

Министерство образования Республики Беларусь  
Белорусский национальный технический университет  
Энергетический факультет

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ



**Материалы 76 – й  
научно – технической  
конференции студентов  
и аспирантов**

Секция  
**ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА**

*Электронный учебный материал*

**Минск 2020**

УДК 621.311  
ББК 31 я 43  
А 43

**Рецензент**

Доцент кафедры автоматизированных систем управления производством  
УО БГТАУ к.т.н., доцент И.П. Матвеевко.

Составитель Жуковская Т.Е.

В сборник включены материалы 76 – й научно-технической конференции студентов и аспирантов БНТУ «Актуальные проблемы энергетики» (апрель 2020 г.) Секция «Электротехника и электроника».

Белорусский национальный технический университет.  
Энергетический факультет.  
пр - т Независимости, 65/2, г. Минск, Республика Беларусь  
Тел.: (017) 292-42-32 Факс: 292-71-73  
E-mail: ef@bntu.by  
<http://www.bntu.by/ef.html>  
Регистрационный № БНТУ/ЭФ39 -103.2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ПРИНЦИП РАБОТЫ ПУЛЬСОМЕТРА</b>   | <b>6</b>  |
| Есина М.А., Серенкова Е.П.  | 6         |
| Научный руководитель – к.т.н., доцент Бладыко Ю.В.  | 6         |
| <b>ТРАНСФОРМАТОРЫ: ВИДЫ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИХ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ</b>  | <b>11</b> |
| Бобрович Н. Ю.  | 11        |
| Научный руководитель – к.т.н., доцент Сизиков С.В.  | 11        |
| <b>КРАТКИЙ ОБЗОР ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ</b>  | <b>14</b> |
| Хорольский П.Д.   | 14        |
| Научный руководитель – к.т.н., доцент Сизиков С.В.  | 14        |
| <b>ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСОВ</b>                                      | <b>19</b> |
| Ковалёнок Н.А.  | 19        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Зеленко В.В.   | 19        |
| <b>НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ И УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИБОРОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ</b> | <b>21</b> |
| Спиридонова Е.Н., Сокол А.А.  | 21        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.   | 21        |
| <b>ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ</b>   | <b>28</b> |
| Долмат Д.Г.   | 28        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.   | 28        |
| <b>ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ГЕНЕРАТОРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ</b>  | <b>33</b> |
| Гусько В.А., Войницкий М.В.   | 33        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.   | 33        |
| <b>РАЗНОВИДНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ ВЕСОВ</b>  | <b>40</b> |
| Кардаш Н.А., Корначева Г.А.   | 40        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.   | 40        |
| <b>ПРИМЕНЕНИЕ КОММУНИКАЦИЙ БЛИЖНЕГО ПОЛЯ</b>  | <b>44</b> |
| Протасевич Т.М, Шибeko А.С.   | 44        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.   | 44        |
| <b>КОНЦЕПЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА</b>   | <b>47</b> |
| Швед П.Ю., Цыцына О.В., Коломиец Е.И.   | 47        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.   | 47        |
| <b>ЭВОЛЮЦИЯ МИКРОПРОЦЕССОРОВ В КОМПЬЮТЕРАХ</b>  | <b>50</b> |
| Хилько А.Д., Хатько А.А.  | 50        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.   | 50        |
| <b>НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ПОМЕХАМИ В СИЛОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ</b>  | <b>54</b> |
| Бондаренко Е.А., Савко А.В.   | 54        |
| Научные руководители – старшие преподаватели Михальцевич Г.А., Зеленко В.В.   | 54        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ПРИБОРОВ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО<br/>ОБСЛЕДОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА</b>                    | <b>57</b> |
| Турунок П.С., Лавров М.В.   | 57        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.                                       | 57        |
| <b>ПРИНЦИП РАБОТЫ И СРАВНЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО АППАРАТА И<br/>АППАРАТА МАГНИТОРЕЗОНАНСНОЙ ТЕРАПИИ</b> | <b>62</b> |
| Уткин И.А., Танкевич А.В., Карелин В.А.   | 62        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.                                       | 62        |
| <b>СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ</b>  | <b>66</b> |
| Смыкал Е.И., Шепелев М.В., Яковенко А.Д.  | 66        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Новикова Л.И.  | 66        |
| <b>НОВЫЕ КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ</b>  | <b>69</b> |
| Адинцова Е.Ю., Макеева М.Б.   | 69        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.  | 69        |
| <b>ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ</b>  | <b>72</b> |
| Савицкая В.И., Войтович Д.А.  | 72        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.  | 72        |
| <b>ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ</b>  | <b>76</b> |
| Акуленец А.А., Козинцов Н.Д.  | 76        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.  | 76        |
| <b>ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА С ПОМОЩЬЮ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПАР<br/>ИЗ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА</b>              | <b>79</b> |
| Рапута А.В.   | 79        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.  | 79        |
| <b>ПРОЕКТ “НЕБЕСНЫЙ ЗМЕЙ”</b>   | <b>81</b> |
| Буча Е.В.   | 81        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.  | 81        |
| <b>АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И<br/>ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ</b>                     | <b>83</b> |
| Лось А.В., Худенко Д.В.   | 83        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.  | 83        |
| <b>ВЕТРОГЕНЕРАТОР КОМПАНИИ ARCHIMEDES</b>   | <b>86</b> |
| Судак А.А.  | 86        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.  | 86        |
| <b>ПРОБЛЕМЫ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ</b>   | <b>88</b> |
| Сырица Е.А.   | 88        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.  | 88        |
| <b>ПРОЕКТ WINDSTALK</b>   | <b>92</b> |
| Мордас К.А.   | 92        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О. А.   | 92        |
| <b>ПРОЕКТ SAPHONIAN</b>   | <b>95</b> |
| Чешкин А.В.   | 95        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.  | 95        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ДУГА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ В ЗАПАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ</b> | <b>97</b>  |
| Сотникова А.А., Яцухно Я.С.                                       | 97         |
| Научные руководители – старший преподаватель Пекарчик О.А.        | 97         |
| <b>СЕЛЕКТИВНОЕ ЛАЗЕРНОЕ ПЛАВЛЕНИЕ</b>                             | <b>100</b> |
| Веремей В.Д.  | 100        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.       | 100        |
| <b>ИНДУКЦИОННЫЙ НАГРЕВ</b>  | <b>106</b> |
| Комаровский Т.Р.  | 106        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.       | 106        |
| <b>СПОСОБЫ ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ</b>                                   | <b>110</b> |
| Шахович А.Д.  | 110        |
| Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.       | 110        |
| <b>ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОДШИПНИКИ</b>                                | <b>115</b> |
| Осадчий Е.Н.  | 115        |
| Научный руководитель - старший преподаватель Жуковская Т.Е.       | 115        |
| <b>ПРИМЕНЕНИЕ СЕРВОПРИВОДА ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ</b>     | <b>121</b> |
| Данилович В.С.  | 121        |
| Научный руководитель - старший преподаватель Жуковская Т.Е.       | 121        |

УДК 621.38

## ПРИНЦИП РАБОТЫ ПУЛЬСОМЕТРА

Есина М.А., Серенкова Е.П.

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

Наша повседневная электроника оборудована датчиками, которые в свою очередь отслеживают активность человека. В качестве примера можно привести датчик положения, акселерометр, GPS-приемник, пульсометр, шагомер и многие другие. С большинством датчиков все интуитивно понятно, например, работа GPS основана на измерении временных изменений в скорости прохождения сигнал от спутников до устройства, то вот с датчиком измеряющего сердечный ритм могут быть некоторые недомолвки. Например, многие не знают, о том, как работает пульсометр и какими принципами он получает данные, давайте разберемся!

Как работает оптический пульсометр? В основе главного принципа работы оптического пульсометра, используемого в носимой электронике, лежит технология фотоплетизмографии. Если разобраться рассматриваемый сенсор состоит из светодиодов, которые испускают свет, и датчиков, регистрирующих уровень того, эффективности его отражения. Исторически сложилось, что одними из первых интеллектуальных портативных спектрофотометрических сенсоров стали фотоплетизмографы, оксиметры и пульсоксиметры.

Плетизмография как процесс. Плетизмография (от греческих слов "plethysmos"- набухание, наполнение и "grapho"- пишу) – это технология регистрации изменений объема тела в результате воздействия на него тех или иных факторов. Она начала применяться медиками еще в XIX веке. Одним из вариантов плетизмографии наряду с механической плетизмографией, электрической и другими видами является фотоплетизмография. Она основана на регистрации изменений интенсивности света после его прохождения сквозь биологическую ткань, обусловленных изменениями ее объема. В клинической практике процесс фотоплетизмографии чаще всего применяют, чтобы наблюдать так называемые "пульсовые волны" – изменения объемов участка тела, связанных с притоками крови в фазе систолы (сокращения мышц сердца и повышения артериального давления).

Принцип фотоплетизмографии. Изменения интенсивности света, которые мы наблюдаем при фотоплетизмографии, могут быть связаны с разными факторами – в зависимости от схемы наблюдения и от выбранной длины волны света. По этой причине требуется не фотометрия, а спектрофотометрия. В типичной фотоплетизмографии частей тела человека используют ближнее инфракрасное (БИК) излучение, оно минимально поглощается тканями и кровью. По этой же причине интенсивность этого света после прохождения через ткань является зависимым, от его рассеяния, которое изменяется при пульсовых изменениях объема. Таким образом, с разработкой пришли одноволновые фотоплетизмографы, которые по большей части используют свет одной длины волны 600-700 нм.

Сигнал, исходящий из сердечного пульса, непосредственно выходящий из фотоплетизмографа имеет волнообразную форму. Классический вид зависимости сигнала от времени на выходе фотоприемника на (рис. 1). Слева (рис.1, а) показан сигнал, в нем можно особо выделить постоянную и переменную составляющие тока. Справа (рис. 1, б) показана усиленная переменная составляющая сигнала. Она и называется фотоплетизмографией.

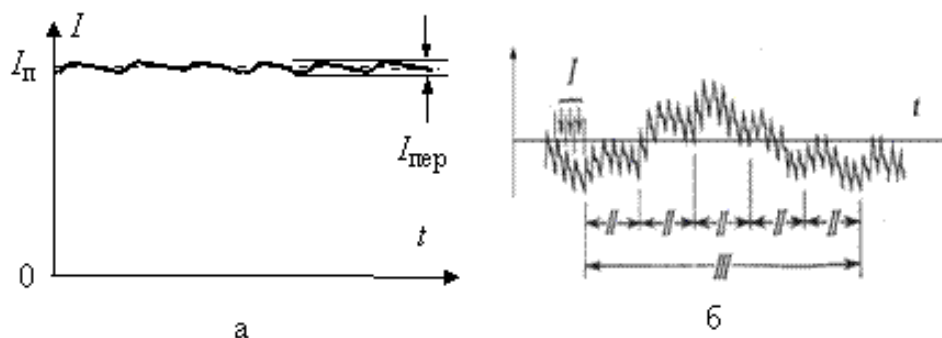


Рисунок 1. Классический показатель зависимости сигнала от времени на выходе фотоприемника: а) полномерный сигнал; б) увеличенная переменная составляющая сигнала.

Измерение пульса по электрокардиосигналу. История создания. После того, как в 19 веке была зафиксирована электрическая активность сердца, появилась возможность ее зарегистрировать. Виллем Эйнтховен (Willem Einthoven) был первым человеком, которому в 1902 году, при помощи – струнного гальванометра (string galvanometer), удалось это сделать. Он осуществил передачу ЭКГ по телефонному кабелю из больницы в лабораторию и, тем самым, реализовал идею удаленного доступа к медицинским данным! В 1924 году стал лауреатом Нобелевской премии. Эйндховен впервые получил настоящую электрокардиограмму (название он придумал сам), разработал производную систему – треугольник Эйндховена, а также ввел названия экс-сегментов. Наиболее известным является комплекс QRS-момент электрического возбуждения желудочков и зубца R, как наиболее выраженный элемент по своим временным и частотным свойствам этого комплекса. Три банки с “рассолом” и электрокардиограф весом 270 кг! Так зародился метод, который сегодня помогает миллионам людей.

Схема и внешний вид оптического датчика в носимой электронике. Датчик импульсов представляет собой, фотоплетизмограф, который является хорошо известным медицинским устройством, используемым для мониторинга ритма сердца. Фототранзисторы и светодиоды имеют попарное расположение на печатной плате. Размер платы выбирается таким образом, чтобы перекрывать всю область виска, что позволяет располагать там же схему усиления и фильтрации сигнала.

Так же, в плате может содержаться отверстия для крепления к ленте-тесьме. Внешний вид датчика с девятью чувствительными элементами представлен на (рис. 2).

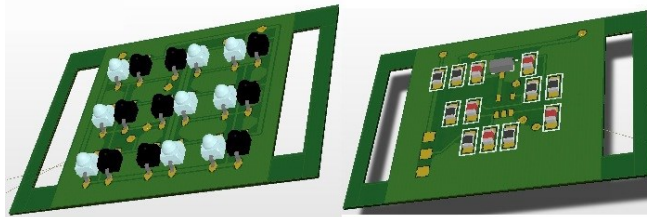


Рисунок 2. Датчик пульсометра, внешний вид

Для того, чтобы зарегистрировать фотоплетизмограммы, нужны фотоприемник и источник света. Источником, как правило, служит светодиод, а приемником служит фототранзистор или фотодиод. Свет, который излучается источником, поглощается телом человека. Если происходит изменение количества крови, изменяется поглощение света и сигнал на выходе фотоприемника.

Источник и приемник могут располагаться друг к другу двумя способами. Эти методы называются «на отражении» и «на просвете». В первом случае приемник и источник находятся в одной плоскости. Свет от источника попадает на кожу, частично поглощается и отражается, попадает на приемник. На следующем рисунке показан сенсорный элемент собственного производства. Он включает в себя печатную плату, припаянную к ней с фототранзистором и светодиодом. Провод идет к измерительной коробке. Затем сигнал отправляется с фотодетектора на схему усиления и фильтра. Пример этого показан на следующем рисунке. Резисторы R1 и R2 указывают светодиодный ток и рабочую точку фототранзистора. Разделительный конденсатор C1 удаляет постоянный компонент, возникающий в результате освещения комнаты, в которой происходит измерение. Подтягивающий резистор R3 перемещает напряжение в положительный диапазон (поскольку усилитель однополярен). Напряжение сдвига подается в обратную связь усилителя, чтобы избежать насыщения. После усиления сигнал отправляется на другую ступень разделения, чтобы окончательно снять напряжение сдвига. Затем оцифровка данных осуществляется с помощью АЦП (рис. 3).

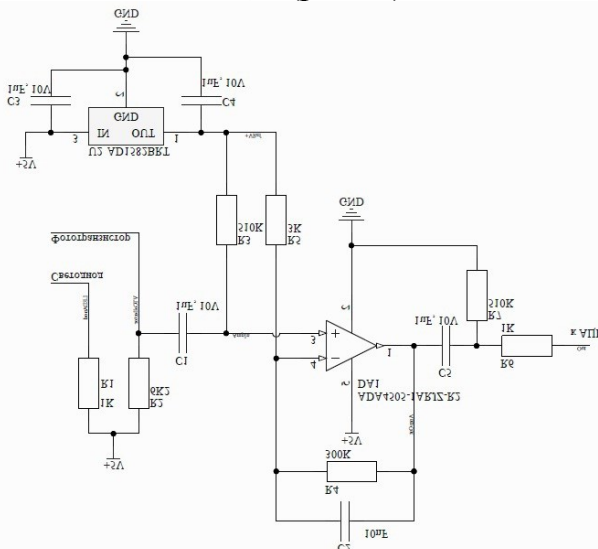


Рисунок 3. Принципиальная схема датчика пульса



Если говорить о современных технологиях и новых горизонтах, развитие этого способа связано, в первую очередь, с переосмыслением функционала оптического датчика. Подытожив, мы имеем идею измерения пульса по видеоизображению лица, для которого естественное освещение является подсветкой. Данное решение является оригинальным, так как видеокамера имеется в любом современном смартфоне, ноутбуке, а порой даже в умных часах или фитнес браслете.

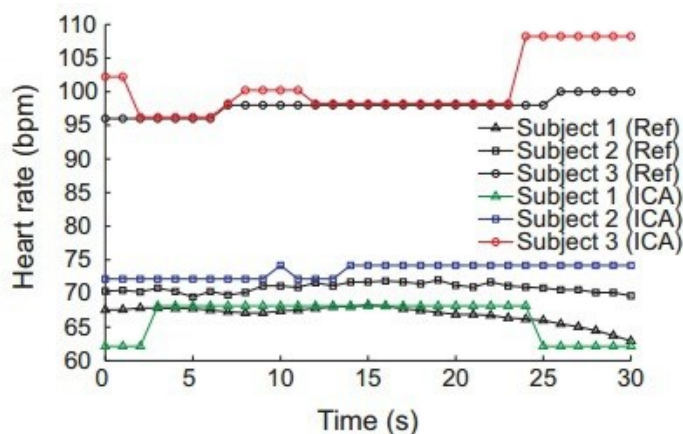
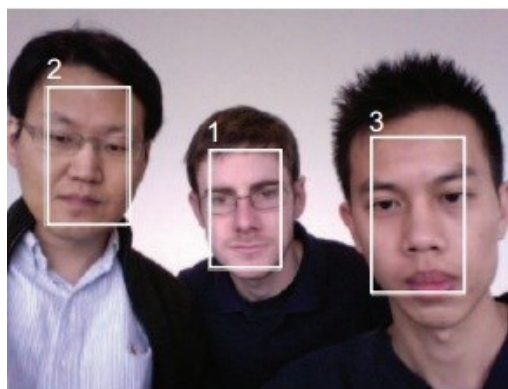


Рисунок 4. Субъект N3 явно напряжен – пульс под 100 уд/мин, наверно сдает работу своему руководителю Субъекту N2. Субъект N1 просто мимо проходил

Комфортную физиологическую оценку без использования электродов, может обеспечить дистанционное измерение сердечного пульса. Однако попытки на данный момент не автоматизированы, подвержены артефактам движения и, как правило, дороги. Этот новый подход может быть применен к цветным видеозаписям человеческого лица и основан на автоматическом отслеживании лица вместе со слепым разделением источников цветных каналов на независимые компоненты.

**Заключение.** Учитывая плюсы и минусы оптических пульсометров, которые используются в современной портативной технике, следует сформировать некоторые основные правила для наиболее точных результатов. По предположению ученых, проблема состоит в том, что трекеры на запястье одинаковы, в то время как все люди совершенно индивидуальны.

Сложность измерения и обработки физиологической информации методом фотоплетизмографии обусловлена индивидуальностью многих показателей биологического объекта и воздействием на зарегистрированный сигнал артефактов различной природы. Это может сделать отслеживание трудным или невозможным для некоторых людей. И это еще одна причина, по которой нам нужны исследования с большими объемами выборки, чтобы лучше понять, насколько хорошо эта технология работает в реальном мире. Во-первых, не рекомендуется слишком свободно застегивать браслет часов или трекера. Во-вторых, следует избегать переохлаждения запястья в холодную погоду. Для этого во время осенней пробежки можно носить одежду с рукавом, чтобы область кожи с часами/браслетом была теплой.

Наконец, третий совет - во время физических нагрузок не следует перегружать сердце. Если вы чувствуете, что сердце стучит, как отбойный молоток, а устройство показывает только 90 ударов в минуту, оно может быть не в состоянии захватить реальный ритм, потому что пульс слишком быстрый.

#### Литература

1. Алексеев, В.А. Автоматизированный фотоплетизмограф / В.А. Алексеев, С.А. Ардашев, С.И. Юран – Приборы и методы измерений. 2013;(1).– С 46-51
2. Интеллектуальные сенсоры: Учебное пособие / И.Д. Войтович, В.М. Корсунский — М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 624 с.
3. Мошкевич, В.С Фотоплетизмография / В.С. Мошкевич.– Медицина, – 1970.

УДК 621.313

## ТРАНСФОРМАТОРЫ: ВИДЫ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИХ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Бобрович Н. Ю.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Сизиков С.В.

Трансформатор (от латинского *transformato* - преобразую) - устройство для преобразования переменного тока с одним напряжением в переменный ток другого напряжения, которое зависит от величины коэффициента трансформации, который, в свою очередь, зависит от соотношения количества витков одной обмотки к другой.

Трансформаторы – это больше, чем просто взвешенные роботы, это также очень полезные устройства для передачи энергии между цепями. При использовании индуктивно связанных электрических проводников в качестве основного агента переноса изменение тока в первой цепи переносится на вторую цепь, которая впоследствии принимает новый заряд. Каждый конец цепи несет заряд внутри обмотки – первичной или вторичной, которая состоит из электропроводящего провода, намотанного вокруг противоположных концов сердечника трансформатора, который имеет высокую магнитную проницаемость, что делает возможным перенос.

Простейший трансформатор состоит из магнитопровода и двух расположенных на нем обмоток. Обмотки электрически не связаны друг с другом. Одна из обмоток — *первичная*, подключена к источнику переменного тока. К другой обмотке — *вторичной* подключают потребитель.

В идеальной ситуации изменение напряжения пропорционально, причем вторичная цепь получает напряжение по отношению к числу витков в первичной обмотке. Поэтому напряжение регулируется путем изменения числа витков в первичной обмотке на большее или меньшее, чем число витков во вторичной обмотке, что-либо увеличивает, либо уменьшает количество получаемого электричества.

Трансформаторы необходимы, когда речь заходит о национальной энергосистеме, и отвечают за передачу большого количества высоковольтной энергии на большие расстояния. Это не означает, что все трансформаторы большие – они бывают разных размеров – и некоторые из них, безусловно, не предназначены для высоких уровней мощности. В зависимости от предназначенной функции и количества необходимой мощности трансформаторы могут быть размером с ноготь или весить несколько сотен тонн.

Существуют различные типы электрических трансформаторов.

Ниже приведены некоторые из распространенных типов трансформаторов.

### Автотрансформаторы

Автотрансформаторы отличаются от традиционных трансформаторов тем, что у них общая обмотка. На каждом конце сердечника трансформатора находится концевая клемма для обмотки, но есть также вторая обмотка, которая соединяется в ключевой промежуточной точке, образуя третью клемму. Первая

и вторая клеммы подводят первичное напряжение, в то время как третья клемма работает рядом с первой или второй клеммой, обеспечивая вторичную форму напряжения. Первая и вторая клеммы имеют много совпадающих витков в обмотке. Напряжение одинаково для каждого витка в первой и второй клеммах. Адаптивный автотрансформатор является еще одним вариантом для этого процесса. Раскрывая, часть второй обмотки и используя скользящую щетку в качестве второй клеммы, можно изменять количество витков, изменяя, таким образом, напряжение.

#### Многофазные трансформаторы

Этот тип трансформатора обычно ассоциируется с трехфазной электроэнергией, которая является распространенным методом передачи больших объемов высоковольтной энергии, например, в национальной энергосистеме. В этой системе три отдельных провода несут переменный ток одинаковой частоты, но они достигают своего пика в разное время, что приводит к непрерывному потоку энергии. Иногда эти трехфазные системы имеют нейтральный провод, в зависимости от применения. В других случаях все три фазы могут быть объединены в один многофазный трансформатор. Это потребовало бы объединения и соединения магнитных цепей таким образом, чтобы охватить трехфазную передачу. Схемы намотки могут меняться, как и фазы многофазного трансформатора.

#### Трансформаторы утечки

Трансформаторы утечки имеют рыхлую связь между первичной и вторичной обмотками, что приводит к большому увеличению величины индуктивности утечки. Все токи поддерживаются на низком уровне с помощью трансформаторов утечки, что помогает предотвратить перегрузку. Они полезны в таких приложениях, как дуговая сварка и некоторые высоковольтные лампы, а также в чрезвычайно низковольтных приложениях, найденных в некоторых детских игрушках.

#### Резонансные трансформаторы

Как тип трансформатора утечки, резонансные трансформаторы зависят от свободного спаривания первичной и вторичной обмоток, а также от внешних конденсаторов, работающих в сочетании со вторичной обмоткой. Они могут эффективно передавать высокие напряжения и полезны для восстановления данных с определенных уровней частот радиоволн.

#### Аудиотрансформаторы

Первоначально найденные в ранних телефонных системах аудиотрансформаторы помогают изолировать потенциальные помехи и посылать один сигнал через несколько электрических цепей. Современные телефонные системы все еще используют аудиотрансформаторы, но они также встречаются в аудиосистемах, где передают аналоговые сигналы между системами. Поскольку эти трансформаторы могут выполнять несколько функций, таких как предотвращение помех, разделение сигнала или объединение сигналов, они используются во многих приложениях. Усилители, громкоговорители и микрофоны - все зависят от звуковых трансформаторов для того, чтобы правильно работать.

Вывод: все типы и виды трансформаторов широко применяются как в электроэнергетике страны в целом, так и в бытовых устройствах – в частности. Эти «молчаливые труженики» облегчают жизнь людей, создавая для них комфорт и удобство.

#### Литература

1. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. - М.: Высш. Шк., 2002. – 542 с.
2. Электротехника. Под ред. В.Г. Герасимова.- М.: Высш. Шк., 1985.– 480 с.
3. Общая электротехника. Под ред. В.С. Пантюшина.- М.: Высш. Шк., 1970. 568 с.
4. Касаткин А.С. Электротехника. -М.: Энергия, 1973.– 500 с.
5. Немцов М.В., Светлакова И.И. Электротехника. -Ростов-н/Д.: Феникс, 2004. 567с.
6. Электротехника. Под ред. Ю.Л. Хотунцева. -М.,: Агар, – 430 с.
7. Паначевский Б.И. Курс электротехники. - Харьков: Торсинг, Ростов-н/Д.: Феникс, 2002.– 288 с.
8. <http://www.mtomd.info/archives/2363> - Дата доступа: 18.10.2020

УДК 683.9

## КРАТКИЙ ОБЗОР ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ

Хорольский П.Д.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Сизиков С.В.

В этой статье предлагается кратко рассмотреть конструкцию и принцип работы трех основных видов электрометаллургических печей, используемых в металлургии.

Электрическая плавильная печь – это печь в которой электрическая энергия превращается в тепловую для расплавления металла. Одним из основных способов классификации электрических печей является классификация по способу превращения электрической энергии в тепловую. По этому признаку печи делятся на:

- 1) Дуговые печи
- 2) Печи сопротивления
- 3) Индукционные
- 4) И другие

Рассмотрим их по порядку.

### Дуговые печи

Принцип работы дуговой печи заключается в нагреве металла за счет горения электрической дуги между электродом и самим металлом.

Основными составляющими дуговой плавильной печи являются: ванна, пространство над ванной, механизмы подачи и крепления электродов, и системы управления режимами печи с прочей электрооснасткой (рис. 1).

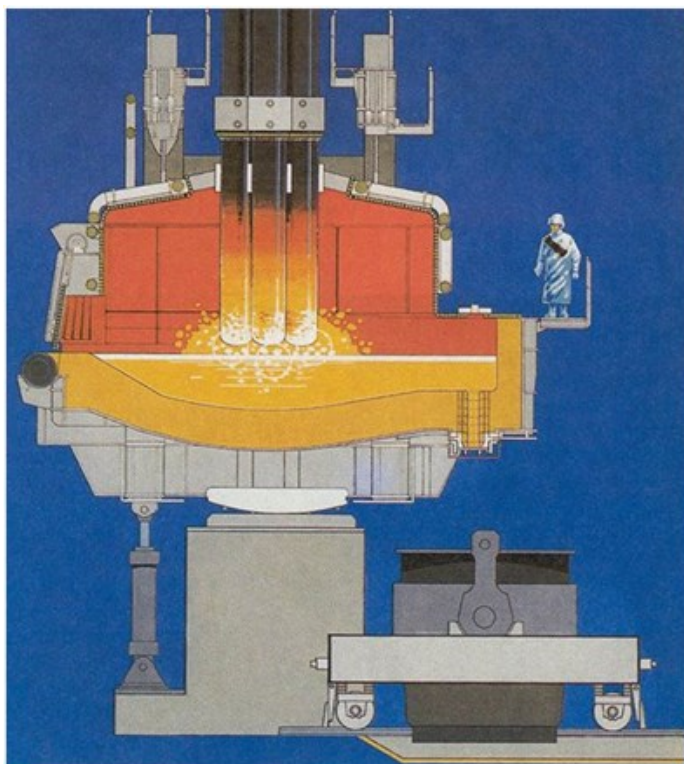


Рисунок 1. Схематичное изображение электродуговой печи

В ванне печи находится расплавленный металл, и происходит сама плавка. В пространстве над ванной находится шихта, которой еще предстоит расплавиться. Механизмы подачи электродов, ровно, как и электрододержатели, находятся на верхнем своде печи. Электрододержатели бывают клещевидные и клиновидные. Электрооборудование печи состоит из двигателей, предназначенных для наклона печи, открытие свода печи, перемещения электродов. Система управления печью состоит из приборов для поддержания горения дуги и регулирования режимов горения дуги. Основана на регуляторе мощности дуги.

На электрод печи подается одно напряжение, а сила тока регулируется уже длинной дуги, то есть перемещением электрода в вертикальной плоскости. Электроды обычно делают из графита. Они состоят из цилиндрических частей с резьбой, которые накручиваются друг на друга, образуя длинный стержень. Так как электроды опускаются с постоянной скоростью, такая конструкция дает возможность печи работать без остановок на замену электродов.

Плавка производится в рабочем пространстве печи, состоящем из ванны снизу, свода печи сверху и стенок по бокам. Вся внутренняя поверхность печи выложена огнеупорным кирпичом (футеровка) и хорошо теплоизолирована во избежание теплопотерь.

Перед плавкой печь осматривают и заменяют все поврежденные части футеровки. После того как футеровку привели в порядок, начинают загружать шихту (металл для плавки). После загрузки шихта начинает плавиться за счет электрической дуги.

Такие печи незначительно различаются по своему строению. Самые значимые отличия состоят в расположении электродов и передаче тепла металлу. Самый часто используемый вариант - это вертикальное расположение электродов, однако используются так же печи с вертикальным расположением электродов (рис. 2).



Рисунок 2. Фото электродуговой плавильной печи

При горизонтальном расположении тепло, в основном, передается металлу за счет излучения, а при вертикальном - напрямую в шихту, а шихта разогревается по всему объему за счет теплопроводности.

У такого метода есть как достоинства, так и недостатки.

К достоинствам относят то, что печь работает на электричестве и не выделяет такого количества газов, как угольные печи, а также точную температурную настройку, широкий спектр сплавов, пригодных для выплавки на такой печи (стали, чугуны, легированные сплавы и т.д.).

К недостаткам же относят сильный перегрев металла в местах под электродами, разный состав сплава в разных частях печи, сложность перемешивания металла внутри печи.

#### Печи сопротивления

Принцип работы печей сопротивления основан на явлении нагрева проводников при прохождении через них электрического тока. Конструкция этих печей (как и принцип их работы), пожалуй, самая простая среди всех электрических печей, рассматриваемых в этой статье. Состоят эти печи из корпуса, футеровки, нагревательных элементов и блока питания и управления печи. Внутри корпуса находится рабочее пространство печи, отделенное от него футеровкой, а внутри этого рабочего пространства нагревательные элементы так, что при включении печи, теплота от нагревательных элементов передается в рабочее пространство печи, а, вследствие этого и шихте (рис. 3).



Рисунок 3. Фото печи сопротивления

Максимальная температура таких печей ограничена только температурой плавления нагревательных элементов, которые зачастую делают из сплавов с высоким удельным сопротивлением (нихром, фехраль). Поэтому печи сопротивления часто используются для плавки цветных металлов или термообработки изделий. Однако бывают и печи с керамическими нагревателями (карбид кремния, дисилицид молибдена), которые могут работать в интервале температур вплоть до 1800 градусов Цельсия.



Существуют так же печи сопротивления, работающие в вакууме. В них используются нагреватели из металлов, которые в обычной воздушной среде быстро окисляются (молибден, тантал, вольфрам, ниобий), а также нагревательные элементы из графита и углерод-углеродных композитов. Такие печи могут нагреваться до 2500 градусов Цельсия.

Печи сопротивления по принципу действия делятся на две группы. Первая группа – это печи периодического действия, а вторая группа – печи непрерывного действия. В свою очередь, печи обеих групп делятся на множество видов в зависимости от строения нагревательной камеры и ее оборудования, например, шахтные, колпаковые, элеваторные, барабанные и т.д.

Существуют и другие типы печей сопротивления, с иной конструкцией и принципом работы. Например, печи, где нагревателем выступает сама шихта. Через металл проходит ток и нагревает его, до тех пор, пока он не расплавится. По конструкции такие печи слегка напоминают дуговые печи, так как подача тока в металл происходит с помощью металлических электродов. Эти электроды отливаются отдельно на других печах. В процессе плавки эти электроды расплавляются вместе с металлом.

#### Индукционные печи

Принцип работы индукционных печей основан на явлении вихревых токов в металле, вызываемых переменным магнитным полем.

В самом простом виде устройство подобных печей представляет собой обмотку с поданным на нее переменным током, который создает переменное магнитное поле, возбуждающее вихревые токи в металле. Эти самые вихревые токи и нагревают металлическое тело, помещенное в переменное магнитное поле (рис. 4).

