки.

Преимущества по сравнению с аналоговым телевидением:

- Повышение помехоустойчивости трактов передачи и записи телевизионных сигналов.
- Уменьшение мощности передатчиков.
- Существенное увеличение числа ТВ-программ, передаваемых в том же частотном диапазоне.
- Повышение качества изображения и звука в ТВ-приёмниках.
- Создание ТВ-систем с новыми стандартами разложения изображения (телевидение высокой чёткости).
- Создание интерактивных ТВ-систем, при пользовании которыми зритель получает возможность воздействовать на передаваемую программу (например, видео по запросу).
- Функция «В начало передачи».
- Архив ТВ-передач и запись ТВ-передач.
- Передача в ТВ-сигнале различной дополнительной информации.
- Выбор языка (более обычных двух) и субтитров.
- Расширение функциональных возможностей студийной аппаратуры.
- DVB-T – дает нам возможность устойчивого приема в автомобиле. Картинка даже при отраженном сигнале – будет приниматься уверенно (и показывать четко).

Недостатки:

- Замирания и рассыпания картинки на «квадратики» при недостаточном уровне принимаемого сигнала, данные либо принимаются качественно на 100% или восстанавливаются, либо принимаются плохо с невозможностью восстановления.
- Для приема телевидения на движущихся объектах (автомобили, машины, поезда) – должны применяться специальные DVB-T ресиверы и специальные антенны. Они стоят существенно дороже.

Распространение цифрового телевизионного сигнала в Беларуси.

В Беларуси с 1 июля 2005 года на 48-м телеканале с телевизионной вышки Колодищи была начата постоянная эфирная трансляция пакета телевизионных и радиовещательных программ в цифровом формате DVB-T.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 1406 от 08.12.2005 г. была утверждена «Государственная программа внедрения цифрового телевизионного радиовещания в Беларуси до 2015 года». Было организовано производство цифровых телевизионных приставок с поддержкой стандарта DVB-T и формата сжатия MPEG-4 AVC несколькими белорусскими производителями. Отладку системы передачи цифрового телевидения в Беларуси осуществляет (на начало 2011 года) ОАО «Минские телевизионные информационные сети» (МТИС). Закуплена цифровая станция, множество антенн для приёма спутниковых цифровых телепрограмм.

В сентябре 2009 года «цифра» стала доступна во всех областных центрах республики. На начало 2011 года, при наличии телевизора со встроенными (STB) приемниками, некоторые телеканалы можно просматривать в новом формате (тестовый режим). По состоянию на 1 апреля 2011 года охват населения республики эфирным цифровым телевизионным вещанием составлял 94 %. В состав белорусского цифрового мультиплекса входят восемь обязательных общедоступных телеканалов и один радиоканал. Мультиплекс транслируется в стандарте DVB-T. В будущем планируется трансляция телеканалов HD-качества. На 1 января 2014 года охват населения составил 97,41%.

В 2015 году страна перешла исключительно на цифровое вещание. По состоянию на май 2015 года все аналоговые передатчики демонтированы.

На рисунке 1 изображены разновидности цифровых форматов для телевидения, применяемых в мире.

Распространение цифрового телевидения.

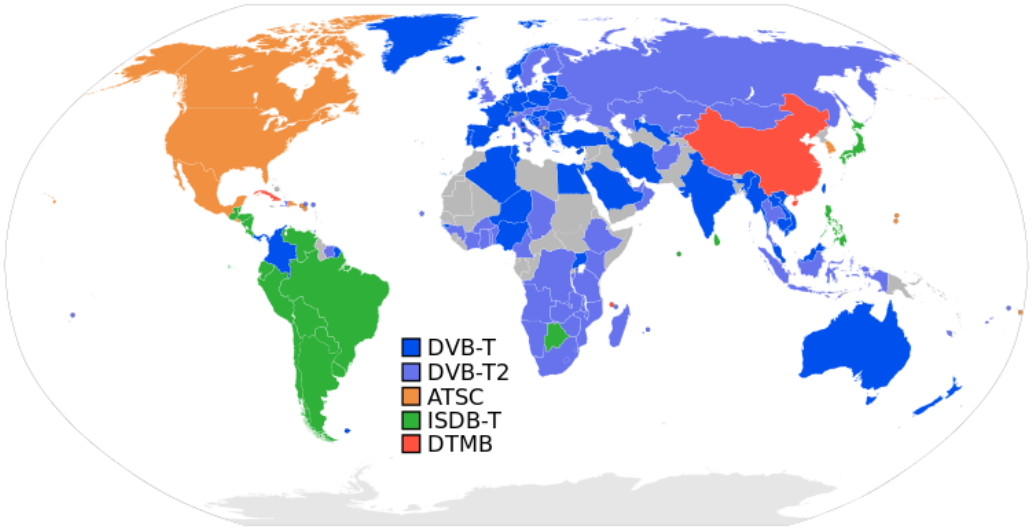


Рисунок 1 – Распространение цифрового сигнала в мире

Литература

1. Пескин А. Е., Смирнов А. В. Цифровое телевидение. От теории к практике. М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – С. 349.
2. F.A.Q. (Частые вопросы и ответы) на тему приема HDTV эфирного DVB-T телевидения. http://www.sat.com.ru/publicat/dvbt_hdtv_faq.html#1
3. Белорусский радиотелевизионный передающий центр http://www.brtpc.by/services/television/digital/

УДК 620.179.141

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ МАГНИТНЫХ ДЕФЕКТОСКОПОВ

Пусь А.В., Цвирко А.С.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Дефектоскоп – устройство для обнаружения дефектов в изделиях из различных металлических и неметаллических материалов методами неразрушающего контроля. К дефектам относятся нарушения сплошности или однородности структуры, зоны коррозионного поражения, отклонения химического состава и размеров и др. [1].

Магнитный дефектоскоп (МД) – аппарат для обнаружения поверхностных и подповерхностных нарушений сплошности стальных изделий магнитно-порошковым методом. Основными элементами МД являются устройства для намагничивания, нанесения магнитной суспензии и размагничивания контролируемых изделий. Все устройства монтируются в одном аппарате, но в некоторых случаях выполняются в виде отдельных агрегатов. Современные образцы МД снабжены ультрафиолетовыми лампами и затемняющими шторами, необходимыми при магнитно-люминесцентной дефектоскопии.

В зависимости от назначения МД разделяются на универсальные и специализированные, а конструктивно оформляются как стационарные и переносные. Габариты магнитных дефектоскопов определяются габаритами контролируемых изделий, так, например, длина некоторых МД достигает 5–10 м. Намагничивающее устройство МД обеспечивает продольное, циркулярное и комбинированное намагничивание.

Циркулярное намагничивание осуществляется пропусканием через изделие, а для полых изделий – через помещаемый внутри стержень электрического тока большой силы (до нескольких тысяч А) от источника низкого (до 36 В) напряжения (понижающего трансформатора, аккумуляторной батареи и др.). Для продольного намагничивания в МД используются электромагниты или соленоиды. Комбинированное намагничивание осуществляется при одновременном воздействии на контролируемую деталь двух или трех взаимно перпендикулярно направленных переменных магнитных полей, сдвинутых по фазе на 90° или 60°. Иногда вместо одного из переменных полей применяется постоянное поле. Магнитный порошок наносится погружением намагниченного изделия в ванну с суспензией, иногда изделие поливают суспензией из шланга; во избежание оседания магнитного порошка на дно ванны.

Размагничивание проконтролированного изделия производится чаще всего продвижением его через соленоид. Крупные изделия размагничиваются с помощью намагничивающего устройства плавным уменьшением питающего тока от максимального, значения до нуля. Наиболее эффективны МД универсального типа: УМДЭ-10000 (для контроля крупных и средних по размеру изделий) и УМДЭ-2500 (для контроля изделий малого и среднего размеров). Эти МД снабжены электронным управлением, обеспечивающим плавную регулировку намагничивающего тока, а также полную стабильность остаточного намагничивания контролируемых изделий.

Дефектоскоп содержит блок питания, электромагнит и индикаторный пакет. Индикаторный пакет содержит магнитную жидкость. На торцах электромагнита в его межполюсном пространстве упруго закреплена плоская катушка, стирающая изображения в индикаторном пакете после использования. Индикаторный пакет подвешен к нижней плоскости катушки. В верхней части электромагнита выполнено смотровое окно.

Дефектоскоп позволяет повысить производительность контроля и уменьшить расход дефектоскопических материалов за счет возможности многократной записи и стирания изображения. Изображение в пакете благодаря большой вязкости среды может сохраняться в течение нескольких суток и служить документальным подтверждением наличия дефекта в изделии [2,3].

Магнитно-порошковые дефектоскопы позволяют контролировать различные по форме детали, сварные швы, внутренние поверхности отверстий, намагничивая отдельные участки изделия в целом циркулярным или продольным полем, создаваемым с помощью набора намагничивающих устройств, питаемых импульсным или постоянным током, или с помощью постоянных магнитов [4,5].

