



ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2015

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ,
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ,
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
«ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2015»,
ПОСВЯЩЕННОЙ 70-ЛЕТИЮ ВЕЛИКОЙ ПОБЕДЫ

КРАСНОЯРСК, СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

15-25 АПРЕЛЯ 2015 Г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»

Сборник материалов
Международной конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых
«Перспектив Свободный-2015»,
посвященной 70-летию Великой Победы

Красноярск, Сибирский федеральный университет, 15-25 апреля 2015 г.

Красноярск, 2015.

«Электротехнологии и Электротехники»



ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2015

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Красноярск, Сибирский федеральный университет, 15-25 апреля 2015 г.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ 3-Х ФАЗНОГО ТОРЦЕВОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Бабкин Р.А.

Сибирский Федеральный Университет

В данной статье рассмотрена проблема применения торцевых асинхронных двигателей. Проанализированы имеющиеся виды конструкций и определены основные направления работы по повышению энергетических показателей торцевых электрических машин.

Актуальность. Повышенный интерес к асинхронным двигателям, в последние 40 лет, вызван требованиями рынка, который определяет главные цели и задачи в развитии современного промышленного производства. Основными из них являются: повышение качества и надежности, снижение себестоимости и материалоемкости, а также энергопотребления и трудоемкости. Решение этих и других задач особенно важно при проектировании и изготовлении электрических машин (ЭМ) малой мощности, производство которых представляет собой самостоятельную развивающуюся отрасль, и которые имеют наибольшее распространение в различных отраслях промышленности.

Во всем мире асинхронные машины традиционной цилиндрической конструкции являются наиболее используемыми в промышленности, строительстве, сельскохозяйственном производстве.

Однако дальнейшее развитие малых (ориентировочно мощность на валу до 10 кВт) асинхронных двигателей традиционной конструкции осложнено конструктивно-технологическими ограничениями зубцово-пазовых обмоточных зон. Для решения этих задач была предложена новая конструкция асинхронного двигателя – торцевой асинхронный двигатель (ТАД).

Торцевые конструкции существенно выигрывают по занимаемому пространству за счет приближения электродвигателя к рабочему механизму, возможности объединения конструктивных схем механизма и приводного двигателя. Малый осевой размер торцевых двигателей обеспечивает конструктивную совместимость их с рядом механизмов, компактность и удобство эксплуатации и сборки.

Создание и разработка подобных электрических машин началась еще в прошлом столетии в СССР, США и странах Европы, которые достигли определенных успехов в этой области. В результате стали появляться различные экспериментальные и опытные образцы, имеющие интересные решения. В 1959 United States Patent Office опубликовал патент №2897387, под названием «Индукционный двигатель», а в дальнейшем – торцевая электрическая машина, содержащая торцевой статор в форме кольца с двумя рабочими поверхностями и два короткозамкнутых ротора в виде дисков, установленных в подшипниках по обе стороны статора и обращенных рабочими поверхностями к статору. В Советском союзе в 1975 году был опубликован патент №462255, под названием «Торцевая электрическая машина», содержащая беспазовый ротор, набранный из катушечных групп, активная часть которых выполнена из чередующихся между собой проводников обмотки и отделенных слоем изоляции листовых ферромагнитных и материалов и т.д.

Однако подобные электрические машины не получили широкого применения из-за сложности и трудоемкости их изготовления, большего количества



неиспользованного материала, идущего на повторную переработку, а также большей стоимости в сравнении с традиционными асинхронными машинами.

Несмотря на все это, к их дальнейшей доработке и развитию, время от времени возвращались инженеры и конструкторы, и на современном этапе развития имеются различные конструкции торцевых электрических машин: с одним ротором и двумя статорами; двумя роторами и одним статором и т.д.

Машины подобного типа, как и остальные, обладают определенными преимуществами и недостатками и задача состоит в том, чтобы изучить и проанализировать уже готовые устройства и на основе их создать более современную ТАД, отличающуюся большим КПД при меньшем потреблении электроэнергии, а также снизить материалоемкость и повысить технологичность.

Среди известных работ можно выделить несколько запатентованных №2246167, №2246168, №2313888, имеющих наилучшие решения проблем технологичности, энергетических показателей, габаритов и массы ТАД, которые и были взяты за основу исследования.

В 2007 более совершенную и уникальную конструкцию ТАД предложил Красноярский государственный технический университет (КГТУ), запатентовав свою разработку №2313888, ранее в 2005г. №2246168 и №2246167.

Данная электрическая машина имеет один статор, обращенный рабочими поверхностями к двум дискообразным роторам, расположенные с двух сторон от статора и установленные в подшипниках качения. В предложенной конструкции частично решены проблемы повышения технологичности изготовления, жесткости статора и ротора, и улучшение энергетических показателей. На мой взгляд, она является наиболее подходящей для дальнейшего рассмотрения, анализа и модернизации конструкции.

Усовершенствовать конструкцию можно при помощи использования более современных материалов статора и ротора, как немагнитных диэлектрических, так и ферромагнитных, например, синтезированный ферромагнетик **ZnSiAs₂** совместимый с «кремниевой технологией».

Корпус машины можно выполнить из немагнитного, диэлектрического материала, обладающий достаточной термостойкостью и прочностью, что облегчит ее массу и снизит потери от вихревых токов.

В том числе в уже готовой провести исследования насыщенности стали, выявить зоны с малым насыщением и принять решение по их уменьшению/исключению.

Таким образом снизить потери мощности, повысить КПД и энергетические показатели торцевой асинхронной машины.



Список литературы

1. Полошков Н.Е. Повышение качества торцевых электрических машин на основе модели силового взаимодействия ротора и статора. / М.П. Головин, А.Л. Встовский, С.С. Кузьмин, Н.Е. Полошков // В сб. Инновационное развитие регионов Сибири: Материалы Межрегиональной научно-практической конференции. – Красноярск, ИПЦ КГТУ 2006г. – С. 271–275.
2. Полошков Н.Е. Проблемы и пути решения малых асинхронных двигателей./ Н.Е. Полошков, А.Л. Встовский. // В межвуз. сб. статей. Оптимизация режимов работы электротехнических систем. – Красноярск, 2006г. – С. 272–276.
3. Пат. 2313888 Российская Федерация, МПК7 Н 02 К 21/24, Н 02 К 21/12 /Торцевая электрическая машина / А. Л. Встовский, М. П. Головин Н. Е. Полошков и др.; заявитель и патентообладатель Краснояр. гос. техн. ун-т. - №2006121300/09; заявл. 15.06.2006, опубл. 10.02.07, Бюл.: №2. – 6 с.
4. Пат. 2246168 Российская Федерация, МПК7 Н 02 К 21/24/ Торцевая электрическая машина / А. Л. Встовский, М. П. Головин Л. Н. Головина и др.; заявитель и патентообладатель Краснояр. гос. техн. ун-т. - №2003123588/09; заявл. 27.07.2003, опубл. 10.02.05, Бюл.: №4. – 7 с.
5. Пат. 2246167 Российская Федерация, МПК7 Н 02 К 21/24/ Торцевая электрическая машина / А. Л. Встовский, М. П. Головин Л. Н. Головина и др.; заявитель и патентообладатель Краснояр. гос. техн. ун-т. - №2003123587/09; заявл. 24.07.2003, опубл. 10.02.05, Бюл.: №4. – 7 с.



ДЕЛЬТАПЛАН С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ И ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТЫ

Васичев Д. А.

научный руководитель канд. техн. наук Андреев А.Н.

Вологодский государственный университет

Человек всегда хотел в небо. История воздухоплавания берет свое начало с изобретением в 1783 году воздушного шара (аэростата) братьями Монгольфье. Потом были первые дирижабли (аэростаты с двигателем), планеры, бипланы, самолеты, вертолеты.

Примерно в 70-е годы XX века окончательно сформировалось и выделилось направление дельтапланеризма. Официально признано Международной авиационной федерацией в 1974 году. Дельтаплан представляет собой летательный аппарат тяжелее воздуха, выполненный по схеме бесхвостка (летающее крыло) со стреловидным крылом, управление полётом которого осуществляется смещением центра масс за счёт перемещения пилота относительно точки подвески. Изначально конструкция дельтаплана предполагала старт с ног и посадку на ноги. Сейчас существуют дельтапланы с мотодвигателем (дельталёты, мотодельтапланы). Такая конструкция включает специальные усиленные дельтапланерные крылья, которые крепятся на стойку тележки на колёсах, на которой смонтированы кресла для пилота, пассажира и двигатель. Конструкцию называют мотодельтаплан, который относится к сверхлёгким летательным аппаратам (СЛА).