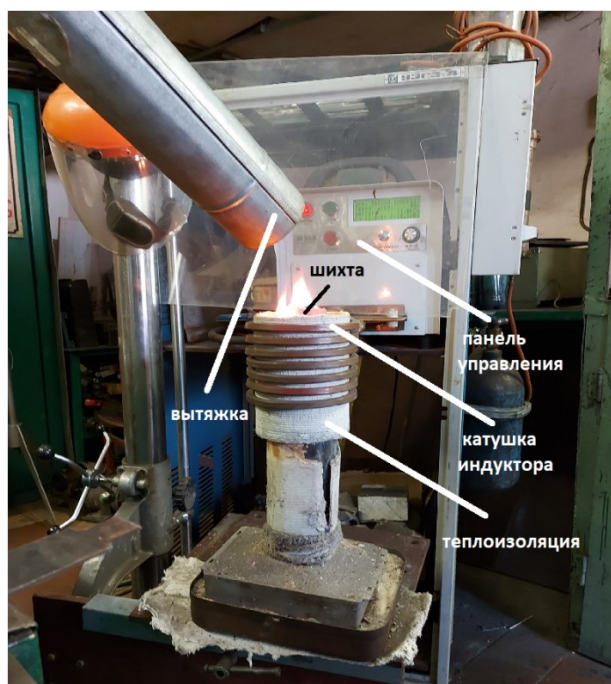


Рисунок 4. Фотоустановки для индукционной плавки с кафедры «Металлургия черных и цветных сплавов»

Существуют 2 основных вида индукционных печей в зависимости от конструкции. Первый это печи с сердечником, а второй это печь без сердечника. Отличаются они тем, что у печи с сердечником металл помещается в желоб, выложенный вокруг индуктора, а внутрь катушки индуктора помещают, собственно говоря, сам сердечник из трансформаторной стали. В печах второго типа желоба вокруг индуктора нет, а металл помещается в тигель, который, в свою очередь, вставляется внутрь катушки индуктора вместо сердечника. Устройство и схемы замещения очень сильно похожи на схемы и устройство трансформатора (а векторные диаграммы вообще практически идентичны). Так же индукционные печи без сердечника делятся на несколько видов в зависимости от среды, в которой производится плавка (вакуумные, открытые, компрессорные) и от времени действия печи (периодического, полу непрерывного и непрерывного действия).

Логично, что для поддержания эффективной работы печи, ее нужно выводить на определенный режим работы. Этот режим работы, по сути своей, просто поддержание в резонансе мгновенных значений тока на обмотке и напряжения на ней же, что значительно повышает активную мощность, и разогрев металла идет значительно более интенсивно.

Достоинства индукционных печей заключаются, в первую очередь, в том, что тепло при таком нагреве металла выделяется в самом металле, а не передается ему за счет теплопередачи. Это ведет к более экономному потреблению тепловой энергии. Так же достоинством таких печей является скорость нагрева металла.

К недостаткам же относят низкую температуру шлаков на поверхности металла и низкую стойкость футеровки при высоких температурах.

#### Литература

1. Брокмайер, К. Индукционные плавильные печи. Пер. с нем / К. Брокмайер. – М.: Энергия, 1972. – 304 с.: ил.
2. Гутман, М.Б. Электрические печи сопротивления и дуговые печи./ М.Б. Гутман, Л.С. Кацевич, М.С. Лейканд. Под ред. М.Б. Гутман. Учебник. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 360 с.: ил.
3. Лапшин, И.В. Автоматизация дуговых печей. – М.: Издательство МГУ, 2004. – 165 с.

УДК 621.3

## ЗАЩИТА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Ковалёнок Н.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Зеленко В.В.

### Что такое электромагнитный импульс

Электрический ток, проходящий через сечение проводника, создаёт электрическое и магнитное поля. Линии индукции магнитного поля направлены перпендикулярно плоскости проводника с током. Величина магнитных полей пропорциональна силе тока. Геометрические размеры проводника также оказывают влияние на силу тока индуцированного электромагнитного импульса (ЭМИ). Помимо вышеперечисленного, включение питания также может создавать короткий всплеск электромагнитного импульса. Мощность данного всплеска настолько мала, что едва заметна. Например, операционные действия в электрических схемах, двигателях и системах зажигания для газовых двигателей так же приводят к маломощным ЭМИ, которые могут вызвать помехи в работе близко расположенных устройств радио- или телевидения. Для поглощения подобных импульсов используются фильтры, устраняющие маломощные всплески энергии и помехи от них.

Мощный выброс энергии производится, когда заряд электричества быстро разряжается. Чем мощнее энергия импульса, тем больше он может повредить оборудование и воздействовать на электрические сети. Например, молния является мощной формой ЭМИ.

Такие явления, как процесс ионизации радиацией и световым излучением воздуха при ядерной реакции, высотные взрывы и космические бури могут создать мощный ЭМИ, который повреждает электрическое оборудование и электронику, расположенную в непосредственной близости от источника данного явления. Все это угрожает электрическим сетям и использованию электрооборудования и электроники.

Факторы, определяющие урон от ЭМИ:

- сила воздействующего ЭМИ;
- близость источника импульса;
- угол удара от источника к заданному положению на Земле;
- геометрические характеристики объектов, подверженных воздействию ЭМИ;
- степень изоляции оборудования от объектов, накапливающих и передающих энергию ЭМИ;
- степень защиты или экранирования оборудования.

### Общая защита от электромагнитного излучения

В настоящее время используется множество способов защиты от электромагнитного излучения, среди которых отключение приборов, использование коротких кабелей, установка защитной индукции, использование рамочных антенн, клеток Фарадея, экранирование и множество других. В данном исследовании мы подробнее рассмотрим клетку Фарадея.

### Принцип работы клетки Фарадея

Клетка Фарадея - это замкнутое пространство, предназначенное для защиты внутреннего пространства от прохождения электромагнитных импульсов. Клетка Фарадея изготавливается из сплошного материала с высокой электропроводностью или проводящей сети, которая чаще всего заземляется. Названа клетка в честь её изобретателя - британского ученого Майкла Фарадея.

Принцип действия клетки Фарадея обусловлен следующими законами. При равновесии заряды на проводнике распределяться следующим образом:

- одноимённые заряды отталкиваются и стремятся отдалиться на максимальное возможное расстояние, которое может позволить геометрия проводника. В результате весь заряд распределяется по поверхности проводника;

- заряд распределяется по поверхности проводника таким образом, что поле внутри поверхности отсутствует, а поле на поверхности проводника перпендикулярно этой поверхности. Поэтому, при условии равновесия, поверхность проводника всегда эквипотенциальна.

Доказать оба утверждения (об отсутствии поля внутри проводника и о поле на поверхности проводника, нормальном к этой поверхности) возможно от обратного. Представим, что есть касательная к поверхности составляющую вектор напряжённости электрического поля. Тогда заряды немедленно устремятся вдоль этой поверхности. Таким образом мы получили противоречие с предполагаемым равновесием.

Другими словами, поле клетки Фарадея компенсирует внешнее поле, поэтому внутри неё отсутствует поле. Этот принцип можно описать проще, если представить клетку Фарадея полым проводником без сопротивления. Перераспределение зарядов создаёт в проводнике электрический ток, который исчезает после того, как внешнее электрическое поле компенсируется полем проводника.

При всех достоинствах, клетка Фарадея не может оградить внутреннее пространство от постоянного, либо медленно меняющегося с течением времени магнитного поля, вроде поля земного магнетизма. Тем не менее, поскольку переменное магнитное поле имеет природу переменного электрического поля, а переменное электрическое поле компенсируется клеткой Фарадея, то в клетку не проходит и переменное магнитное поле. Исходя из этого, клетка Фарадея защищает находящееся внутри пространство от действия электромагнитных волн. Для экранирования внутреннего пространства от высокочастотного излучения, размер ячейки проводящего материала должен быть меньше длины волны излучения.

### Литература

1. Левитт, Б.Б. Защита от электромагнитных полей / Б.Б. Левитт - Москва: АСТ: Астрель, 2007 – 447 с.: ил
2. Барсуков, В.С. Персональная энергозащита. Средства защиты от вредных излучений и не только / В.С. Барсуков – Москва: Амрита-Русь, 2004 – 288 с.

УДК 620.179.14

## НЕКОТОРЫЕ СПОСОБЫ И УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИБОРОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Спиридонова Е.Н., Сокол А.А

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Неразрушающий контроль – контроль, при котором работоспособность технических устройств должна оставаться прежней, как до него. Основной задачей данного метода контроля является нахождение дефектов, а также определение прочности конструкций и некоторых других параметров из различных материалов. Приборы, используемые для контроля, определяют качество изготовленного изделия, при этом учитываются совокупность окружающих факторов, влияющих на погрешность контроля.

Приборы неразрушающего контроля – приборы, применяемые в различные методы неразрушающего контроля для определения качества и нужных характеристик, а также определения надёжности работы в дальнейшем проверяемых объектов.

Исходя из назначения прибора неразрушающего контроля, происходит один или несколько способов контроля. Разделение происходит по методам и задачам, решаемым прибором.

По ГОСТ 18353–79 методы неразрушающего контроля подразделяют на [1]:

- Акустический.
- Магнитный.
- Оптический.
- Проникающими веществами.
- Радиационный.
- Радиоволновый.
- Тепловой.
- Электрический.
- Электромагнитный.

Рассмотрим на примере нескольких методов и применяемые для них приборы.

### **Магнитный метод неразрушающего контроля**

Благодаря этому методу можно определить взаимосвязь остаточного магнитного поля или его искажений с качеством исследуемого объекта. Он применяется для контроля твердости некоторых типов сталей, а также, при дефектоскопии ферромагнитных сплавов и материалов. Выделяют три главных вида таких исследований:

- Феррозондовый (измерение проводится феррозондовым дефектоскопом).
- Магнитопорошковый (измерение выполняется магнитно-порошковым дефектоскопом).

- Магнитографический (измерение выполняется магнитно-индукционным дефектоскопом).

Данные приборы настроены на регистрацию магнитных полей рассеяния прямо над имеющимися дефектами. Это позволяет выявить дефекты на простых поверхностях и, в некоторых случаях, непосредственно под ними.

При сканировании магнитным полем вдоль сварного соединения, в случае появлении на его пути дефекта, наступает разбалансировка феррозондового датчика, величина которой, заранее заданная, свидетельствует о наличии дефекта.

Для магнитопорошкового метода используют дефектоскопы нескольких видов: стационарные, передвижные, переносные. Первые чаще применяются на заводах, вторые и третьи – в полевых условиях.

Дефектоскоп состоит из источника тока, предметов для подведения тока к проверяемой поверхности, устройства для намагничивания поверхности, например, электромагнитов или соленоидов, предметов для нанесения порошка или суспензии, средств измерения магнитного поля.

Работа данного дефектоскопа базируется на создании магнитного поля над поверхностью проверяемого изделия. Для нахождения дефектов всю поверхность детали покрывают специальным порошком или суспензией. Наибольшее количество силовых линий магнитного поля будет сосредотачиваться над дефектом, например, в виде трещины, и только с удалением от нее будет уменьшаться. Частицы порошка скапливаются у дефекта, таким образом можно определить его наличие.

Рассмотрим способ контроля с помощью феррозонда. При его передвижении вдоль детали возникают всплески сигнала, величина которых напрямую связана с наличием дефекта на поверхности. Благодаря этому, могут быть обнаружены дефекты размером от 0,1 мм в глубину и несколько микрометров по ширине. В том числе можно выявить трещины и под немагнитным покрытием до 6 мм. Данным методом контролируются сварные, литые изделия и некоторые другие.

Магнитографический контроль основан на намагничивании поверхности шва и одновременной регистрации величины магнитного поля с помощью магнитной ленты. После этого информацию о величине магнитного поля анализируют магнито-чувствительными элементами, входящими в магнитографический дефектоскоп.

Для изготовления магнитной ленты используется триацетат или лавсан, на которые наносят ферромагнитные частицы. Благодаря магнитографическим дефектоскопам осуществляется расшифровка записей. Дефектоскопы делят по способу индикации: импульсные, телевизионные.

В первом случае на экране электроннолучевой трубки изображаются импульсы, имеющие различную амплитуду, в зависимости от размера дефекта. При использовании дефектоскопа с видео индикацией рельеф полей рассеяния изображается на мониторе в виде обычной магнитограммы отдельных участков сварного соединения.

В настоящее время актуальны дефектоскопы МД-9, которые используют импульсный метод намагничивания, МД-11 (телевизионное изображение), а также используются двойные типы дефектоскопов (МДУ-2У, МД-10ИМ, МГК-1).

### **Акустический метод неразрушающего контроля**

Данный способ базируется на создании колебаний определенной частоты и амплитуды в проверяемом объекте, при анализе отраженного сигнала, можно определить реакцию объекта на эти колебания. При помощи программ создается двумерное сечение конструкции при этом, не разрушая её. Существует две главные группы методик данной дефектоскопии:

- Активные – подача колебаний определённой частоты и скважности и фиксация отклика на них проверяемой конструкции.
- Пассивные – измерение построено исключительно на приеме колебаний и импульсов.

Колебания, превышающие 20 кГц, называются ультразвуком. Он позволяет проверить конфигурацию и качество большинства материалов.

Основные преимущества данной методики:

- низкая цена оборудования;
- компактность установок;
- безопасность использования;
- высокая чувствительность и пространственное разрешение нахождения дефекта.

Тем не менее, ультразвуковой метод практически не применяется в конструкциях с крупнозернистой структурой и чрезмерной шероховатостью.

Акустический дефектоскоп состоит из генератора электрических импульсов, которые в дальнейшем попадают на излучатель в виде пьезоэлектрического преобразователя. Пьезоэлектрический преобразователь, в свою очередь, устанавливается на исследуемый объект и возбуждает в нем ультразвуковой импульс. Попадая внутрь, ультразвуковая волна отразится либо от внутренней стенки (если нет погрешностей в структуре), либо от самого дефекта. После этого отраженная ультразвуковая волна попадет на пьезоэлектрический преобразователь, сигнал усиливается и попадает на генератор развертки электроннолучевой трубки монитора, где можно производить анализ параметров дефекта.

### **Радиоволновой метод неразрушающего контроля**

Задачей этого метода является фиксация изменяющихся параметров электромагнитных волн, проходящих сквозь исследуемый объект. Чаще всего волны имеют сверхвысокочастотный диапазон длиной 1-100 мм. Применяется предпочтительно в диэлектриках, а также полупроводниках и металлических объектах с тонкими стенками.

С его помощью можно выявить:

- всевозможные расслоения, воздушные пузыри, трещины и т. п.
- инородные частицы всевозможной формы и размера;
- неоднородности структуры.

В зависимости от источника различают активные и пассивные методы:

- Пассивные – контроль излучения проверяемого объекта и сред, находящихся за ним, в диапазоне сверхвысоких частот.

- Активные – применение маломощных источников сверхвысоких частот – излучений.

При активных методах контроля используются, как правило, маломощные источники сверхвысоких частот-излучений, с интенсивностью излучения равной 1 Вт.

### **Электрический метод неразрушающего контроля**

Данный метод заключается в создании электрического поля внутри изучаемого предмета путем прямого или косвенного воздействия. При прямом воздействии исследуют электрическое возмущение поля при воздействии спектростатического, переменного стационарного и постоянного тока. При косвенном воздействии – исследуются возмущения неэлектрического происхождения. Взаимодействие электрического поля с исследуемым объектом постоянно оценивается и сравнивается с емкостью и потенциалом образца, т.е. с исходными заданными характеристиками.

Принцип действия основывается на регистрации падения потенциала. Для этого изучаемый объект помещается в электрическое поле для определения нужных характеристик материала, и анализируется реакция объекта на источник электрического поля. В качестве источника исследования может выступать электрический конденсатор, являющийся также электро-емкостным преобразователем.

Эти методы используются в случаях:

- распознавание дефектов;
- измерение толщины слоев и стенок;
- разбраковка металлов по маркам.

Необходимость контакта с исследуемым объектом, высокие требования к чистоте поверхности объекта, затруднения при автоматизации процесса, и большая зависимость полученных данных от окружающей среды являются основными недостатками данного метода.

В первую очередь определяются емкость и потенциал. Если через исследуемый объект или его зону проходит ток, то на плотность и силу между электродами, прилегающими к поверхности объекта, влияют неоднородности материала. Это физическая основа электрического метода.

### **Оптический метод неразрушающего контроля**

Основными сферами применения являются:

- исследование вентиляционных каналов на проходимость;
- нахождение скрытых пустот в материалах;
- исследование различных конструкций и сооружений;
- исследование специального оборудования (сантехника, трубопровод и т.д.).

Основой исследования является изучение взаимодействия изучаемого объекта и оптическим излучением, которое представляет собой ультрафиолетовые и инфракрасные области спектра. Так как они скрыты от человеческого поля зрения, то для фиксации их параметров во время



взаимодействия с объектом используется специальное измерительное оборудование. Оно различается в зависимости от типа фиксируемого излучения.

На начальных этапах исследования применялись бароскопы. Они состоят из нескольких тонких трубок с увеличивающими устройствами и подсветкой. В результате развития технологий на смену им пришли эндоскопы, которые могут использоваться для осмотра не только внешней поверхности объекта, но и для труднодоступных участков.

Основным преимуществом таких устройств является измерение на значительных расстояниях, оснащение их фото и видеокамерами. Также они имеют особую конструкцию, защищающую прибор от пыли и влаги. Источник освещения не нагревается. Это позволяет использовать данный метод даже на взрывопожароопасных объектах.

Одними из основных методов данного контроля являются:

- внешнее наблюдение. Используется для обнаружения выраженных несовершенств на поверхности материала;
- перископический метод. Он позволяет изучать вытянутые узкие проемы в прямом направлении;
- эндоскопический метод. Позволяет проводить проверку вытянутых форм изогнутой формы.

#### **Радиационный метод неразрушающего контроля**

В данном методе анализируется и регистрируется ионизирующее излучение, взаимодействующее с изучаемым объектом.

Ионизирующие излучения подразделяются на:

- корпускулярное (масса частичек отличается от нуля). Это альфа-, бета-излучение, нейтронное излучение;
- электромагнитное, в нем, длина волны очень мала (включает рентгеновское и гамма-излучение).

Для исследований чаще всего применяются рентгеноскопия и гамма-скопия. Различаются они лишь используемыми источниками излучения. Тем не менее, они имеют общую методику контроля.

Рентгенографический контроль является наиболее используемым в данном методе. Генерирование рентгеновского излучения происходит при помощи рентгеновской трубки: в ней излучение возникает при взаимодействии быстрых электронов с атомами вещества анода. Полученные данные рентгенографии можно наблюдать на пленке или пластине.

Это наиболее достоверный метод контроля объектов, соединенных сваркой, контроля трубопроводов и приборов, используемых при проведении проверки промышленной безопасности. С его помощью можно выявить как трещины, так и шлаковые, а также вольфрамовые инородные включения в стальных сварных и литых изделиях (толщина до 80 мм), изделиях из легких сплавов – до 250 мм.

Нельзя обнаружить:

- неоднородности, включения, размер которых меньше, чем удвоенная чувствительность контроля;

- трещины в случае несовпадения направления просвечивания;
- неоднородности и включения, когда их изображения на регистрируемых фотоснимках совпадают с изображениями инородных включений, острых углов, перепадов трещин.

### **Тепловой метод неразрушающего контроля**

При этом виде контроля инфракрасное излучение преобразовывается после регистрации в видимый спектр.

Благодаря точности, универсальности и возможности проводить контроль удаленно, этот метод в настоящее время приобрел большую популярность.

Выделяют два основных вида контроля: активный и пассивный.

В случае, когда объект не испускает тепловое излучение, которого было бы достаточно для проведения контроля, применяется активный метод. По этой причине исследуемый объект приходится нагревать внешними источниками. Такой вид контроля применяется, например, к многослойным объектам и объектам искусства.

Когда же тепловое поле возникает в объекте в процессе его эксплуатации, применяется пассивный метод. Он более распространен, чем активный. Главным достоинством данного метода является исследование объекта без вмешательства в его работу и внешнего нагрева. Чаще всего объектами, исследуемыми таким способом, являются эксплуатируемые электроприборы, контакты, находящиеся под напряжением и иные промышленные конструкции.

Необходимость использования приборов чаще всего возникает при пассивном методе контроля. Для бесконтактного измерения применяются пирометры, измерители тепловых потоков, тепловизоры, логгеры, инфракрасные термометры.

В настоящее время часто используются термопары, манометрические и жидкостные термометры, термокарандаши.

После исследования данные считываются и перемещаются на персональный компьютер (ПК) для последующей обработки и архивации.

### **Контроль дефектов проникающими веществами**

Сущность данного метода заключается в проникновении веществ в существующие дефекты.

Выделяют две группы методов:

- капиллярный;
- контроль течеисканием.

При капиллярном контроле на подготовленную поверхность наносят жидкость-индикатор, проникающую внутрь дефектов благодаря капиллярным силам. После чего поверхность обдувают или протирают, а жидкость, заполнившая дефекты, остается. Следующим шагом является нанесение проявителя (вещество поглощает жидкость из дефектов, но остается окрашенной).

Контроль течеисканием делят на следующие виды:

- гидравлические – воздействуют давлением жидкости с одной стороны исследуемого объекта;

- пневматические – напор воздуха, под давлением, воздействует на исследуемый объект в течение некоторого времени;
- вакуумные – используют перепад давления посредством откачки воздуха из объекта;
- химической индикацией течей – наносят вещество-индикатор, подают газ под высоким давлением, который проходит через дефекты и окрашивает эти места;
- керосином и пенетрантами – на швы наносят меловую краску, затем смачивают керосином или пенетрантами. Дефекты будут видны по ржавым пятнам на меле;
- газоаналитические – происходит подача газа с одной стороны шва, а с другой его оценка, которая попадает в анализатор утечки.

### **Электромагнитный метод неразрушающего контроля**

Этот метод применим для материалов, проводящих электрический ток. С его помощью можно определить размер детали и ее форму, распознать трещины, пустоты, инородные включения. Заключается в анализе взаимодействия верхних слоев объекта с электромагнитными полями вихревых токов.

В качестве прибора измерения применяют электромагнитный преобразователь. Благодаря переменному электромагнитному полю катушки в верхнем слое создаются вихревые токи, которые создают собственное переменное электромагнитное поле, взаимодействующее с полем возбуждения. Тем самым устанавливается баланс, который при выявлении дефекта будет нарушаться модификацией интенсивности электромагнитного поля вихревых токов. Это регистрируется электрической схемой прибора.

Перемещать преобразователь необходимо со скоростью не более 20 мм/с, а зазор между ним и деталью должен быть неизменным в заданных пределах.

### **Литература**

1. ГОСТ 18353–79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://wiki-numbers.ru/gost/gost-18353-79> – Дата доступа: 10.05.2020

УДК 621.365

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Долмат Д.Г.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Существует большое количество отопительных приборов, без которых нельзя представить обогрев различных помещений. Отопительным электроприбором называется устройство, которое работает от электричества и предназначено для обогрева помещений за счет выделения тепла.

Наиболее используемыми отопительными электроприборами являются электронагреватели масляные и конвекционного типа, инфракрасные обогреватели и тепловые вентиляторы. Рассмотрим принцип их работы, преимущества и недостатки.

### Электрические обогреватели конвекционного типа

Электрические обогреватели конвекционного типа способны довольно быстро нагреть помещение, так как внутри них циркулируют потоки теплого воздуха, которые нагреваются ТЭНами. По этой причине в конвекционных обогревателях нет масла.

Теплый воздух попадает в прибор через отверстия, которые находятся в нижней его части, а выходит – через верхние отверстия. Такие приборы обладают мощностью от 0,25 до 2,5 кВт.

Принцип работы конвекционных обогревателей рассмотрим на примере электрического конвектора (рисунок 1).



Рисунок 1. Электрический конвектор

- 1) Нагревательные элементы, размещенные в центральной панели, нагревают воздух.
- 2) Нагретый воздух перемещается к потолку, тем самым освобождая место для холодного.
- 3) Охлажденный воздух переносится обратно в конвектор, чтобы заменить нагретый.

4) Прибор обладает датчиком, который измеряет температуру воздуха в помещении.

Нагревательный элемент и корпус прибора не соприкасаются, поэтому заземление не требуется. По этой причине случай поражения электричеством можно исключить.

Электроконвектор имеет как преимущества, так и недостатки.

Достоинствами является то, что прибор относительно безопасный и бесшумный, и быстро прогревает помещение.

Недостаток- быстро остывает после его отключения от сети.

Для ограничения поступления холодного воздуха с улицы электроконвекторы чаще всего вешают под окнами.

Пользуясь данным прибором, необходимо соблюдать некоторые меры предосторожности. Например, такой обогреватель не нужно ничем накрывать и стоит размещать подальше от мебели, чтобы не допустить возгорания, и не оставлять его на долгое время без присмотра.

### **Масляные электронагреватели**

Эти приборы получили широкое применение, так как они просты в использовании и, хоть и медленно нагреваются, после остановки подачи энергии продолжают нагревать помещение достаточно долго. При работе используется принцип конвекции. Для нагрева ТЭН-ом внутри находится специальное масло.

На рисунке 2 показан масляный радиатор.



Рисунок 2. Масляной радиатор

Нагрев поверхности масляного радиатора колеблется от 110 до 150°C, но при этом необходимо соблюдать некоторые правила безопасности. Например, электронагреватель необходимо размещать как можно дальше от предметов, которые могут загореться.

Масляной прибор состоит из металлического резервуара, в котором находится теплоноситель, нагревательного элемента (подогревает масло) и термостата (регулирует температуру).

Работает он следующим образом: при подключении обогревателя к сети нагревательный элемент подогревает масло, после чего масло отдает свое тепло корпусу. При этом температура регулируется термостатом. Меры предосторожности необходимо соблюдать такие же, как и для электрического конвектора.

Из достоинств данного прибора можно назвать невысокую цену, бесшумность при работе и мобильность (радиатор имеет колеса, с помощью которых его можно с легкостью передвигать).

Из недостатков – медленный нагрев, и при утечке масла можно получить ожоги.

### **Инфракрасные обогреватели**

Электрические инфракрасные обогреватели встречаются чаще, чем газовые, и их широко используют, так как они имеют ряд преимуществ:

- 1) Потребляют меньше электроэнергии, чем другие нагревательные приборы.
- 2) Препятствуют снижению содержания кислорода в воздухе, тем самым избавляя людей, которые находятся в помещении, от головных болей.
- 3) Быстро прогревают даже самые холодные помещения.
- 4) Бесшумные.
- 5) Обладают долгосрочной работой.

Из недостатков можно назвать то, что если прибор отключить, комната достаточно быстро остынет, и есть большая вероятность получить ожоги при приближении к прибору, так как инфракрасное излучение может негативно оказываться на здоровье.



Рисунок 3. Инфракрасный обогреватель

Основным элементом инфракрасного обогревателя является нагревательный элемент, преобразующий электрическую энергию в тепловую.

Фольга обеспечивает равномерное распределение тепловой энергии по всей площади прибора, однако фольга есть не во всех приборах. Полиэстеровая пленка обеспечивает защиту обогревателя.

На рисунке 3 показан инфракрасный обогреватель.

### Тепловые вентиляторы

Тепловентилятор является самым дешевым электрическим прибором отопления. Мощность такого прибора – не более 2 кВт. Принцип его работы прост: он всасывает из комнаты воздух, и, пропуская этот воздух через тепловой элемент, подает его обратно.

Тепловентилятор (рисунок 4) можно назвать усовершенствованным конвектором. Этот прибор обладает относительно небольшими размерами и весом, что очень удобно при его установке.



Рисунок 4. Тепловентилятор

Основными элементами тепловентилятора являются вентилятор и нагревательные спирали.

Из преимуществ тепловентилятора можно назвать то, что он:

- 1) Является самым дешевым из всех электрических приборов отопления.
- 2) Имеет относительно небольшие габариты и вес.
- 3) Высокий КПД (85%), что приводит к сокращению расхода электроэнергии.
- 4) Способен быстро прогреть помещение.
- 5) Из-за наличия термостата прибор не перегревается.
- 6) Универсален, так как его можно использовать и зимой, и летом.

Из недостатков – из-за принудительного потока воздуха переносится пыль, они быстро выжигают кислород из воздуха, от этого в комнате душно, и прибор достаточно шумный.

Тепловентиляторы бывают так же настенными. Приборы такого типа являются более безопасными и долговечными, так как в них используется керамический нагревательный элемент вместо нихромовой спирали.

### **Заключение**

При выборе электроприбора необходимо учитывать некоторые особенности. Например, прибор должен быть удобным в использовании, за короткий промежуток времени прогревать помещение, и, самое важное, минимально потреблять электроэнергию и быть безопасным. При соблюдении всех мер предосторожности прибор будет долго и качественно прогревать помещение.

### **Литература**

1. Краткая энциклопедия отопления и водоснабжения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://znayteplo.ru>.  
Дата доступа: 10.05.2020
2. ТЕПЛО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://x-teplo.ru>  
Дата доступа: 10.05.2020
3. ТеплоСпец [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://teplospec.ru>  
Дата доступа: 10.05.2020
4. TopClimat [Электронный доступ]. – Режим доступа: <http://www.topclimat.ru>  
Дата доступа: 10.05.2020



УДК 621.31

## ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА ГЕНЕРАТОРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Гусько В.А., Войницкий М.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

**Генератором электрических сигналов** называется устройство, которое преобразовывает энергию, которую получает от блока питания, в полезные сигналы с нужными характеристиками.

В компьютерах тактовый генератор в процессоре с частотой в несколько ГГц задает быстрдействие обработки различной информации. Прецизионные генераторы гармонических колебаний, например, ГЗ-118, применяют для исследования характеристик линейных усилительных устройств. В телевизионных приемниках и мониторах компьютеров применяются генераторы строчной и кадровой разверток, служащие для получения изображения на их экране.

Генераторы подразделяются на классы по самым разным параметрам: форма сигнала, назначение, мощность, частота и др.

Генераторы сигнала бывают:

- Синусоидальных колебаний.
- Прямоугольных колебаний.
- Формы пилообразного или треугольного напряжения.
- Формы специального назначения.

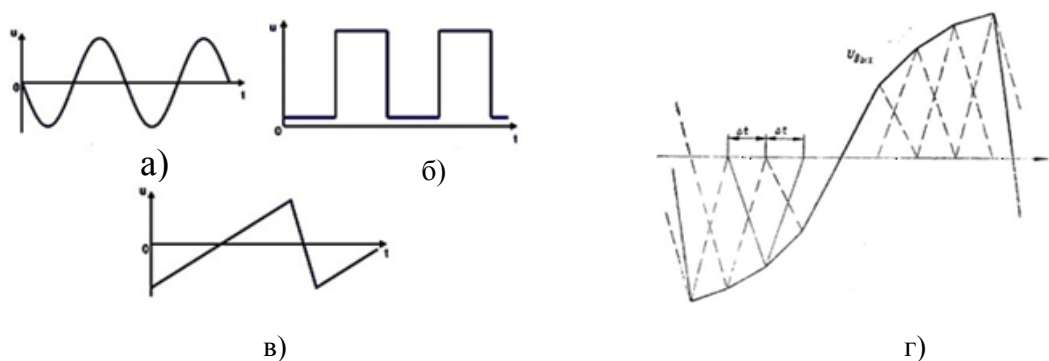


Рисунок 1. Формы выходного напряжения генераторов: а – синусоидальная; б – прямоугольная; в – пилообразная; г – специальная

По назначению генераторы бывают:

- технологические;
- измерительные;
- медицинские;
- связные.

По возбуждению делят:

- генераторы с получением независимого возбуждения;
- автогенераторы (самовозбуждающиеся).

Промышленность выпускает большое многообразие марок генераторов, имеющих возможность получения синусоидальную форму сигнала. Форма выходного напряжения генератора, с двух его выходов, изображена на экране осциллографа, на рисунке 3.

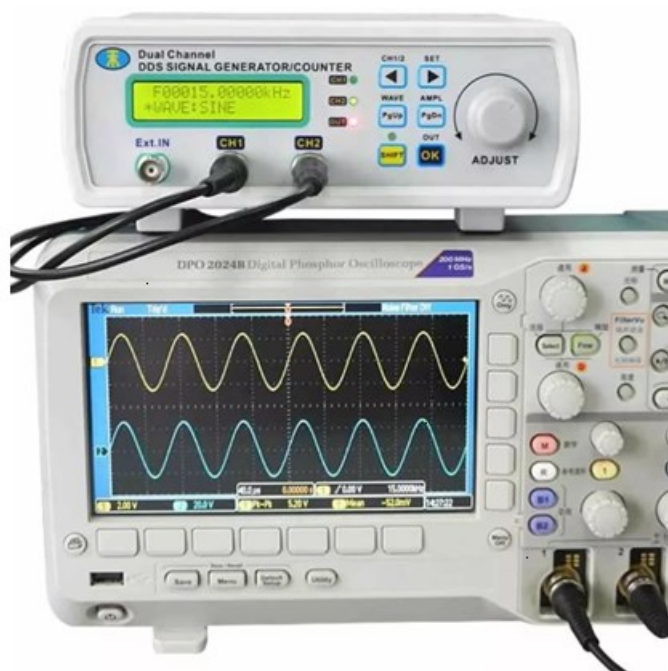


Рисунок 3. Генератор с синусоидальной формой выходного сигнала

Эта группа определенно предназначена для получения синусоидальных колебаний нужной частоты и амплитуды.

Работа их состоит в принципе самовозбуждения усилителя, охваченного положительной и отрицательной обратными связями. Нужно обеспечить передачу определенного уровня выходного сигнала усилителя на вход. Они классифицируются в соответствии с их частотно-зависимыми компонентами. К трем основным типам формирования частотно-зависимых элементов синусоидальных генераторов относятся: кварцевые генераторы, *LC*-генераторы и *RC*-генераторы.