Принцип действия магнитно-порошкового дефектоскопа основан на создании поля рассеяния над дефектами с последующим выявлением их магнитной суспензией. Наибольшая плотность магнитных силовых линий поля рассеяния наблюдается непосредственно над дефектом и уменьшается с удалением от нее. Для обнаружения дефекта на поверхность детали наносят магнитный порошок, взвешенный в воздухе (сухим способом) или в жидкости (мокрым способом). В магнитном поле частицы намагничиваются и соединяются в цепочки. Под действием результирующей силы частицы накапливаются над трещиной, образуя скопление порошка. По этому осаждению – индикаторному рисунку – определяют наличие дефектов.

Используются такие магнитные индикаторы, как магнитный порошок – порошок из ферромагнетика, используемый в качестве индикатора магнитного поля рассеяния. Магнитная паста – смесь, содержащая магнитный или люминесцентный магнитный порошок, жидкую основу и, при необходимости, смачивающую антикоррозийную и другие добавки. Магнитная суспензия – взвесь магнитного или люминесцентного магнитного порошка в дисперсионной среде (в жидкости – воде, керосине, техническом масле и др.), содержащей смачивающие, антикоррозийные и, при необходимости, антивспенивающие, антикоагулирующие и флуоресцентные добавки [6,7].

Новшества магнитных дефектоскопов [8]:

- активная система регулирования скорости;
- применение бесконтактной многоканальной профилеметрии;
- контроль уровня намагниченности,
- использование магнитных снарядов с поперечным намагничиванием.

Литература

1. http://machinepedia.org/index.php/Дефектоскоп
2. http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-181-2/275.htm
3. Шелихов, Г.С. Магнитопорошковая дефектоскопия деталей и узлов [Текст]: Практическое пособие / Г.С. Шелихов; Под ред. В.Н. Лозовского. – М.: Науч.-техн. центр “Эксперт”, 1995.– 219,[5] с. ил 21 см.
4. http://techdiagnostica.ru/stati/defectoscope.html
5. Клюев, В.В. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий / В.В. Клюев. – М.: Машиностроение, 1986. – 488 с.
6. Испытательная техника: справочник [Текст]: в 2-х т. / Г.С. Батуев [и др.]; Под ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1982. – 528 с.
7. Неразрушающие испытания: справочник [Текст]: в 2-х т. / Под ред. Р. Мак-Мастера. Л.: Энергия, 1965. – 504 с.

УДК 520.626

ТИПЫ РЕНТГЕНОВСКИХ СПЕКТРОМЕТРОВ

Пупейко Е.В., Сасковец А.А.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Рентгенофлуоресцентные спектрометры, в которых выделение характеристического излучения происходит с помощью кристаллов-монохроматоров называются волнодисперсионными или ВД РФС (WDXRF). В свою очередь, ВД РФ-спектрометры делятся на спектрометры последовательного и параллельного (квантометры) типа.

Рассмотрим спектрометры последовательного действия (со сканирующим каналом).

На таких спектрометрах осуществляется последовательное выделение каждой характеристической линии рентгеновского излучения любого числа элементов с помощью движущегося кристалла-монохроматора и высокоточного гониометра (прибора для измерения углов), сопряженного с устройством вращения, управляемого компьютером.

Преимущества ВД-спектрометров последовательного действия:

- оптимальные условия измерения программируются для каждого элемента;
- универсальность – определение любого числа элементов;
- очень высокая чувствительность, низкие уровни детектирования;
- меньшая стоимость относительно параллельных спектрометров.

Спектрометры параллельного типа (одновременного действия – с фиксированными каналами).

С помощью параллельных WDXRF-спектрометров измерения осуществляются одновременно (параллельно). Интенсивности характеристического излучения элементов измеряются одновременно благодаря использованию нескольких настроенных фиксированных "каналов" расположенных вокруг образца.

Фактически каждый канал является отдельным спектрометром с кристаллом-монохроматором и детектором, настроенными на прием определенной длины волны одного элемента.

Преимущества параллельных спектрометров:

- высочайшая скорость анализа при использовании для поточного контроля качества в индустрии - экспресс-анализ технологического процесса;
- малое количество движущихся частей, прекрасная надежность в условиях промышленного предприятия.

Сейчас рассмотрим энергодисперсионные (ЭД) спектрометры.

Преимущества ЭД-спектрометров:

- значительно меньшая стоимость, по сравнению с волнодисперсионными РФ-спектрометрами;
- компактность, удобство, простота, возможность изготовления настольных и портативных версий;
- точность и чувствительность при измерении тяжелых элементов не хуже, чем на волнодисперсионных РФ-спектрометрах (и даже лучше – в случае измерений прибором Epsilon5 тяжелых элементов в легких матрицах).

Рассмотрим спектрометры «МСА I» и «МСА II».

Универсальные настольные спектрометры «МСА I» и «МСА II» предназначенных для небольших литейных цехов.

Компактные спектрометры «МСА I» и «МСА II» с воздушным полихроматором и аргоновым столиком для точного анализа черных и цветных металлов.

МСА – компактный спектрометр на ПЗС-линейках, сконструированный для замены МФС-8 и ДФС-51. Его назначение – получение за 1–2 минуты точного состава разных материалов при входном контроле, выплавке, анализе продукции:

- сталей и чугунов всех марок;

- меди и ее сплавов (латуни, бронзы …);
- алюминия и алюминиевых сплавов;
- свинца, олова и сплавов на их основе;
- сплавов на основе титана, магния и других металлов;
- драгоценных металлов, порошков.

Рассмотрим преимущества прибора:

- Высокие аналитические характеристики, которые обеспечиваются применением полихроматора с лучшей дисперсией в классе компактных приборов (близкой к ДФС-51) и специально рассчитанной оптической схемы с компенсацией астигматизма и учитывающей применение ПЗС с плоским полем.
- Стабильность показаний при изменении внешней температуры.
- Высокая устойчивость работы при колебаниях напряжения в питающей сети благодаря встроенному корректору мощности.
- Хорошее аналитическое сопровождение и преемственность опыта, накопленного нашими специалистами в течение десятков лет, начиная со времени разработок приборов серии МФС и ДФС. Возможность выбора оптимальных линий сравнения на ПЗС-линейках.
- Наличие технических и программных средств, обеспечивающих оптимальное решение конкретных аналитических задач (256 режимов работы генератора, автоматический выбор лучших аналитических линий, межэлементная коррекция и многое другое, что делает прибор точным, удобным). Пользователям предоставляются как уже готовые методики анализа, так и возможность самостоятельной разработки новых методик.

Лампы с полым катодом для атомной абсорбции.

Атомно-абсорбционные спектрометры (ААС) – приборы, предназначенные для проведения количественного элементного анализа (до 70 элементов) по атомным спектрам поглощения, в первую очередь для определения содержания металлов в растворах их солей: в природных и сточных водах, в растворах-минерализаторах консистентных продуктов, технологических и прочих растворах.

Основные области применения атомно-абсорбционных спектрометров (ААС) – контроль объектов окружающей среды (воды, воздуха, почв), анализ пищевых продуктов и сырья для их изготовления, медицина, геология, металлургия, химическая промышленность, научные исследования.

Принцип действия атомно-абсорбционного спектрометра основан на измерении величины поглощения луча света, проходящего через атомный пар исследуемой пробы. Для превращения исследуемого вещества в атомный пар используется атомизатор. В качестве источника света используется различные узкополосные источники света. Для достижения наилучшего результата необходимо соблюдать правила, сформулированные Уолшем:

- длина волны, соответствующая максимальному поглощению атомных паров, должна быть равна длине волны максимальной интенсивности излучения источника;

- полуширина линии поглощения атомных паров должна быть по крайне мере в два раза больше полуширины линии испускания источника. После прохождения через атомные пары исследуемой пробы луч света поступает на монохроматор, а затем на приёмник, который и регистрирует интенсивность излучения.

Литература

1. http://www.gosnadzor-dv.ru/1321
2. http://www.nalkho.com/catalog/3/
3. http://kiev.prom.ua/p6414373-spektrometr-minilab.html
4. spectrolab.com.ua\

УДК 621.31:64+697.27

ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОКАМИНОВ

Букач А.Е
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Камины – это одно из первых изобретений человечества. Древние жители открыли огонь, но они мало преуспели в способности контролировать его пламя или температуру. Они не могли постигнуть, как поддерживать огонь в течение всей ночи или делать огонь чуть менее горячим или чуть более согревающим. Современные технологии позволяют добиться таких эффектов. Электрокамин – это электрический прибор, имитирующий тепловые и визуальные эффекты, создаваемые натуральным или газовым камином.