В настоящее время в России достаточно широко распространены дельталеты с облегченными авиационными двигателями внутреннего сгорания (ДВС) и автомобильными двигателями. ДВС по многим характеристикам проигрывает электроприводу (ЭП). В частности электрический двигатель обладает лучшими характеристиками форсирования.

Стоит отметить, что на настоящий момент нет дельтапланов с применением электрического привода. Поэтому построение модели дельталета с ЭП является новой задачей.

Энергетический аспект. Из оценки аэродинамических свойств СЛА дельталет, а так же анализа существующих решений мотодельтапланов, можно сделать вывод, что минимальная необходимая мощность двигателя для подъема собственного веса, веса тележки и пилота должна быть не менее 20 кВт.

Нужно учитывать, что в небе у нас нет возможности питаться от цепи переменного электрического тока. Чтобы не выполнять преобразование энергии будем использовать двигатель постоянного тока (ДПТ). Классический ДПТ мощностью порядка 20 кВт будет иметь массу порядка 300 – 500 кг, а так же внушительные габариты. Данные массогабаритные показатели делают задачу подъема дельталета в небо практически не осуществимой. Поэтому мы будем использовать облегченный бесколлекторный двигатель постоянного тока (БДПТ). Наиболее часто применяется английская терминология BLDC-двигатель (BrushLess Direct Current motor). Как видно из названия традиционный для ДПТ щеточно-коллекторный узел (ЩКУ) здесь отсутствует, что, несомненно, дает ряд преимуществ, но и накладывает дополнительные заботы по управлению двигателем. BLDC-моторы сочетают в себе надёжность машин переменного тока с хорошей управляемостью машин постоянного тока, являются альтернативой классическим двигателям постоянного тока, которые



характеризуются рядом изъянов, связанных со щёточно-коллекторным узлом, таких как искрение, помехи, износ щёток, плохой теплоотвод якоря и некоторые другие.

Для создания первой модели дельталета с использованием электрического привода был выбран бесщёточный электродвигатель постоянного тока (BLDC) 20 кВт с жидкостным охлаждением НРМ-20KW. Приведем его технические характеристики:

Напряжение: 48В / 72В / 96В / 120В
 Номинальная мощность: 20-25 кВт
 Пиковая мощность: 50 кВт
 Номинальный момент: 80 Н·м
 Пиковый момент: 160 Н·м
 Частота вращения: 3200-5000 об/мин (настраиваемый)
 Размеры (ДхШхВ): 30 x 30 x 25 см
 Вес: 39 кг
 КПД: >90%

Для управления данным двигателем используется синусный контроллер VEC700.

В качестве источника энергии будем использовать аккумуляторы. Для того чтобы определить какими характеристиками должны обладать питающие батареи рассчитаем ток двигателя по формуле:

$$I = \frac{1000 \cdot P_n}{\sqrt{3} \cdot (\eta_n \cdot U_n \cdot \cos\varphi_n)}$$

где P_n — номинальная мощность электродвигателя, кВт; U_n — номинальное напряжение электродвигателя, В; η_n — номинальный коэффициент полезного действия двигателя; $\cos \varphi_n$ — номинальный коэффициент мощности двигателя.

Используя наши номинальные данные по формуле получим ток двигателя равный примерно 33 А. То есть для того чтобы обеспечить питание двигателя на час нам понадобятся батареи с напряжением питания 48 В и емкостью не менее 30 А·ч.

В настоящее время наиболее популярны литий-ионные батареи. Исходя из массогабаритных показателей и необходимой емкости самой батареи были выбраны литий-феррум-фосфатные (LiFePO_4) аккумуляторы – LFP4830M. Вес одной такой батареи - 18 кг.

Таким образом, использование двигателя НРМ-20KW с батареей LFP4830M покрывает необходимые затраты мощности на подъем дельталета в небо и обеспечение не менее часа полета. Время полета можно легко увеличить, добавив дополнительные батареи.

Разработанная на настоящий момент модель дельталета с применением электрического привода обладает средними техническими характеристиками. В таблице 1 предоставлена сравнительная характеристика энергетических показателей нового дельталета и французского мотодельтаплана Pixel с двигателем Polini Thor 200.

Таблица 1. Сравнительная характеристика двигателей по энергетическим показателям

	Polini Thor 200	НРМ-20KW
Тип двигателя	двухтактный принудительным воздушным охлаждением	бесщёточный электродвигатель постоянного тока (BLDC)
Номинальная мощность	29 л.с. (21 кВт)	20-25 кВт (27 л.с.)
Пиковая мощность	34 л.с. (25 кВт)	50 кВт (67 л.с.)
Частота вращения	7400 об./мин	3200-5000 об/мин



Вес двигателя	32,5 кг	39 кг
Топливо	бензин АИ-95	LiFePO ₄
Запас топлива	пластиковый бак 8 л	LFP4830M - 30 А·ч
Вес топлива	6,5 кг	18 кг
Расход топлива	6 л/ч	ток двигателя 33 А

Экономический аспект. Рассмотрим целесообразность применения электропривода с экономической точки зрения. Анализ проведем опять же с упомянутой выше моделью мотодельтаплана Pixel Polini Thor 200. Для обеспечения часа полета Pixel необходимо 6-8 л. бензина АИ-95. Для обеспечения того же часа полета дельталета с электрическим приводом понадобится заряженная батарея на 30 А·ч. Для того чтобы полностью зарядить батарею нам понадобится 1,5 кВт·ч энергии ($30 \text{ А} \cdot \text{ч} \cdot 48 \text{ В} = 1440 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$). На момент написания статья литр АИ-95 стоил 35 руб., 1 кВт·ч - 3,5 руб. (в Вологодской области). Выполнив расчеты, получим следующую стоимость полета для мотодельтаплана – 300 руб. ($8 \text{ л.} \cdot 35 \text{ руб./л.} = 280 \text{ руб.}$), для дельталета с ЭП – 6 руб. ($1,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot 3,5 \text{ руб.} = 5 \text{ руб.}$). Разница в 50 раз! На фоне постоянно растущих цен на топливо дельталеты с электродвигателем в экономическом аспекте будут смотреться весьма привлекательно.

Список использованных источников

1. Бартос Ф. Бесколлекторные двигатели с постоянными магнитами / Ф. Бартос // http://servomotors.ru/documentation/brushless_motor/brushless_motor.html
2. Козьмин В. В. Дельтапланы / В. В. Козьмин, И. В. Кротов // М., ДОСААФ, 1989. – 272 с.: ил.
3. Гончаренко В. В. Техника и тактика парящих полетов / В. В. Гончаренко // М., ДОСААФ, 1975. – 232 с.: ил.



ИНДУКЦИОННЫЙ ГЕНЕРАТОРС ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИРОСКОПИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

Однолько Д.И.и Антонюк С. И.

научный руководитель канд. техн. наук Кудрявцев И.В.

Сибирский федеральный университет

Генерация электроэнергии, как правило, осуществляется путем преобразования механической энергии в электрическую. В настоящее время существуют различные схемы реализации такого преобразования энергии, но во всех из них главным конечным устройством является генератор, вырабатывающий электрический ток.

Работа генератора основана на использовании закона электромагнитной индукции, согласно которому в проводнике, движущемся в магнитном поле и пересекающем магнитный поток, индуцируется электродвижущая сила (э.д.с.).

На основе данного явления разработаны различные варианты конструктивного исполнения генераторов постоянного тока, один из которых показан на рис. 1.

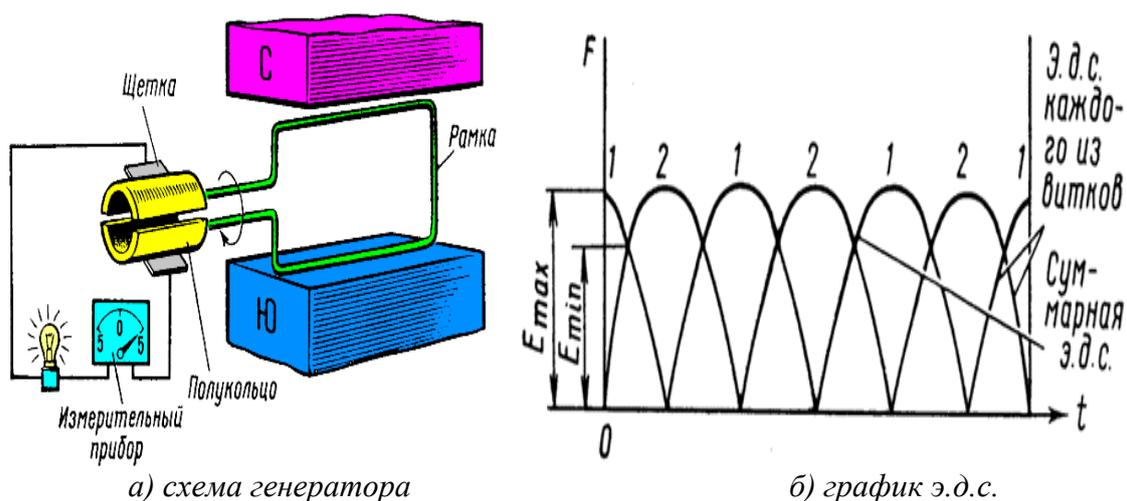


Рисунок 1. Генератор с независимым возбуждением

Все многообразие генераторов постоянного тока различается типом возбуждения (независимое, с самовозбуждением) и особенностями конструкции: числом витков провода n на якоре, количеством полюсов p и т.д., оставляя сам принцип преобразования механической энергии вращения в э.д.с. без изменения.