Определенная заданная часть выходного сигнала, поступающая на вход усилителя, обеспечивается обратными связями, задающими частоту и амплитуду выходного сигнала. В широкополосных генераторах частота колебаний формируется с помощью *LC* или *RC* цепей и зависит от времени зарядки и разрядки емкости. Регулируя глубину отрицательной обратной связи можно изменять или стабилизировать амплитуду на выходе усилителя заданной величины.

Генераторы с получением внешнего возбуждения рассматриваются как усилители мощности, работающие в заданном частотном диапазоне. На его вход поступает сигнал от автогенератора, который усиливается усилителем мощности до определённого значения.

### **Электронные *RC*-генераторы**

До появления микропроцессорных генераторов, имеющих широкий диапазон выходных частот, прибегали к использованию различных простых усилителей, охваченных обратными связями. В них в цепи обратной связи установлены  $RC$ -цепи для задания определенной частоты колебаний на выходе. Эти схемы служат частотными фильтрами, которые пропускают сигналы, с выхода на вход, с наибольшей амплитудой задаваемой частоты.

На рисунке 4 изображена схема простого генератора синусоидальных колебаний с мостом Вина с простейшей системы стабилизации амплитуды на диодах  $VD1$  и  $VD2$ .

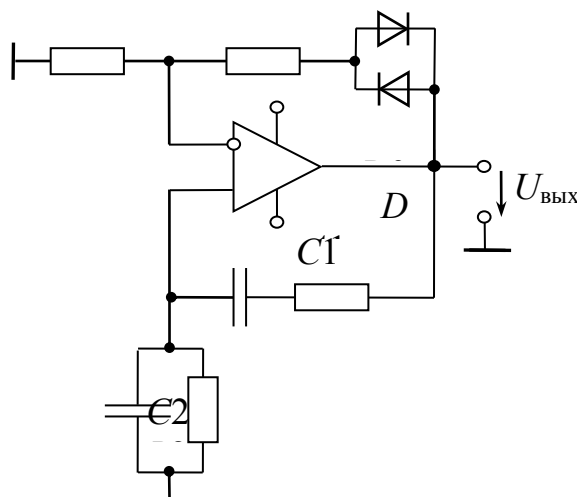


Рисунок 4. Схема генератора синусоидальных колебаний с мостом Вина

Частота выходного сигнала зависит от параметров цепи  $C1$ ,  $R1$  и  $C2$ ,  $R2$ , которая представляет собой мост Вина. Часть выходного сигнала с выхода операционного усилителя (ОУ), поступает на неинвертирующий вход ОУ, создавая, при этом, положительную обратную связь, переводя усилитель в генераторный режим. Амплитуду выходного сигнала можно регулировать резисторами  $R_0$  и  $R_{oc}$ . При равенстве резисторов и конденсаторов в мосте Вина, частоту выходного напряжения можно рассчитать по формуле:

$$f_0 = 1 / (2\pi RC).$$

### Генераторы прямоугольных и треугольных колебаний



Рисунок 5. Генераторы прямоугольных и треугольных колебаний

Генераторы простых несинусоидальных колебаний используются для создания периодически повторяющихся электрических сигналов заданной формы, название которых не может быть сформулировано одним термином. Колебания на выходе могут быть прямоугольными, пилообразными и треугольными (или различными их комбинациями). Чаще всего генераторы релаксации применяются в виде генераторов несинусоидальных колебаний. Они накапливают энергию реактивной составляющей в течение нескольких или одной фазы колебательного цикла и постепенно отдаёт её.

Мультивибраторы – это электронные генераторы, которые формируют колебания в форме прямоугольника. Основной их частью могут быть 2 каскада на транзисторах, которые соединены между собой так, что на вход первого каскада будет подаваться сигнал с выхода второго каскада и наоборот. Когда один каскад открывается, другой каскад запирается, а потом всё происходит в обратном направлении. Схема может само возбудиться при наличии определённой положительной обратной связи. Частота колебаний зависит от различных параметров цепей обратной связи. Этот генератор содержит довольно большое количество гармоник. Схема такого простого мультивибратора изображена на рисунке 6.

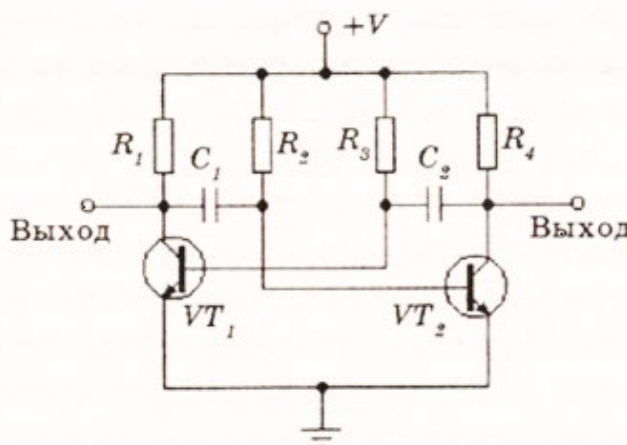


Рисунок 6. Схема генератора прямоугольных колебаний

Мультивибратор может работать в нескольких режимах, если добавить к нему некоторые элементы для запуска или обеспечить нужную для самовозбуждения величину положительной обратной связи:

- Автоколебательный режим.
- С синхронизацией.
- В режиме ожидания.

В первом режиме мультивибратор работает с самовозбуждением. Во время синхронизации на генератор воздействует внешнее напряжение с частотой импульсов, например, сетевой частоты. В ждущем режиме генератор ждёт внешнего импульса для начала работы.

### Генераторы специальной формы



Рисунок 7. Генераторы особой формы

На рисунке 7 изображены некоторые выпускаемые промышленностью генераторы, способные формировать на своём выходе сигналы особой формы. Как отдельные блоки такие генераторы применяются в телевизорах, цифровых вольтметрах, устройствах, для получения линейной зависимости какого-то параметра от нелинейного элемента. Самые известные формы сигналов – пилообразные, треугольные, колокольчатые, трапециевидные.

Для разработки генераторов сигналов особой формы широко используются схемы, основанные на интеграторах с нелинейной или линейной обратной связью, и схема с гистерезисом (триггер Шмитта). Следовательно, напряжение на выходе интегратора будет изменяться в прямом и обратном направлении, пока не сравняется с верхним и нижним порогом включения триггера. Этот процесс время от времени повторяется. Таким образом, создается специальное заданное напряжение с определённым временем спада и роста. Величина данного напряжения и стабильность в первую очередь определяются настройкой и, в свою очередь, стабильностью порогов срабатывания триггера или компаратора.

На рисунке 8 изображена схема генератора прямоугольных и треугольных колебаний на двух ОУ, работающих в режиме компаратора и интегратора.

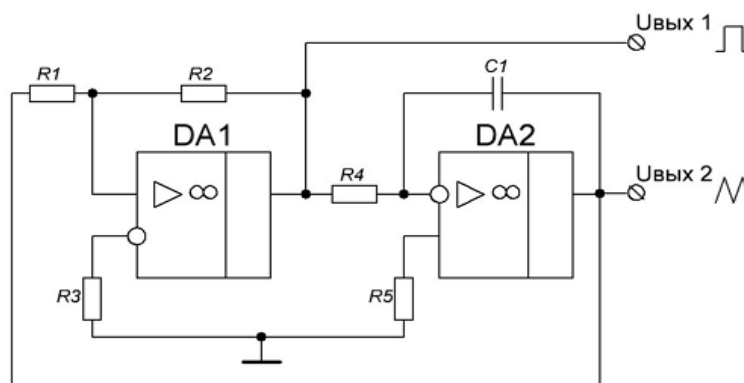


Рисунок 8. Схема генератора прямоугольных и треугольных колебаний на двух ОУ

В настоящее время для генерации особых сигналов используются функциональные генераторы, способные работать по принципу кусочно-линейного синтеза данного сигнала. На базе этих устройств можно разработать линейно меняющийся генератор напряжения, у которого амплитудой и длительностью можно управлять. На основании серии простых линейно меняющихся сигналов, где любой из них начинается там, где заканчивался предыдущий, возможно создать сигнал абсолютно любого типа.

### Стабилизация частоты

Есть 2 способа регулирования частоты и её стабилизации:

1. Параметрический
2. Кварцевый

При параметрическом способе стабилизации генераторы изготавливаются из радиодеталей, которые незначительно изменяют свои характеристики от температуры, например, с применением слюдяных конденсаторов или помещением частотно-задающих элементов в термостат. Надо обратить внимание на герметизацию конструкции при работе, например, в полевых условиях, защиту цепей от перегрузки при коротком замыкании на выходе, выполнять правильную компоновку генератора, обеспечить высокую стабильность работы блока питания и так далее. Но всех этих мер может быть недостаточно, чтобы обеспечить высокое постоянство частоты на выходе генератора.

Высокую стабильность частоты на выходе можно получить, если использовать метод кварцевой стабилизации, используя определённый резонатор с заданной частотой. Пластины этого резонатора обладают пьезоэлектрическим эффектом, который можно разделить на 2-а типа:

1) Прямой – когда кварцевая пластина растягивается или сжимается, при этом на ее определённых гранях появляются противоположные по знаку электрические заряды, пропорциональные давлению.

2) Обратный пьезоэлектрический эффект – при условии, что электрическое напряжение кварцевой пластины подводится к её граням, при этом пластина может быть растянута или сжата в соответствии с полярностью приложенного напряжения.

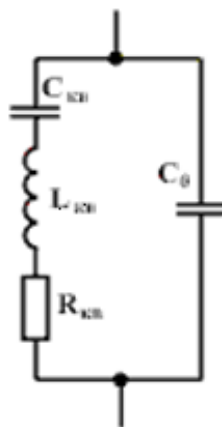


Рисунок 9. Схема кварцевого резонатора

Рисунок 9 показывает, что кварц может быть эквивалентом, как параллельного колебательного контура, так и последовательного. На эквивалентной частоте возникает резонанс напряжения.

Схема кварцевого генератора, часто используемая во многих схемах, изображена на рисунке 10.

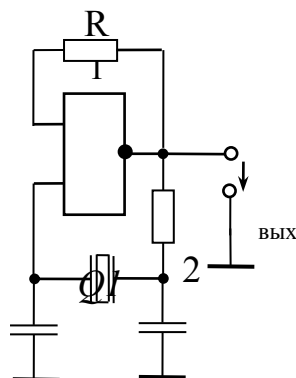


Рисунок 10. Схема кварцевого генератора на логическом элементе

#### Литература

1. Генераторы сигнала: схема, принцип действия, устройство и отзывы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.syl.ru/article/368140/generatoryi-signal-a-shema-printsip-deystviya-ustroystvo-i-otzyivy> – Дата доступа: 13.04.2020.
2. Электронные генераторы. Виды и устройство. Работа и особенности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/oborudovanie/elektronnye-generatory/> – Дата доступа: 13.04.2020.
3. Классификация электронных генераторов. Принцип действия. Электронные генераторы и измерительные приборы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://studwood.ru/1236208/matematika\\_himiya\\_fizika/klassifikatsiya\\_elektronnyh\\_generatorov](https://studwood.ru/1236208/matematika_himiya_fizika/klassifikatsiya_elektronnyh_generatorov) – Дата доступа: 13.04.2020.

УДК 621.39

## РАЗНОВИДНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ ВЕСОВ

Кардаш Н.А., Корначева Г.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Электронные весы – это устройства для измерения веса и массы объекта или вещества. Электронные весы более компактны, долговечны и точны, чем другие типы весов, такие как пружинные весы или гири, которые часто изнашиваются и дают разные показания веса с течением времени. Электронный баланс спроса и предложения не всегда абсолютно точен, но он, как правило, достаточно точен в течение длительного периода времени. Электронные весы могут использоваться для различных целей, начиная от измерения ингредиентов на кухне до точного измерения веществ в лаборатории.

### Виды электронных весов:

- Настольные электронные весы. Данные весы просты в использовании. Чаще всего, при их помощи взвешиваются различные продуктовые товары. Поэтому, их применяют в предприятиях розничной торговли и общепита. Кроме того, такие весы имеют множество дополнительных функций.
- Напольные весы. Эти весы используются в помещениях склада для приема продуктов питания. Они оснащены специальной платформой, на которой производится взвешивание и дисплеем, куда выводится итоговый результат. Для того, чтобы автоматизировать процесс взвешивания и учет товаров на складе, некоторые весы оснащены функцией синхронизации с персональным компьютером.
- Счетные весы. Такие весы производят в двух предыдущих исполнениях. Их используют во всех отраслях промышленности. С их помощью определяют массу изделий или товаров, их количество.
- Лабораторные весы. Их изготавливают в виде моноблока. В основном их используют в научных и исследовательских лабораториях. Они позволяют получать результат сразу в нескольких единицах измерения.
- Ювелирные весы. Такие весы обладают очень высокой точностью, с помощью чего и определяется вес драгоценных металлов и камней. У этих весов самый широкий спектр дополнительных функций.
- Торговые весы. Задачей этих весов является определение массы продукции, расчет стоимости фасовки и упаковки. Торговые весы оснащены термопринтером для того, чтобы можно было распечатать этикетки. На дисплее выводится информация для покупателей. Автоматизированная система управления таких весов дает возможность синхронизировать информацию о товарах, которые есть в наличии, а так же об их цене. Также весы часто можно заметить в различных супермаркетах, для самостоятельного взвешивания.

### Преимущество электронных весов

Есть много преимуществ электронных весов, например, точность, размер, вес, много автоматических функций и простота использования. Еще одна



важная вещь - электронные весы сохраняют высокий уровень точности до самого конца использования, так как практически в них нет движущихся частей.

Современные электронные весы для торговли также выполняют ряд дополнительных важных функций:

- Учет тары. Эта функция может быть очень полезна на практике, если нужно взвесить определенное количество товара, помещенного в контейнер, без учета веса самой упаковки. Для этого сначала кладем упаковку на весы, затем обнуляем весы и затем товар располагается на контейнер.
- Суммирование стоимости нескольких продуктов с разными ценами. Некоторые весы имеют такую функцию, что автоматическое суммирование цены, полученные при взвешивании товаров с разными ценами, которые взвешиваются несколько раз;
- Расчет изменений. Удобная для продавца функция.
- Учет количества проданных товаров.

Это далеко не полный список функций, есть и другие очень полезные функции, которые можно найти в инструкции по эксплуатации.

### Принцип действия электронных весов

Электронные весы классифицируются на такие как: электронные весы, электронные платформенные весы, электронные подвесные весы, и так далее. Его основными компонентами являются датчики взвешивания, а принцип работы – измерение силы тяжести мостом Уитстона с помощью тензометрических компонентов – упругой балки и измерительного устройства – тензорезисторов. Устройство воздействия на датчик электронных весов изображено на рисунке 1.

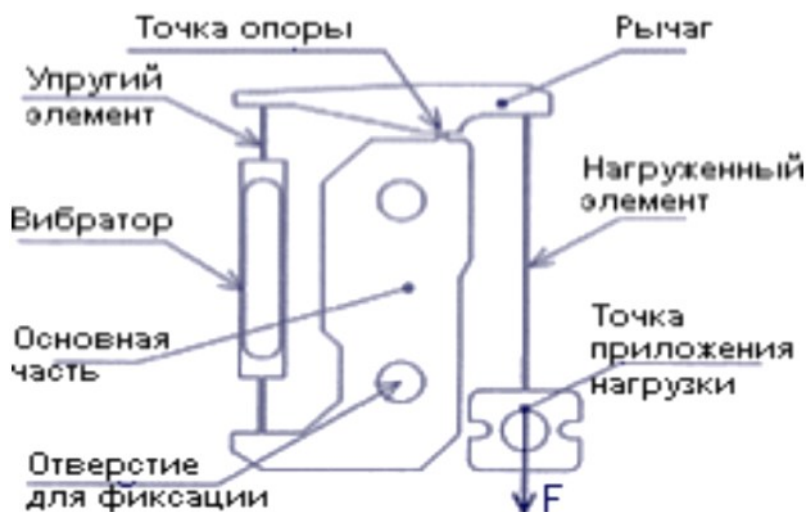


Рисунок 1. Устройство воздействия на датчик электронных весов

### Тензорезистор и его принцип действия

Тензометрический датчик – прибор используемый для того чтобы измерить напряжение на объекте был изобретен Эдвардом Э., Симмонсом и Артуром К. Руге в 1938. Самый общий тип тензометрического датчика состоит

из изолирующей гибкой затыловки которая поддерживает металлическую пластину в виде фольги. Датчик прикреплен к объекту соответствующим прилипателем, таким как цианоакрилат [1]. По мере деформации объекта деформируется фольга, что приводит к изменению ее электрического сопротивления. Это изменение сопротивления, обычно измеряется с помощью моста Уитстона. Это связано с деформацией величины, известной как калибровочный коэффициент.

Существует несколько операций над тензорами. Линейная природа тензора предполагает, что два тензора одного и того же типа могут быть сложены вместе и что тензоры могут быть умножены на скаляр с результатами, аналогичными масштабированию вектора. На компонентах эти операции просто выполняются по компонентам. Эти операции не изменяют тип тензора; но есть также операции, которые производят тензор другого типа.

Тензорезистор – резистор, у которого сопротивление изменяется от его деформации. Тензорезисторы помогают нам измерять деформации, механически связанных с ними элементов. Тензорезистор – это основная составная часть тензодатчиков.

Когда проводящие элементы тензорезистора подвергаются растяжению, при этом их длина увеличивается, а их поперечное сечение становится меньше, это повышает сопротивление тензорезистора, а при сжатии – уменьшается.

Коэффициент чувствительности – коэффициент, который характеризует чувствительность тензорезистора и зависит от применяемых материалов.

В основном тензорезисторы подключаются в одно или два плеча сбалансированного моста Уитстона, который питается от источника постоянного тока.

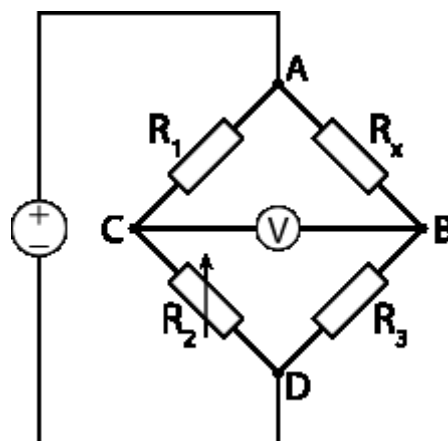


Рисунок 2. Тензорезистор и принцип его действия

Измерительный мост с вольтметром в диагонали изображен на рисунке 2. На этом рисунке тензорезистор обозначен –  $R_x$ .

Когда соотношение  $R_1R_2=R_2R_3$  выполняется, напряжение на диагонали моста равно нулю.

Не только деформация влияет на изменение сопротивления, но и другие факторы. Главным, из них, является – повышение или понижение температуры,

из-за которой существенно повышается погрешность в результате измерения деформации. Чтобы снизить влияние температуры используют сплавы, с низким ТКС, термостатируют измерительный объект, и применяют дифференциальные схемы включения тензорезисторов в мост.

При изменении температуры, если температура обоих резисторов равна, знак и величина изменения сопротивления, вызванного изменением температуры, равны, и температурный уход сопротивления при этом будет скомпенсирован.

УДК 621.39

## ПРИМЕНЕНИЕ КОММУНИКАЦИЙ БЛИЖНЕГО ПОЛЯ

Протасевич Т.М, Шибeko А.С.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Для какой цели большое количество производителей мобильных устройств снабжают смартфоны чипом *NFC*, которая расшифровывается следующим образом, – "*Near field communication*", что обозначает – "коммуникация ближнего поля" и какие возможности эта разработка предоставляет пользователю? На сегодняшний день рынок мобильных устройств имеет широкое многообразие смартфонов, оснащенных чипом *NFC*, как в высоко ценовой категории, так и в средней ценовой категории. Данная технология становится все более популярной среди держателей банковских карт, которые способны оплатить товар, просто приложив карту к устройству. Бесконтактная оплата осуществляется путем обмена данными *NFC* модуля и *POS*-терминалах, который в свою очередь имеет связь с надлежащим банком [1]. Таким образом, оплата возможна без ввода пин-кода.

Данную технологию разработали еще в 2004 году, затем ее начали использовать во всевозможных отраслях. Со временем технологию *NFC* стали внедрять при оплате проезда в общественном транспорте проездным документом, далее модуль *NFC* появился и в мобильных устройствах пользователей. В данной технологии заинтересовались банки, в связи, с чем по миру постепенно стали внедрять *NFC* чип в пластиковые карточки. Была создана бесконтактная система банковских платежей. Начиная с 2005, года некоторые банки начали выпуск карт со встроенным модулем, который дал возможность клиентам данных банков пользоваться системами бесконтактных платежей "*PayPass*" и "*PayWave*" при совершении покупок. Технологии "*PayPass*" и "*PayWave*" принадлежат американским корпорациям "*MasterCard Incorporated*" и "*Vizainc*".

Данная технология является продолжением *RFID*-технологий, но главным отличием является то, что *NFC* технология имеет ограниченный радиус работы, примерно равный 10 сантиметрам. Такое маленькое расстояние позволяет сохранить передачу данных в безопасности. Основой принципа действия модуля служит индукция магнитного поля. Если взять две рамочные антенны и расположить их в пределах ближнего поля друг друга, то мы получим трансформатор с воздушным сердечником. Частота, на которой работает *NFC*, равна 13,56 МГц. Для того чтобы осуществить корректную передачу данных, необходима цель (в роли которой выступает, например, терминал) и инициатор контакта (к примеру, смартфон), который в свою очередь генерирует радиочастотное поле. *NFC* модуль имеет два режима работы, такие как: активный режим и пассивный режим. В активном режиме, участвующие в процессе устройства, взаимодействуют поочередно, создавая и отключая собственные поля. Именно по этому принципу, можно произвести оплату через терминал со смартфона. В таком случае, источник энергии нужен только устройству, которое является инициатором. В пассивном же режиме, инициатор

обеспечивает создание поля, а цель моделирует его, выступая в роли ретранслятора. В таком режиме работы действуют NFC-метки и карточки-ключи. Все пассивные NFC не нуждаются в собственной батарее. А вот инициатору, такому как смартфон, батарея необходима. Обмен данными по NFC сети происходит в кодированном формате. Для этого используются различные коэффициенты модуляции, которые зависят от скорости передачи данных. В случае если полученный сигнал не соответствует передаваемому сигналу, операция просто не завершается. Наверное, самый обширный метод NFC это бесконтактный платеж. Человек имеет возможность закрепить свою карточку банка к смартфону, при помощи последнего будет происходить оплата, если, к примеру, карта была забыта. В этом случае вероятность кражи его конфиденциальной информации очень низкая вследствие малого радиуса действия системы, наибольшее волнение вызовет потерянный телефон.

Другой способ пользования технологией это передача и обмен файлами. При помощи инструмента *Android Beam* есть возможность переправлять разные данные с одного смартфона на другой. Но скорость передачи низкая, следовательно, эта функция больше подойдет для передачи малых текстов. На планете быстро распространяются технологии NFC во всех сферах жизни общества. Недавно разработчики показали NFC метки, которые вошли в свободную мировую продажу. Они имеют возможность быть использованными как вспомогательная функция телефона в виде активации или деактивации будильника, а также помогает оплатить проезд в общественном транспорте и купить продукты в магазинах, использующих считывающие технологии. В продажу идет все больше новых смартфонов, имеющих предустановленный NFC модуль, который позволяет их владельцам совершать оплату. Так же обстоит дело с карточками банков нового поколения, многие из которых позволяют их клиентам производить платежи, прикладывая карточку к терминалам. Однако на рынке начинают появляться "Умные часы", кольца и другие гаджеты с предустановленным NFC модулем, последние тоже используются как бесконтактный способ оплаты.

Технологии NFC ускоренно совершенствуются, и в будущем можно будет пользоваться ими как банковскими карточками, билетами в кино, театры, на транспорт, паспорта и водительские права одновременно. В прошлом году был предложен ввод законопроекта в Госдуму о введении в РФ электронного паспорта, выглядящего как пластиковая карточка со встроенным NFC чипом, где будут собраны данные гражданина РФ. Пользователи также могут специально подключить банковскую карту, ввести данные ИНН, СНИЛС. Кроме этого, предполагается использовать электронный паспорт в качестве полиса медицинского страхования и медицинской карты. По данным на 2018 количество проданных устройств, имеющих NFC модуль, увеличилось на 41% по сравнению с предыдущим. Было продано порядка 11 млн. аппаратов. Лидерами в данном сегменте стали гаджеты таких компаний как: *Apple, Samsung, Honor/Huawei*. Эксперты заметили, что такой рост популярности данной технологии связан с повсеместным распространением терминалов и многообразием платежных систем. Число денежных операций, произведенных

в 2018 году через телефон, увеличилось в 5 раз по сравнению с прошлым годом.

Каждый пользователь самостоятельно принимает для себя решение, нуждается он в дополнительной функции *NFC* модуля или нет. Но мир не стоит на месте, и все большее количество гаджетов поддерживает данную технологию.

#### Литература

1. Шестакова, К. Что такое NFC в смартфоне. Можно взломать и украсть деньги? [Электронный ресурс]. – К. Шестакова-iPhones.ru, 2018. – Режим доступа: <https://www.iphones.ru/iNotes/kak-rabotaet-nfc-12-07-2018> – Дата доступа: 20.04.2019

УДК 621.39

## КОНЦЕПЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Швед П.Ю., Цыцына О.В., Коломиец Е.И.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

**Искусственный интеллект (ИИ)** – это наука и технологии создания интеллектуальных машин и компьютерных программ, от персонального голосового помощника с искусственным интеллектом, присутствующего на всех современных аппаратах фирмы *Apple* (*SIRI*) до автомобилей с автоматическим управлением.

ИИ быстро прогрессирует. Научная фантастика зачастую изображает ИИ как роботов с человеческими характеристиками, однако на сегодняшний день он может представлять собой все что угодно.

В данный момент ИИ часто называют узким (слабым), поскольку он предназначен для выполнения определенных задач. Например, только распознавание лиц или только поиск в интернете. Тем не менее, главной целью многих исследователей является создание общего (сильного) ИИ. На сегодняшний день узкий ИИ может превзойти людей по конкретной выбранной задаче, например, выиграть в шахматы или решить уравнение. Общий искусственный интеллект теоретически сможет превзойти людей практически в любой сфере деятельности.

### **Насколько опасна концепция искусственного интеллекта?**

Большинство ученых сходится во мнении, что ИИ не сможет проявить человеческих эмоций, такие как любовь или ненависть. И нет никаких оснований полагать, что он сам станет выбирать черты характера. Но если предположить возможность угрозы со стороны ИИ, ученые видят два сценария его действий:

1. ИИ будет запрограммирован на разрушение.
2. ИИ будет запрограммирован на что-то полезное, но достигать своей цели он будет деструктивным методом.

### **Некоторые задачи искусственного интеллекта**

**Роботы** – это машины, по-особенному программируемые компьютером, способные автоматически выполнять сложную последовательность действий. Слово «робот» появилось в 20-х гг. XX в. Его придумал чешский писатель Карел Чапек.

**Робототехнические системы (РТС)** – это отрасль машиностроения, которая включает в себя электронику, информатику, механику и другие науки. Эти системы занимаются проектированием и конструированием в самых различных отраслях.

На данный момент в промышленности применяется огромное количество роботов, работающих по своей программе. Различие их от интеллектуальных роботов в том, что интеллектуальные роботы способны самообучаться и организовываться, адаптироваться к изменяющейся окружающей обстановке.

Существует несколько классов роботов: манипуляционные, информационные и другие. В зависимости от участия человека в процессе управления каждый из данных классов роботов делится на отдельные типы. Например, манипуляционные роботы могут быть автоматическими, биотехническими и интерактивными.

#### **Тяжелая промышленность**

Роботы стали востребованы во многих отраслях, часто во вредных для человека условиях. Так же их используют для монотонной однообразной работы, при которой у человека может снизиться концентрация внимания, что может привести к ошибкам в работе, а еще хуже – к несчастному случаю.

#### **Домашние (бытовые) роботы**

Домашние роботы – это тип служебного, автономного робота, который в основном используется для работы по дому, но могут также использоваться для образования и развлечений. Хотя большинство домашних роботов упрощены, некоторые из них подключены к домашним сетям *WiFi* или интеллектуальным средам и в значительной степени автономны.

Более совершенные модели интеллектуальных бытовых устройств помимо уборки помещений способны выполнять множество дополнительных функций – например, подносить еду и напитки.

#### **Роботы спасатели**

Такие роботы являются относительно новой областью исследований, посвященной системам, которые поддерживают подразделения первого реагирования при различных бедствиях. Особенно мобильные роботы могут быть очень ценными в городских спасательных операциях после таких катастроф, как землетрясение, возможность взрывов взрывчатых веществ, а также при наличии вредных газов, при пожарах и в дорожно-транспортных происшествиях. Роботы могут использоваться для проверки разрушенных конструкций для определения местонахождения людей. Есть много инженерных и научных проблем в этой области. Аварийно-спасательные роботы не только должны быть рассчитаны на суровые условия окружающей среды, но им также необходимы передовые возможности, такие как интеллектуальное поведение, для того чтобы освободить их от постоянного контроля со стороны операторов.

#### **Военные роботы**

Военные роботы – это автономные или мобильные роботы с дистанционным управлением, предназначенные для военных действий. Американские и другие военные вкладывают значительные средства в исследования и разработки, направленные на тестирование и раскрытие все более автоматизированных систем. Наиболее известной системой, используемой в настоящее время, является беспилотный летательный аппарат *IAI Pioneer* и *RQ-1 Predator*, который может быть вооружен ракетами класса "воздух-земля" и дистанционно управляться из командного центра или использоваться в разведывательных целях.

#### **Роботы в медицине**



Большинство задач для ИИ в медицине находятся на стадии разработки. Но уже на данный момент широко используются следующие функции:

- Анализ сердечного ритма.
- Обнаружение опухолей.
- Роботы, которые помогают ухаживать за пожилыми людьми.
- Создание планов лечения.
- Консультация.
- Разработка лекарственных препаратов.

### **Роботы – игрушки**

Робот для развлечений – это, как следует из названия, робот, созданный не для утилитарного использования, как в сфере производства или бытовых услуг, а исключительно для развлечения человека.

### **Проблемы ИИ**

Еще меньше современные системы искусственного интеллекта способны активно воздействовать на внешнюю среду, без чего не может осуществляться самообучение и вообще совершенствование «интеллектуальной» деятельности.

В целом эти системы еще не владеют комплексом самых различных возможностей, которыми располагает человек и которые необходимы для выполнения совокупности функций абстрактного мышления. Чем больше характеристики систем искусственного интеллекта будут приближены к гносеологическим характеристикам мышления человека, тем ближе будет их «интеллект» к интеллекту человека.

### **Литература**

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neuronus.com/stat/1258-что-такое-искусственный-интеллект.html> – Дата доступа: 15.04.2019
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://libtime.ru/expertsystems/problema-iskusstvennogo-intellekta.html> – Дата доступа: 15.04.2019

УДК 621.382.049

## ЭВОЛЮЦИЯ МИКРОПРОЦЕССОРОВ В КОМПЬЮТЕРАХ

Хилько А.Д., Хатько А.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Микропроцессор является неотъемлемой частью компьютера. Это кремниевый чип, который состоит из миллионов транзисторов и других электронных компонентов, которые обрабатывают миллионы команд в секунду. Микропроцессор – это универсальная микросхема, которая объединяется с микросхемой памяти и микросхемами специального назначения и предварительно формируется программным обеспечением. Он принимает цифровые данные и обрабатывает их в соответствии с инструкциями, заложенными в памяти. Микропроцессор имеет множество функций, таких как функции хранения данных, взаимодействие с различными другими устройствами и многие другие функции. Но основная задача микропроцессора состоит в выполнении различных управленческих и логических операций и команд.

### История появления

Коммутаторы в компьютерах, которые использовались в начале 1940-х годов, в основном представляли собой механические реле. Это были устройства, которые открывались и закрывались во время расчетов. Наступил 1950 год, и вакуумные лампы взяли верх. Переход от механического реле к вакуумным лампам был важным технологическим достижением, поскольку вакуумные лампы могли выполнять вычисления значительно быстрее и эффективнее, чем релейные машины. Этот технологический прогресс был недолговечным, потому что лампы имели большие габариты и не имели возможности быть помещены близко друг к другу, потому что они вырабатывали тепло.

Затем появился транзистор, который был признан революционным изобретением. Транзистор превратил компьютер из гигантской электронной машины в прибор сравнимый с размерами одного или нескольких шкафов, все время уменьшающихся в размерах. В результате технологического прорыва транзисторов стало возможным внедрение миникомпьютеров 60-х годов, и революция персональных компьютеров 70-х годов.

Однако исследователи не остановились на развитии транзисторов. Они хотели создать устройство, которое могло бы выполнять более сложные задачи – устройство, которое могло бы интегрировать несколько транзисторов в более сложную схему. Отсюда терминология, интегральные схемы или микросхемы. Поскольку физически это были крошечные частички кремния, их стали называть чипами. Первоначально спрос на микросхемы был, как правило, у военных и аэрокосмических предприятий, которые в большом количестве использовали компьютеры и единственными, которые могли позволить себе использование тех самых компьютеров на то время.

Позже инженеры *Intel* разработали сложный чип. Этот чип мог извлекать данные из своей памяти и интерпретировать данные как инструкции. Термин,

который появился, для описания данного устройства, был «микропроцессором». Таким образом, именно компания *Intel* представила первый микропроцессор в 1971 году, который получил название *Intel 4004*.