Свою историю электрокамины берут с 60–70 годов прошлого века, когда в Англии очень популярными стали электрические очаги. Объясняется это тем, что в Англии каждый второй житель имел камин на натуральном топливе, а изношенность дымоходов приобрела в те годы прошлого столетия катастрофические формы. Эксплуатировать камины без дорогостоящего ремонта дымоходов стало опасно. И решение проблемы было найдено. Люди стали вставлять в камины электрические топки, которые создавали иллюзию живого огня, избавляли хозяев от ненужной грязи и давали возможность при необходимости отапливать комнату, в которой находился такой камин. С этого времени электрокамины завоевали популярность во всём мире [1,2].

Попытки сделать удобный, но скучный электрический обогреватель более зрелищным, не только дающим тепло, но и напоминающим хоть чем-то настоящий очаг, делались давно. В самых ранних конструкциях эффекта пламени как такового вообще не было – был подсвечиваемый муляж тлеющих углей [3].

Позже подсветка стала динамичной – ленточки фольги или легкие металлические вертушки, приводимые в движение поднимающимся от ламп или обогревателя воздухом, отбрасывали колышущиеся тени и блики на муляж углей, придавая ему эффект мерцания. Первые модели мало чем напоминали сегодняшние электрокамины. Они состояли из металлической спирали, накрученной на основу из керамики. Нагревательный элемент раскалялся докрасна и не только обогревал, но и немного освещал помещение. Несмотря на наличие защитной решетки, конструкция была довольно огнеопасной. Любой горючий материал, попавший на спираль, мог загореться. Да и решетка сильно нагревалась, и случайное прикосновение к ней вызывало ожог.

Первым декоративным электрокамином с эффектом пламени можно назвать конструкцию, в которой подсвеченные лампой лоскутки ткани трепетали в потоке воздуха от электрического вентилятора. Настоящий огонь это мало напоминало, но сама идея сымитировать не только тлеющие угли, но и языки пламени легла в основу всех современных электрических очагов, а «огонь» из трепещущих цветных лоскутков до сих пор применяется в театральных декорациях.

На рисунке 1 показана схема образования эффекта горения в каминах [4]. Ее назначение – светозвуковая имитация пламени костра или очага камина. Мерцающие вспышки гирлянд в сочетании с хаотическим потрескиванием создают иллюзию горения костра.

В основу работы положена широко распространенная схема включения гирлянды ламп последовательно со стартером от ламп дневного света. Как известно стартер состоит из корпуса, конденсатора и газонаполненной лампы с двумя термоконтактами. При подаче напряжения, равного напряжению возникновения электрического разряда в лампе, появляется разряд через промежуток между контактами лампы. Через стартер начинает протекать ток.

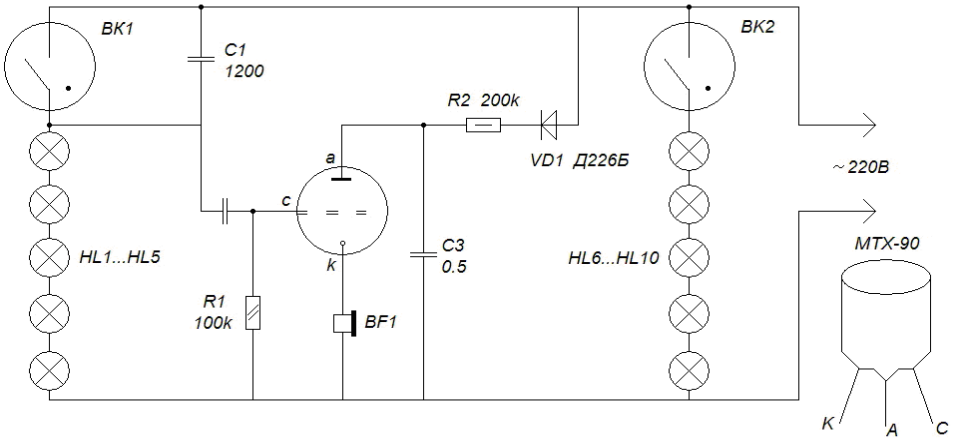


Рисунок 1 – Образование эффекта горения в каминах

Количество теплоты, выделяемое на пути протекания тока, зависит от сопротивления и времени действия тока. При разряде через газовый промежуток сопротивление будет большим, вследствие этого термо-контакты разогреваются и под действием температуры деформируются так, что касаются друг друга. Разряд прекращается, так как контакты замыкаются. Сопротивление замкнутых контактов мало и они остывают. Время нахождения контактов в замкнутом состоянии определяется временем их остывания. После остывания контакты размыкаются. Если снова подать напряжение, то процесс повторится. Так как период включения стартера носит случайный характер, то длительность и громкость щелчков в *BF*1 также будут носить случайный характер. Чем чаще моргают лампы, тем чаще и тише будут потрескивания и наоборот, чем реже вспышки, тем громче будут щелчки.

Еще одна схема устройства, имитирующего горение и потрескивание дров в камине, изображена на рисунке 2 [5].

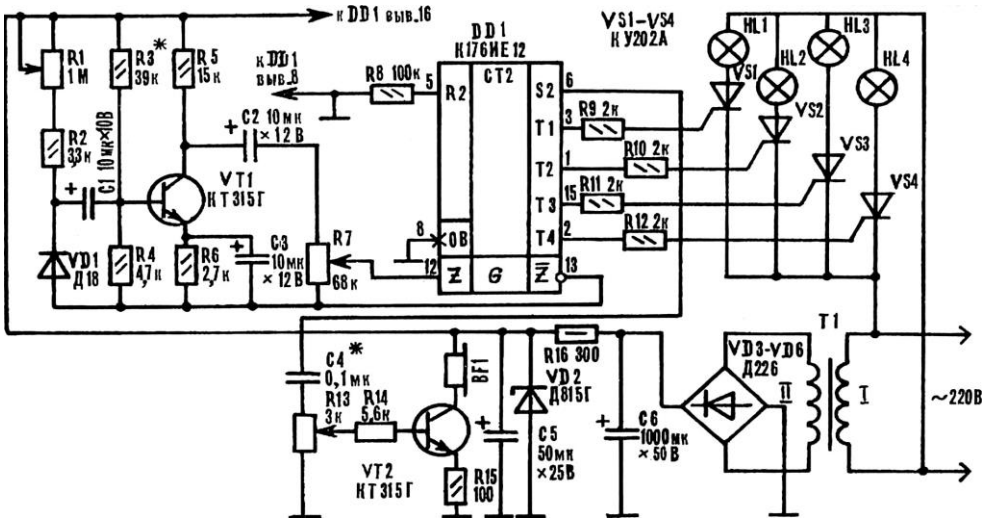


Рисунок 2 – Схема устройства, имитирующего горение и потрескивание дров в камине

Устройство состоит из генератора «белого шума», усилителя, делителя частоты, узла управления источниками света, имитатора “треска” дров и блока питания. Генератор «белого шума», собранный на транзисторе *VT*1, резисторах *R*1–*R*6. диоде *VD*1, конденсаторах *C*1–*C*3, вырабатывает сигнал, амплитуда и частота которого хаотически меняются. Этот сигнал поступает на регулятор уровня (переменный резистор *R*7) и далее на выводы 12 и 13 микросхемы К176ИЕ12. Особенность применения данной ИМС состоит в том, что ее генераторная часть выполняет функции усилителя звуковой частоты. В микросхеме усиленный сигнал поступает на делитель частоты, который через каждые 256 импульсов поочередно переключает уровень логической 1 на выходах Т1–Т4. Положительные

импульсы напряжения с указанных выходов через резисторы *R*9–*R*12 поступают в той же последовательности на управляющие электроды тринисторов *VS*1–*VS*4, открывают их, приводя к по очередному зажиганию ламп *HL*1–*HL*4, установленных в электрокамине за декоративной панелью с изображением дров. С вывода в *DD*1 сигнал поступает на имитатор треска дров, выполненный на транзисторе *VT*2, резисторах *R*13–*R*15 и телефоне *BF*1.

Так как в качестве опорного для микросхемы выбран сигнал, амплитуда и частота которого изменяются по случайному закону, то и частота мерцания ламп и громкость потрескиваний тоже будут постоянно меняться, создавая эффект «горения дров» в камине.

Рассмотрим устройство современных электрокаминов.

Главными элементами электрокамина выступает портал или очаг и элемент, который имитирует огонь. Часть, которая обогревает, называется топкой или кассетой. Обогревательная часть может соединяться с очагом постоянно или быть съемной и работать самостоятельно.

В каминах со встроенным очагом используют специальную кассету, изготовленную именно под данную модель. Как правило, они компактны, их работу можно регулировать, нередко их снабжают пультом дистанционного управления. Часто такие камины оснащают дополнительными элементами, такими как бар, подсветка, полочки и т.п.

Электрические камины со сменным электрическим очагом выпускают нескольких типоразмеров. В этом случае можно отдельно подобрать очаг, и отдельно – портал, в который вставляют очаг.

