

УДК 621.3+539.213:537.623

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АМОΡФНЫХ СПЛАВОВ В СЕРДЕЧНИКЕ КОНТАКТНО-ДУГОГАСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНТАКТОРА

Т. П. Павленко, М. Н. Токарь

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, 61002, Украина. E-mail: mr.max.t@mail.ru

Рассмотрена проблема дугогашения в процессе эксплуатации электрических аппаратов на примере работы контакторов постоянного тока. Показаны пути решения проблемы, основанные на необходимых технических требованиях, предъявляемых при проектировании к конструкциям контактно-дугогасительных систем. Одним из прогрессивных решений данной проблемы является применение аморфных сплавов в сердечнике контактно-дугогасительной системы, что позволит также оптимизировать конструкцию системы. Целью является определение возможности применения аморфных сплавов в сердечнике контактно-дугогасительной системы контактора. Для достижения цели были проведены исследования магнитных характеристик, механических и химических свойств, а также технологических параметров аморфных сплавов. Проведены экспериментальные исследования работы контактора постоянного тока с сердечником из аморфного сплава в контактно-дугогасительной системе. По результатам исследований была определена возможность применения аморфных сплавов в сердечнике контактно-дугогасительной системы контактора и определена дальнейшая перспектива применения аморфных сплавов в электромагнитных системах электрических аппаратов.

Ключевые слова: электрическая дуга, дугогасительная система, напряженность, магнитная индукция, аморфные сплавы.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ АМОΡФНИХ СПЛАВІВ В ОСЕРДІ КОНТАКТНО-ДУГОГАСНОЇ СИСТЕМИ КОНТАКТОРА

Т. П. Павленко, М. М. Токар

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002, Україна. E-mail: mr.max.t@mail.ru

Розглянуто проблему дугогасіння в процесі експлуатації електричних апаратів на прикладі роботи контакторів постійного струму. Показано шляхи вирішення проблеми, основані на необхідних технічних вимогах, які ставляться при проектуванні до конструкцій контактно-дугогасних систем. Одним із прогресивних рішень даної проблеми є застосування аморфних сплавів в осерді контактно-дугогасної системи, що дозволить також оптимізувати конструкцію системи. Метою є визначення можливості застосування аморфних сплавів в осерді контактно-дугогасної системи контактора. Для досягнення мети були проведені дослідження магнітних характеристик, механічних і хімічних властивостей, а також технологічних параметрів аморфних сплавів. Проведено експериментальні дослідження роботи контактора постійного струму з осердям з аморфного сплава в контактно-дугогасній системі. За результатами досліджень була визначена можливість застосування аморфних сталей в осерді контактно-дугогасної системи контактора й визначена подальша перспектива застосування аморфних сплавів в електромагнітних системах електричних апаратів.

Ключові слова: електрична дуга, дугогасна система, напруженість, магнітна індукція, аморфні сплави.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Гашение электрической дуги в электрических аппаратах напряжением до 1000 В является одной из актуальных проблем, которая содержит достаточно сложный комплекс вопросов электротехники, физики и электроаппаратостроения.

При проектировании дугогасительных систем электрических аппаратов задаются определенные требования, которые должны удовлетворять необходимым условиям. Основными из них являются:

- заданная коммутационная отключающая и включающая способность;
- минимальное время горения дуги с целью уменьшения износа контактов и дугогасительной камеры;
- незначительные перенапряжения;
- минимальные размеры дугогасительной системы и минимальный выброс пламени, а также ионизированных газов, что может вызвать пробой изоляции между частями электрического аппарата;

– минимальный звуковой и световой эффекты.

Гашение электрической дуги необходимо для электрических аппаратов, работающих как на постоянном, так и на переменном токе [1, 2]. Методы гашения дуги разные, но принцип практически одинаковый.

Известно, что в дугогасительной камере электрического аппарата, работающего на постоянном токе, гашение дуги происходит достаточно сложно, поэтому для каждого электрического низковольтного аппарата выбирается определенный метод.