Однако именно *Intel 8080* был первым микропроцессором, который мог использоваться в обычных домашних компьютерах. Он был представлен в 1974 году и мог выполнять 8-битные операции. Затем в 1976 году *Intel* представила процессоры 8085, которые являются не чем иным, как обновлением процессоров 8080. Процессоры 8080 отличался добавлением двух инструкций включения/выключения, трех добавленных контактов прерывания и последовательных контактов ввода-вывода.

В 1978 году *Intel* представила микропроцессор модели 8086. Основное различие между процессорами 8085 и 8086 состоит в том, что 8085 – это 8-битный процессор, а 8086 – это 16-битный процессор. Позже *Intel* представила процессор 8087, а затем процессор 8088, который был встроен в персональные компьютеры IBM.

В течение многих лет многие процессоры из 8088, 80286, 80386, 80486, *Pentium II*, *Pentium III*, *Pentium IV*, а теперь и *Core2Duo*, 2-х ядерные и 4-х ядерные процессоры были распространенными на рынке. В таблице 1 показано развитие микропроцессоров компании *Intel* с 1974 г. по 2003 год.

Таблица 1 – Развитие микропроцессоров компании *Intel*

| Наименование          | Дата выпуска, г. | Количество транзисторов, шт. | Разрядность | Тактовая частота |
|-----------------------|------------------|------------------------------|-------------|------------------|
| 8080                  | 1974             | 6 000                        | 8 бит       | 2 МГц            |
| 8085                  | 1976             | 6 500                        | 8 бит       | 5 МГц            |
| 8086                  | 1978             | 29 000                       | 16 бит      | 5 МГц            |
| 8088                  | 1979             | 29 000                       | 8 бит       | 5 МГц            |
| 80286                 | 1982             | 134 000                      | 16 бит      | 6 МГц            |
| 80386                 | 1985             | 275 000                      | 32 бит      | 16 МГц           |
| 80486                 | 1989             | 1 200 000                    | 32 бит      | 25 МГц           |
| PENTIUM               | 1993             | 3 100 000                    | 32/64 бит   | 60 МГц           |
| PENTIUM II            | 1997             | 7 500 000                    | 64 бит      | 233 МГц          |
| PENTIUM III           | 1999             | 9 500 000                    | 64 бит      | 450 МГц          |
| PENTIUM IV            | 2000             | 42 000 000                   | 64 бит      | 1,5 ГГц          |
| Itanium II<br>Madison | 2003             | 410 000 000                  | 64 бит      | 1,6 ГГц          |

Один из современных микропроцессоров, разработанный в 2017 году *Intel Core 7900X* имеет тактовую частоту 3,3 ГГц/4,4 ГГц, 10-ядерный, имеет разрядность 64 бита и содержит 4750 млрд транзисторов, выполненный по 14 нм-технологии. Лучший процессор от *Intel* в 2019 году, *i7-8700K Coffee Lake* (3700 MHz, LGA1151, L3 12288Kb) который привлекает весомым запасом разгона при температуре корпуса, при этом, 40-50°C. Речь идет о 12 потоках и 6

ядрах, мощность каждого из которых составляет 4.7 ГГц (при самостоятельном разгоне).

Таким образом, микропроцессор стал неотъемлемой частью большинства современных гаджетов. Эволюция микропроцессоров, в нынешнее время, можно разделить на девять поколений:

Всего по состоянию на начало 2019 года есть **9 поколений** процессоров:

- **1 поколение** – изготовлено по технологии 45 нм в 2010 г., по технологии 32 нм, 4 ядра, разработка 2008-2010 года, без встроенной графики.
- **2 поколение** – технология 32 нм, 4 ядра, графика *Intel 2000*, 3000, реализация 2011 год.
- **3 поколение** – технология 32-22 нм, 4 ядра, графика *Intel 4000*, реализация 2011-2012 годов. Например, *Intel Core i5-3470T* имел 2 ядра с поддержкой *HT*, остальные – 4 ядра без *HT*.
- **4 поколение** – технология 22 нм, графика *Intel 4600-5200*, релиз 2013 года. *Intel Core i5 4* поколения именовались в формате *i5-4xxx*, с номерами от 4430 до 4690. Модели *Intel i5-4570T* и *TE* были двух-ядерными, остальные – четырех-ядерные.
- **5 поколение** – технология 14 нм и 22 нм, графика *Intel 6200* реализация 2014-2015 года. В серии вышло, например, четырех-ядерные модели: *Intel i5-5575R*, *5675C* и *5675R*.

Все десктопные *i5-5xxx* имели улучшенный графический процессор *Iris Pro*, 128 Мб *eDRAM* памяти. Модели с индексом *R* тоже распаивались на плате и продавались только в составе готовых компьютеров. *Intel i5-5675C*, в отличие от них, он устанавливался в обычный сокет 1150 и был совместим со старыми платами.

- **6 поколение** – технология 14 нм, 4 ядра, графика *Intel 5300-5800*, реализация 2015-2016 годов. В шестом поколении тоже выходили чипы с графикой *Iris Pro* – *Intel i5-6585R* и *6685R*.
- **7 поколение** – технология 14 нм, графика *Intel 6100-6200*, реализация 2017 год. Чипы этой серии носят индексы *i5-7xxx*, номера моделей – от 7400 до 7600К. Разъем процессоров остался прежним (1151), контроллер памяти тоже не изменился, поэтому чипы сохранили совместимость с платами под шестое поколение. Исключение – модель *i5-7640K*, рассчитанная на сокет 2066 (платы *Hi-End* сегмента).
- **8 поколение** – технология 14 нм, 6 ядер, графика *Intel 6100-6200*, реализация 2016-2017 годов. Увеличение числа ядер с 4 до 6, Это подняло их быстродействие до 1,5 раз на фоне предшественников. В серии, например, выпущены чипы с именами формата *Intel i5-8xxx*, и номерами от 8400 до 8600К. Пользователи по достоинству оценят производительность процессоров Intel мощностью 45 Вт с четырьмя

ядрами и восемью потоками для мобильных ПК. Частота достигает 4,2 ГГц благодаря технологии Intel® Turbo Boost 2.0, а емкость кэш-памяти составляет до 8 МБ. Этот процессор для энтузиастов подключается к дискретной графической системе Radeon™ RX Vega M PCIe по высокоскоростным каналам Intel с интерфейсом PCIe, напрямую подключенным к процессору.

- **9 поколение** – технология 14 нм, 8/16 ядер, реализация 2019 г. Самым мощным будет чип *i9-9980HK* с 8 ядрами и 16 потоками. Объем кэша *L3* у него составляет 16 Мб. Ещё здесь есть *9980HK* с тактовой частотой 4,8 ГГц. Модели *i7-9850H* и *i7-9750H* 6-ядерные с 12 потоками, тактовые частоты в режиме разгона 4,6 и 4,5 ГГц соответственно.

Ещё есть две модели *Intel Core i5, 9400H* и *9300H*. Это 4-ядерные процессоры с 8 потоками, объем кэша *L3* равен 8 Мб, частоты 4,3 и 4,1 ГГц.

Самый мощный процессор Интел для стационарного ПК на 2019 год – модель *Core i9-9900K* последнего поколения. Включает 8 физических ядер с 16 потоками и уникальной технологией *Turbo Boost 2.0*. С ее помощью частота повышается с базовых 3.6 до 5 ГГц. Такой производительности хватит для работы с любыми приложениями. При этом взаимодействует с материнской платой *Soket 1151-v2*. Стоит добавить, что чип поддерживает до 64 гигабайт ОЗУ стандарта *DDR4*, и может работать в двухканальном режиме. К преимуществам данной модели также необходимо отнести наличие разблокированного множителя.

### **Заключение**

Микропроцессоры существуют уже более 40 лет. В настоящее время они имеют множество форм, размеров и уровней сложности, обеспечивающих работу всех видов приложений, которые они используют для управления компьютером. Кроме того, процессор компьютерной системы должен взаимодействовать с каким-либо другим полупроводниковым устройством для выполнения своих функций. Устройства, включающие в себя память и устройства ввода-вывода, составляют остальную часть компьютерной системы. Таким образом, мы узнали, как появились и эволюционировали микропроцессоры, и в каком направлении идет дальнейшее их развитие.

### **Литература**

1. Shah, U.S. Microprocessor and its applications / U.S. Shah // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elprocus.com>. – Дата доступа: 07.04.2019
2. Ramesh Goankar, B. Microprocessor Architecture, Design and applications of 8085 / B. Ramesh Goankar // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.brighthubengineering.com>. - Дата доступа: 02.04.2019
3. B. Ram, B. “8085 Microprocessor” / B. Ram // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ukessays.com>. - Дата доступа: 05.04.2019

УДК 621.391.823

## НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ПОМЕХАМИ В СИЛОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ

Бондаренко Е.А., Савко А.В.

Научные руководители – старшие преподаватели Михальцевич Г.А.,

Зеленко В.В.

Помехи – это нежелательное физическое явление, которое вызывает нарушение нормальной работы электрического устройства.

По своему происхождению помехи делятся на естественные и искусственные. Источники, вызывающие помехи, могут быть расположены как внутри самой системы передачи, так и за её пределами. Если нарушения являются постоянными и уже известными, то работа по его устранению не сложная. Противостоять случайным помехам является наиболее трудной задачей.

Сегодня понятие «электромагнитная совместимость» (ЭМС) связано с проблематикой гарантирования точности в системах мониторинга, выполненных на цифровом оборудовании, которое применяется в реальных условиях. Реальные объекты характеризуются несовершенством качества систем электропитания и заземления, большой возможностью противодействия сильным электромагнитным помехам, например, грозовым разрядам. Под электромагнитной совместимостью понимается способность устройств к нормальной работе в электромагнитной обстановке. Понятие «электромагнитная обстановка» (ЭМО) относится к совокупности реальных электромагнитных явлений, которые происходят на конкретном объекте.

### **ЭМС преобразователи электрической энергии полупроводникового типа**

Сегодня всё большее количество разработчиков специального оборудования для питания своего оборудования переходят к концепции модульных источников питания. Это, в первую очередь, связано с большими преимуществами данного вида преобразователей, к ним относятся: высокая эффективность, небольшой размер и малая цена. Но при всём этом огромный недостаток полупроводниковых преобразователей это, то, что они принимают вид генераторов электромагнитных помех (ЭМП). Проводящие помехи от источника питания могут вызывать перебои в работе оборудования, находящегося поблизости. Эта проблема особенно актуальна для специального оборудования, где необходима надежная и стабильная работа. Переключение больших токов приводит к высокочастотным помехам на входных клеммах источника питания.

Главные пути распределения электромагнитных помех изображены на рисунке 1.

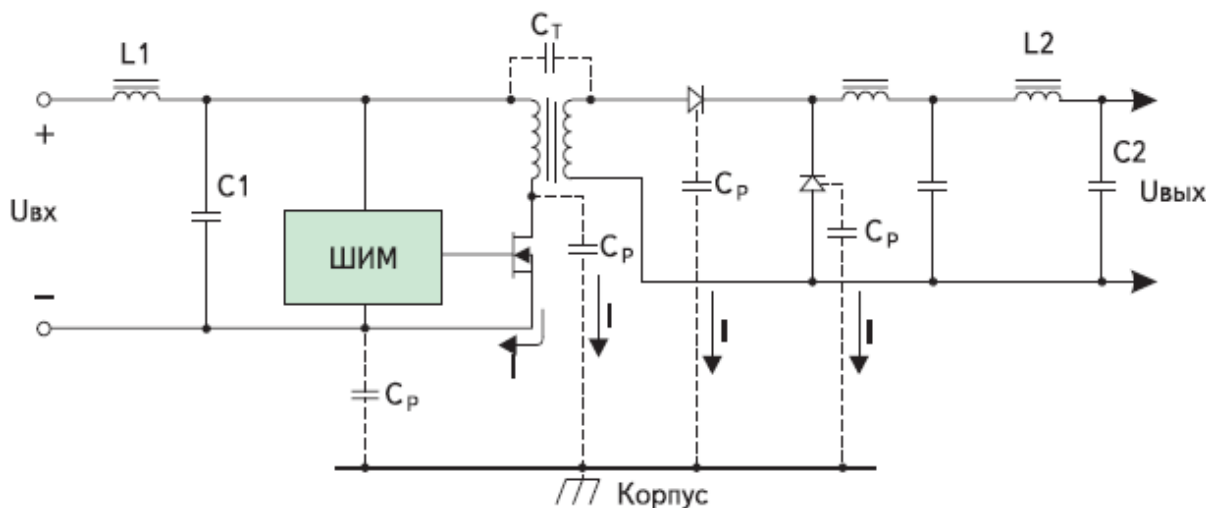


Рисунок 1. Цепочки распределения помех

Способы по снижению радиопомех:

- а) Пошаговое отслеживание дорожек печатной платы, запитывающих силовые элементы для предотвращения помех от них на другие части схемы.
- б) Использование внутри самой системы, пассивных фильтров.
- в) Использование внешних фильтров гашения помех.

1-ый способ позволяет снизить помехи непосредственно во время конструирования модуля; но есть ограничение: небольшие размеры платы и большая плотность монтажа часто не дают конструктору снизить уровень помех до нужных стандартов.

2-ой способ, использование внутри системы пассивных фильтров, тоже уменьшает уровень помех. Но есть ограничение. Чтобы уменьшить помехи в широком частотном диапазоне, необходимо использовать многоканальные фильтры с большим количеством конденсаторов и дополнительных дросселей, установленных в силовом модуле. Это служит причиной сложного процесса производства печатных плат модуля питания, и повышения его габаритных размеров.

Другая важная задача в обеспечении ЭМС заключается в защите модуля от перенапряжений, которые могут возникать в первичной цепи и в следствии могут привести к выходу из строя модуля.

Для предотвращения перенапряжения модулей и подавления высокочастотных радиопомех используются фильтры-ограничители.

### Основные решения по снижению наведенных помех

Фирма Сименс выявила, что заземление корпуса привода играет существенную роль в появлении большого уровня электромагнитных помех, особенно для больших аппаратов. Главным решением по избавлению от электрических помех является создание заземления с низким сопротивлением. К тому же, металлические крышки функционируют как экран, снижая помехи от кулера, а сварная рама обеспечивает невысокое сопротивление. Не мало важной задачей является возможность иметь линию заземления, соединенную с корпусом, которая служит для устранения электрических помех, наводимых по шине «земля», она должна иметь низкую индуктивность.

Еще один способ улучшить ЭМС – это установить между дверцами и корпусом заземляющие кронштейны. Применение исключительно одного заземления не хватает, поскольку оно имеет высокое сопротивление для электрических помех.

### **Заключение**

На основании данных полученных в ходе выполнения работы можно выделить следующие выводы:

- ЭМС на основной части импульсных устройств является причиной опасности для стандартного коммуникационного оборудования и информационных технологий (оборудование узлов связи, промышленных чувствительных устройств измерения и т.д.);

- факторы сложной электромагнитной обстановки заключаются в наличии существенных недоработок в часто используемых системах электропитания, в неправильном заземлении и прокладки чувствительных кабелей вблизи источников помех.

### **Литература**

1. Подавление помех электроприводов / Фрэнк Дж. Бартос // Журнал Control Engineering, Россия, 2010. – 70 с.
2. Силкин, Е.М. Электромагнитная совместимость полупроводниковых преобразователей электрической энергии / Е.М. Силкин // ОАО ЭЛСИ, г. Ульяновск, 2003. – 16 с.



УДК 616.37-002

## ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ПРИБОРОВ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Турунок П.С., Лавров М.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

УЗИ (ультразвуковое исследование) – методика диагностического обследования, которая использует звуковые волны для воссоздания изображения структур внутри тела человека. Это используется для помощи диагностики некоторых видов боли, инфекций и отеков внутри организма, наблюдения за процессом беременности (здоровья ребенка и его пол). Также можно диагностировать мозг новорождённого ребёнка и другие органы (рисунок 1).

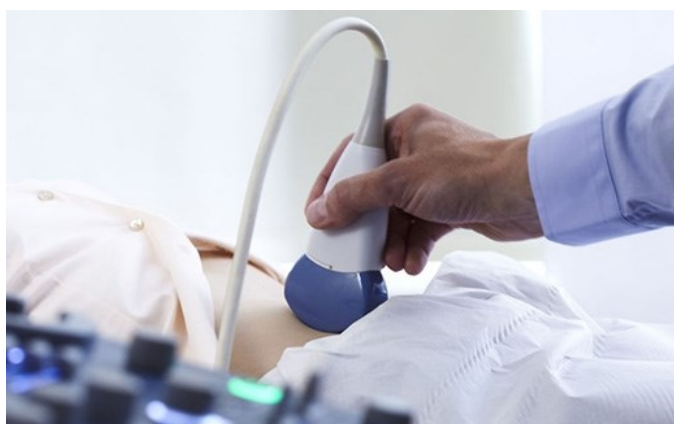


Рисунок 1. Обследование человека с помощью УЗИ

Процедура не требует никакой специальной подготовки для пациента. Доктор обязательно проинструктирует пациента по этому поводу. Возможно, Вам придется отказаться накануне от еды и воды. Обязательно нужно снять с себя все украшения и быть в свободной одежде. Ультразвуковые волны не причиняют вред и не причиняют боли.

УЗИ-аппарат (рисунок 2) включает в себя следующие основные блоки:

- генератор импульсов – многоканальное устройство, которое по каждому из каналов передает на формирователь луча короткие электрические импульсы. Основными задачами, выполняемыми генератором импульсов является: генерирование импульсов как можно меньшей длительности, т.к. чем короче импульс, тем лучше продольная разрешающая способность;
- обеспечение амплитуды импульсов необходимого уровня, но не более допустимого с точки зрения безопасности пациента;
- осуществление сдвига по времени между импульсами. Для формирования луча с требуемым фокусом необходимо некоторое время. Кроме того, во время задержки между импульсами происходит получение сигнала от тканей.

- Формирователь луча – многоканальное устройство, соединенное с датчиком многожильным кабелем в соответствии с общим числом элементов преобразователя.

Основная функция заключается в обеспечении необходимой формы ультразвукового луча на передачу и прием.

В коммутаторе происходит изменение общего числа каналов пьезопреобразователя на число, равное числу каналов приемника и передатчика.

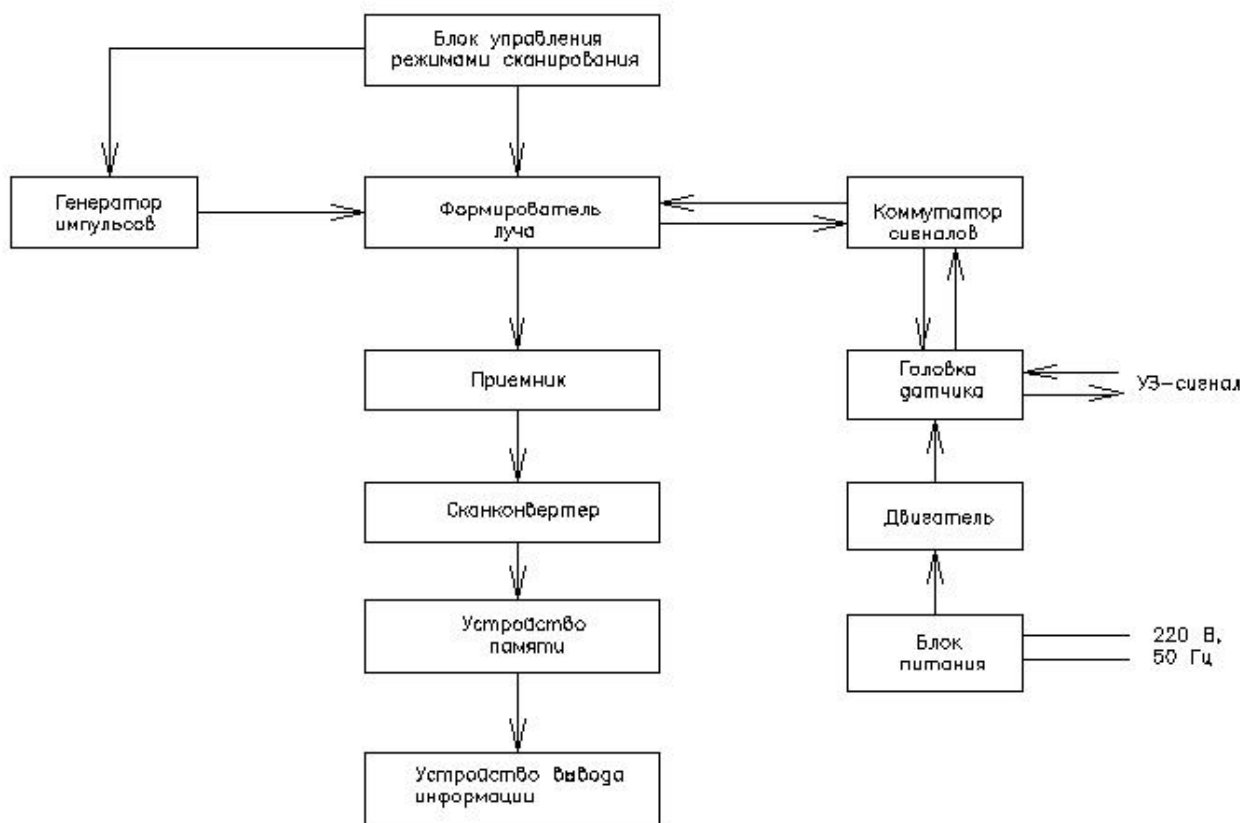


Рисунок 2. Блок-схема УЗИ аппарата

На головке датчика располагаются пьезоэлементы, которые преобразуют электрическую энергию в энергию ультразвуковых колебаний.

Управление режимами сканирования. Управление работой всех элементов осуществляется с помощью программы, разработанной для каждого аппарата индивидуально. В зависимости от сложности прибора, происходит управление функциями скан конвертера, обработка результатов измерения, изменение частоты импульсов в зависимости от выбранного типа датчика.

Приемник получает от формирователя луча эхо-сигналы, усиливает их, подвергает определенным преобразованиям, суммирует сигналы со всех каналов и подает суммарный сигнал на скан-конвертер

Скан конвертер – цифровое устройство, которое служит для преобразования информации, получаемой с выхода приемника, в форму, удобную для отображения на мониторе аппарата.

С выхода скан конвертера, информация для отображения поступает на цифровое устройство памяти. Запись происходит в той же скоростью, с которой

происходит сканирование. На выходе информация считывается уже в темпе, необходимом для получения изображения в телевизионном стандарте.

Устройствами вывода информации являются принтер для получения бумажного носителя полученного изображения и монитор.

Внешне УЗИ сканер представляет собой консоль, состоящую из ПК, монитора для вывода картинки и зонда, используемый для сканирования. Зонд — это небольшое ручное устройство, присоединенное к аппарату УЗИ кабелем. Некоторые обследования могут использовать различные зонды с различными возможностями для проведения обследования разных частей тела. Зонд генерирует высокочастотные звуковые волны, которые человеческое ухо не воспринимает, в тело и после этого принимает отраженный сигнал от внутренних структур тканей. Принцип подобен гидролокатору, используемому на кораблях и подводных лодках.

УЗИ использует маленький датчик (зонд), а также специальный ультразвуковой гель, который прикладывается к коже пациента. Зонд передает ультразвуковые волны, не воспринимаемые человеком (частотой более 20 кГц) через специальный гель во внутренние ткани организма. Так же зонд улавливает все отраженные волны звука, преобразует их, и потом при помощи программного обеспечения выводит на экран картинку. Гель наносится не большим слоем на кожу пациента, чтобы обеспечить хороший сигнал от ультразвуковых волн от датчика к исследуемой области тела и потом обратно. Ультразвук отлично применять для некоторых областей тела, но некоторые области тела не поддаются обследованию, к примеру, наполненные на вдохе легкие. При УЗИ не требуется ионизирующее излучение в отличие от рентгена, поэтому пациент не подвергается никакому облучению, и вреда для здоровья нет.

Ультразвуковое изображение сразу видно на компьютере или телевизионном мониторе. Изображение генерируется на основе показаний:

- амплитуды (громкости);
- частоты (шага);
- времени (которое требуется для ультразвукового сигнала);
- преобразователь (устройство для отправки и получения возвращающихся ультразвуковых волн);
- тип, структура и состав ткани тела пациента, через которую проходят волны ультразвука.

Так как УЗИ демонстрирует картинку в реальном времени, оно демонстрирует внутреннюю структуру и движение внутренних органов пациента, а также кровь, прокачиваемую по сосудам организма. Обыкновенный ультразвук может создать изображение не только на тонких участках тела, но и плоских его участках. Однако технологии не стоят на месте и уже есть усовершенствованный ультразвук, который выводит результат звукового обследования в форме 3D.

На данный момент существует 3 вида ультразвукового Доплера:

- Цветной доплер. Изображение показывает скорость и направление кровотока, через кровеносный сосуд, выделяя сигналы измерений цветным массивом (рисунок 3).



Рисунок 3. Изображение на экране цветного доплера

- Энергетический доплер: более чувствительная технология способная выделить более детальное изображение кровотока, но, к сожалению, не определяет его направление, что иногда может быть очень важным в ряде случаев (рисунок 4).

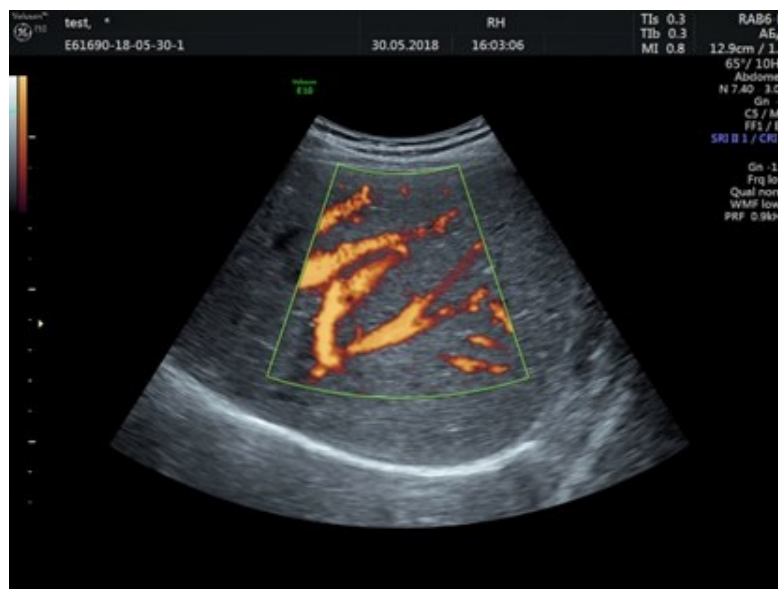


Рисунок 4. Изображение на экране энергетического доплера

- Спектральный доплер: показывает изменение кровотока в графике, в зависимости пройденного расстояния от времени, а не в виде цветной картинки. Также преобразует поступающую информацию о кровотоке в характерный звук, который можно услышать при каждом сокращении сердца (рисунок 5).



Рисунок 5. Изображение на экране спектрального доплера

По сравнению с другими доминирующими методами визуализации результатов, ультразвук имеет несколько преимуществ:

- Он показывает картинку в реальном времени и является портативным и может быть доставлен к кровати.
- Он значительно дешевле по стоимости, чем другие способы визуализации, и не использует вредного ионизирующего излучения.

Недостатки включают в себя различные ограничения в поле его зрения, такие как необходимость сотрудничества с пациентом, зависимость от телосложения, сложность визуализации структур за костью и воздухом и необходимость в квалификации оператора.

#### Литература

1. Нечаенко, Е. Ультразвуковое исследование человека / Е. Нечаенко // АиФ [Электронный ресурс]. – 2012. – № 17 Режим доступа: <http://www.aif.ru/health/life/35366>. – Дата доступа: 01.04.2019
2. Луганов, М. УЗИ / М. Луганов // [Электронный ресурс]. – Индикатор, 2016-2017. – Режим доступа: <https://www.indicator.ru/tags/uzi/>. – Дата доступа: 01.04.2019

УДК 616.079

## ПРИНЦИП РАБОТЫ И СРАВНЕНИЕ РЕНТГЕНОВСКОГО АППАРАТА И АППАРАТА МАГНИТОРЕЗОНАНСНОЙ ТЕРАПИИ

Уткин И.А., Танкевич А.В., Карелин В.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) является мощной техникой визуализации, используемой для исследования тела человека.

МРТ сканеры используют очень сильные магнитные поля и радиоволны, которые взаимодействуют с протонами в тканях, чтобы создать сигнал, который затем обрабатывается для формирования изображений тела. Протоны (атомы водорода) можно рассматривать как крошечные стержневые магниты с северным и южным полюсом, вращающиеся вокруг оси – как планета. Обычно протоны выровнены случайным образом, но, когда приложено сильное магнитное поле, протоны выравниваются с этим полем.

Применение радиоволнового импульса на правильной частоте возбуждает протоны, вызывая их резонанс и нарушая магнитное выравнивание. Возбужденные протоны высвобождают поглощенную энергию в виде радиочастотного сигнала, и излучение улавливается приемной катушкой в сканере. Радиочастота, которая вызывает резонанс протонов, зависит от напряженности магнитного поля.

В МРТ-сканере градиентные электрические катушки используются для изменения напряженности магнитного поля на теле. Это означает, что разные части тела будут резонировать на разных частотах. Таким образом, применяя различные частоты последовательно, вы можете изобразить кусочки тела отдельно и постепенно создавать изображение.

Когда радиоисточник выключен, протоны вернуться в свое исходное невозмущенное состояние (выровненное по магнитному полю), излучая при этом радиоволны, которые улавливаются приемными катушками. Разные ткани будут расслабляться с разной скоростью, например, у жира и воды разное время релаксации, поэтому время релаксации может выявить тип ткани, которая будет отображаться. Есть два времени релаксации, которые можно измерить;  $t_1$  – время, необходимое для расслабления магнитного выравнивания, а  $t_2$  – время, необходимое для возврата спина в исходное состояние. Блок-схема аппарата МРТ представлена на рисунке 1.

Множественные последовательности радиоимпульсов могут использоваться для выделения или подавления определенных типов тканей. Например, отклонения обычно не обнаруживаются в жире, поэтому последовательность импульсов подавления жира может использоваться для удаления сигнала, испускаемого жировыми тканями, оставляя только сигнал из областей, которые с большей вероятностью содержат отклонения.

МРТ сканеры нуждаются в невероятно сильных магнитных полях; обычно около 1,5 Тесла, но они могут достигать 7 Тесла. Для сравнения, магнитное поле Земли составляет всего 0,00005 Тесла.

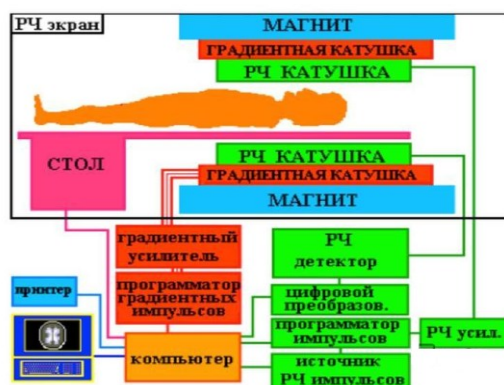


Рисунок 1. Блок схема аппарата МРТ

Магнит состоит из нескольких катушек проводящего провода, через которые пропускается ток для создания магнитного поля. Для достижения требуемой высокой напряженности поля магнит охлаждают жидким гелием до температуры ниже 10 Кельвин ( $-442 \text{ }^\circ \text{F} / -263 \text{ }^\circ \text{C}$ ). Это обеспечивает сверхпроводимость, позволяя току течь через катушки, не создавая электрического сопротивления. Это означает, что когда магнит переохлаждается, он способен проводить большие токи и, следовательно, способен создавать более сильные магнитные поля.

МРТ была изобретена Полом Лаутербуром в 1971 году в университете Стони Брук, Лонг-Айленд. Затем этот метод был разработан сэром Питером Мэнсфилдом, и первое сканирование тела человека с помощью МРТ было проведено в 1977 году. Хотя только в 1980-х годах был создан первый МРТ-сканер, способный создавать клинически полезные изображения. Эта машина была разработана Джоном Маллардом, которому приписывают широкое внедрение МРТ, и использовалась для выявления нескольких болезней, поражающих тестируемого пациента, включая опухоль в его груди, аномальный рак печени и кости. «Открытия в области магнитно-резонансной томографии» завоевали Пола Лаутербурга и сэра Питера Мэнсфилда на Нобелевской премии 2003 года по физиологии и медицине.

МРТ широко используется в медицинской диагностике и, в отличие от рентгеновских и компьютерных томографов, имеет большое преимущество в том, что не подвергает пациента воздействию ионизирующего излучения. Однако влияние сильных магнитных полей на организм до сих пор неизвестно. МРТ сканеры особенно хороши для неврологического сканирования и отлично подходят для визуализации небольших опухолей, деменции, эпилепсии и других состояний центральной нервной системы. Сканирование может занять от 15 до 90 минут, в зависимости от размера области и количества сделанных снимков. Машины невероятно шумные и могут издавать такие же громкие звуки, как и звук реактивного двигателя.

МРТ сканеры могут быть очень опасными, и вблизи этих машин должны соблюдаться строгие меры безопасности, так как было зарегистрировано несколько смертельных случаев. Из-за сильных магнитных полей данное оборудование нельзя использовать для пациентов с кардиостимуляторами,

которые могут быть повреждены, или металлическими имплантатами или шрапнелью, которые могут нагреваться и перемещаться магнитами во время процедуры. Кроме того, ферромагнитные объекты могут быть сильно притянуты к магнитам и представляют серьезную опасность для пациента. По этой причине такие объекты запрещены в непосредственной близости от сканеров.