Для того чтобы электрокамин мог функционировать, его достаточно подключить через электро-розетку с напряжением 220 В. А дальше эксплуатировать в двух режимах: в режиме обогрева – «и светит и греет» и в декоративном режиме – «светит, но не греет». Параметры как того, так и другого режима можно регулировать.

Желаемая температура обогрева регулируется при помощи термостата. Он сам поддерживает необходимый режим работы камина.

В декоративном режиме, когда энергия на нагрев не расходуется, мощность камина не превышает 100 Вт, то есть не больше обычной лампочки.

Как показала практика, обогрев нужен далеко не всегда, имитация пламени достигает такого совершенства, что многие предпочитают включать камин и в жаркое время года, когда обогрев совершенно не нужен. И в этом преимущество электрокамина перед обычным камином.

Чтобы тепло нагревало не электрокамин, а окружающий воздух, в камин встроены зеркальные отражатели, направляющие тепло от нагревательных элементов наружу, либо установлен тепловентилятор, прогоняющий воздух через нагреватели. Тепловой поток направляется на пол впереди камина, а затем поднимается вверх. Умная электроника, которой оснащены современные электрокамины, позволяет плавно менять степень обогрева, от максимальной до полного отключения, причем, дистанционно. Это намного удобнее, чем регулировать режим работы настоящего камина при помощи кочерги и заслонки!

В некоторых наиболее совершенных моделях можно дистанционно настраивать не только степень обогрева, но и вид пламени: его можно заставить «пылать», «вспыхивать», «тлеть», «трепетать», и все это поочередно. Электрический камин горит ярко, как и обычный дровяной камин, весьма прост в обслуживании и он пожароустойчив.

Электрокамин по своему желанию может перенести в другое помещение, такого невозможно сделать с традиционным камином, также электрический камин способен сразу загораться или тухнуть и т.д. [6].

Электрокамин работает по принципу тепловентилятора. Тепло ощущается спустя считанные минуты работы камина. Тепло красиво дополняется специальным подвижным изображением имитирующий процесс горения огня.

Движение огня очень реалистично, в новейших моделях, имитацию порой сложно отличить от настоящего пламени. Нагретый воздушный поток равномерно распределяет тепло, при этом избегая поднятия пыли.

Основные технические возможности электрокаминов:

• обладают эффектом пламени, который имитирует настоящий огонь;

• можно использовать только для декорирования интерьера, когда за окном тепло, или объединить с функцией обогрева;

• площадь, которую могут обогревать электрические топки, составляет до 30 м^2;

• встроенный термостат может поддерживать заданную температуру, и при этом не потребуется дополнительных затрат энергии;

• обогревательная мощность электрокамина составляет до 2 кВт;

• в качестве управления электрокамином для некоторых моделей дополнительно идет пульт дистанционного управления;

• не требуется устройство дымохода.

Электрокамины, в отличие от каминов дровяных, являются устройствами абсолютно неприхотливыми. Их можно устанавливать практически в любом помещении, за исключением, пожалуй, лишь ванных комнат, бассейнов и т.п. мест с повышенной влажностью [7]. Другим немаловажным достоинством электрокаминов является простота их эксплуатации. Камин не требует регулярной чистки; кроме того, разумеется, отпадает необходимость растапливать камин и устраивать в квартире склад топлива для него. К недостаткам же электрокаминов относится, пожалуй, лишь особенности дизайна используемых в них декоративных элементов, изображающих пламя или угли. Огонь электрокамина, не всегда выглядит реалистично [8].

Электрокамины бывают различных типов:

• Механизированные камины. Большинство моделей электрических каминов основано на электромеханическом принципе достижения эффекта огня. Изменение света от светодиодов или ламп достигается за счет вращения электродвигателем фигурной маски либо отражения от частиц пленки из металла, закрепленной на вращающемся барабане. Проекция теней и бликов на экран или муляж дров и позволяет создать живой образ горящего пламени. К существенным недостаткам электромеханических моделей каминов относится постоянный шум от двигающихся деталей. Особенно это характерно для недорогих конструкций, в которых отсутствует низкое качество изготовления.

• Паровые электрокамины 3D. Не так давно появились электрокамины, в основу которых лег принципиально новый способ достижения эффекта пламени — так называемые камины с паром. Выпускаемый ультразвуковым парогенератором, холодный пар с подсветкой от цветных галогенных ламп или светодиодов создает удивительно достоверный эффект огня и дыма, при этом еще и достигая иллюзии объемности. Недостатком этих электрических очагов можно назвать потребность в систематической дозаправке воды и чистке солевых отложений, частота которых зависит от качества вливаемой воды. Однако полная иллюзия настоящего пламени компенсирует такие хлопоты по уходу.

• Электрокамины со встраиваемой техникой. Уровень развития в области цифровых и LCD технологий достиг такого уровня, что стало возможным встраивать жидкокристаллический экран в электрокамин, который будет воспроизводить видеозапись настоящего пламени.

• Электрокамины Opti-V с эффектом 5D. Прием, получивший название «призрак Пеппера», давно применяется иллюзионистами и театральными режиссерами. Его суть в расположенных под определенными углами зеркальных стеклах. Современные технологии позволили использовать эти масштабные театральные приемы в компактных конструкциях, ставших основой новой серии электрокаминов Opti-V (Opti-Virtual). В них виртуальное изображение огня с летящими искрами пространственно совмещается с макетами горящих поленьев, создавая эффект объема и реалистичности пламени.

Выделяют следующие виды электрических каминов [9]:

• открытый и закрытый;

• сферический, параболический, в виде цилиндра, в форме капли;

• камины, которые можно установить на пол, прикрепить на стену и универсальный.

Электрокамины, как и их классические собратья, приносят в дома тепло и уют. Если установка дровяного камина невозможно или его техническое обслуживание слишком дорого, то электрокамин станет для вас идеальной альтернативой.

Естественно, искусственный огонь никогда не сравнится с настоящим, он не потрескивает поленьями, не источает приятный аромат, однако у него есть массу преимуществ. Не надо проводить дымоход, ломать голову, где хранить уголь и дрова, а в случае ремонта вам стоит только переместить камин и подсоединить его к другой розетке.

Для тех, кто все же мечтает о классическом камине, а установка его затруднительна, то можно соорудить обычный кирпичный камин, а в качестве топки поставить электрический камин.

Литература

1. http://rahada.ru/page/istoriya-elektrokamina.html
2. http://www.remstroyinform.ru/elektrokamin-v-dome-istoriya-i-sovremennost
3. http://ydes.spb.ru/articles/kak_sozdaetsya_ehffekt_plameni_v_ehlektrokaminakh/
4. http://www.shemki.ru/readarticle.php?article_id=775
5. http://uchifiziku.ru/2011/07/15/kak-u-kamina

УДК 681.58.681.32

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ ИЗ 12 В 220 ВОЛЬТ

Азохов Д.Л, Дыдик П.П.
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Устройство, описанное ниже, преобразует постоянное автомобильное напряжение 12 В в переменное 220 В, с частотой 50 Гц. Выходная мощность около 30 Вт. Под нагрузкой потребляет ток около 2,5 А.