Например, гашение дуги постоянного тока в камере с продольной щелью в поперечном магнитном поле применяется в том случае, когда не удается погасить дугу механическим растягиванием, и за счет электродинамических усилий, возникающих вследствие взаимодействия магнитного поля и тока, протекающего по элементам токоведущего контура и электрической дуги [1].

Для того, чтобы направить дугу в узкую щель дугогасительной камеры, необходимо обеспечить плавный ее переход из широкой части, которая связана с контактными парами, в узкую. При этом необходимо создание достаточной напряженности поперечного магнитного поля, благодаря которой электрическая дуга имеет направленное движение в дугогасительную камеру [2].

Совокупность действий, связанных с перемещением электрической дуги в дугогасительную камеру, и незначительное время ее существования приводит к минимальному износу электрических контактов.

Существует ряд технических решений и изобретений, относящихся, в частности, к устройствам для гашения электрической дуги при отключении как токов короткого замыкания, так и малых токов коммутационными аппаратами.

Например, в одном из таких изобретений показано, что устройство (патент RU №82926, H01H 9/30, 2008) содержит главные контакты, набор магнитопроводов с катушками. Расположение магнитопроводов относительно друг друга обеспечивает надежное гашение дуги за счет результирующего магнитного поля, которое увеличивает скорость движения дуги в дугогасительном устройстве. Катушки соединены последовательно с главными контактами.

Недостатком такого устройства является массивная конструкция магнитного дутья, низкая технологичность изготовления и сложный процесс сборки устройства. Кроме того, при протекании тока короткого замыкания на магнитопроводах сохраняется большая остаточная намагниченность, которая при гашении дуги приводит к возникновению обратного тока, что может препятствовать движению дуги в дугогасительное устройство, а также приводит к значительному выбросу дуги за пределы дугогасительного устройства и, соответственно, к аварийной ситуации.

Следующее техническое решение, а именно способ гашения электрической дуги, представлен в виде конструкции (рис. 1), на которой схематично изображено устройство магнитного дутья коммутационного электрического аппарата.

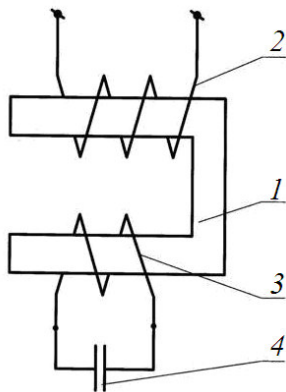


Рисунок 1 – Устройство магнитного дутья коммутационного электрического аппарата

Приведенное устройство содержит магнитопровод с катушкой 2 последовательного магнитного дутья, установленной на первом стержне магнитопровода 1. На втором стержне магнитопровода закреплена дополнительная катушка 3 с конденсатором 4, который электрически соединен с дополнительной катушкой так, что они образуют колебательный контур. Это приводит к повышению безопасности работы, надежности и увеличению срока службы коммутационного электрического аппарата [3].

Кроме того, при таком способе магнитного дутья обеспечивается возможность управления остаточным магнитным потоком магнитопровода благодаря тому, что конденсатор создает колебательный затухающий процесс. Это приводит к постепенному снижению амплитуды тока в дополнительной катушке, полной потере энергии колебательного контура и размагничиванию магнитопровода.

Приведенные технические решения, несомненно, имеют как свои достоинства, так и недостатки. Общим недостатком для них является увеличение габаритов конструкции дугогасительных устройств, что приводит к повышенной материалоемкости, снижению конкурентоспособности на мировом рынке, где ценятся более миниатюрные электротехнические изделия с высокой надежностью и безопасностью их работы.

В настоящее время на более высокий уровень выходят технические решения, которые содержат элементы нанотехнологий, или электротехнические устройства, содержащие материалы, обладающие уникальными электрическими или магнитными свойствами.

На мировом рынке широко представлены материалы, предназначенные для магнитопроводов электромагнитных систем электрических машин и аппаратов. Одними из таких уникальных материалов являются аморфные сплавы. Данные сплавы в основном используются в сердечниках трансформаторов, но круг исследований их свойств достаточно широк и недостаточно изучен, поэтому необходимо искать возможности их применения не только в трансформаторах, но и в других элементах конструкций электрических машин и аппаратов.