Показанная на рисунке 1, а схема относится к генераторам с независимым возбуждением, т.е. постоянными магнитами создается магнитный поток, величина которого не зависит от вырабатываемой э.д.с. генератора

Значение вырабатываемой генератором э.д.с. во времени носит пульсационный характер, неравномерность которой зависит от параметров генератора.

Вращательное движение, необходимое для работы генератора, которые вырабатывают электрическую энергию в промышленных масштабах (МВт, ГВт), получают с использованием энергии движения воды (ГЭС), пара (ТЭС) и др. Конструкции таких устройств и методы их расчета хорошо проработаны.

Однако в настоящее время сложился дефицит подобных генераторов для получения энергии малой мощности, которая часто бывает чрезвычайно необходима рядовому пользователю в условиях отсутствия по близости стандартной электрической сети. Например, в длительных перелетах, путешествиях, походах, выезде на природу, в отдаленных поселках и деревнях и др.

Примерами использования такого маломощного генератора может быть освещение в темноте, подзарядка раций и телефонов, работа радиоприемников, подача сигнала бедствия и др.

Анализ существующих источников автономной электрической энергии показывает, что они обладают рядом недостатков, ограничивающих их применение:

1) Солнечные батареи на фотоэлементах – их эффективность сильно зависит от освещенности, которая в темное время суток или в закрытых местах (например, пещерах) отсутствует;

2) Генераторы на основе ДВС – громоздки, тяжелы для путешествий, особенно в условиях замкнутого пространства. Длительность работы напрямую зависит от наличия топлива, объем которого практически всегда ограничен.

3) Генераторы с приводом мускульной силы человека, как правило, кисти руки – малоэффективны из-за необходимости создания непрерывного движения, приводят к быстрой утомляемости человека.

В данной работе предлагается спроектировать и изготовить маломощный генератор, движение которого будет создаваться и поддерживаться некоторое время за счет гироскопического эффекта.

Для создания экспериментальной модели был использован гироскопический тренажер (рис.2).



Рисунок 2. Гироскопический тренажер

Преимуществом такого подхода является использование гироскопического эффекта, который позволяет без значительных усилий со стороны человека добиваться высоких скоростей вращения генератора (до 10-12 тыс.об/мин) и поддерживать набранную скорость относительно продолжительное время, которое позволит ему отдохнуть и не даст прекратить выработку электроэнергии.

Предполагаемое использование такого генератора – фонарик и зарядка электронных гаджетов, что определяет невысокие требования к его вырабатываемой мощности.

Это позволяет в качестве генератора использовать существующие малогабаритные электрические двигатели постоянного тока (рис.3). Принцип работы такого электродвигателя показан на рис.1,а.



Рисунок 3. Маломощный электрический двигатель постоянного тока

Вращая его ротор, мы получим на его выводах пульсирующее э.д.с. (рис.1,б)

Однако прямое использование данного электродвигателя для выработки э.д.с. не является оптимальным, поскольку его параметры оптимизированы для работы в качестве именно электродвигателя.

Допустим, что в двухполюсном магнитном поле, магнитный поток которого равен Φ , вращается якорь генератора с постоянным числом оборотов n . Число всех активных проводников, расположенных на цилиндрической поверхности якоря и при вращении пересекающих магнитный поток равно z .

Среднее значение индуктированной электродвижущей силы в каждом из активных проводников якоря равно $E = \frac{n}{60} \times 2\Phi$, где

n — число оборотов якоря в минуту;

Φ — магнитный поток полюсов в Вебер;

E — индуктированная электродвижущая сила в Вольт.

Активные проводники якоря генератора соединены последовательно друг с другом, индуктированная электродвижущая сила в них складывается. В двухполюсной машине всегда имеется пара параллельных ветвей якорной обмотки, поэтому средняя

величина ЭДС в якорной обмотке равна $E = \frac{n}{60} \times 2\Phi \times \frac{z}{2}$,

или $E = z\Phi \frac{n}{60}$, где z — число всех активных проводников на якоре генератора.

Средняя величина индуктированной электродвижущей силы в генераторе прямо пропорциональна величине магнитного потока Φ , числу оборотов якоря n в минуту и числу z активных проводников якоря.

Однако повышение числа витков ограничивается габаритами ротора, поэтому для их увеличения необходимо уменьшать диаметр провода. Это, в свою очередь, приводит к увеличению сопротивления обмоток якоря и соответствующему росту падения напряжения на них.

Решение данной задачи оптимизации получено нами экспериментальным путем и требует дальнейшего теоретического обоснования для получения более эффективных значения параметров генератора.

Установлено, что выходное напряжение напрямую зависит от количества оборотов и по проведенным приближенным расчётам получено, что для выработки достаточного количества энергии необходимо 2000 об/мин., что является нижним пределом разгона тренажёра для появления прецессии и возможности разгона его до значительно больших оборотов. Максимальное количество оборотов в минуту для простых тренажёров – 15000 об/мин. Следовательно, широта возможностей

регулирования выходного напряжения, путём изменения частоты вращения, имеется солидная.

Возникающие пульсации напряжений на выходе генератора (рис.1,б) необходимо сгладить. Для этого разработана принципиальная схема (рис.4), которая позволяет получить напряжение в виде, необходимом для нормальной работы фонарика или зарядного устройства.

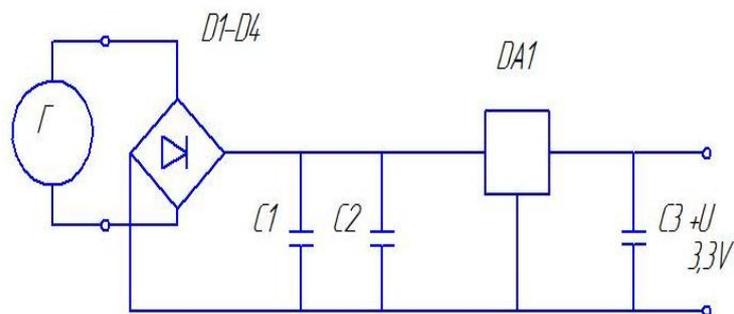


Рисунок 4. Принципиальная схема генератора

На рисунке 4 условно обозначено: Г – генератор, установленный в тренажёр; D1-D4 - диодный мост; C1, C2 и C3 конденсаторы, служащие для снижения пульсаций и неравномерности напряжения. DA1 – стабилизатор напряжения.

Разработанная схема позволяет получать на выходе постоянное напряжение с минимальным уровнем помех и пульсаций напряжений. Использование малогабаритных полупроводниковых элементов позволяет встроить данную схему непосредственно в корпус гироскопического тренажера без ее влияния на качество работы устройства в целом.

Меняя параметры данной схемы, можно получим различные значения выходного напряжения и тока.

Заключение

Анализ ситуации рынке генераторов показал, что разработка и создание маломощного генератора, которой можно использовать индивидуальным пользователям для выработки электрической энергии малой мощности, является очень актуальной и перспективной. Область применения таких устройств весьма обширна: от фонарика до зарядки электронных устройств

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований по применимости различных схем генераторов постоянного и переменного тока, сформулированы требования к конструкции и типу такого генератора.

На основе гироскопического тренажера создана экспериментальная модель, которая подтвердила свою работоспособность и позволила рационализировать параметры конструкции генератора.

УПРАВЛЕНИЕ КРИВОЙ СИЛЫ СВЕТА СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА

Площинская К.С., Берсенева Т.А.,
научный руководитель канд. тех. наук, доцент Амузаде А.С.
Сибирский Федеральный Университет

Нефть, газ, уголь, уран - все это невозобновляемые источники энергии, и несмотря на то, что Россия самая богатая страна по запасам энергетического сырья, она же и одна из самых энергорасточительных. По прогнозам ученых, запасы нефти и газа будут исчерпаны уже в этом веке, кроме того использование углеводородного сырья для получения энергии ведет к образованию углекислого газа, который вызывает "парниковый эффект".