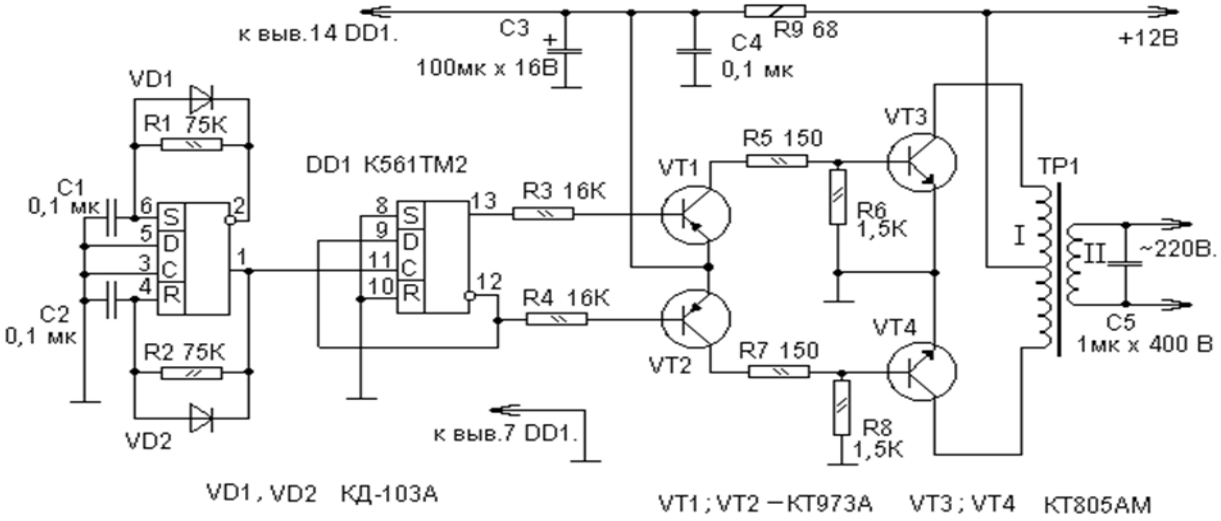


Рисунок 1 – Схема преобразователя напряжения из 12 в 220 вольт

Преобразователь содержит задающий генератор на частоту 100 Гц на триггере *DD*1.1, делитель частоты на 2 на триггере *DD*1.2, предварительный усилитель на транзисторах *VT*1, *VT*2 и усилитель мощности на транзисторах *VT*3, *VT*4, нагруженный трансформатором ТР1. Задающий генератор обладает высокой стабильностью частоты (не хуже 5% при изменении питающего напряжения от 6 до 15 В). Делитель частоты одновременно играет роль симметрирующей ступени, позволяя улучшить форму выходного напряжения преобразователя. Вторичная обмотка трансформатора Т1 с конденсатором *C*5 и нагрузкой образуют колебательный контур с резонансной частотой около 50 Гц. Микросхему К561ТМ2 можно заменить на К564ТМ2. Вместо транзисторов КТ973Б можно использовать составной эмиттерный повторитель на транзисторах серий КТ361 и КТ502. Конденсаторы *C*1 и *C*2 – К73-17, *C*3 – КМ5, *C*4 – К50-6, *C*5— МБГО на напряжение не ниже 400В. Транзисторы *VT*3, *VT*4 следует разместить на теплоотводах с полезной площадью около 8 см^2 каждый; при использовании металлических транзисторов радиатор не обязателен. Трансформатор Т1 можно перемотать из любого сетевого трансформатора мощностью 30..50 Вт. Все вторичные обмотки удаляют (сетевая будет служить обмоткой II), а вместо них наматывают проводом ПЭЛ или ПЭВ-21, 28 две полуобмотки, каждая с числом витков, соответствующим коэффициенту трансформации около 20 по отношению с оставленной обмоткой на 220 В. Собранный из исправных деталей преобразователь не требует налаживания, за исключением подборки конденсатора из условия получения максимального выходного напряжения при подключенной нагрузке.

Для получения «синусоиды» на выходе преобразователя обычно используют широтно-импульсную модуляцию, изображенную на рисунке 3. Но можно получить

«синусоиду» на выходе преобразователя напряжения без использования микропроцессора и программатора, т.е. наиболее простым аппаратным способом. Широтно-импульсный модулятор построен на микросхеме *DD*3, содержащей два инвертора на полевых (p-канальных и n-канальных) транзисторах. Западный аналог этой микросхемы *CD*4007. Выходное сопротивление транзисторов этой ИМС почти линейно зависит от входного напряжения. Широтно-импульсная модуляция реализуется изменением скважности импульсов генератора в соответствии с входным напряжением, поступающим с интегрирующей цепочки *R*5, *C*3, *R*6, *C*2. Само изменение частоты колебаний минимально зависит от скважности, так как выходное сопротивление одного транзистора возрастает, а другого всегда уменьшается при любой величине управляющего напряжения. Таким образом, среднее за период значение шунтирующего резистор *R*8 сопротивления остается постоянным. Частота колебаний генератора соответствует 2 кГц.

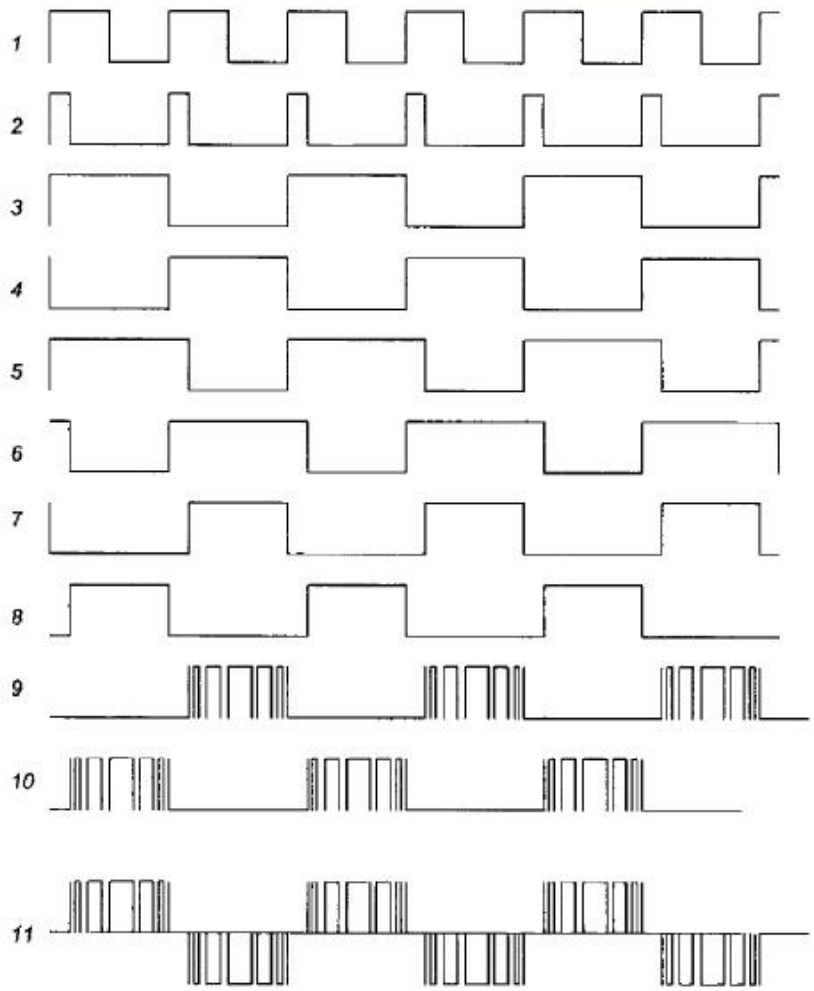


Рисунок 3 - Диаграммы сигналов в определенных точках преобразователя

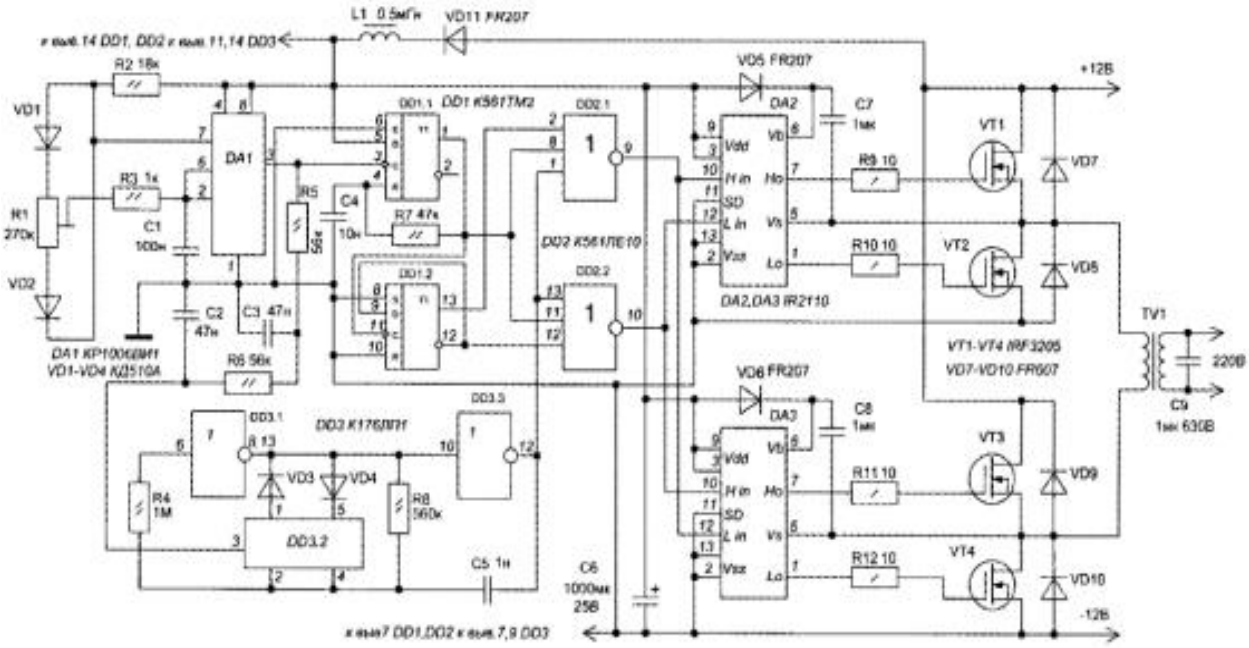


Рисунок 4 – Схема преобразователя напряжения с синусоидальным выходом

Достоинства:

- возможность достичь высокого коэффициента стабилизации;
- высокий КПД;
- большой диапазон входных напряжений, нередко с более чем двукратным перекрытием: типичные значения без переключения и без значительного ухудшения КПД для распространённых схем составляют 18…75 В пост. напряжения или 90…260 В переменного напряжения;
- нечувствительность к частоте входного напряжения переменного тока, влияющей только на работу входного выпрямителя и фильтра;
- нечувствительность к качеству электропитания (к примеру, наличию гармонических составляющих переменного тока);
- лёгкость в дистанционном управлении и отключении;
- малые габариты и масса;
- меньшая стоимость.