### Рентгеновский аппарат

Сердцем рентгеновского аппарата является электродная пара – катод и анод, которая находится внутри стеклянной вакуумной трубки. Катод – это нагретая нить, которую можно найти в более старой люминесцентной лампе. Машина пропускает ток через нить накала, нагревая ее. Тепло расплывает электроны с поверхности нити накала. Положительно заряженный анод, плоский диск из вольфрама, притягивает электроны через трубку.

Разница напряжений между катодом и анодом чрезвычайно велика, поэтому электроны летят через трубку с большой силой. Когда ускоряющийся электрон сталкивается с атомом

вольфрама, он выбивает электрон на одной из нижних орбит атома. Электрон на более высокой орбите немедленно падает до нижнего энергетического уровня, высвобождая свою дополнительную энергию, в форме фотона.

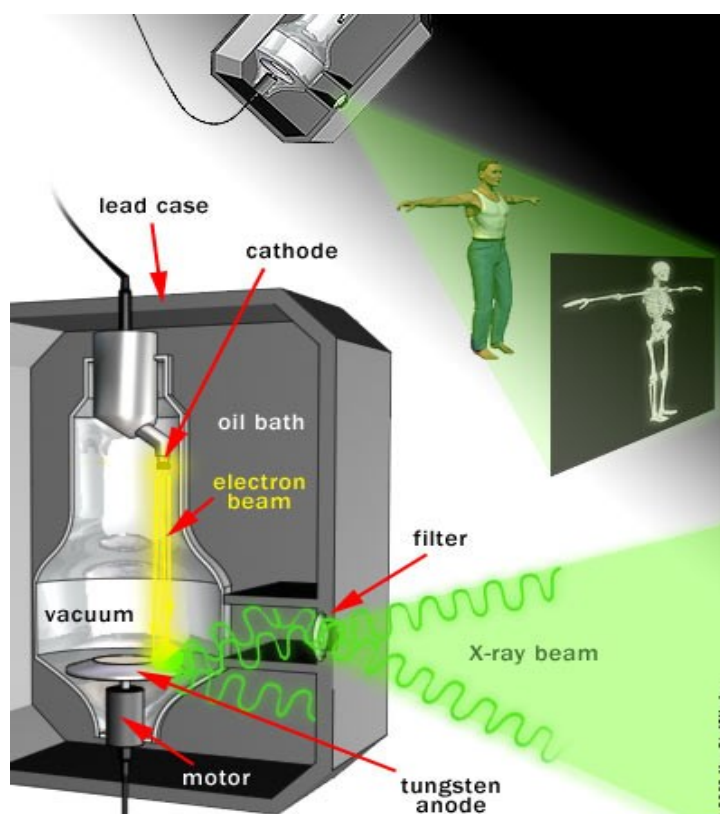


Рисунок 2. Схема рентгеновского аппарата

Это большая сила, поэтому фотон имеет высокий энергетический уровень – это рентгеновский фотон. Схема рентгеновского аппарата изображена на рисунке 2.



Мощные столкновения, связанные с производством рентгеновского излучения, генерируют много тепла. Мотор вращает анод, чтобы предотвратить его плавление (электронный луч не всегда фокусируется на одной и той же области). Охлаждающая масляная баня, окружающая устройство, также поглощает тепло.

Весь механизм окружен толстым свинцовым щитом. Это предотвращает выход рентгеновских лучей во всех направлениях. Небольшое окно в щите позволяет некоторым рентгеновским фотонам выходить в узком луче. Луч проходит через серию фильтров на пути к пациенту.

Камера на другой стороне пациента регистрирует рентгеновское излучение, которое проходит через тело пациента. В рентгеновской камере используется та же пленочная технология, что и в обычной камере, но рентгеновский свет запускает химическую реакцию вместо видимого света.

Когда рентгеновское излучение или любое ионизирующее излучение проходят через тело, они вызывают выброс электронов из атомов, оставляя положительные ионы. Эти положительные ионы или свободные радикалы могут вызвать повреждение ДНК.

ДНК также может быть повреждена непосредственно радиацией. Если ДНК повреждена, возможны три варианта:

- Клетка умирает (происходит только при очень высоких дозах).
- Клетка восстанавливает себя отлично (наиболее распространенный результат).
- Клетка восстанавливает себя с ошибками (редко).

Неточное восстановление ДНК встречается редко, но может привести к тому, что клетка начнет действовать неправильно или перерастет в рак. Часто для выявления рака после облучения требуются десятилетия.

**Вывод:** Рентген может вызвать мутации в нашей ДНК и, следовательно, может привести к раку в более позднем возрасте. По этой причине рентгеновские лучи классифицируются как канцероген как Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), так и правительством США, в отличие от МРТ который не наносит никакого вреда организму человека. Поэтому с развитием технического прогресса аппарат МРТ начинает вытеснять рентген аппарат за счёт своей безопасности для человека. Единственным препятствием его развитию является стоимость магнитов и их системы охлаждения, которая так же требует высококвалифицированного обслуживания.

#### Литература

1. Шуракова, А.Б. Магнитно-резонансная ангиография с контрастным усилением / А.Б. Шуракова // Сайт научной поддержки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://science.howstuffworks.com/x-ray2.htm> – Дата доступа: 21.04.2019
2. Терновой, С.К. Компьютерная томография и магнитно-резонансная томография /. С.К. Терновой, В.Е. Сеницын. – Москва: ВИДАР, 2000
3. Джозеф П. Хорнак Основы МРТ / Джозеф П. Хорнак // Сайт научной поддержки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://science.howstuffworks.com/mri6.htm> – Дата доступа: 21.04.2019

УДК 628.9.038

## СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

Смыкал Е.И., Шепелев М.В., Яковенко А.Д.

Научный руководитель – старший преподаватель Новикова Л.И.

Пропуская электрический ток через “металл-карборунд”, Генри Раунд в 1907 году первым в мире обнаружил свечение твердотельного диода. Спустя 15 лет, в 1922 году, российский ученый Лосев Олег Владимирович так же стал свидетелем данного явления, экспериментируя с детектирующим контактом на основе пары “карборунд – стальная проволока”. Стремясь получить устойчивое свечение кристалла, он подавал на точечный контакт диодного детектора напряжение от гальванической батарейки и тем самым пропускал через него электрический ток. То есть имел дело с прототипом полупроводникового прибора, названным впоследствии светодиодом. Данный эффект был назван “эффектом Лосева”.

В 1951 году в США начались исследовательские работы по созданию “полупроводниковых лампочек”, принцип работы которых был основан на “эффекте Лосева”. В 1961 году Робертом Байардом и Гарри Питтманом была открыта и запатентована технология создания инфракрасного светодиода. В этом же году были запущены в производство индикаторные лампы с красным и жёлто-зеленым излучением. В последующие годы ученые активно работали над увеличением яркости и диапазона излучения полупроводниковых светодиодов.

Светодиод – это простейший вид полупроводникового прибора. Большинство полупроводников сделаны из плохого проводника, к которому были добавлены примеси (атомы другого материала). Процесс добавления примесей называется легированием. В случае светодиодов проводящим материалом обычно является алюминий-галлий-арсенид (AlGaAs). В чистом алюминиево-галлий-арсениде все атомы прекрасно связываются со своими соседями, не оставляя свободных электронов для проведения электрического тока. В легированном материале дополнительные атомы изменяют баланс, либо добавляя свободные электроны, либо создавая дырки, куда электроны могут идти.

Светодиод состоит из секции из материала N-типа, имеющую дополнительные отрицательно заряженные частицы (электроны), соединенной с секцией из материала P-типа, имеющую дополнительные положительно заряженные частицы (дырки), с электродами на каждом конце. Когда на диод не подается напряжение, электроны из материала N-типа заполняют отверстия из материала P-типа вдоль перехода между слоями, образуя зону обеднения. В зоне истощения полупроводниковый материал возвращается в свое первоначальное изолирующее состояние – все дырки заполнены, поэтому свободных электронов или пустых пространств для электронов нет, и электричество не может течь.

Чтобы избавиться от зоны истощения, электроны заставляют двигаться из области N-типа в область P-типа, а дырки - в обратном направлении. Для этого

соединяют сторону N-типа диода с отрицательным концом цепи, а сторону P-типа с положительным концом. Свободные электроны в материале N-типа отталкиваются отрицательным электродом и притягиваются к положительному электроду. Дырки в материале P-типа перемещаются в другую сторону. Когда разность напряжений между электродами достаточно высока, электроны в зоне истощения выталкиваются из своих дырок и снова начинают свободно двигаться. Зона истощения исчезает, и заряд перемещается по диоду. Если попытаться запустить ток в другую сторону, со стороны P-типа, подключенной к отрицательному концу цепи, и стороной N-типа, подключенной к положительному концу, ток не будет течь. Отрицательные электроны в материале N-типа притягиваются к положительному электроду. Положительно заряженные дырки в материале P-типа притягиваются к отрицательному электроду. Никакой ток не течет через переход, потому что дырки и электроны движутся в неправильном направлении. Зона истощения увеличивается.

Взаимодействие между электронами и дырками в светодиоде имеет побочный эффект – оно генерирует свет, состоящий из множества мелких частиц (фотонов). В атоме электроны движутся по орбиталиям вокруг ядра. Электроны на разных орбиталях имеют разное количество энергии. Фотоны высвобождаются в результате движения электронов, которые, в свою очередь, попадают в пустые дырки из слоя P-типа и, соответственно, попадают из зоны проводимости на более низкую орбиталь. Это происходит в любом диоде, но видеть фотоны возможно только тогда, когда диод состоит из определенного материала. В обычном диоде полупроводниковый материал сам по себе поглощает большую часть световой энергии. Светодиоды специально сконструированы так, чтобы выпускать большое количество фотонов наружу. Кроме того, они размещены в пластиковой колбе, которая концентрирует свет в определенном направлении. Большая часть света от диода отражается от стенок лампы, проходя через закругленный конец. В зависимости от материалов, используемых в светодиодах, они могут быть построены так, чтобы светить в инфракрасном, ультрафиолетовом и всех цветах видимого спектра между ними. Видимые светодиоды (Vled), такие как те, которые освещают цифры в цифровых часах, изготовлены из материалов, характеризующихся более широким зазором между зоной проводимости и нижними орбиталями. Размер промежутка определяет частоту фотона – другими словами, он определяет цвет света. В то время как светодиоды используются во всем, от пультов дистанционного управления до цифровых дисплеев на электронике, видимые светодиоды популярны благодаря их длительному сроку службы и миниатюрным размерам.

Светодиоды активно заменяют другие источники световой энергии (газоразрядные лампы, лампы накаливания и др.) на рынке. Эффективность светодиодов для превращения энергии в свет увеличилась, как и их рабочий срок службы, что значительно снизило их эффективные эксплуатационные расходы. Средняя 60-ваттная лампа накаливания производит около 16 люмен на ватт и имеет срок службы 1000 часов; эквивалентно яркая компактная люминесцентная лампа производит 67 люмен на ватт и длится 10 000 часов, а

эквивалентный светодиод производит около 83 люмен на ватт со сроком службы 30 000 часов. Следовательно, долгосрочная экономия энергии и денежных средств от изменения технологии освещения огромна. Кроме того, ожидается, что стоимость светодиодных ламп будет продолжать снижаться, а их эффективность и срок службы - улучшаться. Светодиоды также имеют преимущества помимо эффективности и стоимости. Как и лампы накаливания, светодиоды мгновенно включаются на полную яркость; КЛЛ может занять минуту или больше, чтобы разогреться. В отличие от ламп накаливания и КЛЛ, светодиоды прохладны на ощупь и могут многократно включаться и выключаться без сокращения срока их службы. Светодиоды могут быть адаптированы для излучения определенных длин волн (цветов) света, и они обеспечивают лучшее качество света, чем КЛЛ, с минимальным выходом инфракрасного или ультрафиолетового света. Светодиоды не выгорают внезапно, а наоборот, становятся более тусклыми по мере старения: срок службы светодиода считается истекшим, когда его яркость уменьшается на 30 процентов. Светодиоды не содержат ртути, в отличие от КЛЛ.

В настоящее время наружное применение светодиодов для освещения улиц и проезжей части, парковок, гаражей и экстерьеров зданий опережает внутреннее жилое, коммерческое и промышленное применение. Однако ожидается, что за счет вышеперечисленных преимуществ светодиодного освещения, эта тенденция изменится, и большая часть всех применений освещения будут светодиодной.

#### Литература

1. Башаркевич, Е.К. Светоизлучающий диод / Е.К. Башаркевич; науч. рук. Е.П. Корсак // Актуальные проблемы энергетики: материалы 75-й научно-технической конференции студентов и аспирантов: секция "Экономика и организация энергетики" / сост. Т.Е. Жуковская. – Минск: БНТУ, 2019. – С. 13-16.
2. Берг, А. Светодиоды / А. Берг, П. Дин. - Перевод с английского под редакцией канд. физ.-мат. наук А.Э. Юновича. – Москва: Мир, 1979. – 686 с.
3. Вилисов, А.А. Светоизлучающие диоды / А.А Вилисов. - Вестн. Том. гос. ун-та. 2005. №285.
4. Шукель, В.Р. Светодиоды / В.Р. Шукель; науч. рук. В.В. Зеленко // Актуальные проблемы энергетики: материалы 70-й научно-технической конференции студентов и аспирантов / Белорусский национальный технический университет, Энергетический факультет. Секция 6: Электротехника и электроника. – Минск: БНТУ, 2014. – С. 287-288.

УДК 621.313.1

## НОВЫЕ КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Адинцова Е.Ю., Макеева М.Б.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

Стремительный рост мощностей в энергетике, в первую очередь возобновляемой, в высокоразвитых странах привел их к необходимости весомых изменений в электроэнергетике и к строительству "умных сетей". Однако на пути намеченных целей встала большая проблема в виде наличия серьезного технологического отставания, оцениваемого не менее, чем в 10-15 лет, и износ основного оборудования. Таким образом, Беларусь стоит на пороге выбора из двух вариантов или их комбинаций:

- первый предполагает преодоление технологического разрыва путем модернизации существующих сетей и превращения их в "сильные сети" с высокой пропускной способностью и повышенной надежностью;
- вторым, более сложным и дорогостоящим, является реализация концепции Smart Grid, которая предусматривает полную автоматизацию процесса передачи и распределения электроэнергии и радикальное изменение принципов взаимодействия сетевых и генерирующих компаний с потребителями.

Наряду с поставленными задачами сетевой инфраструктуры на период до 2030 года, является использование устройств силовой электроники нового поколения, защиты и систем автоматического управления, а также управления в режиме реального времени электрическими режимами, что должно существенно повысить безопасность и эффективность.

Этот механизм контролируется и управляется централизованно, то есть в едином вычислительном центре, где информация об уровне потребления электроэнергии поступает в онлайн-режиме от миллионов цифровых контроллеров. Современное программное обеспечение помогает лучше отслеживать режим работы всех стран-участников процесса выработки, потребления и передачи электроэнергии.

Основное и самое важное преимущество "умной сети" состоит в том, что она автоматически реагирует на изменение различных параметров в энергосистеме и позволяет обеспечить бесперебойное электроснабжение с максимальной экономической эффективностью и наименьшими потерями. При условии того, что влияние человека на работу "интеллектуальной сети" сведено к минимуму и зачастую не будет иметь острой необходимости.

В сущности, "интеллектуальная сеть" - это совокупность возможностей информационных технологий с силовой электротехникой и электроникой. При реализации концепции Smart Grid учитываются различные требования всех заинтересованных сторон, и они сводятся к одному важному критерию, а именно требования новой электроэнергетики:

- доступность-обеспечение потребителей энергией без ограничений, в зависимости от того, когда и где они в ней нуждаются;

- надежность-способность выдерживать физические и информационные негативные воздействия без тотальных;
- экономическая эффективность-совершенствование тарифов на электроэнергию для потребителей и снижение общесистемных затрат;
- эффективность-повышение эффективности использования всех видов ресурсов, технологий и оборудования при производстве, передаче, распределении и потреблении электроэнергии;
- взаимодействие с окружающей средой – предельно возможное снижение негативного воздействия на окружающую среду и человека в том числе;
- безопасность-предотвращение ситуаций в электроэнергетике, опасных для людей и окружающей среды.

Ожидается, что реализация концепции Smart Grid обеспечит:

- значительное снижение потерь при передаче электрической энергии;
- многократное повышение надежности электроснабжения (за счет самовосстановления в случае аварии);
- предоставление потребителю информации об использовании электроэнергии в онлайн-режиме;
- возможность оптимально перераспределять потоки энергии и тем самым снижать пиковые нагрузки;
- возможность для потребителей использовать высококачественную электроэнергию на рыночных условиях;
- почва для развития возобновляемых источников энергии и развития электротранспорта, где необходимо иметь рассредоточенные источники энергии, зарядку.

По состоянию к концу 2010 года в мире насчитывалось 90 пилотных проектов по созданию "умных сетей". В странах с ограниченными минерально-энергетическими ресурсами цель: ориентирование на создание благоприятных условий для развития возобновляемых источников энергии и повышение эффективности энергопотребления.

Традиционные технологии управления огромными потоками электрической энергии в электроэнергетических системах со сложной инфраструктурой, изменяющейся со скоростью света, стали ненадежными, а экономически и социально крайне неэффективными, что породило интерес к разработке новой концепции управления ими, известной как "умные сети" или "интеллектуальные", которая, на наш взгляд, в большей степени отражает основную тенденцию современного и перспективного развития сложных производственных систем.

Таким образом, можно сделать вывод, что концепция интеллектуальных энергетических систем (ИЭС) является логическим следствием их эволюционного технологического развития в условиях формирующегося в настоящее время информационного и будущего универсального типов экономики.

### Литература

1. Ушаков, В.Я современные проблемы электроэнергетики / В.Я. Ушаков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 448 с.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
–<https://ecfor.ru/wp-content/uploads/seminar/energo/z115.pdf/> – Дата доступа:  
10.05.2020
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: –  
<https://portal.tpu.ru/files/personal/ushakov/01.pdf/> – Дата доступа: 10.05.2020

УДК 620.9

## ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Савицкая В.И., Войтович Д.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

К актуальным проблемам энергетики, как всем известно, можно отнести высокий уровень потерь в электрических сетях. Потери электроэнергии неизбежны, поэтому очень важно чтобы они не превышали экономически обоснованного уровня. Превышение норм технического и технологического расхода говорит о проблемах в электросети. Чтобы исправить ситуацию нужно выяснить причины возникновения потерь и выбрать способы их снижения. Мы рассмотрим некоторые аспекты этой нелегкой задачи.

### 1) Виды и структура потерь

Потери в электрических сетях — это разность между переданной электроэнергией от производителя и потребленной электроэнергией потребителем. Потери бывают на ЛЭП, в трансформаторах, за счет токов Фуко, при потреблении приборами реактивной нагрузки, не качественная изоляция проводников. Для нормирования потерь и расчетов их величины, была принята следующая классификация:

- Потери технологического характера.
- Эксплуатационные (коммерческие) издержки.

Технологические потери обусловлены особенностями прокладки линий электроснабжения и рассеянием энергии. Технологическая составляющая включает в себя изымание части поставляемой электроэнергии на нужды вспомогательного или дополнительного оборудования. Потери могут изменяться под воздействием климатических условий, изменения нагрузки в сети, условно-постоянных затрат.

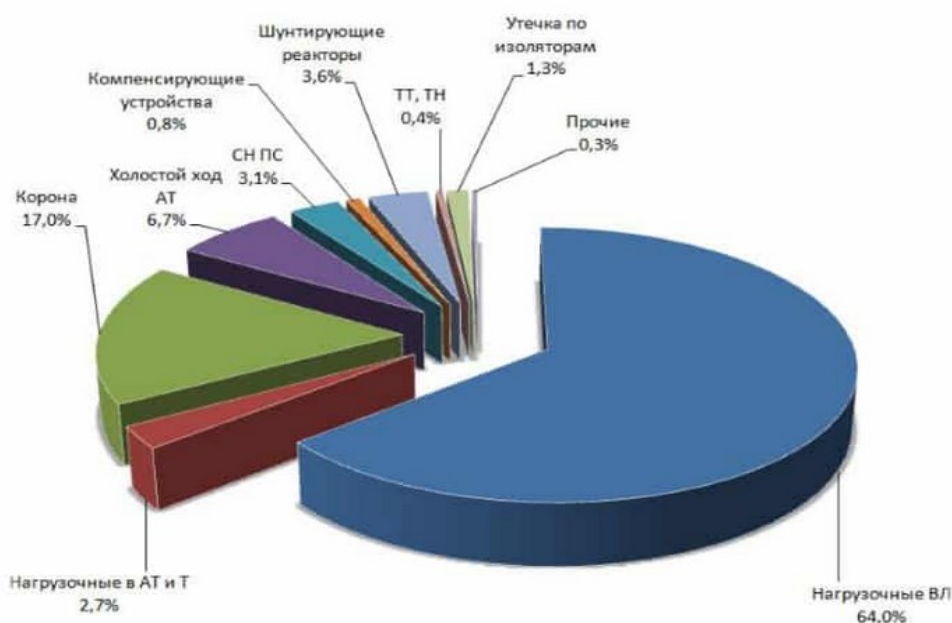


Рисунок 1. Диаграмма потерь электроэнергии



К коммерческим издержкам можно отнести расходы, которые затрачиваются на эксплуатацию вспомогательного и дополнительного оборудования, а так же обеспечение необходимых условий для работы персонала. К тому же можно отнести погрешность приборов, которые измеряют контролируемые параметры.

На рисунке 1 представлена диаграмма потерь электроэнергии.

Как видно на рисунке 1 самые большие расходы связаны с передачей по линиям электропередач, что составляет 64% от всех потерь. На втором месте расположился так называемый эффект коронирования, как показано на рисунке 2-17%.

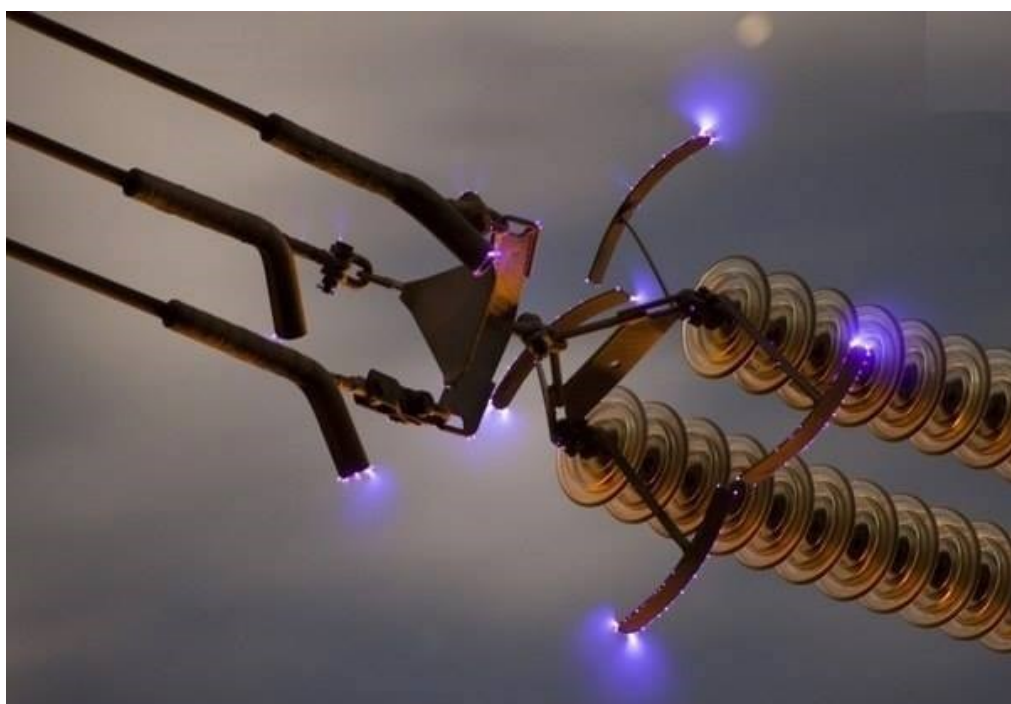


Рисунок 2. Коронный разряд на линии ЛЭП

Анализируя представленную диаграмму, можно с уверенностью сказать, что наибольший процент нецелевых расходов приходится на технологический фактор.

## 2) Основные причины утечек электроэнергии

Грамотный и продуманный подход к расчету потерь электроэнергии подразумевает учёт причин, по которым они возникают.

У любого трансформатора есть обмотки, которые крепятся на ферромагнитный сердечник. В нем рассеивается большая часть электрической энергии, которая превращается в тепло.

На величину потерь влияет режим работы электрической сети: холостой ход или «под нагрузкой». В первом случае они оцениваются как постоянные, которые не зависят от различных сторонних факторов. Во втором случае при подключении потребителя уровень потерь будет зависеть от величины тока нагрузки в цепи, который меняется на протяжении определенного промежутка времени. Следовательно, для его оценки проводится наблюдение за определенным период времени.

Потери в высоковольтных линиях электропередач появляются при передаче энергии, связанных с утечками, с коронным разрядом и нагревом проводников. К обслуживаемому оборудованию можно отнести приборы, которые учувствуют в генерации, передаче, учете и потреблении выработанной и отпускаемой электроэнергии. Величина сверх потерь этой категории учитываются при помощи электросчетчиков.

3) Мероприятия по снижению потерь электроэнергии

а) Оптимизация схемных режимов. Проводится анализ уже существующих схем. Во-первых, рассчитываются потери электрической энергии в элементах электросети, на линиях электропередач, в силовых трансформаторах. Во-вторых, определяется баланс активных и реактивных мощностей в узлах электрической сети. Далее, даётся оценка эффективности работы сети по потерям электроэнергии, ее качеству, загрузки сети реактивной мощностью и надёжности электроснабжения.

б) Перевод электрической сети на более высокий класс напряжения. С каждым днём появляются всё более современные здания, у которых удельное потребление электроэнергии слишком высоко. Поэтому необходимо рассмотреть тему электроснабжения этих зданий по схеме «глубокого ввода», что сведет к минимуму появление новых кабельных линий с напряжением 380 В. Как мы знаем из электротехники, чем выше напряжение в сети, тем меньше потери в этой самой сети. Перевод электрической сети на более высокий класс напряжения является очень эффективным методом, но технологически реализовать его не просто т.к. новое оборудование потребует установить на более высокий класс напряжения.

в) Компенсация реактивной мощности. Необходимо соблюдать баланс реактивной и активной мощности, что сильно повысит эффективность электросети и существенно снизит потери при передаче электрической энергии потребителю.

г) Регулирование напряжения в линиях электропередач. Для того, чтобы снизить потери и обеспечить надлежащий уровень напряжения в качестве регуляторов необходимо использовать или конденсаторные батареи, или вольтодобавочные трансформаторы с автоматическим регулированием напряжения. Что позволит регулировать напряжение качественно, а, следовательно, и повысить энергоэффективность электросети.

д) Применение современного электротехнического оборудования, которое будет отвечать стандартам и требованиям энергосбережения. Целесообразно заменять трансформаторы в том случае если: они обладают достаточными потерями электрической энергии, если они отработали своё или слишком изношенные и не соответствуют стандартам энергосбережения. При применении современных трансформаторов заметно снижаются потери в электрической сети, что есть хорошо.

е) Снижение расхода эл энергии на собственные нужды эл станций. Например, снизить расходы можно путём использования современных светодиодов, светильников, ламп и т.д. Так же, как пример, можно

использовать датчики движения, чтобы не расходовать электроэнергию впустую, а только когда действительно нужно освещение.

ж) Внедрение автоматизации для дистанционного управления электрическими сетями, что существенно повысит энергоэффективность электрических сетей.

Все эти мероприятия в целостности могут давать достаточно сильный и мощный эффект по энергосбережению, но нужно следить за тем, чтобы эти мероприятия не влияли на качество функционирования всей энергосистемы в целом.

Вывод: в настоящее время существуют достаточно эффективные способы оптимизации электрических сетей для снижения потерь, но на наш взгляд главное это сбалансированность между проведением всех выше перечисленных мероприятий и их эффективностью, что должно сопровождаться технико-экономическим расчётом. Так же важно не усугубить технические характеристики сети: её надёжность, безопасность и т.д. за счёт проведения данных мероприятий

#### Литература

1. Потери электроэнергии в электрических сетях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://strojdvor.ru/elektrosnabzhenie/raschet-poter-elektroenergii-v-elektrosetyah/>. – Дата доступа: 20.05.2020

УДК 621.313.1

## ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Акуленец А.А., Козинцов Н.Д.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

Для многих станет сильной неожиданностью, что история создания и существования транспортных средств, работающих от электричества, насчитывает уже не один десяток лет. И то, что электромотор был создан задолго до ДВС. К тому же, в те давние времена для людей уже было очевидно, более чистой и продуктивной является электрическая энергия, а не органическое топливо.

Одни из первых попыток создания электромобиля датируются 30-ми годами 19 века, причем предполагалось, что это будет чем-то прорывным и перспективным.

На сегодняшний день у многих людей со словом “электромобиль” в голове всплывает имя Илона Маска, основателя Tesla. Но так ли это на самом деле? Сейчас мы попытаемся раскрыть данный вопрос.

Электромобиль – транспорт, работающий на электродвигателе, который приводится в движение при помощи автономного источника питания: аккумулятора, топливного элемента, конденсатора и др.

Оценивая данные, которые дошли до нашего времени, мы можем разделить создание электромобилей на 5 периодов:

1. Зарождения (1837–1895 гг.).
2. Интенсивного развития и конкуренции (1896–1930 гг.).
3. Локального использования (1931–1960 гг.).
4. Проведения конструкторских работ и выпуск некоторого количества опытных образцов и небольших партий опытных электромобилей (1961 —1982 гг.).
5. Уменьшение проводимых работ, из-за конъюнктуры на рынке нефти и не лучшие показатели в использовании образцов из-за недостатков источника тока (с 1982 г.).

С началом первого этапа в 1937 году появились электроэкипажи, созданные американцами и шотландцем. Примерно в то же время в России Б.С. Якоби проводит опыты над двигателем, питаемым от батареи с гальваническими элементами. В 1880 году, разработка электротранспорта происходит вместе с развитием ДВС. Но в то время автомобили с ДВС не могли наравне конкурировать с электромобилями по причине простоты конструкции вторых.

Второму этапу свойственно такая черта, как конкуренция электромобилей с автомобилями на базе ДВС, производство которых стало увеличиваться. В это же время начинается серийное производство электротранспорта. В начале 20 века в США 40% транспорта было с паровыми двигателями, 38% с электрическими и 22% с бензиновым двигателем.

Первому десятилетию приписывают резкий скачок, а затем спад в разработке, использовании и производстве электромобилей. Центрами

производства автомобилей являлись Германия, США, Англия, Япония, Франция и т.п. В первом десятилетии 20 века увеличивается конкуренция электромобиля в отношении автомобиля. Причина заключалась в том, что было произведено усовершенствование конструкции поршневого двигателя, что давало возможность автомобилю развивать скорость и иметь более долгий запас хода больше, чем мог себе позволить электромобиль. После того как транспорт с ДВС начал выпускаться массово, электромобиль отошел на второй план. Одним из моментов, объясняющим такое положение, являлось небольшая цена за топливо при больших технико-эксплуатационных показателях.

30-ые годы XX века считаются началом третьего периода в развитии электромобилей. Он характеризуется резким сокращением производства электромобилей. Только в рядах стран (Великобритания, США, Германия) продолжался их выпуск небольшими партиями. Электромобили продолжали использоваться в разных сферах, но не были сильно распространены.

Примерно в это же время в СССР проводили экспериментальные работы по созданию электромобилей. Например, в 1935 году на базе ГАЗ был построен первый советский автомобиль с электрическим двигателем, а в лаборатории Московского энергетического института был создан электромобиль на базе ЗИС-5.

Следующий период в развитии электрических автомобилей начался в 60-ых годах XX века. В это время в развитые страны, в связи с обострением экологических проблем, возвращается интерес к электромобилям. Из-за резкого увеличения вредных выбросов в атмосферу (в большинстве случаев – от автомобилей с ДВС) и из-за обострения энергетической проблемы в странах с развитой промышленностью начали активные разработки новых образцов электромобилей. Четвертый период связан с разработкой наибольшего количества экспериментальных электромобилей.

Пятый этап ознаменован появлением автомобильных компаний, которые представили свои электромобили. Так, General Motors представили свою модель в конце XX века GM Impact. А меньше чем через 15 лет была создана компания, название которой ассоциируется с электромобилями у каждого.

Рассказав про достаточно интересную историю развития электромобилей, ещё бы хотелось попытаться объяснить, почему этот тип автомобилей так интересен современному обществу и в чем он лучше, либо хуже автомобилей с ДВС.

Принцип работы и конструкция электромобиля практически не отличается от конструкции и принципа работы транспортных средств с ДВС. Основное отличие в двигателе. Электрический ток поступает в аккумуляторы в автомобиле. Электрический ток попадает в двигатель, где создает магнитное поле статора, из-за чего возникает вращающий момент и начинает двигаться статор.

Из-за принципиальных отличий электродвигателя и ДВС появляется вопрос: что же лучше? Выявим преимущества и недостатки электромобилей.

Главным достоинством этих автомобилей является экологичность. Они не выбрасывают в атмосферу токсичные продукты сгорания топлива. К плюсам современных электрокаров также относят: невысокие расходы на заправку и содержание; простоту сервисного обслуживания; тихий звук двигателя.