Первым этапом в истории энергосбережения в России можно считать период с 1973 по 1981 год, время мирового энергетического кризиса, повлекшим за собой резкий скачок цен на энергоносители и практически неконтролируемый рост цен на электрическую энергию, результатом чего стало появление энергоаудита.

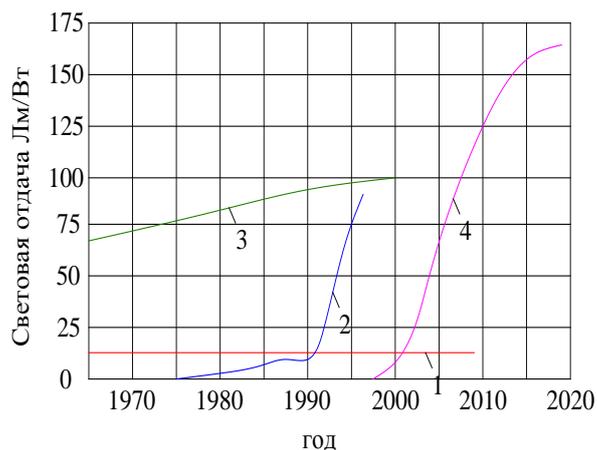
Принятие в декабре 2009 года Федерального закона № 261 "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности", несколько заседаний Государственного совета, посвященных этому вопросу, соответствующих Постановлений Правительства в январе 2011 года и начало реализации федеральных и региональных программ по энергосбережению, можно считать качественно новым, реальным, а не формальным этапом современного развития энергосбережения.

Одним из значительных резервов экономии энергетических ресурсов является рационализация электропотребления в осветительных установках. На освещение в России расходуется до 13% вырабатываемой электроэнергии, в мире в среднем 19%. Использование светодиодных источников света способно улучшить экологическую ситуацию - только в России полный переход на инновационные световые решения позволит снизить выбросы CO_2 на 16,9 млн. тонн.

Тема энергоэффективного освещения получила поддержку государства (проект "Новый свет"), заинтересовала государственные корпорации "Роснано" и "Ростехнологии", привлекает частный бизнес. Этой теме посвящен новый международный проект Программы развития ООН, Глобального экологического фонда и Минэнерго России "Преобразования рынка для продвижения энергоэффективного освещения в России".

Сегодня самое перспективное и интересное направление, в котором работает огромное количество фирм, где достижения меняются буквально на глазах, - светодиоды. Прогноз совершенствования параметров светодиодов [1] приведен на рис.1





- 1 - Лампы накаливания
 2 - Маломощные светодиоды
 3 - Люминесцентные лампы
 4 - Мощные, сверхяркие светодиоды

Рисунок 1. Прогноз совершенствования параметров светодиодов

Главным отличием светодиодных источников света от традиционных, является то, что в них применяется совершенно иной принцип генерации света и используются другие материалы. [1]

В подобных световых приборах стирается граница между лампой и светильником - в конструкции светодиода неотделимы от корпуса, именно это позволяет нам попробовать изучить изменение светораспределения светильника, меняя его форму, углы поворота отдельных светодиодов, и проанализировать полученные результаты.

Светодиодное освещение имеет ряд очевидных преимуществ в сравнении с другими источниками света:

- высокая световая отдача (100 - 150 Лм/Вт);
- малое энергопотребление (единицы ватт);
- высокие значения КПД световых приборов и коэффициентов использования светового потока в осветительных установках;
- малые габариты (точечные и плоские приборы);
- высокая долговечность. Срок службы LED-ламп составляет порядка 25 тыс.ч (примерно 25 лет использования), качественный световой поток не меняется с течением времени, при этом сберегается до 80% электроэнергии;
- отсутствие пульсации светового потока;
- возможность получения излучения различного спектрального состава;
- возможность снижения коэффициента запаса осветительных установок благодаря стабильности характеристик и высокому сроку службы;
- высокая устойчивость к внешним воздействиям (температуре, вибрации, ударам, влажности);
- электробезопасность и взрывобезопасность;
- возможность резкого уменьшения размера, материалоемкости и трудоемкости производства световых приборов;
- возможность создания необслуживаемых светильников;
- высокая степень управляемости (возможность построения систем многоуровневого управления освещением);

- светодиоды не оказывают негативного влияния на здоровье человека за счет отсутствия инфракрасного, ультрафиолетового и теплового излучения. В составе LED-лампы отсутствуют следы свинца и ртути, что избавит от необходимости специальной утилизации после окончания срока эксплуатации;

- высокая технологичность при массовом производстве;
- низкие затраты на упаковку и транспортировку.

Область применения светодиодов практически безгранична: от домашнего и офисного освещения до освещения крупных промышленных и спортивных площадей.

В России вопросы энергосбережения, включая экономию электроэнергии, также выходят на первый план. На долю освещения в нашей стране приходится пятая часть всего потребляемого электричества. В соответствии с утвержденной Правительством РФ в 2008г. "Концепцией долгосрочного социально - экономического развития РФ на период до 2020г." намечено сократить потребление электроэнергии на 40%.

В настоящее время в России есть практически все сырье, потребляемое светодиодной промышленностью, а также потенциал восполнить недостающее сырье в случае спроса на него. В рамках Федеральной целевой программы Роснауки с привлечением ведущих научных центров и производственных площадок России внедрены научно - исследовательские и опытно - конструкторские разработки в области светодиодной продукции. Достигнут мировой уровень технических параметров как кристаллов и светодиодов, так и собственно светотехнических приборов.

Экономия электроэнергии на освещение не должна достигаться за счет снижения норм освещенности, отключения части световых приборов или отказа от использования искусственного освещения при недостаточном уровне естественного света, поскольку потери от ухудшения условий освещения значительно превосходят стоимость сэкономленной электроэнергии. Эффективной следует считать такую осветительную установку, которая создает высококачественное освещение и сохраняет свои характеристики на протяжении длительной работы при наименьших капитальных и эксплуатационных затратах, в том числе при минимальном электропотреблении.

Энергоэффективность осветительной установки зависит от:

- световой отдачи источника света, их срока службы и стабильности характеристик в процессе длительной работы;
- светотехнических и энергетических параметров осветительного прибора;
- методов освещения;
- режимов и способов эксплуатации;
- степени использования естественного освещения;
- тарифов на электроэнергию;
- числа часов использования осветительных установок в год.

Правильный выбор осветительного прибора при проектировании и монтаже осветительных установок во многом определяется не только их светотехническую эффективность, надежность и длительность работы, стоимость эксплуатации, но и энергопотребление в осветительной установке. И это связано не только с характеристиками источника света. В значительной степени это зависит от характера светораспределения и формы кривой силы света осветительного прибора, а также от правильности выбранного конструктивного исполнения осветительного прибора для работы в заданных условиях эксплуатации, т.е. от эксплуатационной группы приборов, определяемой их конструктивно - светотехнической схемой.

Эффективность той или иной кривой силы света осветительного прибора для внутреннего общего освещения зданий и сооружений в значительной степени определяется соотношением расстояния между осветительными приборами к высоте расположения осветительных приборов над расчетной поверхностью.



При выборе типа осветительного прибора наряду с кривой силой света необходимо принимать во внимание также и значение КПД приборов, и его стабильность в условиях эксплуатации.

Правильный выбор системы освещения на стадии проектирования осветительных установок является важным резервом энергосбережения [1].

Развитие светодиодов идет стремительно быстро, но для получения наибольшей энергоэффективности осветительного прибора важна не только величина его светоотдачи, но и форма его светораспределения. Так как конструкция светодиодов позволяет менять углы поворота и наклона отдельных светодиодов, необходимо изучить влияние этого изменения на светораспределение светильника, для получения наибольшей энергоэффективности прибора, при освещении помещений разного назначения.

Получив математическую модель светильников геометрически измененной формы, можно проследить изменение кривой силы света для различных вариантов компоновок, повернутых под разными углами, светодиодов, и найти такую геометрическую форму светильника, которая будет наиболее эффективна как с точки зрения качества освещения наибольшей площади, так и с экономической точки зрения см.рис2.

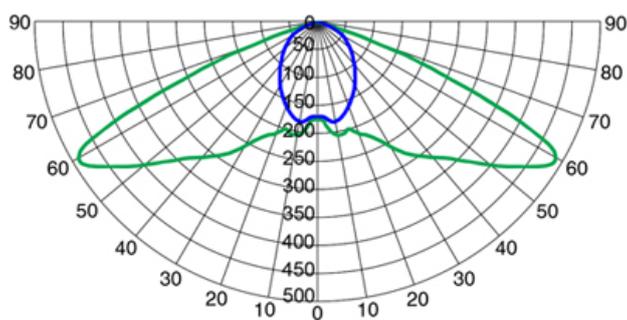


Рисунок 2. Предполагаемая кривая силы света для небольшой высоты

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КРИСТАЛЛИЗАТОРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СТРУКТУРЫ СЛИТКОВ

Попова Д. И.,

научный руководитель д-р техн. наук Первухин М.В.