Литература

1. http://radio-stv.ru/radiolyubitelskie-shemyi/preobrazovateli-napryazheniya/preobrazovatel-napryazheniya-dc-ac

2.http://www.joyta.ru/4234-avtomobilnyj-preobrazovatel-napryazheniya-12-220-volt/

3.http://cxem.net/pitanie/5-235.phphttp://radiostroi.ru/index.php/dliaavfto/193----12-220.html

ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА

Н.С. Сомов, О.Е. Сычёв.
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.И. Можар

Рост мирового энергопотребления и неизбежное сокращение природных запасов углеводородного топлива существенно подняли интерес к использованию возобновляемых источников энергии. Выработка электроэнергии на базе возобновляемых источников является значимой составной частью мирового энергопроизводства.

Запасы ветровой энергии, по сути дела, безграничны. Эта энергия возобновляема, и в отличие от тепловых станций ветроэнергетика не использует богатства недр, а ведь добыча угля, нефти, газа связана с огромными затратами труда. К тому же тепловые станции загрязняют окружающую среду, а плотины ГЭС создают на реках искусственные моря, нарушая природное равновесие.

Все ветроэлектростанции работают по одному принципу: преобразуют линейную скорость ветра в угловую скорость вращения оси ветрогенератора. Генератор ветроэлектростанции преобразует вращательное движение в электроэнергию.

Для промышленной ветроэлектростанции все аналогично, только присутствуют системы слежения за направлением и скоростью ветра, которая направляет лопасти в сторону ветра и прекращает их работу в случае превышения допустимых скоростей, системы слежения за состоянием ветрогенератора и системы защиты от молний.

Направленный поток воздуха вращает лопасти ротора. Эффективность ветроэлектростанций все время увеличивается с появлением новых материалов и систем трёхмерного проектирования. Затем ротор передает вращение на генератор, который подает выработанное электричество через контроллер на аккумуляторы. Ветроэнергетическая установка на выходе электронного регулятора имеет 24, 48 или 96 вольт постоянного тока. Такое напряжение можно использовать для обогрева зданий, питания водных насосов, освещения и т.д.

Тем не менее, в основном ВЭУ используется обычными потребителями, пользующимися напряжением 220 вольт переменного тока с частотой 50 Гц. Для этого к выходу электронного регулятора необходимо подключить соответствующее устройство преобразования - инвертор. Инвентор преобразует электричество в переменный, который потребляет большинство электроприборов. Простота метода и его экологичность позволяет делать ветроэлектростанции все более популярными.

ВЭУ может включать в себя следующие устройства:

Мачта – обычно, чем выше мачта, тем стабильнее и сильнее сила ветра. Отсюда следует – чем выше мачта, тем больше выработка генератора. Мачты бывают разных форм и высот.

Контроллер – управляет многими процессами ветроустановки, такими, как поворот лопастей, заряд аккумуляторов, защитные функции и др. Он преобразовывает переменный ток, который вырабатывается генератором в постоянный для заряда аккумуляторных батарей.

Аккумуляторные батареи – накапливают электроэнергию для использования в безветренные часы. Также они выравнивают и стабилизируют выходящее напряжение из генератора. Благодаря им вы получаете стабильное напряжение без перебоев даже при порывистом ветре. Питание вашего объекта идёт от аккумуляторных батарей.

Анемоскоп и датчик направления ветра – отвечают за сбор данных о скорости и направлении ветра в установках средней и большой мощности.

АВР – автоматический переключатель источника питания. Производит автоматическое переключение между несколькими источниками электропитания за промежуток в 0,5 секунды при исчезновении основного источника. Позволяет объединить ветроустановку, общественную электросеть, дизель-генератор и другие источники питания в единую

автоматизированную систему. Внимание: АВР не позволяет работать сети одного объекта одновременно от двух разных источников питания!

Инвертор – преобразовывает ток из постоянного, который накапливается в аккумуляторных батареях, в переменный, который потребляет большинство электроприборов. Инверторы бывают четырёх типов:

Модифицированная синусоида – преобразовывает ток в переменный с напряжением 220В с модифицированной синусоидой (квадратная синусоида). Пригоден только для оборудования, которое не чувствительно к качеству напряжения: освещение, обогрев, заряд устройств и т.п.

Чистая синусоида - преобразовывает ток в переменный с напряжением 220В с чистой синусоидой. Пригоден для любого типа электроприборов: электродвигатели, медицинское оборудование и др.

Трехфазный – преобразовывает ток в трехфазный с напряжением 380В. Можно использовать для трехфазного оборудования.

Сетевой – в отличие от предыдущих типов позволяет системе работать без аккумуляторных батарей, но его можно использовать только для вывода электроэнергии в общественную электросеть. Их стоимость, обычно, в несколько раз превышает стоимость несетевых инверторов. Иногда они стоят дороже, чем все остальные компоненты ветроустановки вместе взятые.

Возможно, в скором будущем мы сможем увидеть солнечные панели, ветровые установки и приливные станции и в Беларуси. Но для этого необходимо не только вести разработки в этой области, а в этом мы сильно отстали, но и воплощать их в «жизнь». Можно сказать, что в Беларуси имеются энергетические технологии, использующие основные возобновляемые источники энергии. Правда, уровень их развития совершенно не отвечает ни потребностям государства, ни реальным возможностям полноценного применения возобновляемых источников энергии.

Литература

1. http://www.umnydom-nn.ru/?p=4176
2. http://ecost.lviv.ua/ru/pr_work.html
3. http://www.windenergy.kz/rus/articles/1/page/1/6

СЕРВОДВИГАТЕЛИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Шиманюк Ю.С.
Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

Серводвигатель – это специальный электрический двигатель с отрицательной обратной связью, предназначенный для использования в станках с числовым программным управлением. Серводвигатели обладают высокими скоростными характеристиками, и точностью позиционировании**.**

История развития серводвигателя

В основном в серво использовались 3 полюсные коллекторные двигатели в которых тяжелый ротор с обмотками вращается внутри магнитов.

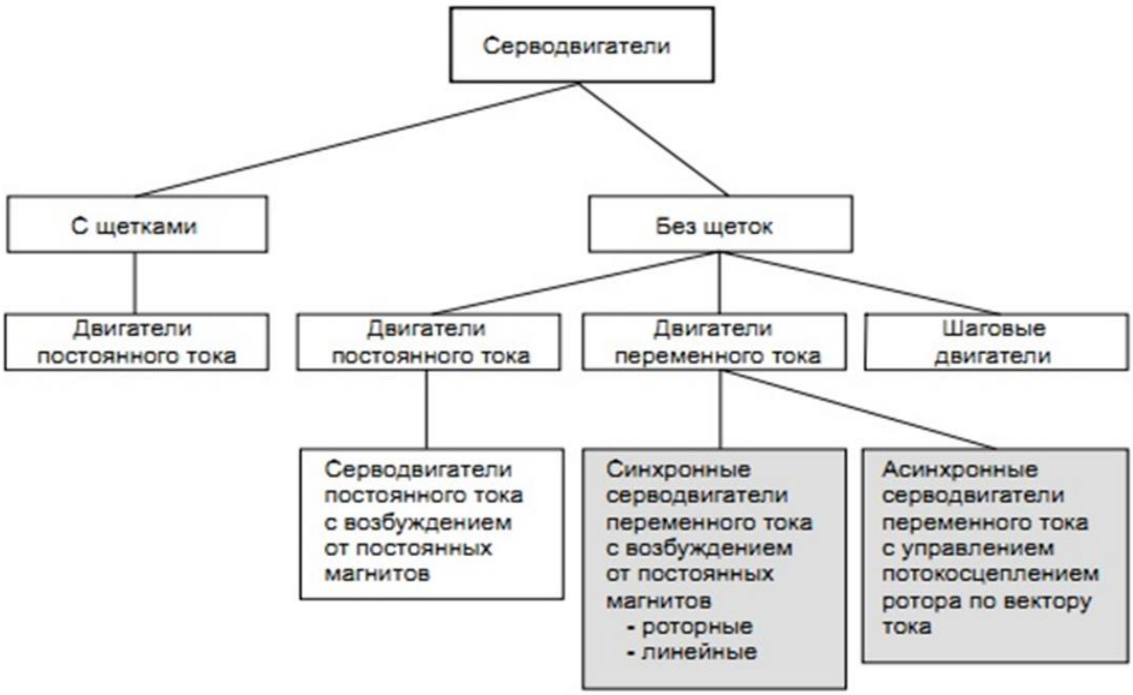
Первое усовершенствование, которое было применено — увеличение количества обмоток до 5. Таким образом, вырос вращающий момент и скорость разгона. Второе усовершенствование — это изменение конструкции мотора. Стальной сердечник с обмотками очень сложно раскрутить быстро. Поэтому конструкцию изменили — обмотки находятся снаружи магнитов, и исключено вращение стального сердечника. Таким образом, уменьшился вес двигателя, уменьшилось время разгона и возросла стоимость.