Целью работы является оценка возможности применения аморфных сплавов в сердечнике контактно-дугогасительной системы контактора постоянного тока.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. В настоящее время научно-технический прогресс немаловажен без создания и применения принципиально новых технологий и материалов, поэтому практическое значение магнитных материалов в современной технике постоянно возрастает. Но, несмотря на большое количество теоретических и прикладных работ, в настоящее время многие вопросы изменения физико-химических явлений маг-

нитних матеріалів вивчені ще недостатньо. Наприклад, не до кінця визначено механізм намагнічування і перемагнічування магнітного матеріала, який обумовлено розподілом спинових густини електронів, енергетичної зонної структури міждоменних меж і його реальної кристалічної решітки при розщепленні енергетичних рівнів зовнішнім магнітним полем. Але в той же час відомо [5, 6], що вищеперераховані явища визначаються самопроизвольною намагніченістю, магнітокристалічної анізотропією і магнітострікцією, хімічним складом металу, а також дефектом структури кристалічної решітки, що, в свою чергу, впливає на зміну магнітної доменної структури ферромагнітного матеріала.

Сучасні технології і матеріали дозволяють досліджувати сутність магнітних явищ і створювати матеріали, що мають певні необхідні властивості, отримані на квантовому рівні для потреб сучасної енергетики і інших суміжних галузей.

Для досягнення необхідних параметрів і характеристик спрацювання електромагнітних систем електричних апаратів застосовуються магнітомягкі ферромагнітні матеріали, які повинні відповідати наступним вимогам:

- висока магнітна проникність;
- низька коерцитивна сила і мінімальні втрати на гистерезис і вихреві токи;
- стабільність магнітних властивостей з часом і при зміні температури при експлуатації;
- стійкість до механічних впливів і навантажень.

Крім основних вимог необхідно також враховувати, що магнітні властивості матеріала магнітопровода можуть змінюватися декілька разів при його виготовленні під тепловим і силовим впливом інструментів і технологічних засобів. Тому в технологічному процесі виготовлення магнітопровода передбачають ряд операцій, які включають контроль і відновлення його магнітних властивостей, що призводить до додаткових технологічних і економічних витрат.

Застосування звичайних кристалічних матеріалів, таких як електротехнічні сталі, пермаллої, феррити, не дає помітного ефекту в зв'язі з недоліками [5, 6], з яких в першу чергу слід виділяти великі втрати на перемагнічування, низьке електричне опір, недостатня магнітострікція, низька початкова магнітна проникність.

В магнітних системах електричних апаратів в основному використовуються кристалічні електротехнічні сталі, що мають високу індукцію насичення, низьким значенням коерцитивної сили, малими втратами при перемагнічуванні. В деяких електричних апаратах, наприклад таких, як пристрій захисного відключення, застосовуються магнітомягкі матеріали, такі як пермаллої,

які мають високу магнітну проникність. Однак властивості в процесі роботи електромагнітних систем можуть змінюватися в тисячі разів, т.к. залежать від структурного стану.

Відомо, що кристалічні метали і сплави характеризуються строго закономірною періодично повторюваною в трьох вимірах розташуванням структурних елементів, що мають дальній порядок в розташуванні атомів, що утворює кристалічну решітку (рис. 2,а).

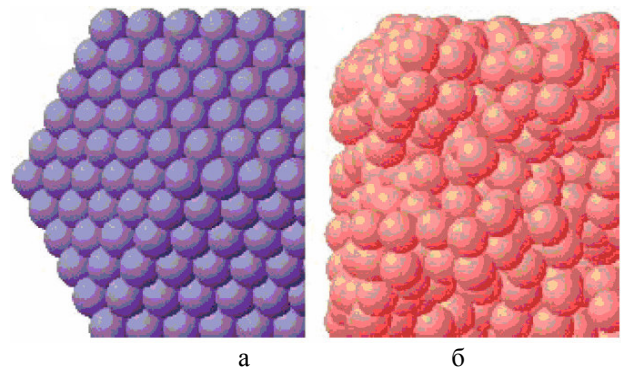


Рисунок 2 – Моделі структур розташування атомів кристалічного і аморфного сплаву:
а) кристалічний сплав; б) аморфний сплав

В останнє час увагу металознавців і фізиків привертало до конденсованих середовищ, де характерно неупорядковане розташування атомів в просторі, що свідчить про відсутність дальнього порядку в їх розташуванні і строгої періодичності по порівнянню з кристалічними матеріалами.