Политехнический институт Сибирский федеральный университет

Металлургическая промышленность всегда занимала одно из первых мест в индустриальной сфере. В связи с этим, технологические процессы, связанные с методами воздействия на структуру слитков, всегда будут модернизироваться и исследоваться, так как технический прогресс будет требовать все более качественную продукцию для более высокотехнологичного и усовершенствованного производства. Одним из наиболее перспективных и эффективных методов воздействия на структуру слитков является метод воздействия электромагнитным полем в процессе кристаллизации.

Структура литого слитка состоит из трех основных зон (Рис. 1). Первая зона - наружная мелкозернистая корка, вторая зона – зона столбчатых кристаллов и третья зона – зона равноосных кристаллов.

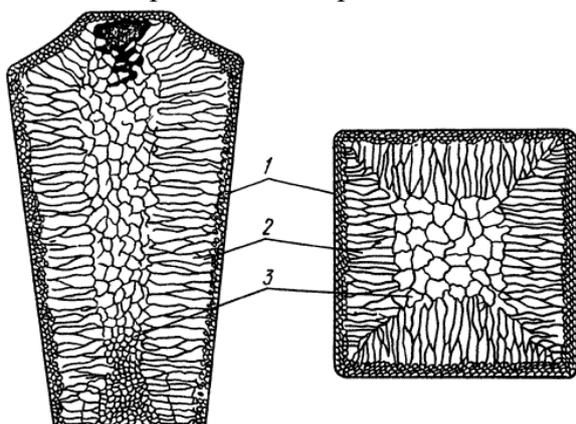


Рисунок 1. Схема строения слитка: 1- Мелкозернистая корка; 2 - Зона столбчатых кристаллов; 3 - Зона равноосных кристаллов

Формирование слитка электромагнитным полем сопровождается сопряженными электромагнитными, тепловыми и гидродинамическими процессами в кристаллизующемся металле. Их характер предопределяет физико-механические свойства отливаемого слитка и зависит от электрических и конструктивных параметров кристаллизатора. Поэтому получение слитка с необходимыми свойствами требует знания закономерностей протекания физических процессов в нем и возможностей управления этими процессами.

Структура слитков, отливаемых в электромагнитный кристаллизатор (ЭМК), в основном подчиняется известным закономерностям формирования структуры при непрерывном литье в кристаллизатор скольжения (КС). Однако, имеют место некоторые особенности в условиях формирования структуры слитка, отличающие ее от получаемых традиционным способом непрерывного литья. Это отличие объясняется следующими факторами:

- отсутствием непосредственного контакта кристаллизующегося слитка с поверхностью теплопроводного кристаллизатора-формообразователя;
- максимальным приближением пояса охлаждения к поверхности затвердевания слитка и обеспечением непрерывного теплоотвода;
- принудительными тепло- и массообменными процессами в лунке, инициируемыми воздействием электромагнитного поля на расплав.

В результате влияния этих факторов поверхность слитков становится гладкой, а структура более мелкозернистой, достигается высокая плотность и мелкодисперсная внутريدендритная структура в периферийных зонах.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что ЭМК используют для решения двух задач: для улучшения внутреннего строения заготовки (измельчения структуры, снижение степени ликвации в средней и центральной частях, уменьшение центральной пористости) и для улучшения поверхности заготовки (снижение количества поверхностных дефектов).

Для решения первой задачи механизм воздействия на металл состоит в следующем: снижение перегрева, обламывание ветвей дендритов и создание циркуляции металла в жидкой сердцевине. Решение второй задачи связано с созданием потоков на поверхности металла в кристаллизаторе.

Вместе с положительным воздействием электромагнитного поля на структуру слитка, имеют место негативные последствия этого воздействия. Дефекты классифицируют по принадлежности к факторам, определяющим природу их возникновения, и делят на три группы:

1) Дефекты геометрии (овальности, пережимов, волнистости). Являются следствием значительного колебания уровня поверхности жидкой зоны и тока индуктора, а также неравномерного (непрямолинейного) хода стола литейной машины. Для устранения данных дефектов нужно соблюдать соответствующие требования к подаче металла и обеспечить нормальную работу литейной машины.

2) Точечные и штриховые выступы, раковины, плены и пузыри. Причиной данных дефектов являются развитие объемной кристаллизации твердого раствора и интерметаллидов, качество окисной пленки и ее поведение при литье, газонасыщенность, захват воздуха расплавом при подаче его в кристаллизатор. Плавающие в расплаве кристаллиты, интерметаллиды, оксидные пленки в результате движения жидкого металла захватываются потоком, отесняются к поверхности и оседают на ней, образуя точечные и штриховые выступы. Газ или захваченный расплавом воздух выделяется пузырьками под оксидной пленкой. Эти пузырьки разрывают пленку и проявляются в виде раковин. Глубина дефектов этой группы не более 1 мм.

3) Поверхностные складки. Причиной данного дефекта является понижение температуры расплава, малые скорости литья, неравномерность охлаждения и подачи расплава в кристаллизатор, повышение интенсивности циркуляции, ведущих к усилению теплообменных процессов. Усиление экранирования исключает образование складок.

Слитки, отлитые в ЭМК, характеризуются высоким качеством поверхности, незначительной ликвационной неоднородностью, высокими механическими свойствами, особенно пластическими, в периферийных зонах слитка. Указанные преимущества позволяют использовать слитки в большинстве случаев без механической обработки. Вместе с тем повышение пластичности периферийных зон успешно используют для интенсификации и улучшения показателей обработки давлением, особенно при прокатке и ковке в тех процессах, когда в поверхностных слоях возникают растягивающие напряжения. (2)

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что литье в ЭМК исключает образование наплывов и механических дефектов на стадии затвердевания, из чего следует, что применение данного способа воздействия на структуру отливок ведет к повышению качественных и экономических показателей металлургического производства, а совершенствование метода литья в ЭМК может позволить исключить или минимизировать негативные последствия воздействия электромагнитного поля на структуру слитков. Основными перспективными направлениями развития метода литья в ЭМК являются: увеличение объемов производства плоских слитков; увеличение толщины плоских слитков до 500-600 и ширины до 2000-2300 мм; повышение



производительности литейных агрегатов в результате освоения групповой отливки 6-8 плоских слитков; увеличение производства круглых (сплошных и полых) слитков диаметром до 800 мм; совершенствование технологий литья и конструкций ЭМК с целью улучшения поверхности и структуры слитков; автоматизация процесса литья в ЭМК на базе микропроцессорной техники.

Список использованных источников

1. Сидельников С.Б. Комбинированные и совмещенные методы обработки цветных металлов и сплавов –М.: МАКС Пресс, 2005.- 344с.
2. Ефимов В.А., Анисович Г.А., Бабич В.Н. Специальные способы литья. Справочник – М.: Машиностроение, 1991. – 436 с.
3. Виноградов В.В., Тяжелникова И. Л. О теоретических аспектах формирования макро- и микроструктуры в затвердевающем металлическом слитке - Вестник Удмуртского Университета, вып. 1, 2008.



ЛАБОРАТОРНАЯ СТАНЦИЯ “ГЛОРИЯ”

Сергиенко Е.В.

научный руководитель д-р техн. наук Тимофеев В.Н.

Сибирский федеральный университет

Аппаратно-программный комплекс Глория предназначен для выполнения лабораторных исследований в области электроники, электротехники, измерительной техники и автоматики. Станция разработана на кафедре электротехники и электротехнологии СФУ ПИ, под руководством кан. физ. мат. наук Лыбзиков Г. Ф. Программное обеспечение разработано в программной среде LabVIEW кан. физ. мат. наук Заграбчук С.Ф.

На Рис.1.1 представлены две взаимодополняющие части комплекса:

- а) настольная рабочая станция Глория с установленной на ней сменной платой для выполнения лабораторных работ;
- б) виртуальный осциллограф, отображающиеся на дисплее персонального компьютера (ПК).