К недостаткам автомобилей на электричестве можно отнести: их высокую стоимость, малый ассортимент, неразвитая сфера заправки и обслуживания, дороговизна и короткий срок службы аккумуляторов – до 7 лет.

Таким образом, проанализировав историю развития и состояние электромобилей на данный момент, можно с уверенностью сказать, что у них огромный потенциал. На данный момент нельзя с точностью сказать, что электродвигатели лучше ДВС или наоборот. И те, и другие, имеют ряд достоинств и недостатков. С развитием технологий всё станет ясно.

#### Литература

1. Электромобиль: техника и экономика / В. А. Щетинина [и др.]; под общ. ред. Щетининой В.А. – 1987 г. – 253 с.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
<https://hevcars.com.ua/reviews/evolyutsiya-elektricheskikh-avtomobiley/> – Дата доступа: 15.05.2020
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
<http://www.electrolibrary.info/history/electromobi.htm/> – Дата доступа: 15.05.2020

УДК 621.352

## ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА С ПОМОЩЬЮ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПАР ИЗ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА

Рапута А.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

Гальванический элемент — это химический источник электрического тока, основанный на взаимодействии двух металлов и/или их оксидов в электролите, приводящем к возникновению в замкнутой цепи электрического тока. Таким образом, в гальванических элементах химическая энергия переходит в электрическую энергию. Назван в честь Луиджи Гальвани.

В этом эксперименте в качестве электролита выступают капли пота. Пот – это водный раствор солей и органических веществ.

Если взяться руками за щупы вольтметра, он покажет напряжение 0 В. Если же собрать гальваническую пару и прикрепить ее к щупам, то получится несколько вольт. Убрав капельки пота с кожи и приложив гальваническую пару снова, вольтметра покажет 0 В, значит реакции нет.

В качестве «плюса» возьмем углеродо-графитовый стержень, вынув его из обычной «пальчиковой» батарейки.

-



Рисунок 1. Литиевая батарея

В качестве «минуса» берем полоску магния.



Рисунок 2. Магниевая лента

Повторим эксперимент. Нашу новую гальваническую пару присоединяем к щупам вольтметра и приложим к сухой коже. Вольтметр покажет около 2 В.

Попробуем включить какой-либо электрический прибор, в нашем случае «китайские» наручные часы. Припаяв два провода к «минусу» и «плюсу» на часах и присоединив гальваническую пару к проводам, часы начинают работать.



Рисунок 3. Работа часов при присоединенной гальванической пары к ним

До конца не понятно, почему эта гальваническая пара работает, так как электролит (пот) отсутствует. Возможно, углеродо-графитовый стержень и магний, хорошо подобранная гальваническая пара, которая работает при отсутствии электролита или присутствие его в очень малых объемах. В дальнейшем это можно использовать повседневно, на пример для зарядки каких-либо устройств без подключения их к сети с переменным током.

#### Литература

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elektrik.info/main/school/1267-galvanicheskie-elementy-ustroystvo.html/>. – Дата доступа: 12.05.2020



УДК 621.311.24

## ПРОЕКТ “НЕБЕСНЫЙ ЗМЕЙ”

Буча Е.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

В 2008 году, Калифорнийским изобретателем, был найден очень революционный путь для использования энергии ветра. Крупные ветряные генераторы для не больших городов, имеют огромные габариты, а их лопасти достигают размеров крыла Боинга 747.



Рисунок 1. Ветрогенератор-турбина.



Рисунок 2. Экспериментальный ветрогенератор.

Такие генераторы, несомненно, производят большее количество энергии, но производить, перемещать и устанавливать такие системы весьма сложно и дорого. Однако промышленность развивается каждый год более чем на 40%.

Именно этим и руководствовался Даг Селсам, изобретатель-энтузиаст из Калифорнии. Перед тем как воплотить свою идею в жизнь, Даг подумал, что для получения большого количества энергии, можно использовать гораздо меньшее количество материалов.

Для достижения поставленной цели, Даг придумал установить несколько десятков маленьких роторов на один вал, который необходимо связать с генератором. Они показаны на рисунках 1 и 2. Один из концов длинного вала он запустил в воздух на воздушных шарах, которые наполнены гелием. А другой конец соединил с генератором. Как и предполагал Даг, установка заработала.

В книгах говорилось, что для получения максимального результат хватает одновинтовой турбины, но изобретатель считал по-другому. Он предполагал, что: если задействовать большее количество роторов, значит можно использовать больше ветреной энергии.

Если роторы расположить под правильным углом, то это существенно повысит эффективность, позволяя каждому из них получить свой собственный ветер.

Безусловно, физика данного генератора усложняется в разы, ведь теперь необходимо убедиться, что каждому ротору приходится собственный поток, а не поток от соседнего ротора. Основная задача заключалась в том, чтобы определить идеальное расстояние между роторами и оптимальный угол для вала по отношению к ветру. В конечном итоге, эта проблема была решена, что позволило применить куда меньшее количество материала.

В 2003 году Калифорнийская энергетическая комиссия выдала Дагу Селсаму грант на сумму в 75 000 долларов для разработки 3000-Вт турбины на семь роторов. Задача была выполнена, и изобретатель продал более 20 своих 2000-Вт турбин с двойным ротором нескольким домовладельцам.

Идея Дага оказалась одной из немногих идей, которые имеют все шансы для того, чтобы достичь огромных успехов в коммерческом мире. Селсам заявил, что два ротора – это не предел. Вероятно, через некоторое время, и мы увидим его многороторные турбины в небе.

УДК 621.313.1

## АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Лось А.В., Худенко Д.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

Альтернативная энергетика (электроэнергетика) – комплекс новейших, стремительно развивающихся методов извлечения энергии, которые не так обширно применяются в нашей стране, как классические, но вызывают заинтересованность из-за рентабельности их применения с невысоким риском нанесения вреда окружающей среде. Альтернативный источник энергии – это способ или конструкция, которая позволяет получать электрическую или тепловую энергию и предоставляет возможность заменить классические источники энергии, работающие на нефти, добываемом природном газе и угле.

Разновидности альтернативной энергетики (возобновляемых источников энергии):

- солнечная энергетика (энергия солнца);
- эффект запоминания формы;
- биомассовая энергетика;
- волновая энергетика (энергия волн);
- градиент-температурная энергетика;
- приливная энергетика (энергия приливов);
- ветроэнергетика (ветряная электроэнергетика);
- геотермальная энергия (геотермальная электроэнергетика).

Далее проанализируем наиболее подходящие альтернативные виды энергетики для нашей страны, отталкиваясь от ее атмосферного климата, а также территориального расположения.

Солнечная энергетика – превращение солнечной энергии в электрическую энергию фотоэлектрическими, а также термодинамическими способами. Для применения фотоэлектрического способа используют фотоэлектрические преобразователи (ФЭП) с прямым изменением энергии квантов света (фотонов) в электричество. Термодинамические конструкции, которые преобразуют солнечную энергию сперва в термическую энергию, потом в механическую энергию, а после в электрическую, включают в себя "солнечный котел", генератор и турбину. Излучение, исходящее от солнца, которое попадает на Землю, имеет некоторые отличительные черты: малую плотность потока энергии, суточную и сезонную циркуляции, а также зависимость от метеоусловий. Исходя из этого изменение температурных режимов может негативно повлиять на работу системы. Поэтому эта система должна обладать батареей, которая позволит предотвратить случайное изменение режима работы или обеспечить необходимые изменения в производстве энергии с течением времени.

Геотермическая электроэнергетика – данный метод основан на извлечении электричества посредством изменения внутренней температуры Земли (энергии жарких пароводяных ключей). Метод базируется на том, что температура

горных пород повышается с глубиной, а на уровне 2-3 км от поверхности Земли достигает отметки свыше 100°C. Имеется ряд методик извлечения электричества с геотермической электростанции. Прямолинейная схема: природный пар движется по трубам в турбины, подключенные к электрическим генераторам. Непрямолинейная схема: пар заранее очищается от газов, приносящих вред трубам. Смешанная схема: неподготовленный пар подается в турбины, а после газы, не растворенные в нем, удаляются из воды. Стоимость "горючего" для подобной электростанции ориентируется ценой добывающих скважин и системой сбора пара, и считается относительно низкой. Цена самой электростанции мала, по причине отсутствия топки, котельной установки и дымохода. К минусам геотермических электроустановок можно причислить вероятность локального проседания грунтов и пробуждения сейсмической активности. Кроме того, газы, выходящие из-под земли, имеют все шансы содержать в себе токсичные соединения. Также строительство геотермальной электростанции требует конкретные геологические условия.

Ветряная электроэнергетика – это направление энергетики, которое специализируется на применение энергии ветра. Ветроэлектростанция – это установка, которая преобразует кинетическую энергию ветра в гальваническую энергию. Она состоит из генератора, ветряной турбины, автоматического устройства для управления их (турбины и генератора) работой, а также конструкций для их монтажа и технического обслуживания. Чтобы получить энергию ветра, применяют различные конструкции: вертикальные роторы, винты типа самолетных пропеллеров и многолопастные конструкции. Производство и эксплуатация ветряных электростанций обходится довольно дешево, однако их мощность невелика, и их эксплуатация напрямую зависит от погодных условий. Помимо этого, они весьма громкие, по этой причине крупные ветряные электростанции отключают в ночное время суток. Вдобавок ко всему, ветряные электростанции мешают воздушному движению и передаче радиоволн. Применение ветроэнергетических конструкций порождает местное ослабление сил атмосферных потоков, что препятствует вентиляции промышленных зон и даже влияет на климат. В конечном итоге применение ветроэлектростанций требует больших площадей, гораздо больших, нежели для иных видов электрогенераторов.

Биомассовая энергетика. В процессе загнивания органической массы (навоз, мертвые организмы, растения) выделяется биогаз с довольно большим содержанием метана, который в последствии применяется для отопления, выработки электроэнергии и др. Есть промышленные и хозяйственные предприятия (свинарники и др.), которые обеспечивают себя электричеством и теплом за счет того, что у них есть несколько больших "котлов", куда сбрасываются большое количество биологических отходов животных. В данных воздухонепроницаемых резервуарах отходы гниют, а выделяющейся метан идет на нужды фермы. Еще одним плюсом этого вида энергетики является: использования влажного навоза для получения энергии. После переработки остается сухой остаток, который является отличным удобрением

для полей. Также в качестве биотоплива могут использоваться некоторые виды органических отходов (стебли кукурузы, тростника и пр.).

Эффект памяти формы – это физическое явление, которое было открыто советскими учеными Хондросом и Курдюмовым в 1949 году. Эффект наблюдается в специальных сплавах и заключается в том, что компоненты принимают изначальную форму вследствие теплового воздействия. При восстановлении начальной формы совершается работа, превышающая значения, первоначальной работы при деформации в холодном состоянии. Следовательно, при восстановлении начальной формы сплавы выделяют немалый объем тепла (энергии). Ключевым минусом предоставленного эффекта считается невысокая эффективность – 5-6%.

В настоящее время Беларусь развивает альтернативную энергетику по европейскому пути. В Республике Беларусь насчитывается 47 объектов с применением возобновляемых источников энергии. Министерством энергетики эксплуатируются 25 ГЭС установленной мощностью 88,26 МВт, одна ветроэнергетическая станция установленной мощностью 9 МВт: 6 ветрогенераторов по 1,5 МВт каждый.

#### Литература

1. РИА Новости [Электронный ресурс] / РИА Наука: Виды альтернативной энергетики. Справка; — Электрон. текстовые дан. — М.: 13 ноября 2009. — Режим доступа: <https://ria.ru/20091113/193404769.html>
2. Википедия [Электронный ресурс] / Альтернативная энергетика: Альтернативный источник энергии; — Электрон. текстовые дан. — М.: 18 апреля 2020. — Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Альтернативная\\_энергетика](https://ru.wikipedia.org/wiki/Альтернативная_энергетика)
3. Боровский, Ю.В. Современные проблемы мировой энергетики / Ю.В. Боровский, М.: Навона, 2011 г. – 232 с.
4. Белэнерго [Электронный ресурс] / Пресс-релизы. Новости: Развитие возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь; — Электрон. текстовые дан. — М.: 29 ноября 2019. — Режим доступа: [http://www.belenergo.by/content/infocenter/news/razvitie-vozobnovlyaemykh-istochnikov-energii-v-respublike-belarus\\_\\_10275/](http://www.belenergo.by/content/infocenter/news/razvitie-vozobnovlyaemykh-istochnikov-energii-v-respublike-belarus__10275/)

УДК 621.548

## ВЕТРОГЕНЕРАТОР КОМПАНИИ ARCHIMEDES

Судак А.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

В Нидерландах есть компания, которая занимается испытаниями уникальных ветряных турбин для ветрогенераторов. Эти ветрогенераторы можно устанавливать на крышах жилых домов. Уникальность этой турбины в том, что она бесшумна и эффективна в работе.

По задумке создателей этого проекта, такой механизм может вполне снабдить небольшой дом электроэнергией, а несколько таких генераторов, которые работают в совокупности с солнечными панелями, изображенный на рисунке 1, способен свести к нулю зависимость больших зданий от внешних источников электрической энергии. Новые ветровые турбины, изображенные на рисунке 2, получили название Liam F1.

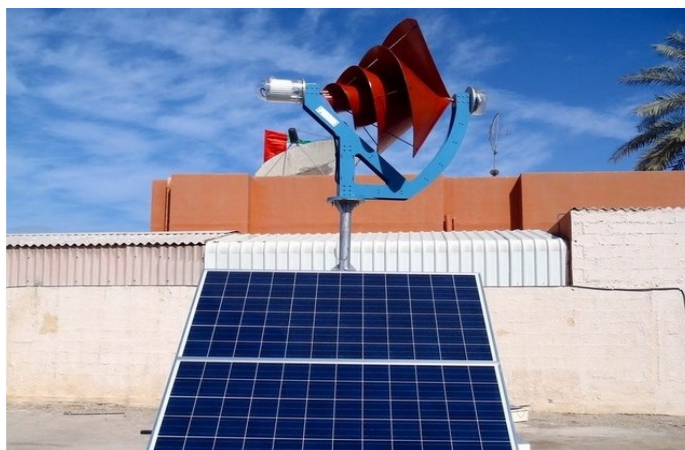


Рисунок 1. Ветрогенератор Liam F1 с солнечными панелями



Рисунок 2. Ветрогенератор Liam F1

По словам создателей, они планируют решить этой ветроустановкой две основные проблемы бытовых ветрогенераторов. Первой является то, что

обычные ветроустановки со временем не окупает затраты по монтажу устройств и их обслуживанию. Вторая же проблема, которую решает данная установка – это шумы от обычных лопастных турбин. Уровень шума установки, даже меньше уровня шума дождя, и составляет 45 дБ.

Диаметр турбины составляет 1,5 м, и вес более 90 кг. Турбина может крепиться к любой стене или крыше жилого дома. Это позволяет достаточно правильно закреплять одну или несколько турбин на крыше дома, и рентабельно использовать ветряную энергию.

Генеральный директор компании Маринус Миремета отметил, что эффективность работы турбины достигает 85% от теоретически доступной эффективности в ветроэнергетике. И этого вполне достаточно. В Нидерландах где-то 3300 кВт\*ч электроэнергии, потребляет средняя семья в год. Разработчики говорят, что 50% этой энергии может быть обеспечена одной турбиной LiamF1, при скорости ветра 4 м/сек. Если на крыше дома расположить 3 такие турбины в вершинах треугольника, то они не будут мешать друг другу, а наоборот даже помогать, каждая будет обеспечена ветром и будет максимальная генерация электрической энергии. Говоря о ситуации в городе, где есть турбулентный поток, производитель предлагает слегка поднять ветряные турбины, установленные на крышах города, и прикрепить их к столбам, чтобы не было препятствий для ветряных потоков. Ориентировочная цена новой турбины с завода и установкой составляет 3.999 €. Поскольку устройство имеет размер чуть более 1 м, вам может понадобиться специальная лицензия на его использование, поэтому в крайнем случае, компания также производит мини-турбины Liam, диаметр которых составляет 0,75 м.

Производители планируют использовать свои турбины не только для снабжения жилых и промышленных зданий, но и для снабжения судов.

#### Литература

1. Сайт ЭкоТехника. [Электронный ресурс]. – <https://ecotechnica.com.ua/energy/veter/347-novoe-pokolenie-bytovykh-vetrogeneratorov-ot-gollandskogo-startapa-the-archimedes.html>
2. Сайт Stolicaplus. [Электронный ресурс]. – <https://stolicaplus.ru/tszh/moshchnosti-vetrogeneratorov-i-ih-razmery-vetrogenerator-i-ego/>

УДК 621.31

## ПРОБЛЕМЫ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Сырица Е.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

Одной из основных составляющих стремительного развития всех производственно-экономических сфер Республики Беларусь является доступность требуемых энергетических ресурсов. С учетом географического расположения и территории, республика имеет ограниченные ресурсы, в том числе и полезных ископаемых, для производства энергии. Поэтому республика вынуждена экспортировать такие ресурсы из соседних государств. В связи с этим огромное значение играет их рациональное использование в процессе производства, транспортировки, распределения, потребления и учета конечного продукта. В настоящее время существует ряд проблем в энергетической сфере, ускоренное решение которых, на мой взгляд, смогло бы поднять экономическую составляющую республики на новый уровень и обеспечить более стабильное её развитие не зависимо от геополитической обстановки в мире.

Энергосистема – совокупность электростанций, электрических и тепловых сетей, а также потребителей электроэнергии и тепла, связанных общностью режима в непрерывности процессов производства, преобразования, передачи, распределения и потребления электрической и тепловой энергии при общем управлении этими режимами. Стратегия развития энергосистемы должна включать одновременное развитие всех составных ее частей от производства до конечного потребления.

Одна из ключевых проблем современной отечественной электроэнергетики – продолжающийся рост износа основного оборудования электрических сетей и станций.

В энергосистеме республики эксплуатируется более 279 тыс. км. высоковольтных линий электропередач и кабельных линий, более 76 тыс. трансформаторных подстанций. Большинство из них выработали свой нормативный ресурс эксплуатации и не соответствуют современным требованиям развития энергосистемы, которое подразумевает, в том числе, увеличение использования электроэнергии в различных сферах экономики. Темпы замены изношенного оборудования и электрических сетей крайне низкие и отстают от темпов развития энергетической системы в целом.

Проводится большая работа по созданию нормативной базы по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в отрасли. Проведены обязательные энергетические обследования энергетических предприятий и организаций, разработаны программы энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Начаты работы по внедрению системы энергетического менеджмента. Важность этих работ определяется в частности, сравнительно высокими потерями электроэнергии в электрических сетях республики.



Наличие такого потенциала обусловлено: повышенным физическим и моральным износом электросетевого оборудования; низким уровнем компенсации реактивной мощности в электрических сетях и у потребителей; неоптимальными режимами работы электросетей; высоким уровнем бездоговорного и безучётного потребления электроэнергии; погрешностями системы учёта; недостаточным уровнем взаимодействия электросетевых и энергосбытовых компаний и т.п.

В 2011г. РУП «Гродноэнерго» был реализован пилотный проект, построенный с использованием PLC-технологии, с выполнением АСКУЭ на фидере 10 кВ № 90 от ПС 35кВ «Докудово» и АСКУЭ ТП – 21 в г. Лида. Суть новой технологии – использование для передачи информации со счетчиков тех же силовых линий, по которым потребителям передается электроэнергия, без прокладки дополнительных линий связи. Уже на стадии опытной эксплуатации АСКУЭ получен положительный результат от внедрения этой системы, так как величина потерь в электрических линиях по указанному фидеру снизилась с 18% до 8%, а значит, видны перспективы внедрения новых технологий сбора информации об электропотреблении потребителей РУП «Гродноэнерго».

Пилотный проект, реализованный в РУП «Гродноэнерго» в 2011г., в настоящее время широко внедряется во всех регионах республики. Однако темпы такого развития не достаточны с учетом развития отрасли.

Низкая достоверность информации о перспективах развития регионов, систематического завышения заявок потребителей на присоединенную мощность, а также по ряду других причин, в программы развития закладываются избыточные генерирующие и электросетевые мощности. Они, после ввода в действие, остаются невостребованными. В результате увеличиваются удельные составляющие затрат генерирующих и электросетевых компаний и составляющие тарифов на выработку и услуги по передаче электроэнергии, вводятся новые неэффективно используемые мощности и не выводятся из работы старые, требующие избыточных расходов на эксплуатацию и создающие реальные риски выхода их из строя. Сложившаяся ситуация усугубляется тем, что у участников электроэнергетического рынка практически отсутствует мотивация в повышении энергетической и экономической эффективности своей работы.

Энергосистема Беларуси имеет достаточное количество энергетических мощностей для покрытия нужд собственных потребителей электроэнергии.

Однако исходя из экономической целесообразности, в республику ежегодно импортируется от 3 до 8 млрд. кВт\*ч электроэнергии.

В настоящее время поэтапно вводиться в эксплуатацию Белорусская АЭС, которая состоит из двух энергоблоков суммарной мощностью до 2400 (2x1194) МВт.

Прогнозируемый рост производства и потребления электроэнергии в республике является одним из факторов, диктующих требования к модернизации, развитию энергетической системы Беларуси.

На рынке тепло- и электроснабжения доминирует ГПО «Белэнерго» и жилищно-коммунальное хозяйство. «Белэнерго» – монополист в выработке,

передаче и распределении, электро- и тепловой энергии, их сбыта в больших городах, а ЖКХ – в предоставлении услуг по тепло-, газо- и водоснабжению, водоотведению и водоочистке преимущественно в малых городах.

Остро стоит вопрос развития энергосистемы в жилищно-коммунальной сфере, в которой есть огромный потенциал увеличения использования электроэнергии, а именно:

- применение электроотопительного оборудования в котельных;
- создание условий для использования расширенного перечня электротехнического оборудования в быту, в том числе для целей нагрева;
- перевод жилых домов с индивидуальными газовыми водонагревателями на электро-обогревание;
- донагрев сетевой или водопроводной воды в центральных тепловых пунктах для снижения температурного графика тепловой сети.

Все это требует предоставление достаточных мощностей, обеспечить которыми существующая энергосистема, без проведения её масштабной реконструкции, в настоящее время не может.

Основными путями решения проблем в сложившейся ситуации являются:

- разработка программы развития энергосистемы с учетом полной реконструкции объектов по каждому направлению от генерирующих установок до конечного потребителя, а не точно по всей системе, с учетом конкретного потенциала использования увеличенных мощностей;
- вывод из эксплуатации нерентабельных установок;
- новые подходы к управлению режимами электрических сетей, к релейной защите и противоаварийной автоматике, к синхронной параллельной работе распределённых генераторов и энергосистем, учету потребления электрической энергии и своевременному выявлению проблемных участков энергосистемы;
- увеличение темпов переоснащения систем учета энергоресурсов, с внедрением АСКУЭ.
- передача всех элементов энергосистемы от генерирующих установок до конечного потребителя на баланс концерна ГПО «Белэнерго»;
- разработка научными институтами пилотных проектов по увеличению потенциала использования электрической энергии в различных сферах деятельности;
- изменение кадровой политики в организациях энергетической сферы.

Стремительно развивающаяся мировая экономика, одним из ключевых показателей которой является доступность энергоресурсов, требует адекватной реакции отдельных государств, которые не хотят проигрывать в своей конкурентоспособности. Республика Беларусь не располагает достаточным количеством собственных топливно-энергетических ресурсов для обеспечения потребностей народного хозяйства. Национальные запасы доступного ископаемого топлива невелики и выбраны практически на 80-90%, стране приходится импортировать около 84% потребляемых топливно-энергетических ресурсов; устаревающие основные фонды в энергетике, промышленности, сельском хозяйстве и жилье изношены на 70-90% и являются энергозатратными. В этих условиях требуются совместные усилия всех

институтов, производств, различных сфер деятельности в развитии энергетической системы. Определение приоритетных направлений развития экономики государства в целом и совместные усилия по работе в таких направлениях позволит выйти на новый уровень развития и укрепить позицию республики на мировой арене.

#### Литература

1. Энергетический баланс Республики Беларусь 2019г [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.belstat.gov.by](http://www.belstat.gov.by) – Дата доступа: 15.05.2020.
2. Семинар-совещание: Пути оптимизации потерь энергии в сетях РУП «Гродноэнерго» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energo.grodno.by> – Дата доступа: 15.05.2020.

УДК 621.548

## ПРОЕКТ WINDSTALK

Мордас К.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О. А.

Необычный проект по созданию необыкновенной конструкции ветряной электростанции разработан и реализуется в ОАЭ. Рядом со столицей страны возводится новый город Масдар, внутри которого планируется построить уникальную ветряную электростанцию, которую разработчики назвали «Windstalk», изображенную на рисунке 1.



Рисунок 1. Электростанция Windstalk

Создатель фирмы Atelier DNA, которая расположена в Нью-Йорке и занимается этим проектом рассказал, что основной идеей являлся поиск кинетической модели, с помощью которой можно было бы вырабатывать электроэнергию. Её смогли найти. Установка состоит из 1203 стеблей, выполненных из волокна на основе углерода, каждый примерно 55 м. в высоту, с основаниями, изготовленными из бетона шириной по 20 м, которые будут расположены на расстоянии 10 м между собой.

Для укрепления стебли будут усилены резиной, в результате их ширина будет около 30 см у основания и сужаться кверху до 5 см. В каждом стебле будут содержаться слои электродов и керамических дисков, которые чередуются между собой. Эти элементы выполнены из пьезоэлектрического материала, генерирующего ток, при осуществлении давления на него.

Во время колебания стеблей на ветру, диски, изображенные на рисунке 2, сжимаются и вырабатывают электрический ток. Преимуществом данной конструкции является: отсутствие шума лопастей турбин, исключение случаев гибели птиц, ничего кроме ветра.

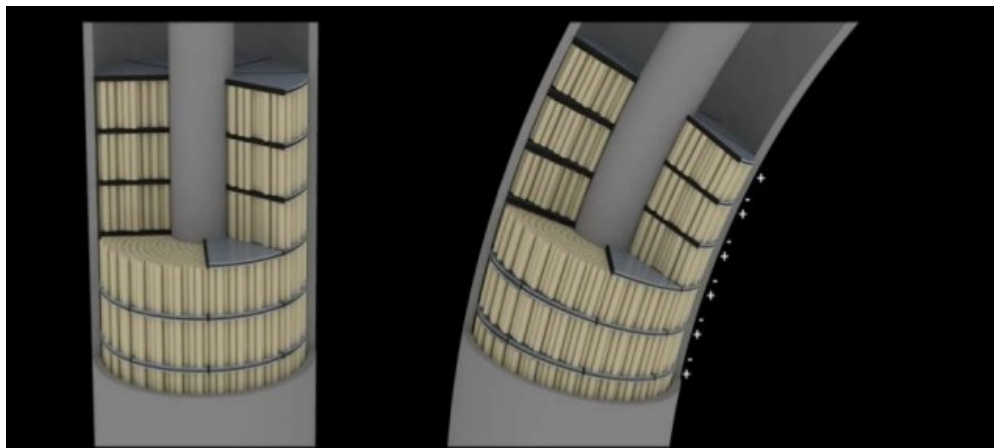


Рисунок 2. Диски стебли

Территория, которую занимает данная станция, изображенная на рисунке 3, составит 2,6 га. Мощность конструкции – соответствует обыкновенному генератору, работающему на ветровой энергии, при такой же площади расположения его установок. Система стеблей и дисков довольно эффективна, т.к. в ней отсутствуют потери на трение, которые свойственны традиционным механическим системам.

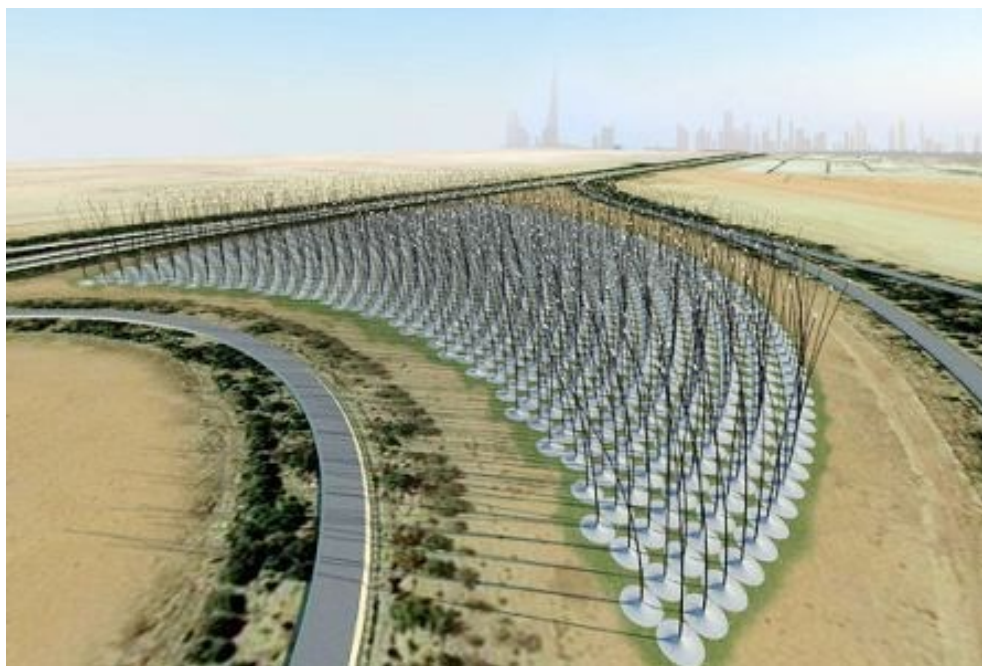


Рисунок 3. Электростанция Windstalk

В основании абсолютно каждого стебля будет расположен генератор, который преобразует крутящий момент от стебля при помощи системы, состоящей из амортизаторов и цилиндров, также, как и в системе Levant Power, разработанной в Кембридже, штат Массачусетс.

Т.к. ветер не стабилен, будет использована система накапливания энергии, чтобы аккумулированная энергия могла расходоваться и тогда, когда ветер отсутствует, разъясняют сотрудники, которые трудятся над этим проектом.

На каждом стебле, на его вершине, расположен светодиодный фонарь, яркость сияния которого будет зависеть от силы ветра и объема вырабатываемой электроэнергии в данную секунду.

Проект Windstalk будет работать на беспорядочном колебании, что дает возможность разместить стебли гораздо ближе один к одному, чем при использовании обычных ветрогенераторов на основе лопастей.

#### Литература

1. Сибикин, Ю. Д. Работа и конструктивные особенности ВЭС: учебное пособие / Ю.Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – М.; Берлин: Директ-медиа, 2014. – 229 с.
2. Устройство ветрогенератора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivyvetroenergetiki> – Дата доступа: 15.03.2020.
3. How do wind turbines work [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.energy.gov/eere/wind/how-do-wind-turbines-work> – Дата доступа: 15.03.2020.

УДК 621.548

## ПРОЕКТ SAPHONIAN

Чешкин А.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

Данный проект был разработан компанией Saphon Energy. Это безопасный ветряной генератор, который показан на рисунках 1 и 2.



Рисунок 1. Ветрогенератор Saphonian



Рисунок 2. Ветрогенератор Saphonian

Установка, которая по форме очень напоминает спутниковую тарелку, практически не издает излишних звуков, работает бесшумно, получила название Saphonian. У данного типа ветрового генератора нет никаких вращающихся элементов, поэтому он не несёт никакой опасности для птиц. За

счёт ветра экран ветрогенератора приходит в движение, в результате чего происходят колебания в гидравлической системе.

Целью данного проекта было изменить в лучшую сторону характеристики ветрогенераторов. Поток ветра образует парус, который с помощью его совершает колебание, и, что немало важно, отсутствуют какие-либо подвижные элементы (лопасти, ротор, передачи). Это даёт возможность получения большего количества механической энергии за счет поршней.

Также есть вариант накопления энергии в аккумуляторах гидравлического типа, или получать из неё электроэнергию с помощью генератора, либо подводить эту энергию к какому-либо механизму, тем самым приводя его во вращение. Такой тип ветрового генератора обладает коэффициентом полезного действия около 80%, в то время как ветрогенераторы, которые мы привыкли видеть – 30%. Очевидно превосходство практически в 2,5 раза.

За счет того, что в конструкции нет элементов с высокой стоимостью, в отличие от ветротурбины (лопасти, ступицы, редуктор), мы получаем, что затраты снижаются до 45%.

Аэродинамическая форма Saphonian имеет то преимущество, что турбулентные ветровые потоки мало влияют на корпус паруса, а аэродинамическая сила только увеличивается. Именно из-за турбулентности ветряные турбины не используются в городских районах, а Saphonian можно использовать и там. Кроме того, вредные акустические и вибрационные факторы сведены к минимуму. Компания Saphon Energy получила награду от КРМГ за свои усилия в области развития инноваций.

#### Литература

1. Олешкевич, М.М. Нетрадиционные источники энергии: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-43 01 03 "Электроснабжение" / М.М. Олешкевич. – Минск: БНТУ, 2016. – 205 с.: ил., граф.
2. How do wind turbines work [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.energy.gov/eere/wind/how-do-wind-turbines-work> – Дата доступа: 24.05.2020.
3. Ветрогенератор что такое. Ветрогенераторы нового поколения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://remontpodomy.ru/obzory/vetrogenerator-chno-takoe-vetrogeneratoriy-novogo-pokoleniya> – Дата доступа: 24.05.2020.



УДК 621.3

## ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ДУГА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ В ЗАПАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ

Сотникова А.А., Яцухно Я.С.