Ця особливість характерна для аморфних сплавів (рис. 2,б) [5, 6], які так само, як і електротехнічні сталі, належать до ферромагнітних магнітомягких матеріалів.

Структура аморфних магнітомягких сплавів характеризується відсутністю у них строгої періодичності в розташуванні атомів, іонів, молекул на протязі сотень і тисяч періодів (параметрів кристалічної решітки) [4–6].

Аморфні сплави в багатьох відношеннях подібні складу або металічним розплавом [5, 6]. Їх отримують різними методами, в основі яких лежить швидкий перехід розплаву з рідкого стану в тверде. При цьому затвердіння сплавів відбувається настільки швидко, що атоми речовини поводяться як заморожені в певних положеннях, які вони займали, перебуваючи в рідкому стані.

Існують різноманітні способи отримання аморфних сплавів [5, 6], наприклад, конденсація парів металічних сплавів в вакуумі на охолоджену рідину гелію або азоту підложку або високоскоростне іонно-плазменне розпилення. Найбільш поширеним є спосіб отримання аморфних сплавів прокаткою розплаву між двома обертовими валками (закалкою) шляхом

охлаждения расплава со скоростью, превышающей скорость кристаллизации. В результате получается аморфная лента (фольга) толщиной 10–100 мкм (рис. 3).

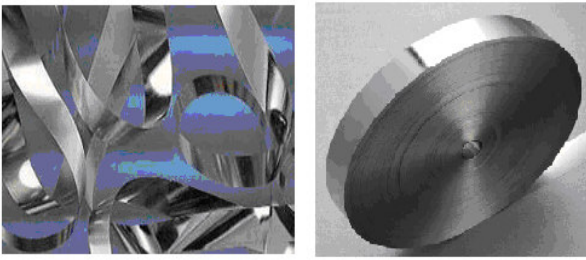


Рисунок 3 – Исходное состояние ленты аморфного сплава

При таком способе получения ленты зарождение и рост кристаллической фазы материала становится невозможным и металл после затвердевания имеет аморфное состояние.

Одним из важнейших преимуществ аморфных сплавов по сравнению с кристаллическими составами применяемых сталей является непрерывная смешиваемость различных их компонентов в большом интервале концентраций. Это позволяет получать однородные составы магнитного материала, которые невозможно получить для кристаллических металлов, т.к. в кристаллах образуется гетерогенная смесь фаз различного состава и структуры (рис. 4).

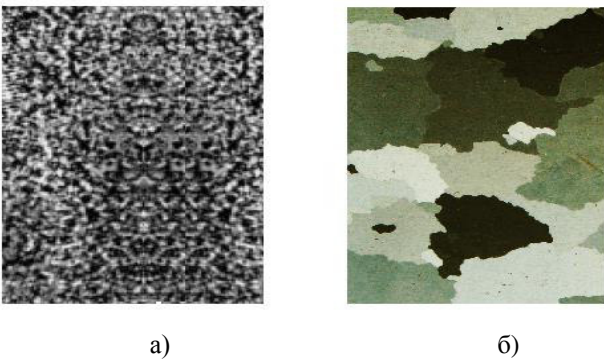


Рисунок 4 – Модели структур аморфного сплава и электротехнической стали:

- а) однородная структура аморфного сплава;
- б) гетерогенная смесь фаз электротехнической стали

Благодаря смешиваемости взаимодействующих компонентов наибольшее распространение получили аморфные сплавы на основе металлов переходной группы, таких как железо (*Fe*), никель (*Ni*), кобальт (*Co*) в сочетании с металлоидами бор (*B*), кремний (*Si*), углерод (*C*).

Наличие металлоидов способствует понижению температуры плавления, а также они обеспечивают более легкое достижение температуры стеклования при охлаждении и изменяют электронную структуру аморфных сплавов в зависимости от количества и вида аморфизирующих веществ.