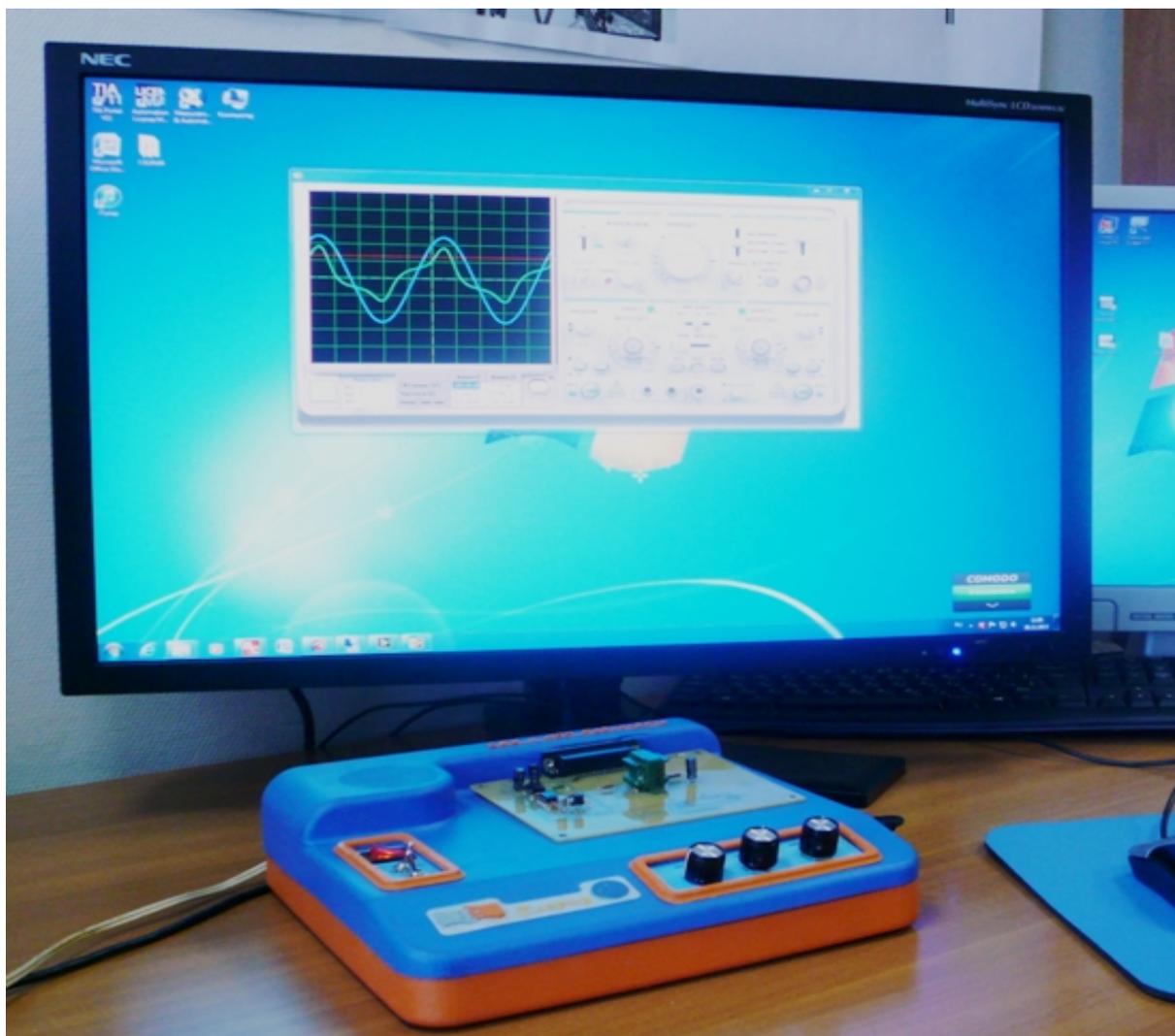


Рис.1.

На рисунке 2 представлен 4-х каналный осциллоскоп, на котором показана осциллограмма 3-х фазного тока. А также виртуальные вольтметр и амперметр.

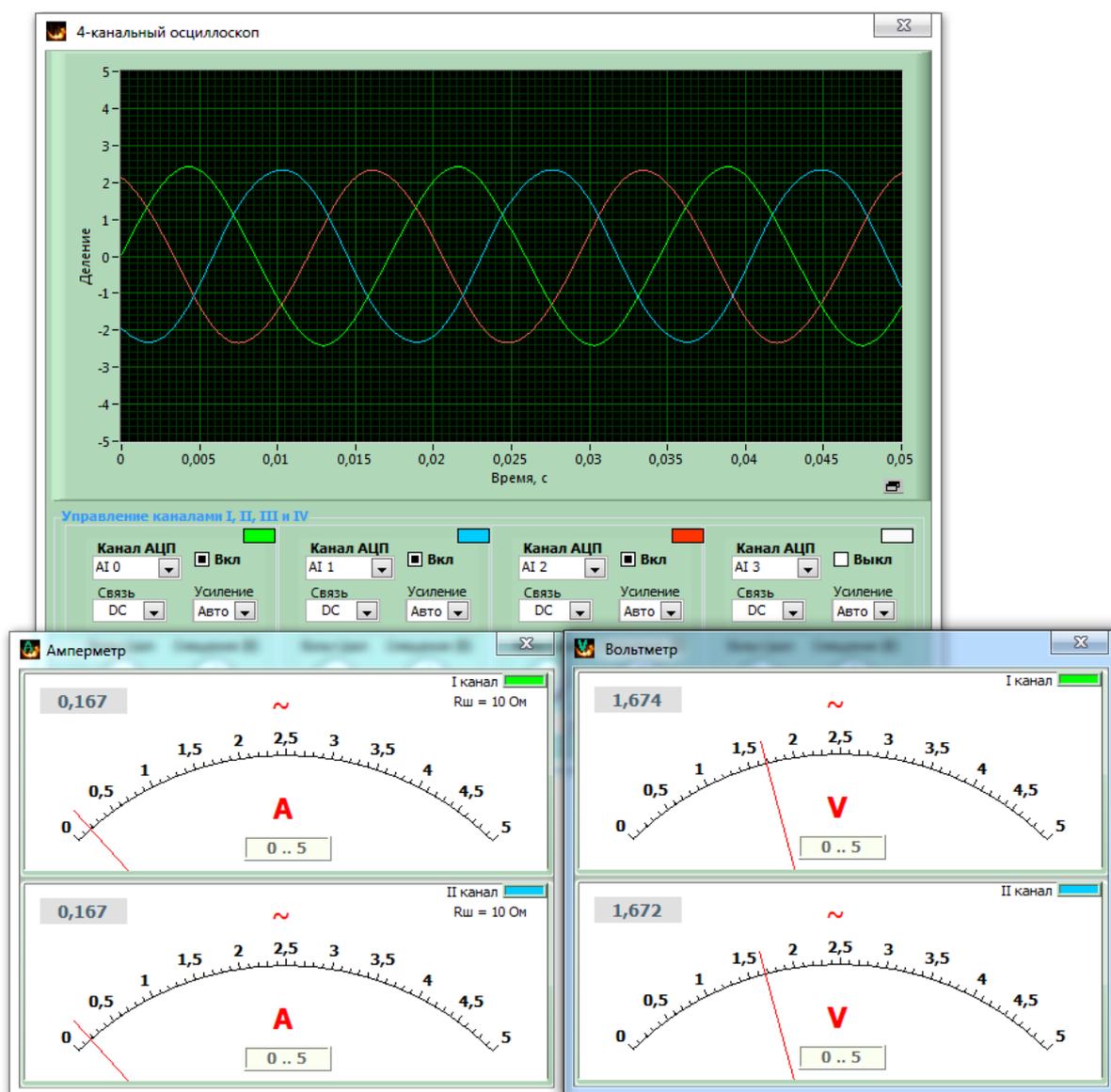


Рис. 2.

Настольная рабочая станция и сменная плата получают электропитание от сети. Управление рабочей станцией может осуществляться как программно – с помощью виртуального осциллографа, так и вручную – с помощью органов управления на лицевой панели станции.

Виртуальные приборы, в отличие от общеизвестных классических измерительных приборов, по своей сути есть компьютерные программы. Такие программы производят измерения, используя цифровые технологии сбора и обработки данных.

Для этого виртуальный прибор-программа должен:

управлять устройством сбора данных и подключенными к нему измерительными датчиками;

получить из непрерывного (аналогового) сигнала дискретный (цифровой) ряд – цифровой сигнал;

провести цифровую обработку такого сигнала;



отобразить результаты на мониторе ПК.

Управление виртуальным прибором производится «компьютерным» способом, то есть компьютерной мышью и клавиатурой. В нашем случае некоторые настройки приборов (амплитуда, частота) доступны в «классическом» варианте – с регулировкой ручками потенциометров.

Глория использует виртуальные приборы, разработанные в программной среде LabVIEW. Для управления устройством сбора данных, входящим в состав станции Глория, используются программные драйвера. Управление происходит с помощью лицевой панели виртуального осциллографа, созданного в LabVIEW.