Научные руководители – старший преподаватель Пекарчик О.А.

Электрическая дуга – вид искрового разряда, сопровождающегося большой плотностью, длительностью горения, малым падением напряжения на промежутке ствола, характеризующегося повышенным давлением газа, в котором поддерживается высокая температура.

В дуге можно отметить три области, весьма различные по характеру протекающих в них процессов. Непосредственно к отрицательному электроду (катоду) дуги прилегает область катодного падения напряжения. Далее идет плазменный ствол дуги. Непосредственно к положительному электроду (аноду) прилегает область анодного падения напряжения (рис. 1).



Рисунок 1. Строение электрической дуги

### Вольтамперные характеристики (ВАХ) дуги

#### 1. ВАХ дуги постоянного тока

Электрическая дуга между контактами загорается при некотором напряжении зажигания  $U_з$ . Оно зависит от расстояния между контактами, от температуры и давления среды, окружающей дугу, от температуры и материала контактов и др. По мере увеличения тока дуги, напряжение на ней  $U_д$  уменьшается (рис. 2).

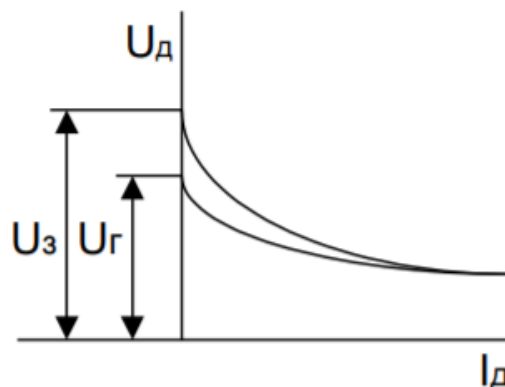


Рисунок 2. ВАХ дуги постоянного тока

Это обусловлено интенсивностью процессов ионизации. Напряжение на дуге при уменьшении тока до нуля называется напряжением гашения  $U_g$ . Это напряжение всегда меньше напряжения зажигания  $U_z$ . Это объясняется большим нагревом и инерционностью тепловых процессов. Чем большей теплопроводностью и теплоемкостью обладает материал контактов и сама дуга, тем меньше будет разница между  $U_z$  и  $U_g$ . Напряжение на дуге  $U_d$  является функцией тока дуги, расстояния между контактами и физических свойств контактов.

## 2. ВАХ переменного тока

Переменный ток изменяется настолько быстро, что на процессы в дуге сказывается инерционность тепловых и ионных процессов. По мере нарастания тока напряжение на межконтактном промежутке возрастает и при  $U_z$  дуга загорается.

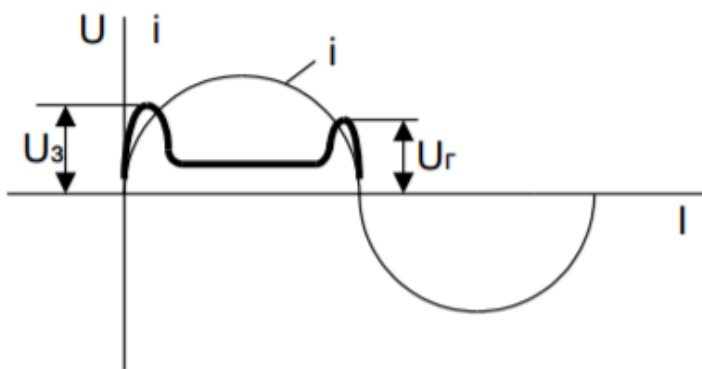


Рисунок 3. Диаграмма напряжений на дуге переменного тока

После этого, несмотря на увеличение тока дуги, напряжение уменьшается и на протяжении большей части полупериода остается практически постоянным. В области близкой к переходу тока через нулевое значение напряжение на дуге вновь увеличивается и к моменту гашения дуги оно достигает напряжения гашения  $U_g$  (рис. 3). Вольтамперная характеристика дуги переменного тока имеет вид, показанный на (рис. 4).

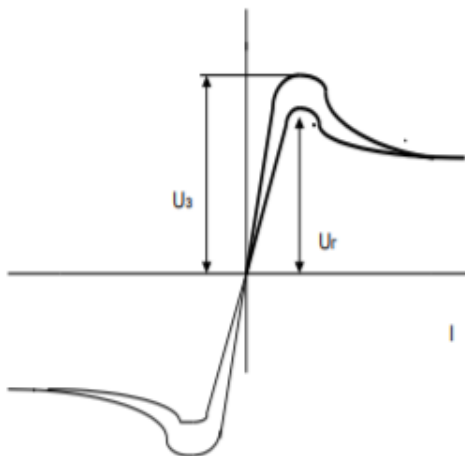


Рисунок 4. ВАХ дуги переменного тока

### Применение электрической дуги в запальных устройствах

Запальными устройствами или запальниками (рис. 5) оснащено фактически все тепловое оборудование, которое имеет циклический ритм работы и функционирует на природном газе. Т.е., когда тепловое оборудование требует периодического включения/отключения, для автоматизации розжига его горелку необходимо оборудовать запальным устройством. Запальными устройствами обычно оборудуют стенды нагрева ковшей, тогда как, например, в мартеновских печах, водогрейных котлах и других непрерывно работающих системах, встроенных запальников нет.

От запального трансформатора к свободному концу запального электрода происходит подача тока высокого напряжения. Корпус запальника, установленный внутри горелки, должен быть обязательно заземлен. Второй вывод высоковольтной обмотки запального трансформатора также заземляется. Обычно он соединен с заземленным корпусом трансформатора. В этом случае при подаче на первичную обмотку трансформатора напряжения, на вторичной обмотке возникает высокое напряжение, создающее между корпусом запальной горелки и запальным электродом электрический пробой – образуется электрическая дуга. Тепловая энергия электрической дуги воспламеняет газоздушную смесь. Аналогично тому, как при помощи пьезоэлектрической зажигалки розжигают бытовую газовую плиту. В запальнике с загнутым под 90° запальным электродом искра возникает между загнутой частью электрода и внутренней поверхностью запальника. В случае применения запального электрода с напессованной шайбой образуется искра, вращающаяся по кругу.



Рисунок 5. Внешний вид запального устройства

### Литература

1. Электрическая дуга: что это такое, причины возникновения, свойства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.asutpp.ru/elektricheskaya-duga.html> – Дата доступа: 27.10.2020
2. Запальное устройство. Запальный трансформатор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://knowkip.ucoz.ru/publ/avtomatika\\_upravlenija\\_gorenijem/szhiganie\\_prirodnogo\\_gaz\\_a/zapalnoe\\_ustrojstvo\\_zapalnyj\\_transformator/8-1-0-8](http://knowkip.ucoz.ru/publ/avtomatika_upravlenija_gorenijem/szhiganie_prirodnogo_gaz_a/zapalnoe_ustrojstvo_zapalnyj_transformator/8-1-0-8) – Дата доступа: 27.10.2020
3. Запальные устройства. Запальные трансформаторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://td-pps.ru/articles/22-zapalnye-ustrojstva> – Дата доступа: 27.10.2020

УДК 621.358

## СЕЛЕКТИВНОЕ ЛАЗЕРНОЕ ПЛАВЛЕНИЕ

Веремей В.Д.

Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

SLM (*Selective Laser Melting*) – селективное лазерное плавление, распространенный метод трехмерной печати металлических изделий. В качестве материала используется металлический порошок очень мелкой фракции (меньше 40 мкм), под действием лазерного луча он расплавляется и превращается в однородную металлическую массу.

С помощью SLM создают как точные металлические детали для работы в составе узлов и агрегатов, так и неразборные конструкции, меняющие геометрию в процессе эксплуатации.

Технология является методом аддитивного производства и использует мощные лазеры для создания трехмерных физических объектов. Данный процесс успешно заменяет традиционные методы производства, так как физико-механические свойства изделий, построенных по технологии SLM, зачастую превосходят свойства изделий, изготовленных по традиционным технологиям.

Установки SLM помогают решать сложные производственные задачи промышленных предприятий, работающих в авиакосмической, энергетической, машиностроительной и приборостроительной отраслях. Установки также применяются в университетах, конструкторских бюро, используются при проведении научно-исследовательских и экспериментальных работ.

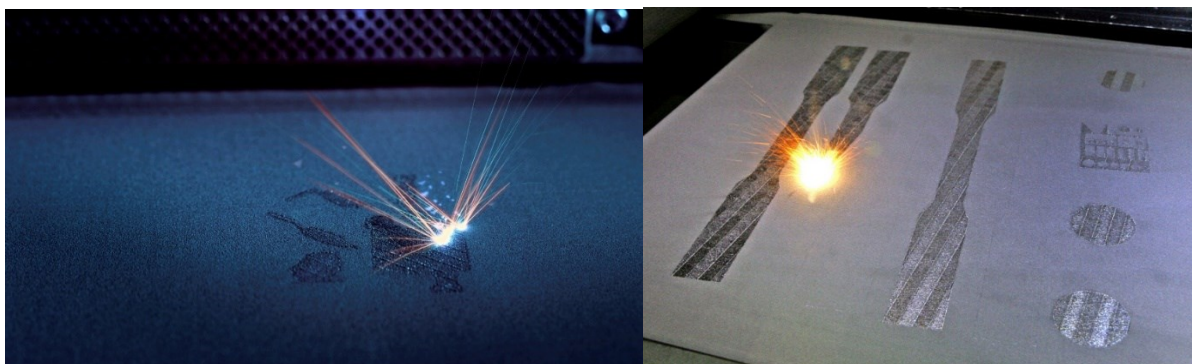


Рисунок 1 – Процесс создания деталей

### Преимущества SLM-технологии

1. Решение сложных технологических задач.
  - Производство изделий со сложной геометрией, с внутренними полостями и каналами конформного охлаждения.
2. Сокращение цикла НИОКР (Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) — совокупность работ, направленных на получение новых знаний и практическое применение при создании нового изделия или технологии.)
  - Возможность построения сложных изделий без изготовления дорогостоящей оснастки

### 3. Уменьшение массы изделий

- Построение изделий с внутренними полостями

### 4. Экономия материала при производстве

- Построение происходит с помощью послойного добавления в «тело» изделия необходимого количества материала. 97-99% незадействованного при построении порошка после просеивания пригодно к повторному использованию. 3-9% материала, задействованного на построение поддержек, утилизируется вместе с некондиционным расплавленным порошком, не прошедшим операцию просеивания.

- Сокращение затрат на производство сложных изделий, т.к. нет необходимости в изготовлении дорогостоящей оснастки.

5. Обеспечивает высокую точность и повторяемость.

6. Механические характеристики изделий, напечатанных на этом типе 3D-принтера, сравнимы с литьем.

### **Недостатки SLM-технологии**

1. Высокая стоимость производства.

2. Относительно малая производительность (среднее время печати от 48 часов).

3. SLM-печать может быть вредной для здоровья человека при несоблюдении определенных мер предосторожности, так как в качестве сырья для производства изделий используются металлические порошки мелкой фракции. Для работы с SLM-технологией требуется выделять отдельные помещения с хорошей системой вентиляции и кондиционирования воздуха.

4. Технология требует использования дорогостоящего оборудования, обслуживания и расходных материалов.

### **Принцип работы**

Процесс печати начинается с разделения цифровой 3D-модели изделия на слои толщиной от 20 до 100 мкм с целью создания 2D-изображения каждого слоя изделия. Отраслевым стандартным форматом является STL-файл. Этот файл поступает в специальное машинное ПО, где происходит анализ информации и ее соизмерение с техническими возможностями машины.

На основе полученных данных запускается производственный цикл построения, состоящий из множества циклов построения отдельных слоев изделия.

Цикл построения слоя состоит из типовых операций:

1. нанесение слоя порошка заданной толщины (20-100 мкм) на плиту построения, закрепленную на подогреваемой платформе построения;

2. сканирование лучом лазера сечения слоя изделия;

3. опускание платформы вглубь колодца построения на величину, соответствующую толщине слоя построения.

Процесс построения изделий происходит в камере SLM машины, заполненной инертным газом аргон или азот (в зависимости от типа порошка, из которого происходит построение), при ламинарном его течении. Основной расход инертного газа происходит в начале работы, при продувке камеры

построения, когда из нее полностью удаляется воздух (допустимое содержание кислорода менее 0,15%).

Далее порошок подается в камеру построения принтера и разравнивается специальным ножом на толщину слоя материала. Лазерный луч плавит слои порошка в участках, совпадающих с сечением 3D-модели. После каждого плавления камера построения опускается на уровень ниже. Затем снова подается и разравнивается порошок - создается следующий слой. Процедура повторяется, пока не получится готовое изделие.

После построения изделие вместе с плитой извлекается из камеры SLM машины, после чего изделие отделяется от плиты механическим способом. От построенного изделия удаляются поддержки, производится финишная обработка построенного изделия. В случае необходимости производится механическая обработка изделия (фрезеровка, шлифовка).

Практически полное отсутствие кислорода позволяет избегать оксидации расходного материала, что делает возможной печать такими материалами, как титан.

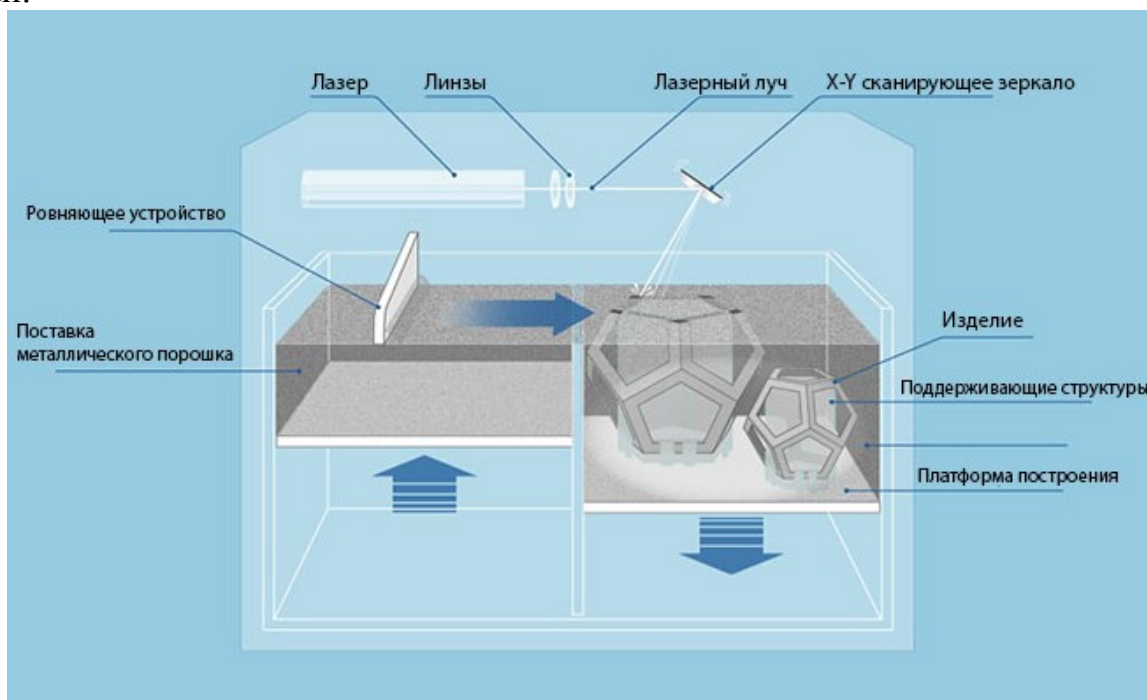


Рисунок 2– Схема 3D-машины

### Используемые материалы

Наиболее популярными материалами являются порошковые металлы и сплавы, включая нержавеющую сталь, инструментальную сталь, кобальт-хромовые сплавы, титан, алюминий, золото и др.

### Область применения

1. Изготовление функциональных деталей для работы в составе различных узлов и агрегатов.
2. Изготовление сложных конструкций, в том числе неразборных, меняющих в процессе эксплуатации геометрию, а также имеющих в своем составе множество элементов.

3. Производство формообразующих элементов пресс-форм для литья термопластов и легких материалов.
4. Изготовление технических прототипов для отработки конструкции изделий.
5. Создание формообразующих вставок для кокильного литья.
6. Производство индивидуальных стоматологических протезов и имплантатов.
7. Изготовление штампов.

### Примеры

Технология SLM еще не стала стандартом в производстве, но ее уже используют крупные промышленные компании: машиностроительные, аэрокосмические, производители авто и другие.

- *PORSCHE*

Немецкий автопроизводитель использует 3D-печать в производстве запасных частей для своего подразделения классических автомобилей. В обслуживании семейства автомобилей Porsche Classic применяется около 52 000 различных деталей, которые необходимо заменять по требованию владельцев авто, детали эти настолько же раритетные, как сами машины. Да и при работе с теми деталями, что есть в наличии, необходимо учитывать затраты на логистику и хранение.

При производстве в небольших количествах, в отличие от серийного, использование классических методов экономически невыгодно. Оценивая альтернативы, специалисты Porsche остановились на аддитивном производстве, с использованием SLM для металлических деталей.



Рисунок 3– Примеры деталей

- *AUDI*

В компании AUDI считают SLM наиболее подходящей технологией для создания сложных металлических деталей, и чем сложнее деталь, тем больше для нее подходит 3D-печать. Производство таких деталей традиционными методами отняло бы значительно больше времени и средств. Также перспективной считают 3D-печать деталей на местах, в удаленных подразделениях, так как она способна серьезно сократить затраты на логистику и складирование.



Рисунок 4- Металлические 3D-печатные коннекторы системы охлаждения двигателя AUDI W12.

- *SpaceX и NASA*

Лидеры освоения космоса, такие как SpaceX под управлением Илона Маска и NASA, применяют металлическую 3D-печать для изготовления деталей ракетных кораблей, что значительно снизило затраты и повысило производительность при их создании. К примеру, SpaceX в значительной степени опирался на нестандартные металлические детали при создании камеры сгорания двигателя SpaceX SuperDraco.



Рисунок 6- Блок из двух двигателей SuperDraco

### **Основные фирмы производители**

- SLM Solutions Group — немецкий производитель промышленного оборудования для лазерной 3D-печати из металлических материалов. Компания поставляет продукцию клиентам из авиакосмического и энергетического секторов, сферы здравоохранения и автомобильной промышленности.

- Realizer — Немецкая компания, разрабатывает и производит профессиональные промышленные 3D принтеры, которые работают по технологии лазерного сплавления.



- EOSINT – Немецкая компания производящая промышленные установки для аддитивного производства металлических деталей методом прямой лазерной плавки и другую продукцию.

- RussianSLM - это принтеры российского производства для печати металлами по технологии SLM.

- Shining 3D - Китайский производитель 3D-принтеров и 3D-сканеров, анонсировал новую аддитивную систему EP-M250 Pro по технологии селективного лазерного наплавления металлических порошков (SLM).

- PXS Phenix Systems – принтер французского производства по технологиям LC/LS/SLM/DMLS/SLS.

### **Заключение**

Металлические аддитивные технологии производства, такие как SLM и DMLS, особенно полезны для создания уникальных металлических деталей, не производимых серийно, которые полностью функциональны и получены в кратчайшие сроки. Некоторые из них не могут быть изготовлены традиционными методами, в силу их технологических ограничений. Сплавы, используемые в SLM, выдерживают высокое давление газа и высокую температуру, что также позволяет использовать детали, изготовленные с помощью данной технологии, в различных областях машиностроения и химической промышленности.

УДК 621.3

## ИНДУКЦИОННЫЙ НАГРЕВ

Комаровский Т.Р.

Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

Индукционный нагрев применяется на производстве для: для поверхностной закалки стальных изделий, сквозного нагрева под пластическую деформацию (ковку, штамповку, прессование, прокатку и т.д.), плавления металлов, термической обработки (отжиг, отпуск, нормализация, закалка), сварки, наплавки, пайки металлов. Конструкции индукторов могут быть предназначены для нагрева локального участка или всего объема заготовки. Первые печи, работающие на принципе индукционного нагрева начали появляться еще в самом начале XX века. Сфера очень быстро развивалась и уже через несколько десятков лет появились высокочастотные тигли по КПД почти не уступающие современным. Если раньше индукционные печи для плавки металла устанавливались исключительно в цехах крупных организация, то сегодня современная индукционная печь может находится даже в небольших мастерских.

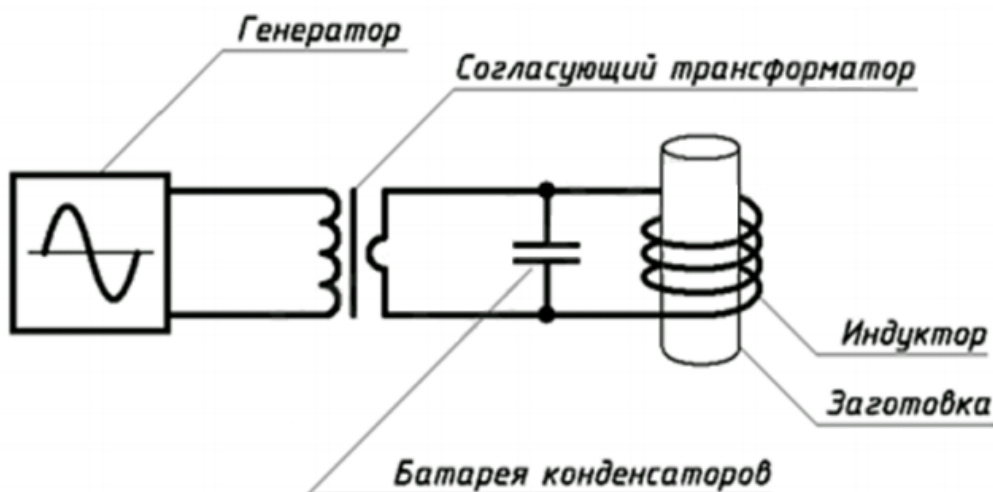


Рисунок 1. Общая схема индукционного нагревателя

Индукционный нагрев проводится следующим образом. Электропроводящая заготовка помещается в индуктор, представляющий собой один или несколько витков провода или трубок (чаще всего из меди). В индукторе с помощью специального генератора наводятся мощные токи различной частоты (от 50 Гц до десятков МГц), в результате чего вокруг индуктора возникает электромагнитное поле. Электромагнитное поле наводит в заготовке вихревые токи. Вихревые токи разогревают заготовку под действием джоулева тепла. Тепло к заготовке подводится переменным магнитным полем, а не градиентом температуры, как при не прямых нагревах, и возникает прямо в заготовке.

Система «индуктор-заготовка» представляет собой бессердечниковый трансформатор, в котором индуктор является первичной обмоткой. Заготовка является как бы вторичной обмоткой, замкнутой накоротко. Магнитный поток

между обмотками замыкается по воздуху. Чаще всего по трубкам индуктора пускают охлаждающую жидкость.

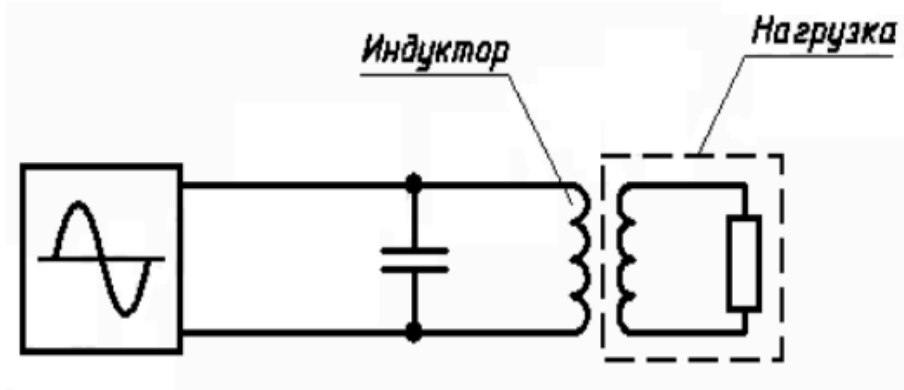


Рисунок 2. Эквивалентная электрическая схема индуктора

В случае индукционного плавления, металл плавится в тигле, размещенном в индукторе больших размеров, а в случае нагрева - заготовка просто помещается непосредственно в индуктор.

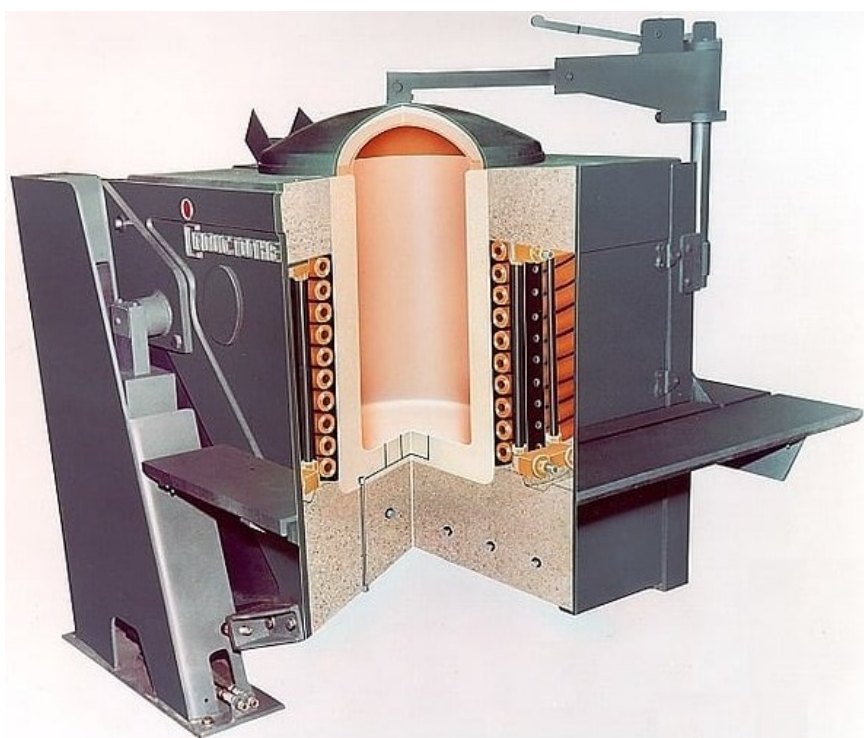


Рисунок 3. Индукционная печь

Тепло в заготовке не образуется равномерно по всему сечению. Например, при нагреве заготовки цилиндрической формы наибольшая плотность тока будет на поверхности заготовки, а к середине снижается приблизительно экспоненциально. Это явление называется скин-эффект.

Толщина скин-слоя, по которому проходит ток, называется глубиной проникновения тока и определяется по следующей формуле:

$$\Delta = \sqrt{\frac{2}{\gamma\mu\omega}}, \text{ м}$$

где  $\omega = 2\pi f$ ;

$f$  – частота тока, Гц;

$\mu$  – магнитная проницаемость, Гн/м;

$\gamma$  – удельная электропроводимость материала, 1/Ом;

Энергия, переданная в заготовку ее нагревает, но ее часть излучением и конвекцией рассеивается в окружающем пространстве. Частота тока и время нагрева заготовки выбирается в зависимости от материала заготовки и ее габаритов.

Индукционный нагрев применяется для сварки заготовок. Чаще всего это непрерывная шовная и стыковая сварка труб.

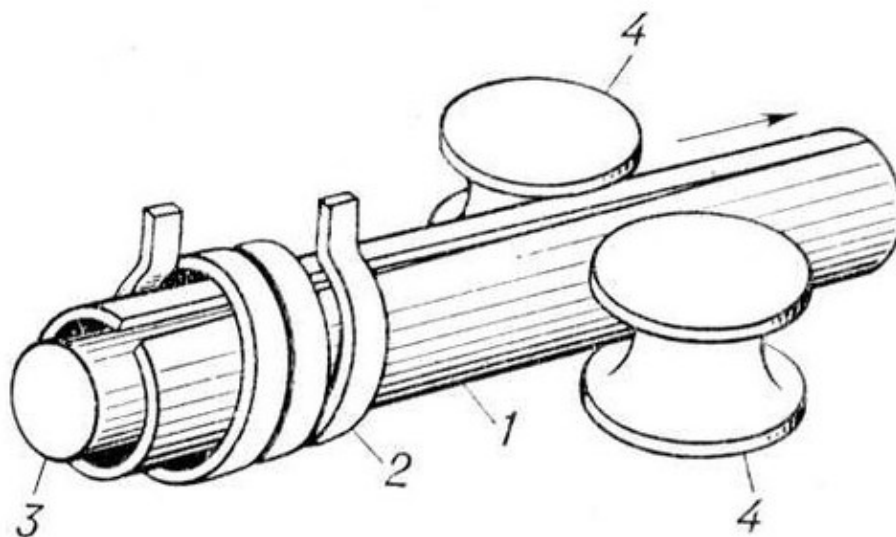


Рисунок 4. Шовная сварка трубы индукционным способом: 1 – труба; 2 – индуктор; 3 – сердечник; 4 – обжимные ролики.



Рисунок 5. Индукционная сварка с давлением

Преимущества индукционного нагрева:

1. Повышенная скорость нагрева по сравнению с установками косвенного действия, в которых изделие нагревается только с поверхности.
2. Электрическая энергия передается в тело без непосредственного контакта, что удобно в автоматизированном поточном производстве при использовании вакуумных и защитных средств.
3. Индукционные установки относительно компактные. Именно поэтому не возникает проблем с их размещением в небольших помещениях.
4. КПД почти 100%.
5. Индукционная плавка занимает первое место по чистоте расплава. За счет того, что нагрев идет изнутри исключается вероятность попадания в состав различных примесей.
6. Безвредность процесса индукционного нагрева.
7. Индуктор можно изготовить особой формы — это позволит равномерно прогревать по всей поверхности детали сложной конфигурации, не приводя к их короблению или локальному непрогреву.

Недостатки индукционного нагрева:

1. Несмотря на небольшие размеры индуктора, агрегат индукционного нагрева в целом достаточно громоздок и маломобилен и больше подходит для стационарной установки в помещении, чем для выездных работ.
2. Требуется мощный источник электроэнергии для питания установки индукционного нагрева, а также насос и бак с охлаждающей жидкостью для охлаждения индуктора, которые в полевых условиях могут отсутствовать.
3. Повышенная сложность оборудования, необходим квалифицированный персонал для проектирования установок, их настройки и ремонта.

#### Литература

1. Проектирование индукционных нагревателей и безопасность при электротермическом нагреве : учеб. пособ. / В. В. Кухарь, Ю. П. Нижельская, А. С. Анищенко. – Мариуполь : ПГТУ, 2016. – 173 с
2. Сайты: <http://electricalschool.info/>  
<https://tokar.guru/>  
<http://beltechnologia.by/>  
<https://ru.wikipedia.org/>

УДК 621.35

## СПОСОБЫ ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Шахович А.Д.

Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

Ключевой проблемой возобновляемой энергетики является обеспечение электроснабжения потребителей после захода солнца или если не дует ветер. Нужны мощные, способные надолго сохранять избытки электричества накопители энергии.

Широкое внедрение технологий хранения энергии служит «мостом» к переходу на генерацию электричества из возобновляемых источников. У возобновляемых источников энергии (ВИЭ) есть один значительный недостаток – они могут производить энергию только в течение определенных периодов при определенных условиях. Только это мешает человеку увеличивать или уменьшать количество произведенных киловатт по желанию.

ВИЭ способны производить энергию только тогда, когда для этого есть условия – дует ветер или светит солнце. И это может совпадать или не совпадать по времени с нуждами потребителей.

Технологии накопления энергии сохраняют энергию, когда потребление ниже, чем ее производство, и снабжают энергией, когда потребление выше, чем ее производство. Основная проблема электричества состоит в том, что его производство должно соответствовать потреблению, которое может быстро и сильно меняться. Системы хранения энергии могут помочь справиться с так называемыми пиковыми часами потребления электроэнергии.

### ГАЭС

Первая понятная технология хранения энергии появилась еще в конце XIX века — это были гидроаккумулирующие электростанции. ГАЭС в период низкого спроса на электроэнергию (например, ночью) потребляют ее для набора воды в верхнее водохранилище. А в моменты пиковых нагрузок (например, в утренние часы в мегаполисе) производят электроэнергию за счет резкого сброса воды. Распространению ГАЭС мешает несколько фундаментальных проблем. Проблема первая – необходимость подбора естественного рельефа с большим перепадом высот. Вторая проблема – потребность затопить огромную площадь под озеро, что ведёт как к снижению КПД из-за испарения воды, так и к локальным экологическим последствиям.

### Аккумуляторы

К одному из распространенных способов хранения энергии можно отнести аккумуляторы. Принцип работы основан на возможности ионов лития встраиваться в кристаллическую решетку различных материалов - обычно графита или оксида кремния - с образованием химических связей: соответственно при зарядке ионы встраиваются в кристаллическую решетку, тем самым накапливая заряд на одном электроде, при разрядке соответственно переходят обратно к другому электроду, отдавая нужный нам электрон. Основной недостаток аккумуляторных батарей — низкая продолжительность жизни по сравнению с ГАЭС. Срок службы батарей может довольно сильно

варьироваться в зависимости от частоты применения, скорости разрядки и количества циклов глубокой разрядки.

Батареи, можно сказать - “деградируют”. Есть у систем хранения электроэнергии еще одна неочевидная сторона, помимо финансовых и технологических, — это моральный аспект. Дело в том, что для производства аккумуляторов и аккумуляторных батарей, на которых работает вся современная техника, используют кобальт. Содержания кобальта в аккумуляторах составляет примерно 50%. Каждый год в мире добывают примерно 120 тыс. тонн кобальта, и 60% его добычи приходится на Демократическую Республику Конго. Для сравнения: на Канаду приходится 6% добычи, на Австралию — 4%, на Россию — 3%. Цены на кобальт растут стремительно, и это стимулирует рост его добычи в Конго.