Расширение области смешиваемости компонентов аморфных сплавов позволяет достичь большого разнообразия физических, в том числе механических, технологических и химических свойств.

В результате многочисленных исследований свойств на мировом рынке предлагаются аморфные сплавы различных марок, обладающие:

- высокой прочностью и твердостью (до 1000 HV);
- высокой магнитной проницаемостью;
- низкой коэрцитивной силой (H_c менее 8 А/м);
- достаточной магнитоотрицательной насыщенности, регулируемой в широком диапазоне значений;
- высоким удельным сопротивлением;
- низким коэффициентом температурной зависимости;
- малыми потерями на гистерезис и вихревые токи.

Из литературных источников известно, что аморфные сплавы кроме достоинств имеют и недостатки, которые могут препятствовать их применению [4–9]. К основным из них относятся: крайняя хрупкость при нарушении режима термообработки; высокая твердость, затрудняющая резровку, что практически делает невозможной шихтовку магнитопроводов ленты; высокая стоимость сплавов, но в долгосрочной перспективе при выгодном экономическом их вложении они быстро окупаются.

Благодаря своим достоинствам, а также уникальным свойствам, и, несмотря на недостатки, аморфные сплавы находят широкое применение за рубежом. В мировой практике аморфные сплавы в основном используют в дросселях, трансформаторах промышленной и повышенной частоты. Например, в США считают перспективным применение аморфных сплавов на основе железа в трансформаторах вместо традиционно используемых кремнистых сталей (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнительные данные магнитопроводов из кремнистой стали и аморфного сплава трансформаторов мощностью 30 кВА

Наименование характеристик	Шихтованный магнитопровод	Магнитопровод из аморфной стали
Потери в сердечнике, Вт	90	30
Коэффициент заполнения	0,97	0,78–0,8
Ширина ленты, мм	95	10–70
Температура при эксплуатации, °С	250	125
Магнитная индукция насыщения, Тл	2,03	1,6
Электросопротивление, мкОм·см	45	125–130

Данные таблицы демонстрируют преимущества аморфного сплава по основным электрическим и

магнитным параметрам магнитной индукции насыщения.

Благодаря использованию аморфных сплавов в конструкциях магнитных систем повышаются характеристики электротехнических устройств, уменьшаются габариты конструкций.

В настоящее время практически отсутствуют сведения по поведению данного материала при длительной эксплуатации, поэтому такой материал и его физико-химические, а также другие свойства необходимо исследовать перед применением в той или иной конструкции магнитной системы.

В процессе определения возможности применения аморфных сплавов в электромагнитных системах электрических аппаратов были проведены исследования намагниченности насыщения и поперечной анизотропии аморфной стали, магнитных характеристик аморфной стали, механических, химических свойств, а также технологических параметров производства аморфных сталей в виде лент.

Как показали результаты исследований, в поле до 1200 А/см перпендикулярная анизотропия практически отсутствует. Это говорит о том, что магнитные свойства аморфной стали при изменении напряженности поля не изменяются как вдоль проката ленты, так и поперек нее. Это позволяет сделать вывод об изотропности материала.

Кроме этого, проводились исследования симметричных петель гистерезиса в замкнутой цепи квазистатическим методом. Петли гистерезиса были получены с помощью гистерезисграфа МН-20 при приложенных значениях магнитного поля напряженностью от 80 до 2400 А/м.

В процессе исследования характеристик ленты аморфной стали марки 7421 определено, что ее свойства и прямоугольность петли изменяются после термомагнитной обработки (термообработка без снятия магнитного поля).

Было обнаружено, что термомагнитная обработка в продольном магнитном поле приводит к сужению петли гистерезиса, коэрцитивная сила уменьшается более чем в три раза и составляет менее 5 А/м, а индукция насыщения ленты в поле $B_s = 1,55$ Тл.

Технологические свойства ленты определялись в процессе намотки. Как показали результаты намотки, тороидальные магнитопроводы необходимо наносить на немагнитную оправку, т.к. нетермообработанные образцы не сохраняют свою форму из-за большой упругости.