Включение станции Глория и запуск виртуального осциллографа.

Глория подключается к ПК с помощью USB кабеля. Питание осуществляется от сети переменного тока 220в, 50 Гц. Для включения станции переключатель на передней панели Глория необходимо перевести в положение “вкл.”

При этом на лицевой панели красным цветом загорается индикатор. На рабочем столе ПК необходимо запустить программу Глория.

Наименование лабораторных работ

Лабораторная работа 1.-Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением приемников.

Лабораторная работа 2-Исследование режима резонанса напряжений.

Лабораторная работа 3- Исследование цепи переменного тока при параллельном соединении приемников.

Лабораторная работа 4-Исследование режима резонанса токов.

Лабораторная работа 5-Исследование трехфазной цепи с однофазными приемниками, соединенными звездой.

Лабораторная работа 6-Исследование переходных процессов в простейших электрических цепях.

Лабораторная работа 7-Исследование нелинейных цепей постоянного тока.

Лабораторная работа 8-Исследование режима феррорезонанса напряжений.

Лабораторная работа 9-исследование трансформатора.

СМЕННЫЕ ПЛАТЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

На Рис.1.1. представлена лабораторная станция Глория с одной из сменных плат, предназначенных для проведения лабораторного практикума по дисциплине «Теоретические основы электротехники». Подключение сменной платы к лабораторной станции Глория осуществляется путем подсоединение платы через специальное гнездо.

Выполнение лабораторной работы на электронных платах начинается с установки на лабораторную станцию нужной платы. После чего можно сразу приступить к выполнению рабочей программы. Измеряемые напряжения с исследуемой схемы подаются на входы АЦП при установке сменной платы на лабораторную станцию без каких-либо дополнительных соединений.

Внешний вид сменных плат, предназначенных для проведения работ, представлен на Рис. П.2.1 – П.2.6. В табл. П.1.1 приведены рисунок с изображением и краткое наименование платы, а так же номера лабораторных работ (номер работы), выполняемые с данной платой.

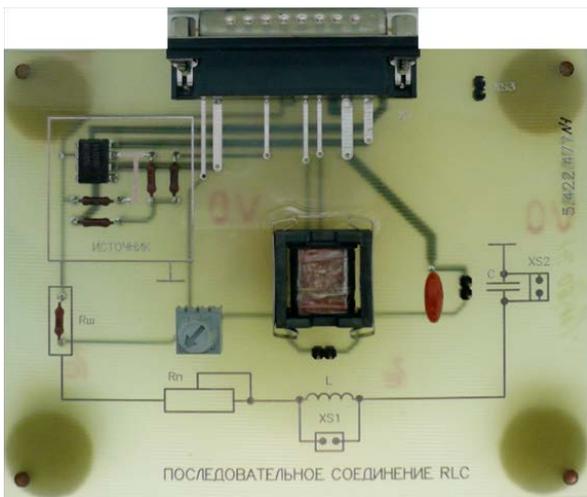
Таблица 1.1.

Рис.	Краткое наименование сменной платы	ЛР
П.2.1	Плата № 1. Последовательное соединение RC, RL, RLC элементов	1, 2, 6

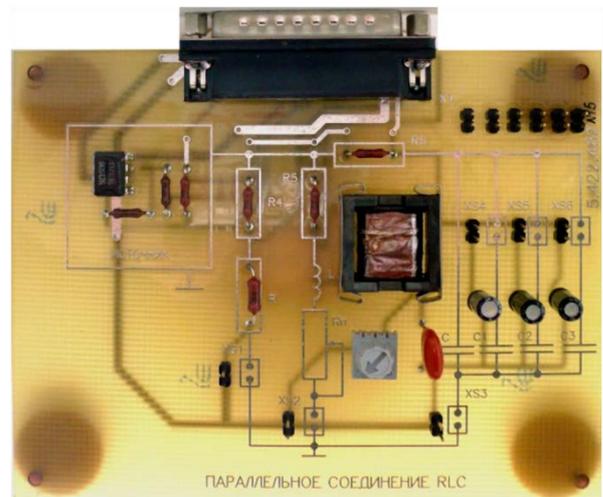


П.2.2	Плата № 2. Параллельное соединение RC, RL, RLC элементов	3, 4
П.2.3	Плата № 3. Трехфазные цепи. Соединение нагрузки звездой	5
П.2.4	Плата № 4. ВАХ нелинейных элементов	7
П.2.5	Плата № 5. Феррорезонанс напряжений	8
П.2.6	Плата № 6. Взаимная индуктивность. Трансформатор	9

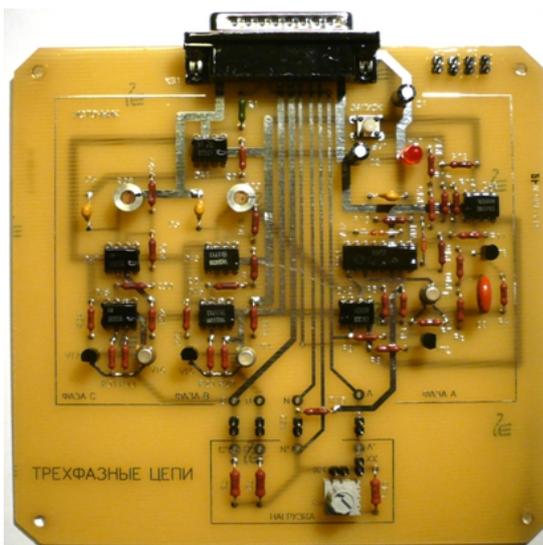
П.2.1.



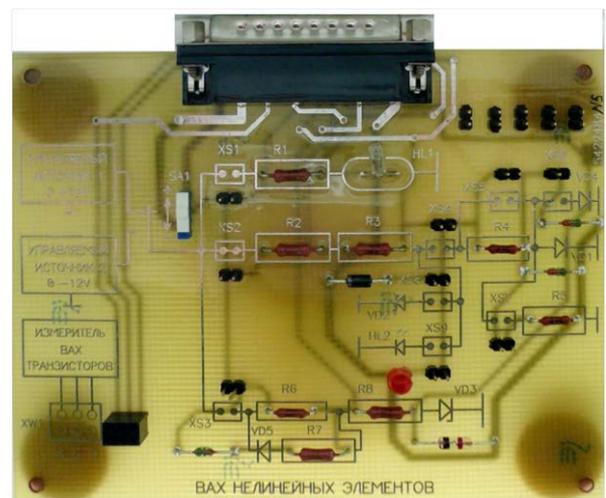
П.2.2.



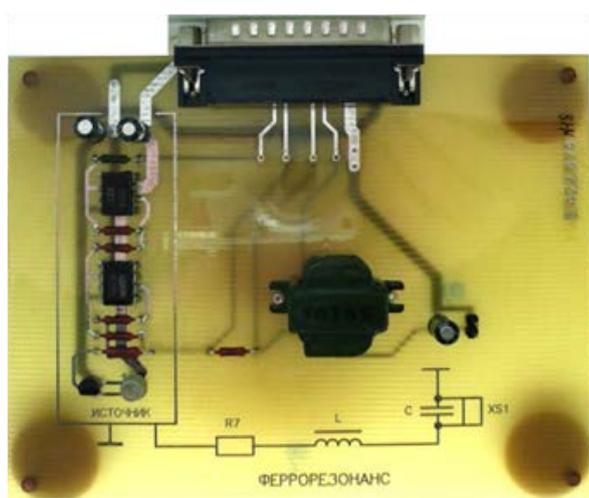
П.2.3.



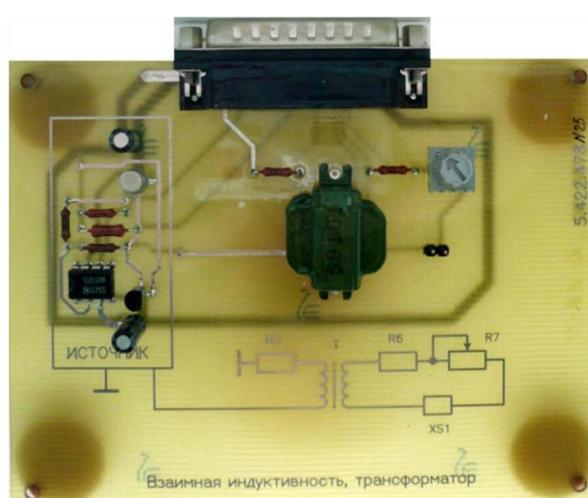
П.2.4.



П.2.5.



П.2.6.



Вывод: Таким образом, данная лабораторная станция позволяет проводить лабораторные работы по всему курсу общей электротехники, кроме того была опробована на школьниках физико-математической школы при СФУ. Со школьниками были проделаны первые 4 лабораторных работы, что говорит о доступности понимания устройства и принципа работы станции.