По данным ЮНИСЕФ, которые приводит интернет-издание «Медуза», в 2014 году из 150 тыс. местных горняков около 40 тыс. были детьми. Причем после того, как кобальт начал дорожать, детей в шахтах стало больше, считает Amnesty International.

**Водород – на смену ископаемому топливу**

Еще один способ хранения энергии – использовать ее для производства водорода путем электролиза и хранить его в сжиженном виде. В таком виде водород можно использовать в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания или других установок в любое время.

Производство водорода намного менее эффективно, чем использование аккумуляторов, и примерно соответствует эффективности ископаемого топлива. Тем не менее перспективы использования водорода связаны, прежде всего, с крупным транспортом. Он может быть использован для питания больших транспортных средств, таких как круизные лайнеры, грузовые суда, поезда и прицепы, которые в противном случае работали бы на газе или даже на мазуте. Кроме того, водородом можно частично заменить природный газ в уже существующей энергетической инфраструктуре, тем самым уменьшив выбросы CO<sub>2</sub>.

Водород можно назвать идеальной топливной альтернативой батареям, поскольку при сжигании этого вещества нет никаких вредных выбросов – единственными выбросами являются вода и тепло.

### **Суперконденсаторы**

В суперконденсаторах заряды разделяются электростатически, а не химически. Это позволяет суперконденсаторам заряжаться и разряжаться за доли секунды, нормально функционировать в широком температурном диапазоне (от -40 0С до +65 0С). Суперконденсатор может заряжаться и разряжаться практически неограниченное число раз. В отличие от электрохимической батареи, в которую заложен цикл определенного размера, суперконденсатор практически нечувствителен к воздействию циклического режима работы. Также слабее на него действуют и возрастные изменения, связанные с деградацией материалов. При нормальных условиях емкость суперконденсатора после 10 лет эксплуатации сохраняется на уровне 80% от номинальной. Но работа с высокими напряжениями может снизить его срок

жизни. Саморазряд у суперконденсаторов значительно выше, чем у обычных аккумуляторов. Суперконденстор является лучшим вариантом в случаях, где возникают краткосрочная потребность в питании и есть возможность быстрой зарядки.

### **Расплавленная соль**

Солнечные термоэлектростанции используют расплавленную соль в качестве теплоносителя. Работает система относительно просто: сфокусированные солнечные лучи направляются при помощи зеркал на башню с солью, соль плавится под воздействием температуры, переносит тепло. Его используют для превращения воды в перегретый пар, который вращает турбины, вырабатывающие электричество.

Как оказалось, при помощи, расплавленной соли энергию можно не только вырабатывать, но и запасать. Именно этим занимается стартап Malta. В основе всего — расплавленная соль, разогретая до высокой температуры и недорогой охлажденный антифриз. Сначала, используя тепловой насос, электричество превращают в тепло, запасая его в расплаве соли. Далее, когда электричество снова потребуется (например, ночью или в безветренный день), расплавленную соль объединяют с холодным антифризом, а тепловой насос преобразует тепло в электричество. Хранить тепло можно неделями.

### **Гравитационные системы**

Принцип работы основывается на гравитации и трении, грубо говоря, аналогичен ГАЭС. Но без воды.

Интересный пример гравитационного хранилища создала американская компания Advanced Rail Energy Storage North America при помощи железной мини-дороги в Неваде. Вместо закачки воды в верхний резервуар при запасании энергии проект ARES поднимает вагоны с балластом поближе к вершине холма, при отдаче энергии, вагоны спускают с холма. Каждый из вагонов оснащён генератором на 2 МВт, при подъёме он работает как электромотор, а на спуске отдает энергию в сеть. КПД всей системы оценивается в 80 – 86%. Разница в высоте между точками составляет 900 м (это очень большой перепад высот, у большинства ГАЭС такого нет), при том, что длина путей, по которым движутся вагоны, 8 км. На пике система выдает до 50 МВт мощности. Это около 1,5 МВт с каждого из 32 вагонов (с учётом всех потерь).

По такому же гравитационному принципу работает другой не менее интересный проект – хранение энергии в башне. Принцип работы – шестизвездный кран стоит в центре, а на удалении от него лежат бетонные цилиндры весом 35 метрических тонн. Когда возникает избыток солнечной или ветровой электроэнергии запускается электродвигатель, и кран, управляемый автоматическим алгоритмом, поднимает бетонные блоки один за одним, складывая их в башню вокруг своей оси. Система хранения «полностью заряжена», когда кран создал вокруг себя башню из бетонных блоков. В башне может храниться 20 МВт•ч энергии. Когда в сети нехватка электричества, система запускается в обратном направлении, и электроэнергия подается в сеть за счет гравитационной энергии. Когда сеть работает на низком уровне,



двигатели возвращаются в действие - за исключением того, что вместо того, чтобы потреблять электричество, двигатель приводится в движение задним ходом гравитационной энергией и, таким образом, генерирует электричество. Такую систему хранения энергии разработал швейцарский стартап Energy Vault.

Поскольку бетон намного плотнее воды, для подъема бетонного блока требуется (и, следовательно, он может хранить) гораздо больше энергии, чем резервуар с водой одинакового размера, - отмечают разработчики. КПД такой системы около 85%.

### **Пневматические аккумуляторы**

Принцип их работы достаточно прост. С помощью насоса сжимается воздух и закачивается в резервуар. При необходимости расходования электроэнергии воздух выпускается из резервуара, проходя через турбину, вырабатывающую электроэнергию. Идея тоже древняя, относится к XIX веку. Главный недостаток — КПД не превышает 55%. Такой низкий КПД обусловлен переходом части энергии при сжатии газа в тепловую форму. Тем не менее в XX веке аккумулирующие электростанции на основе сжатого воздуха широко использовались в США и Германии.

### **Маховики**

Тип механического аккумулятора, предназначенный для транспортных устройств. Аккумулятор этого типа – маховик, обладающий большой массой и раскручиваемый до очень высокого числа оборотов. Запасаемая им энергия – не что иное, как кинетическая энергия самого маховика. Для повышения кинетической энергии маховика нужно увеличивать его массу и число оборотов вращения. Но с ростом числа оборотов увеличивается центробежная сила, что может привести к разрыву маховика. Поэтому для маховиков используются самые прочные материалы. Например, сталь и стеклопластик. Уже изготовлены маховики, масса которых измеряется многими десятками килограммов, а частота вращения достигает 200 тысяч оборотов в минуту.

Потери энергии при вращении маховика вызываются трением между поверхностью маховика и воздухом, а также трением в подшипниках. Для уменьшения потерь маховик помещают в кожух, из которого откачивается воздух, т. е. внутри кожуха создается вакуум. Применяются самые совершенные конструкции подшипников. В этих условиях годовая потеря энергии маховиком может быть менее 20 %.

### **Электромобили**

В электромобиле есть аккумуляторы, выпрямитель и инвертор — все элементы накопителя для выравнивания пиков потребления электроэнергии. Идея в том, что можно задействовать электромобиль в качестве накопителя энергии, пока он стоит в гараже?

Компании Renault, Mitsubishi и Nissan уже выпускают электромобили, способные отдавать энергию, накопленную в аккумуляторе. А Schneider Electric создала электрическую зарядную станцию, поддерживающую данную функцию. В Великобритании рассматривается вопрос о том, чтобы

предоставлять электромобилям бесплатную парковку в обмен на определенное количество электроэнергии, отдаваемое во время стоянки в сеть.

#### Литература

1. Гидроаккумулирующая электростанция //Википедия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://goo-gl.su/lhjJ>
2. Как сохранить энергию? / Е. Хрусталеv. // Газета “Энергетика и промышленность в России” [Электронный ресурс]. – №01-02- Режим доступа: <https://www.eprussia.ru/epr/309-310/6228809.htm> - Дата доступа: 01.2017.
3. Как технологии хранения энергии изменят мир /А. Васелюк. //Атомный эксперт [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://atomicexpert.com/page3174172.html>
4. Проект Malta: хранение энергии при помощи расплавленной соли выходит на новый уровень [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/madrobots/blog/434408> -Дата доступа: 26.12.2018.
5. 5 способов хранения энергии и насколько они эффективны //Kosatka.Media [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kosatka.media/category/blog/news/5-sposobov-hraneniya-energii-i-naskolko-oni-effektivny> - Дата доступа: 16.08.2019.
6. Compressed Air Energy Storage(CAES)- Пневматический аккумулятор/22Sobaki// Хабр. Энергия и элементы питания [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/378659> - Дата доступа 23.06.2015.

УДК 621.365

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОДШИПНИКИ

Осадчий Е.Н.

Научный руководитель - старший преподаватель Жуковская Т.Е.

Магнитный подшипник, как и остальные механизмы подшипниковой группы, служит опорой для вращающегося вала. Но в отличие от распространенных подшипников качения и подшипников скольжения соединение с валом в магнитных подшипниках является механически бесконтактным, то есть используется принцип левитации.

Используя принцип левитации, вращающийся вал буквально парит в мощном магнитном поле. Контролировать движение вала и координировать работу магнитной установки позволяет сложная система датчиков, которая постоянно отслеживает состояние системы и подает необходимые управляющие сигналы, меняя силу притяжения с той или иной стороны.

Принципиально магнитные подшипники подразделяются на два типа: пассивные и активные магнитные подшипники. Пассивные магнитные подшипники изготавливаются на базе постоянных магнитов, но такой подход далеко не идеален, поэтому используется он крайне редко. Более гибкие и широкие технические возможности открываются с подшипниками активными, в которых магнитное поле создается переменными токами в обмотках сердечников.

### Как работает бесконтактный магнитный подшипник

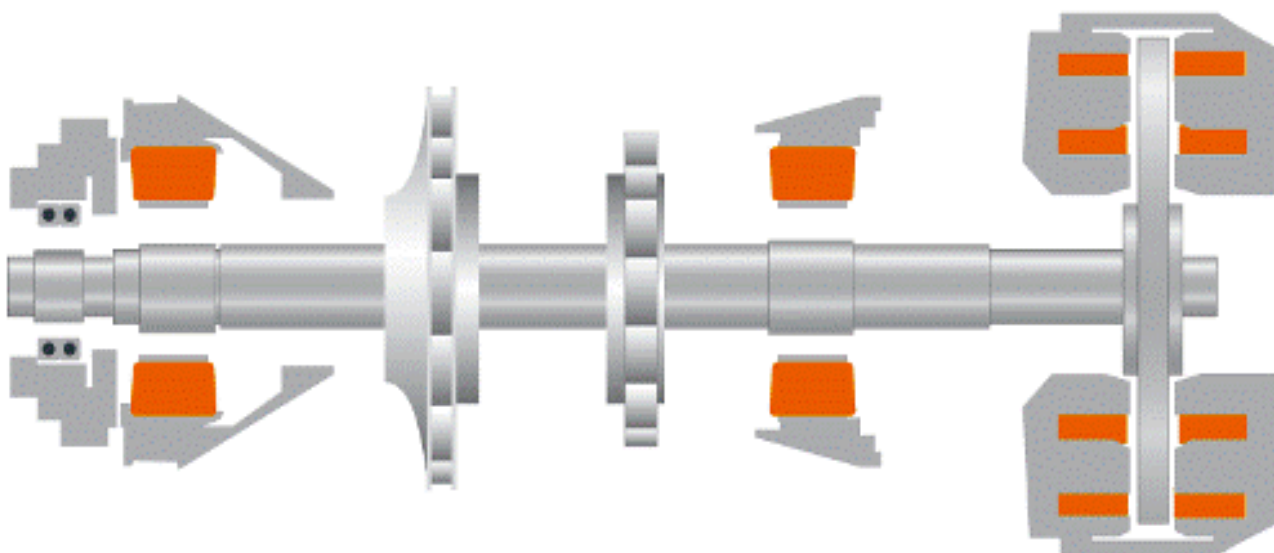


Рисунок 1- Устройство магнитного подшипника



Рисунок 2-Наглядный пример магнитного подшипника

Работа активного магнитного подвеса или подшипника базируется на принципе электромагнитной левитации — левитации с использованием электрического и магнитного полей. Здесь вращение вала в подшипнике происходит без физического контакта поверхностей друг с другом. Именно по этой причине полностью исключается смазка, а механический износ тем не менее отсутствует. Так повышаются надежность и КПД машин.

Также отмечают важность наличия контроля положения вала ротора. Система датчиков непрерывно следит за положением вала и подает сигналы системе автоматического управления для точного позиционирования путем корректировки позиционирующего магнитного поля статора, - сила притяжения с нужной стороны вала делается сильнее или слабее путем регулировки тока в статорных обмотках активных подшипников.

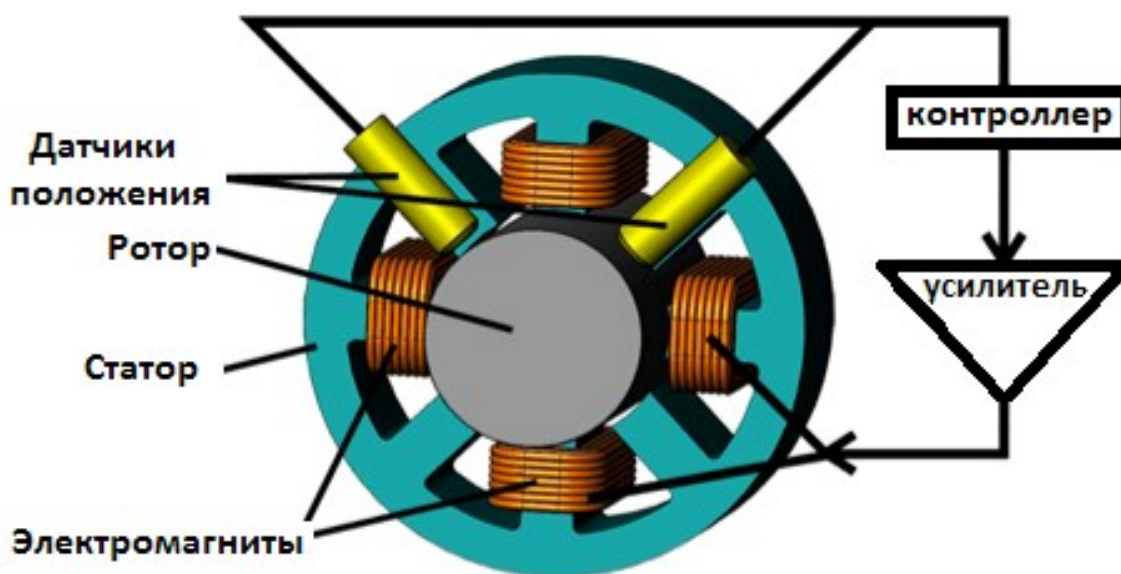


Рисунок 3-Составляющие магнитного подшипника

Два конических активных подшипника либо два радиальных и один осевой активные подшипники — позволяют бесконтактно подвесить ротор буквально в воздухе. Система управления подвесом работает непрерывно, она может быть цифровой или аналоговой. Так обеспечивается высокая прочность удержания, высокая грузоподъемность, и регулируемые жесткость и амортизация. Данная технология позволяет подшипникам работать в условиях низких и высоких температур, в вакууме, на больших скоростях и в условиях повышенных требований к стерильности.

#### Устройство активного бесконтактного магнитного подшипника.

Из вышеизложенного ясно, что основными частями системы активного магнитного подвеса являются: магнитный подшипник и автоматическая система электронного управления. Электромагниты все время действуют на ротор с разных сторон, и действие их подчинено электронной системе контроля.

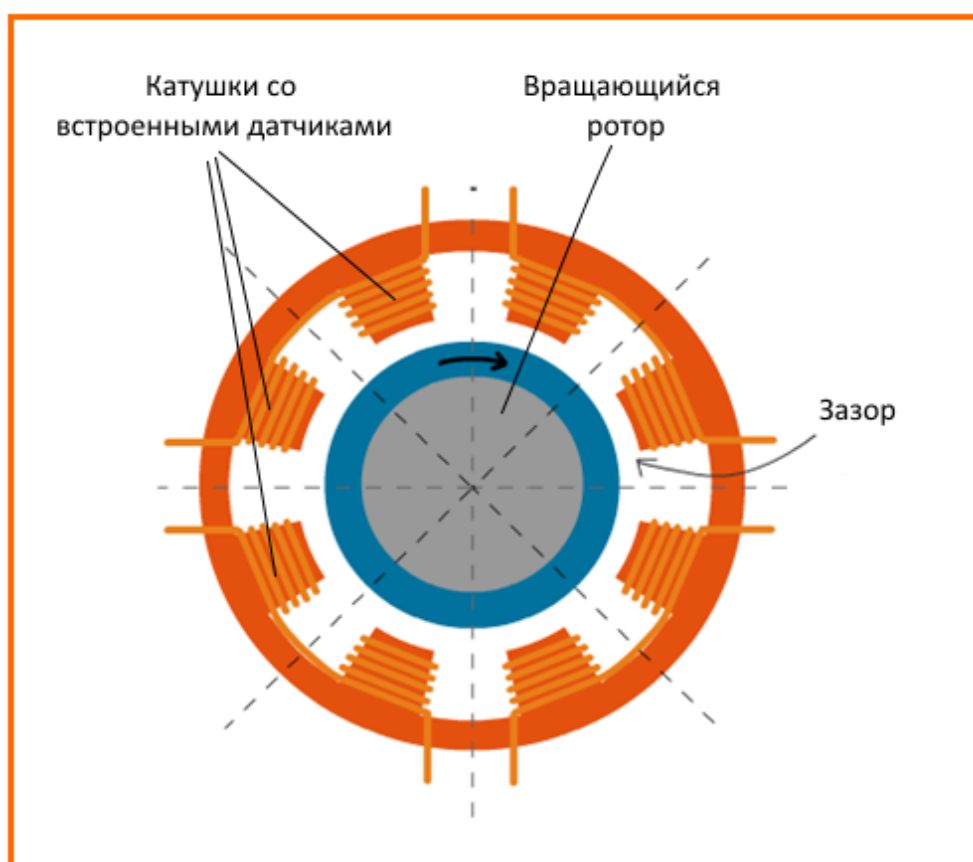


Рисунок 4-Система активного магнитного подшипника в разрезе

Ротор радиального магнитного подшипника оснащен ферромагнитными пластинами, на которые и действует удерживающее магнитное поле от катушек статора, в результате этого ротор оказывается, подвешен в центре статора, не соприкасаясь с ним. Индуктивные датчики все время следят за положением ротора. Любое отклонение от правильного положения приводит к появлению сигнала, который подается на контроллер, чтобы тот в свою очередь вернул ротор в нужное положение. Радиальный зазор может составлять от 0,5 до 1 мм.

Аналогичным образом функционирует упорный магнитный подшипник. Электромагниты в форме кольца закреплены на валу упорного диска.

Электромагниты располагаются на статоре. На концах вала располагаются осевые датчики.

Для надежного удержания ротора машины во время ее остановки или в момент отказа системы удержания, используются страховочные шариковые подшипники, которые закреплены так, что зазор между ними и валом выставлен равным половине того, что имеет место в магнитном подшипнике.

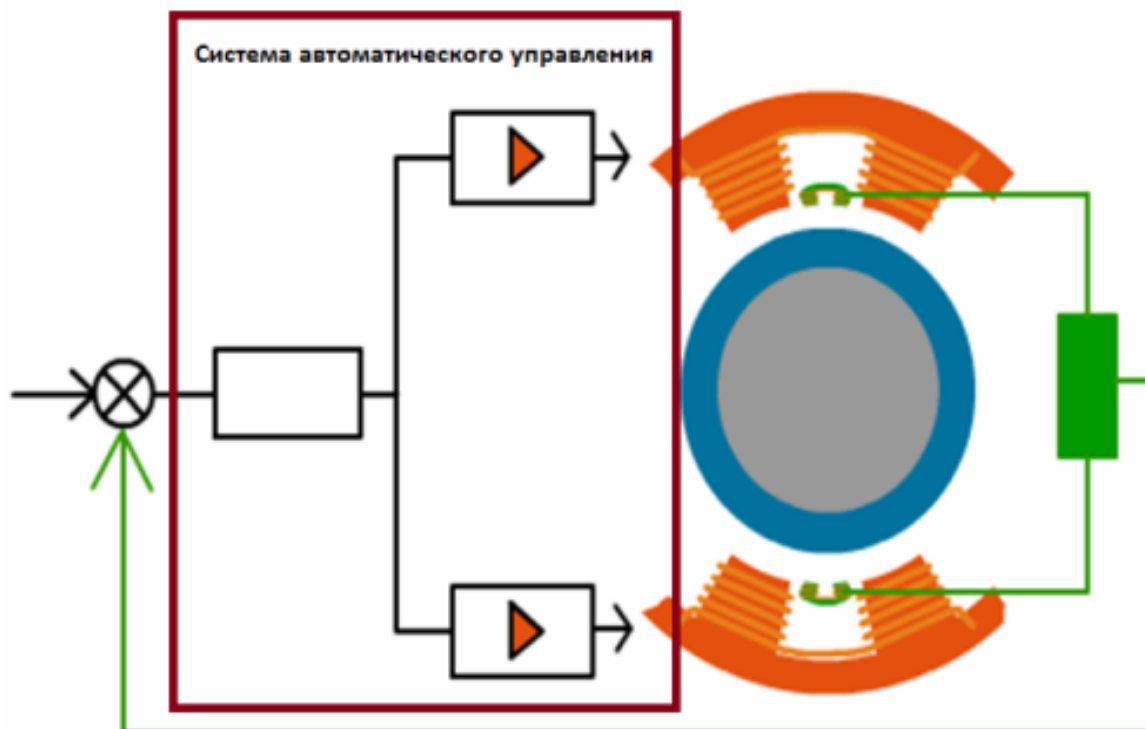


Рисунок 5-Устройство электронной системы управления

Система автоматического регулирования располагается в шкафу, и отвечает за правильную модуляцию тока, проходящего по электромагнитам, в соответствии с сигналами от датчиков положения ротора. Мощность усилителей связана с максимальной силой электромагнитов, величиной воздушного зазора и временем реакции системы на изменение положения ротора.

Говоря о магнитных подшипниках или бесконтактных подвесах, нельзя не отметить их замечательные качества: не нужна смазка, отсутствуют трущиеся части, следовательно, нет потерь на трение, крайне низкий уровень вибрации, высокая относительная скорость, малое энергопотребление, система автоматического контроля и мониторинга состояния подшипников, возможность герметизации.

Все эти достоинства делают магнитные подшипники лучшими решениями для множества применений: для газовых турбин, для криогенной техники, в высокооборотных электрогенераторах, для вакуумных устройств, для различных станков и прочего оборудования, в том числе высокоточного и высокоскоростного (порядка 100000 оборотов в минуту), где важно отсутствие механических потерь, помех и погрешностей.

**Возможности бесконтактных магнитных подшипников.**

Максимально возможная скорость вращения ротора в радиальном магнитном подшипнике ограничена лишь способностью ферромагнитных пластин ротора сопротивляться центробежной силе. Обычно предел окружной скорости составляет 200 м/с, в то время как для осевых магнитных подшипников предел ограничен стойкостью, литой стали упора — 350 м/с с обычными материалами.

От применяемых ферромагнетиков зависит и максимальная нагрузка, которую способен выдержать подшипник соответствующего диаметра и длины статора подшипника. Для стандартных материалов максимальное давление — 0,9 Н/см<sup>2</sup>, что меньше чем у обычных контактных подшипников, однако проигрыш в нагрузке может быть компенсирован высокой окружной скоростью при увеличенном диаметре вала.

Энергопотребление активного магнитного подшипника не очень велико. Наибольшие потери в подшипнике приходятся на вихревые токи, но это в десятки раз меньше чем та энергия, которая растрачивается при использовании в машинах обычных подшипников. Муфты, термоизоляционные барьеры и другие устройства исключаются, подшипники эффективно работают в условиях вакуума, гелия, кислорода, морской воды и т. Д. Диапазон температур составляет от -253°С до +450°С.

**Относительные недостатки магнитных подшипников.**

Между тем, есть у магнитных подшипников и недостатки.

В первую очередь — необходимость применять вспомогательные страховочные подшипники качения, которые выдерживают максимум два отказа, после чего их нужно менять на новые.

Во-вторых, сложность системы автоматического управления, которая при выходе из строя потребует сложного ремонта.

В-третьих, температура обмотки статора подшипника при высоких токах повышается — обмотки греются, и им нужно персональное охлаждение, лучше если жидкостное.



Рисунок 6- Электромагнитный подшипник

Наконец, материалоемкость бесконтактного подшипника оказывается высокой, потому что площадь несущей поверхности для поддержания достаточной магнитной силы должна быть обширной — сердечник статора подшипника получается большим и тяжелым. Плюс явление магнитного насыщения.

Но, несмотря на кажущиеся недостатки, магнитные подшипники уже достаточно широко применяются, в том числе в оптических системах высокой точности и в лазерных установках. Так или иначе, начиная с середины прошлого века магнитные подшипники все время совершенствуются.

#### Литература

1. ПодшипникЦентр.РУ [http:// www. podshipnikcentr.ru/](http://www.podshipnikcentr.ru/)
2. "ОАО «Корпорация «ВНИИЭМ»" [Электронный ресурс] Активные электромагнитные подшипники. <http://www.vniiem.ru/>



УДК 621.365

## ПРИМЕНЕНИЕ СЕРВОПРИВОДА ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ

Данилович В.С.

Научный руководитель - старший преподаватель Жуковская Т.Е.

Сервопривод (сервомотор) – электромеханическое устройство, которое осуществляет динамические движения с постоянным контролем угла поворота вала, а также предоставляет возможность управления угловыми скоростями в различных исполнительных устройствах.

Применение сервоприводов позволяет добиться высоких показателей точности и повторяемости процессов, за которые они отвечают. Благодаря данным особенностям сервоприводы получили широкое распространение в решении различных промышленных задач, в машиностроении и других отраслях. Сервопривод сочетает в себе высокую эффективность работы и производительность.



**Сервоприводы** или **сервомоторы** - это самые часто-применяемые устройства, в современных исполнительных устройствах и средствах автоматизации. Они приводят в контролируемое движение различные исполнительные механизмы.

Точное позиционирование полезной нагрузки необходимо для большинства современных станков, манипуляторов, конвейеров, порталов, и прочих устройств, широко применяемых в современной промышленности.

**Сравнение с шаговым двигателем**

Другим вариантом точного позиционирования приводимых элементов без датчика обратной связи является применение шагового двигателя. В этом случае схема управления отсчитывает необходимое количество импульсов (шагов) от положения репера (этой особенностью обязан характерный шум шагового двигателя в дисководов 3,5" и CD/DVD при попытках повторного чтения). При этом точное позиционирование обеспечивается параметрическими системами с отрицательной обратной связью, которые образуются взаимодействующими между собой соответствующими полюсами статора и ротора шагового двигателя. Сигнал задания для соответствующей параметрической системы формирует система управления шаговым двигателем, активизирующая соответствующий полюс статора.

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 подается 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 притормаживанием перемещаемого элемента либо вала электродвигателя (что ведёт к потерям энергии), либо применение червячных/винтовых передач (в шаговом двигателе каждый шаг фиксируется самим двигателем).
- сервоприводы, как правило, дороже шаговых.

**Виды сервопривода.**



Рисунок 1. Общий вид сервопривода.

Сервоприводы вращательного движения делятся на синхронные и асинхронные.

Синхронный сервопривод - позволяет точно задавать угол поворота (с точностью до угловых минут), скорость вращения, ускорение. Разгоняется быстрее асинхронного, но в разы дороже.

Асинхронный сервопривод - позволяет точно задавать скорость, даже на низких оборотах.

По принципу действия сервоприводы бывают:

- Электромеханический;
- Электрогидромеханический.

У электромеханического сервопривода движение формируется электродвигателем и редуктором. У электрогидромеханического сервопривода движение формируется системой поршень-цилиндр. У данных сервоприводов быстрдействие на порядок выше в сравнении с электромеханическими.

Сервоприводы различаются габаритами. Существуют так называемые "стандартные" сервоприводы. Это сервоприводы, габариты и вес которых в общем модельном ряду имеют некоторые средние значения. Они самые дешевые, в пределах 10...20 долларов. При уменьшении или увеличении размеров сервопривода в сторону от "стандартного" цена сервопривода возрастает пропорционально отклонению размеров. Как и самые маленькие (микросервы), так и самые большие (супермощные) сервоприводы - это самые дорогие устройства, цена которых может достигать до сотен долларов. Сервоприводы различаются материалом шестеренок.

Самые дешевые сервоприводы - с шестернями из пластмассы. Более дорогие - с одной выходной шестерней из металла. Самые дорогие - с металлическими шестернями. Соответственно виду материала изменяется

нагрузочная способность сервопривода. Самый слабый сервопривод - с пластиковыми шестернями, самый мощный - с металлическими. Сервоприводы различаются типом подшипников.

Самые дешевые модели не имеют подшипников вообще. Пластмассовые шестерни на пластмассовых валах крутятся в отверстиях пластмассовых пластин, соединяющих шестерни в единый редуктор. Это самые недолговечные сервоприводы. Более дорогие сервоприводы имеют металлическую, обычно латунную, втулку на выходном валу. Эти сервоприводы более долговечны. Еще более дорогие имеют настоящий подшипник на выходном валу, на который приходится самая большая нагрузка. Подшипник может быть шариковым или роликовым. Шариковый дешевле, роликовый компактнее и легче. В самых дорогих сервоприводах на всех (металлических!) шестернях стоят подшипники. Это - самые долговечные и надежные устройства.

Сервоприводы различаются по типоразмеру.

Она может сильно варьироваться при одинаковых размерах по высоте и длине. Чем меньше толщина, тем выше цена, поскольку в узком корпусе труднее разместить шестерёнки.

Сервоприводы вращательного движения используются в: промышленных роботах,

- приводах станков ЧПУ,
- полиграфических станках,
- упаковочных станках,
- приборах,
- авиамоделировании,
- робототехнике.

Сегодня широко распространены сервоприводы бесщеточные, которые часто бывают выполнены в двух видах:

PMSM – синхронный вентильный электродвигатель, который имеет синусоидальное распределение магнитного поля в зазоре.

BLDC – бесщеточный электродвигатель постоянного тока, который обладает трапецеидальным распределением МП. Также для этого вида сервоприводов характерна прямоугольная форма фазных напряжений.



Рисунок 2 – Номенклатура и типы сервоприводов

Сервоприводы широко используются во всяком ЧПУ станочном оборудовании. Очень часто они выступают в качестве установочных частей станка, а не силовых. Благодаря этому, сервоприводы ставят на 3D фрезеры, для которых необходима высокая точность по всем трем координатам. С появлением 3Д принтеров область применения данного электродвигателя.

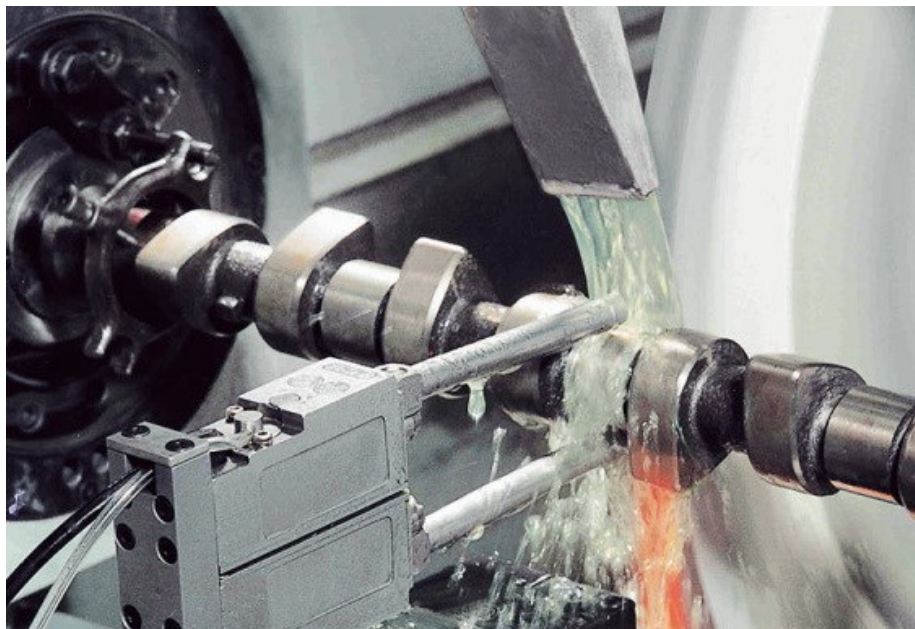


Рисунок 3 – Пример обработки на станке с ЧПУ, содержащий сервопривод

#### Литература

- 1) Босинзон М. А. Современные системы ЧПУ и их эксплуатация. Учебник для нач. проф. образования Изд. Academia, 2009 г. ISBN 978-5-7695-6060-6
- 2) Кузнецов В. Использование сервоприводов при автоматизации оборудования /Кузнецов В./ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/drugoe/226-ispolzovanie-servoprivodovpri.html> - Дата доступа: 28.05.2014.
- 3) Серводвигатель фрезерного станка с ЧПУ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://infofrezer.ru/articles/opcii-frezernyh-stankov/servodvigatel-frezernogo-stanka-s-chpu> - Дата доступа: 28.05.2014.
- 4) Сервоприводы в ЧПУ станках [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://elektroas.ru/servoprivody-v-chpu-stankah> - Дата доступа: 28.05.2014.