На основе исследования магнитных, физических и технологических свойств аморфных сплавов были созданы опытные образцы магнитопроводов электромагнитных систем электрических аппаратов, таких как: электромагнитный расцепитель, автоматический выключатель, устройство защитного отключения, трансформатор тока и т.д. [7–9].

В представленных магнитных системах применялись аморфные сплавы марок 7421 и 84 КХСР вместо традиционно применяемых электротехнических сталей и пермаллоя. Данные марки аморфных сплавов обладают свойствами, указанными выше, и имеют высокую чувствительность, что позволяет их использовать в электромагнитных системах электрических аппаратов защиты и управления.

Экспериментальные исследования показали, что применение аморфных сплавов в магнитных системах электрических аппаратов позволяет увеличить быстродействие срабатывания электромагнитного расцепителя, снизить потери на вихревые токи и перемагничивание, а также уменьшить габариты конструкций электротехнических устройств.

Проведенные аналитические и экспериментальные исследования дали предпосылки к вопросу о решении определения возможности применения аморфных сплавов не только в магнитных системах электрических аппаратов, но также и в контактно-дугогасительных системах, в частности, в дугогасительной системе контактора постоянного тока.

Исследования проводились с целью сравнения значения индукции магнитного поля, создаваемого контактно-дугогасительной системой контактора постоянного тока (рис. 5), с серийными и экспериментальными сердечниками из аморфного сплава марки 7421.



Рисунок 5 – Внешний вид контактора постоянного тока

Для исследований были изготовлены сердечники из аморфного сплава, а для сравнения параметров использовались промышленные сердечники образцов катушки магнитного дутья контакторов.

Сердечники из аморфного сплава шихтованы и соответствуют размерам ГОСТ 21427.1: толщина 15 мм; ширина 15 мм, высота 47 мм. Контактнo-дугогасительная система контактора показана на рис. 6.

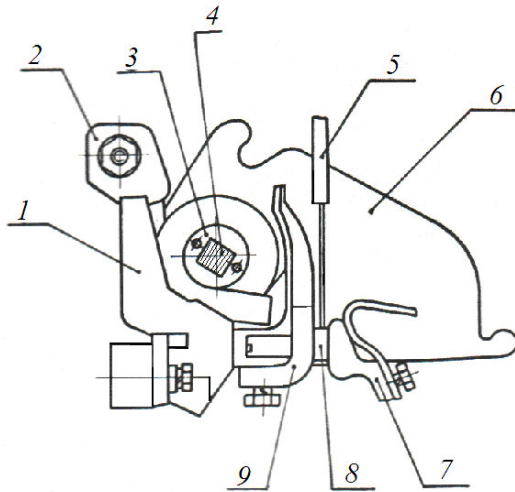


Рисунок 6 – Структурная схема контактно-дугогасительной системы контактора постоянного тока

Сердечник 4 устанавливается в гильзу 3, которая крепится к стальным щекам 6. Между подвижным 7 и неподвижным 9 контактами в качестве перемычки установлена латунная квадратная трубка 8, в которую введен щуп 5 измерительного прибора. В качестве измерительного прибора использовался миллитесламетр. Измерение индукции магнитного поля проводилось в диапазоне токов от 100 до 700 А. Результаты измерений приведены в табл. 2.

Проведенные исследования показали, что индукция магнитного поля контактно-дугогасительной системы контактора с сердечником из аморфного сплава превышает значения индукции магнитного поля с серийным сердечником на 5–10 %.

Таблица 2 – Магнитная индукция сердечников контактно-дугогасительной системы контактора

Материал сердечника	Ток, А						
	100	200	300	400	500	600	700
	Индукция, мТл						
Серийный сердечник	1,4	2,75	4,1	5,25	6,3	7,25	8,1
Аморфная сталь	1,5	2,95	4,5	5,6	6,7	7,8	8,55

Это говорит о том, что влияние магнитного поля, создаваемого катушкой магнитного дутья при наличии сердечника из аморфного сплава, позволяет увеличить скорость перемещения электрической дуги в дугогасительную систему контактора постоянного тока. В результате гашение электрической дуги происходит быстрее, чем в серийных контактно-дугогасительных системах контакторов.