Ну и наконец, третий шаг — применение бес коллекторных двигателей. У бес коллекторных двигателей выше КПД, так как нет щёток, и трущихся частей. Они более эффективны, обеспечивают большую мощность, скорость, ускорение, вращающий момент.

Основными элементами конструкции серводвигателя являются:

• ротор;
• статор;
• элементы для подключения в виде штекерных разъемов или клеммой коробки;
• датчик обратной связи.

Серводвигатели можно разделить наследующие группы:



Серводвигатели обладают следующими характеристиками:

• высокая динамика,
• высокая точность позиционирования,
• высокая перегрузочная способность в широком диапазоне частоты вращения.

Кроме того, серводвигатели имеют следующие особенности:
• высокая точность поддержания заданной частоты вращения;
• широкий диапазон регулирования частоты вращения;
• малое время разгона;
• малое время регулирования вращающего момента;
• большой пусковой момент;
• малый момент инерции;
• малая масса;
• компактная конструкция.

Так как датчик обычно контролирует приводимый элемент, электрический сервопривод имеет следующие **преимущества перед шаговым двигателем**:

не предъявляет особых требований к электродвигателю и редуктору — они могут быть практически любого нужного типа и мощности (а шаговые двигатели, как правило, маломощны и тихоходны);

гарантирует максимальную точность, автоматически компенсируя:

механические (люфты в приводе) или электронные сбои привода;

постепенный износ привода, шаговому же двигателю для этого требуется периодическая юстировка;

тепловое расширение привода (при работе или сезонное), это было одной из причин перехода на сервопривод для позиционирования головок в жестких дисках;

обеспечивая немедленное выявление отказа (выхода из строя) привода (по механической части или электронике);

большая возможная скорость перемещения элемента (у шагового двигателя наименьшая максимальная скорость по сравнению с другими типами электродвигателей);

затраты энергии пропорциональны сопротивлению элемента (на шаговый двигатель постоянно подаётся номинальное напряжение с запасом по возможной перегрузке);

Недостатки в сравнении с шаговым двигателем

необходимость в дополнительном элементе – датчике;

сложнее блок управления и логика его работы (требуется обработка результатов датчика и выбор управляющего воздействия, а в основе контроллера шагового двигателя — просто счётчик);

проблема фиксирования: обычно решается постоянным притормаживаем перемещаемого элемента либо вала электродвигателя (что ведёт к потерям энергии) либо применение червячных/винтовых передач (усложнение конструкции) (в шаговом двигателе каждый шаг фиксируется самим двигателем).

сервоприводы, как правило, дороже шаговых.

Сервопривод, однако, возможно использовать и на базе шагового двигателя или в дополнение к нему до некоторой степени совместив их достоинства и устранив конкуренцию между ними (сервопривод осуществляет грубое позиционирование в зону действия соответствующей параметрической системы шагового двигателя, а последняя осуществляет окончательное позиционирование при относительно большом моменте и фиксации положения).

Серводвигатели широко применяются в промышленности, например, в металлургии, в станках с ЧПУ, пресса-штамповочном оборудовании, автомобильной промышленности, тяговом подвижном составе железных дорог.

Литература

1. Гусев Н.В., Букреев В.Г. «Системы цифрового управления многокоординатными следящими системами». Издательство Томского политехнического университета, 2007
2. «Sew Eurodrive. Сервоприводы. Основы, характеристики, проектирование». Серия "Практика приводной техники". ЗАО СЕВ-ЕВРОДРАЙФ, СПб. Том 7,01.2000. – 73 с.

ПЛЕНОЧНАЯ МИКРОСХЕМА

Гребень В.В.
Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

Пленочная микросхема – микросхема, все элементы и межэлементные соединения которой выполнены только в виде пленок проводящих и диэлектрических материалов. Вариантами пленочных микросхем являются тонкопленочные и толстопленочные микросхемы.

Пленочные микросхемы представляют собой законченные электронные схемы, состоящие из пленочных деталей, наносимых па одну общую для всей схемы изоляционную подложку. Разработаны след, разновидности топких пленок: изолирующие, проводящие, сверхпроводящие, магнитные и полупроводниковые.

Пленочная микросхема представляет собой подложку, которую изготавливают из сапфира, керамик и прочего, всегда обладают прямоугольной конфигурацией и толщиной порядка от 0,2 мм до 1 мм., на которую нанесены активные элементы. Активными элементами микросхем являются различные полупроводниковые элементы – от кремневых плат до герметизированных приборов. Активные элементы (диоды, транзисторы) не делаются пленочными, так как не удалось добиться их хорошего качества. Эти элементы подсоединяются к пассивной части схемы путем пайки или сварки. Подложки не должны вступать в химические реакции с материалами плёнок, обязаны обладать низкой степенью шероховатости поверхности, должны обладать высоким электрическим сопротивлением. Комплекс работ, связанных с определением оптимальных геометрических размеров пленочных элементов микросхемы, их формы, методов соединения, а также последовательности нанесения слоев пленки на подложку, называется топологией. В зависимости от топологии для изготовления микросхемы используются различного рода трафареты, выполняемые с помощью фотолитографии или электроискровым методом из медной фольги, никеля, стали и других материалов толщиной 0,07...0,15 мм. Трафареты накладывают на подложку, закрывая ту ее часть, которая не предназначена для напыления. Наиболее сложным процессом при нанесении пленочных элементов является совмещение трафаретов, так как для изготовления отдельных микросхем иногда требуется наложение до 15 трафаретов. Принято различать тонкопленочные микросхемы, у которых толщина пленок не более 2 мкм, и толстопленочные микросхемы, у которых толщина пленок значительно больше.

Разница между этими микросхемами заключается не столько в толщине пленок, сколько в различной технологии их нанесения. Подложки представляют собой диэлектрические пластинки толщиной 0.5 — 1,0 мм. Тщательно отшлифованные и отполированные. Толстые пленки наносят на подложку методом шелкографии, вжигания и электрохимического осаждения. Достоинством толстопленочных микросхем является возможность применения для их изготовления простейшей технологии без использования дорогостоящего оборудования.

Тонкие пленки в отличие от толстых позволяют создавать прецизионные пассивные элементы с параметрами более широкого диапазона, однако их производство требует больших затрат на специальное вакуумное оборудование. Нанесение тонких пленок осуществляется путем термического испарения в вакууме, распыления бомбардировкой ионами и химического осаждения. В зависимости от выполняемых функций различают: пленочные резисторы, пленочные конденсаторы, пленочные катушки. Пленочные резисторы. Плёночные резисторы, изготавливают из никеля, керметы, тантала, хрома и т.д. со связующим веществом, имеют прямоугольную конфигурацию. С целью повышения сопротивления резистора его выполняют в виде соединённых друг с другом многочисленных элементарных одинаковых участков Г-образной или П-образной конфигурации, которые повторяют до тех пор, пока не будет получено необходимое сопротивление. Если

сопротивление резистора не должно быть очень большим, то пленка делается из сплава высокого сопротивления, например из нихрома. А для резисторов высокого сопротивления применяется смесь металла с керамикой. На концах резистивной пленки делаются выводы в виде металлических пленок, которые вместе с тем являются линиями, соединяющими резистор с другими элементами. Сопротивление пленочного резистора зависит от толщины и ширины пленки, ее длины и материала. Для увеличения сопротивления делают пленочные резисторы зигзагообразной формы. Удельное сопротивление пленочных резисторов выражают в особых единицах – Ом на квадрат, так как сопротивление данной пленки в форме квадрата не зависит от размеров этого квадрата.