Список литературы

1. Теоретические основы электротехники: лаб. практикум / С. Г. Иванова, Г. Ф. Лыбзиков, С. Ф. Заграбчук, В. Н. Тимофеев. – Красноярск: Сиб. федер. Ун-т, 2013.-104с.

2. Пат. 120536 Российская федерация, МПК H05K 1/18, H01H 77/00.

Электронная плата / Тимофеев Виктор Николаевич, Галеев Ринат Гайсеевич, Лыбзиков Геннадий Федотович, Заграбчук Сергей Феодосьевич ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования “Сибирский федеральный университет” (СФУ) (RU), Федеральное государственное унитарное предприятие “Научно-производственное предприятие “Радиосвязь” (ФГУП “НПП “Радиосвязь”) (RU) ; заявл. 2012115967/07, 19.04.2012 ; опубл. 20.09.2012 Бюл. № 26 (II ч.). – 2 с.

3. Пат. 85811 Российская Федерация, МКПО⁹ 14-03.

Комплект электронных плат/ Тимофеев Виктор Николаевич, Галеев Ринат Гайсеевич, Лыбзиков Геннадий Федотович, Заграбчук Сергей Феодосьевич ; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество “Научно-производственное предприятие”Радиосвязь”(RU), Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования “Сибирский федеральный университет” (RU) ; заявл. 2011503733, 27.03.2013 ; опубл. 16.07.2013 (II ч.). -9 с.

ПРОБЛЕМА НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ В СИСТЕМЕ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ПРИВОДА

Д.И. Чарков, Е.Ю. Солдатенко, В.В. Котов

научный руководитель канд.техн.наук А.П.Леонов

ФГАОУ ВО Национальный исследовательский

Томский политехнический университет

Использование системы частотного управления на базе широтно-импульсной модуляции (ШИМ) сопровождается существенным недостатком – негативным влиянием на электрическую изоляцию. Это приводит к резкому снижению срока службы изоляции обмоток, а также изоляции питающих кабелей. В связи с этим существует актуальная проблема: обеспечение надежности и средств испытаний изоляции электрической изоляции при действии эксплуатационных нагрузок в системе частотно-регулируемого привода (ЧРП). В связи с особенностями конструкции, применяемых материалов можно выделить два аспекта в данной проблеме: надежность изоляции обмотки (в первую очередь межвитковой изоляции – как самого слабого элемента обмотки) и надежность изоляции силовых кабелей.

В настоящее время существует ряд методов, нормированных различными ГОСТ, техническими условиями, позволяющих оценить уровень основных электрических и механических свойств эмалевой изоляции обмоточных проводов. В тоже время не учитываются особенности работы обмоток при частотном управлении. Установлено: применение широтно-импульсной модуляции резко ужесточает уровень электрических нагрузок (величины перенапряжений действуют с частотой до 10^{-4} с и могут в 10 раз превышать значение питающего напряжения), вызывая в обмотке появление коронных разрядов [1, 2]. В результате происходит быстрое старение изоляции, что сказывается на снижении надежности и срока службы электрической машины. [3]

В работе проведено комплексное исследование электрических и механических свойств ряда широко применяющихся марок обмоточных проводов существующими стандартными методами. Механические свойства оценивались по испытаниям на истирание иглой, процарапыванием с постоянно увеличивающейся нагрузкой, а также путем определения дефектности изоляции провода в состоянии поставки и после навивания на металлический стержень. Помимо этого определено пробивное напряжение эмалевой изоляции в состоянии поставки и после навивания на металлический стержень, равный двойному диаметру провода. Полученные результаты свидетельствуют о удовлетворительном качестве всех испытуемых образцов.

Следует отметить тот факт, что в настоящее время в отечественной практике недостаточно рекомендаций по определению стойкости эмалированных проводов к коронным разрядам. Это обстоятельство определило применение оригинальных методик для исследования данного вопроса. Основная идея при проведении испытаний - помещение образца в среду действия коронных (поверхностных) разрядов, образующихся под действием электрического поля высокой напряженности. Испытания одной партии проводились в системах электродов «провод-дробь» и «провод-пластина» (испытательное напряжение от 4 до 5 кВ промышленной частоты при комнатной температуре; другой - воздействием высокочастотного модулированного сигнала при температуре класса нагревостойкости. В первом случае образцом служил одиночный отрезок провода, во втором – стандартная скрутка. Критерий короностойкости - среднее время до пробоя партии образцов (не менее 10).

Обобщая полученные результаты можно сделать следующие выводы:



1. Эмалированные провода, предназначенные для использования в обмотках частотно-регулируемого привода необходимо испытывать на стойкость к действию коронных разрядов. Практически все рассмотренные в работе образцы прошли стандартные испытания, показав хороший уровень электрических и механических свойств. В то же время это не гарантирует необходимую стойкость эмалевой изоляции к жесточеным электрическим нагрузкам, обусловленным особенностями действия ШИМ. Обязательным условием обеспечения необходимого уровня надежности является использование короностойких обмоточных проводов (например провод ПЭТД2-К-180).

2. Определение способности эмали провода длительно эксплуатироваться в условиях частотного управления возможно после испытаний высокочастотными электрическими импульсами. В этом случае на образец воздействует комплекс нагрузок, соответствующий условиям эксплуатации: температура, электрические перенапряжения, коронные разряды. Испытания в системах «электродов провод-дробь», «провод-пластина», как более простые, позволяют сделать лишь предварительную оценку стойкости эмалевой изоляции к действию высокого напряжения.

3. Существует необходимость в разработке нормативной базы для определения короностойкости эмалированных обмоточных проводов.

Кроме того, в процессе работы на концах кабеля возможно образование импульсных волн, которые в свою очередь создают перенапряжения вследствие отражения гармоник (т.н. эффект отраженной волны). Этот эффект возникает когда длина кабеля питания превышает длину волны гармоники. Если длина меньше длины волны гармоники, то переходные процессы проявляются на выходе частотного преобразователя. В результате генерируется напряжение, превышающее номинальное напряжение в 2 – 3 раза, что создает чередующиеся нагрузки на полимерную изоляцию. Этот фактор должен учитываться при конструировании изоляции кабеля, чтобы избежать повреждений (например, прогорания изоляции вследствие образования дуги между жилой и экраном). Помимо этого, перенапряжения, действуя с частотой до 10^{-4} с, могут в 10 раз превышать значение питающего напряжения. Как следствие резко снижается срок службы питающего кабеля.

В последнее время рядом ведущих зарубежных кабельных компаний ("LAPP-KABEL", "TheOkonitecompany", "AlphaWire", "HELUKABEL" и др.) уже разработаны и выпускаются специальные кабели для частотно-регулируемого привода с широтно-импульсной модуляцией.

Для конструкции данных кабелей можно отметить наличие общих элементов:

1. Использование в качестве изоляции сшитого полиэтилена, обладающего отличными диэлектрическими свойствами и короностойкостью, что дает преимущество по сравнению со стандартным полиэтиленом или ПВХ.

2. Применяется экранирование алюминиевой или медной оболочкой, которая обеспечивает для низкого частотного диапазона от 1 до 30 МГц высокую помехозащитность.

3. Реализуется симметричная конструкция кабелей, в качестве заземления, в которых используются оголенные многожильные медные проволоки, расположенные в наружных слоях конструкции кабеля.

В настоящее время в РФ работы по созданию подобной конструкции находятся на начальной стадии. Не достаточно информации о эксплуатации систем частотно-регулируемого привода, о методах и критериях оценки стойкости к перегрузкам, способах и средствах защиты от коронных разрядов. В ходе выполнения проекта планируется, используя математический пакет Matlab Simulink, оценить уровень электрических нагрузок в кабельных линиях ЧРП; разработать рекомендации по применению кабельно-проводниковой продукции в частотно-регулируемом приводе на базе ШИМ.



Список литературы

1. *Fenger, M., Campbell, S.R., Pedersen, J.* Motor winding problems caused by inverter drives // *Industry Applications Magazine, IEEE*, July-Aug. 2003, pages (22- 31).
2. *Коробцов А.А., Леонов А.П., Похолков Ю.П., Солдатенко Е.Ю., Кочетков И.А.* «Применение эмалированных проводов в обмотках асинхронных двигателей с частотным управлением» // *Кабели и провода* № 3 (340), 2013.
3. *N. Lahoud, J. Faucher, D. Malec, P. Maussion.* Electrical Aging of the Insulation of Low Voltage Machines: Model definition and test with the Design of Experiments // *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS*, VOL. 60, NO. 9, SEPTEMBER 2013