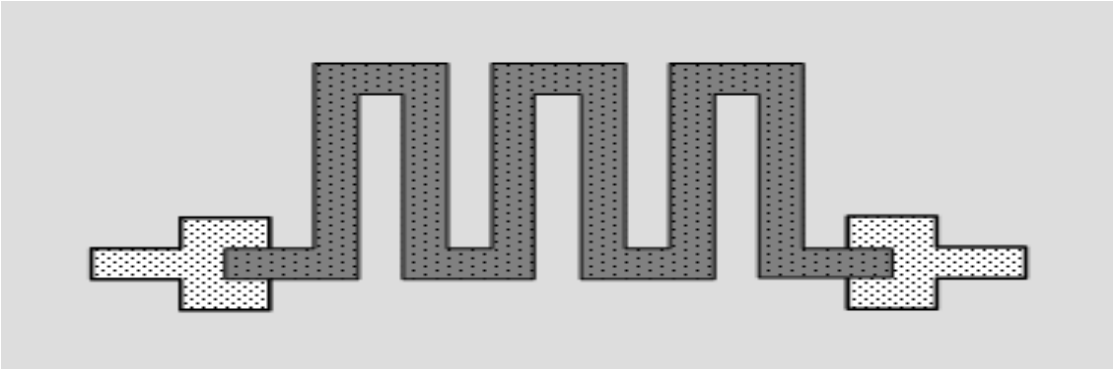


Рисунок. 1 Пленочный резистор

Пленочные конденсаторы

Пленочные конденсаторы чаще всего делаются только с двумя обкладками. Одна из них наносится на подложку и продолжается в виде соединительной линии, затем на нее наносится диэлектрическая пленка, а сверху располагается вторая обкладка, также переходящая в соединительную линию. В зависимости от толщины диэлектрика конденсаторы бывают тонко- и толстопленочными. Диэлектриком обычно служат оксиды кремния, алюминия или титана. Удельная емкость может быть от десятков до тысяч пикофарад на квадратный миллиметр, и соответственно этому при площади конденсатора в 25 мм^3 достигаются номинальные емкости от сотен до десятков тысяч пикофарад. Точность изготовления ± 15 %.

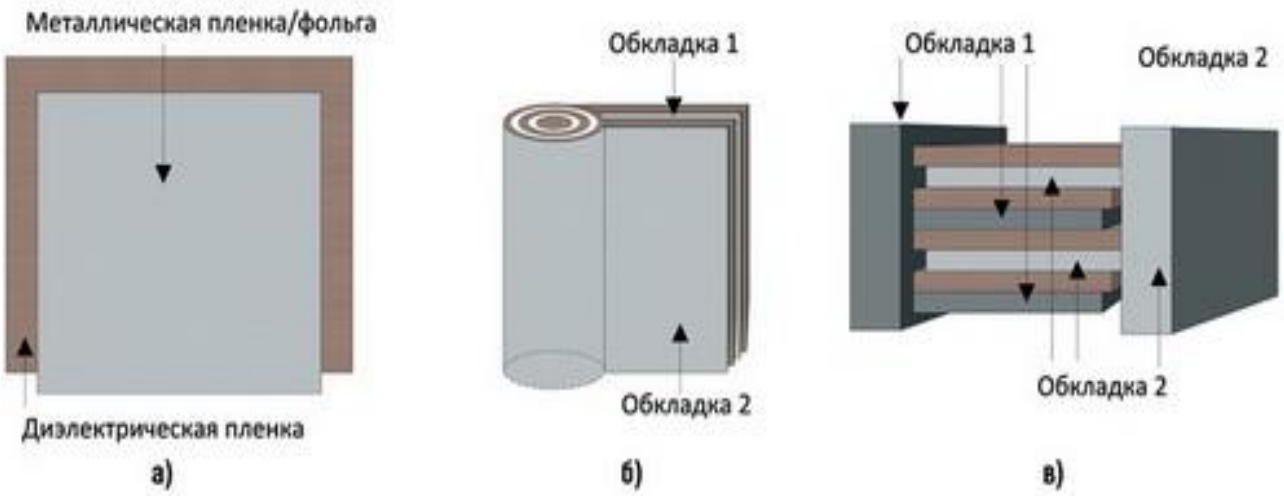


Рисунок 2 Пленочные конденсаторы

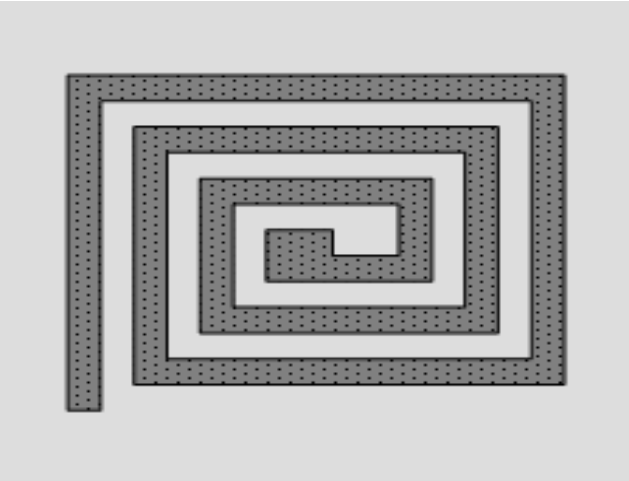
Области применения пленочных конденсаторов

Область	Пример	Особые требования	Тип конденсатора
Дозиметрические цепи (медицина, измерительная техника)	Устройства выборки-хранения	Низкий уровень абсорбции, малый саморазряд	Полипропиленовый, полистирольный
	Измерительные схемы датчиков с высоким импедансом	Низкие токи утечки, большое сопротивление изоляции, малый саморазряд	Полипропиленовый, полистирольный
	Времязадающие цепи интеграторов, преобразователей напряжения-частоты, цепи подстройки частоты и др.	Низкий уровень абсорбции, малый саморазряд	Полипропиленовый, полистирольный
Низковольтные цепи (медицина, транспорт, промышленность)	Помехоподавляющие фильтры	Низкая индуктивность, малое значение tg*d*	Полипропиленовый, полистирольный, полиэтилентерефталатный
Высоковольтные цепи (промышленность, транспорт)	Высоковольтные фильтры	Большой ток разряда, низкий уровень абсорбции, малое значение tg*d*, надежность	Полипропиленовый, полиэтилентерефталатный
Высокочастотные цепи (телекоммуникация, промышленность)	Усилители высокочастотных сигналов, высококачественные активные фильтры	Низкая индуктивность, низкий уровень абсорбции, малое значение tg*d*	Полипропиленовый, полистирольный

Пленочные катушки

Пленочные катушки делаются в виде плоских спиралей, чаще всего прямоугольной формы. Ширина проводящих полосок и просветов между ними обычно составляет несколько десятков микрометров. Тогда получается удельная индуктивность 10 — 20 мГн/мм^2. На площади 25 мм^2 можно получить индуктивность до 0,5 мкГн. Обычно такие катушки делаются с индуктивностью не более нескольких микрогенри. Увеличить индуктивность можно нанесением на катушку ферро магнитной пленки, которая выполняет роль сердечника. Некоторые трудности возникают при устройстве вывода от внутреннего конца пленочной катушки. Приходится для этого наносить на соответствующее место катушки диэлектрическую пленку, а затем поверх этой пленки наносить металлическую пленку.Пленочные элементы имеют ряд преимуществ по сравнению с навесными объемными микроэлементами. Так, например, резисторы обладают малым уровнем шумов, большим удельным сопротивлением, конденсаторы — повышенной стабильностью, хорошим температурным коэффициентом. Метод напыления тонких пленок позволяет создавать не только функциональные микросхемы, но и полосковые СВЧ-элементы,

электронно-управляемые переключатели мощности и различного рода ЛС-цепи с распределенными параметрами



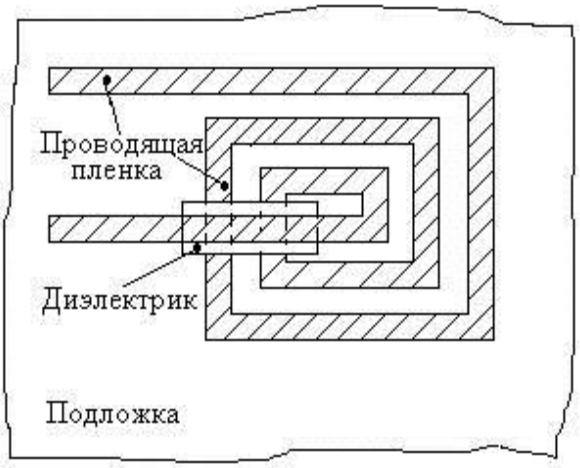


Рисунок 3 Пленочные катушки

Главные достоинства пленочных микросхем – малые размеры и масса, малая потребляемая мощность, высокая надежность за счет уменьшения числа паяных соединений, высокое быстродействие, так как при очень коротких соединительных линиях между элементами время пробега сигналов по этим линиям уменьшается, относительно низкая стоимость.

Наряду с большими достоинствами ИС имеют и некоторые недостатки. Прежде всего они являются маломощными. Устройства повышенной мощности на ИС сделать пока весьма трудно. Трудности возникают также при создании больших емкостей и индуктивностей. Соединения между микросхемами делаются по старым принципам, занимают значительный объем и снижают надежность.

Литература

1. http://moskatov.narod.ru/Books/The_electronic_technics/Introduction_in_microelectronics.html
2. http://www.ngpedia.ru/id156588p1.html
3. http://studopedia.org/1-91591.html
4. http://elektronik.by/?p=929