Таким образом, результаты исследований говорят о возможности применения аморфного сплава марки 7421 в сердечниках контактно-дугогасительных систем контакторов. Но для решения вопроса о целесообразности их применения

необходимы дальнейшие исследования по широкой программе с различными конструкциями сердечников и, по возможности, с разными марками аморфного сплава.

ВЫВОДЫ. Анализ технических решений, а также уникальные свойства аморфных сплавов продемонстрировали возможность их применения не только в магнитопроводах трансформаторов, но и в магнитопроводах конструкций электромагнитных систем электрических аппаратов.

Проведенные исследования аморфных сплавов в контактно-дугогасительных системах контакторов показали возможность существенного улучшения их параметров при сохранении или незначительном изменении конструкций. Исследования необходимо продолжить с учетом требуемых параметров и магнитных характеристик аморфных сплавов различных марок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электрические и электронные аппараты. В 2 т. Т. 1. Электромеханические аппараты: учебник для студентов высших учебных заведений / Под ред. А.Г. Годжелло, Ю.К. Розанова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 352 с.
2. Марков А.М. Особенности расчета дугогасительной системы электромагнитного контактора постоянного тока // Вестник ПсковГУ. Тем. вып. «Экономические и технические науки». – Псков: ПсковГУ, 2013. – Вып. 2. – С. 183–189.
3. Пат. 2406178 Российская Федерация, МПК⁷ Н01Н 9/30. Устройство магнитного дутья коммутационного аппарата / А.А. Грицук, Э.Ш. Мурадов; патентообладатель ООО «Технос»; заявл 11.06.2009; опубл. 10.12.2010.
4. Токарь М.Н., Павленко Т.П. Исследование аморфных сплавов в трансформаторах тока полупроводниковых расцепителей автоматических выключателей // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – Харьков, 2013. – Вып. 5. – С. 42–46.
5. Аморфные металлические сплавы / Под ред. Ф.Е. Люборского: пер. с англ. – М.: Металлургия, 1987. – 584 с.
6. Кекало И.Б. Атомная структура аморфных сплавов и ее эволюция. – М.: Высшая школа, 2006. – 340 с.
7. Токарь М.Н., Павленко Т.П. Возможности применения аморфных сталей в индуктивных датчиках тока // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Тематичний випуск «Електричні машини та електромеханічне перетворення енергії». – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – Вип. 38. – С. 116–121.
8. Токарь М.Н., Павленко Т.П. Определение возможности применения аморфной стали в магнитных системах электрических аппаратов // Вопросы теории и проектирования электрических машин // Сборник научных трудов. – Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет, 2013. – С. 78–86.

9. Токар М.Н., Павленко Т.П. Аморфные сплавы и возможность их применения в электромагнитных системах электротехнических устройств // Труды XII Международной научной технической кон-

ференции "Проблемы повышения эффективности электромеханических преобразователей в электроэнергетических системах". – Севастополь, 2013. – С. 146–148.

**ON THE EFFECTIVENESS OF AMORPHOUS ALLOYS
IN MANDREL OF ARC-SUPPRESSING CONTACTOR SYSTEM**

T. Pavlenko, M. Tokar

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

ul. Frunze, 21, Kharkov, 61002, Ukraine. E-mail: mr.max.t@mail.ru

In the article the problem of arc control is considered in the process of exploitation of electric apparatuses on the example of work of contactors of direct-current. The ways of decision the problems are shown, based on the necessary technical requirements produced at planning to the constructions of the arc-suppressing systems. One of progressive decisions of this problem is the use of amorphous alloys in the mandrel of the arc-suppressing system, that will allow similarly to optimizing the construction of the system. The aim is determination of possibility of using of amorphous in the mandrel of the arc-suppressing system of contactor. We were studied magnetic characteristics, mechanical and chemical properties as well technological parameters of amorphous steels to achieve the goal. Experimental studies have been of work of contactor of direct-current with the use in the mandrel of amorphous steel in the arc-suppressing system. On results to the researches it was determined the possibility of application of amorphous steels in the mandrel of the arc-suppressing system and the further prospect of application of amorphous alloys in electric apparatuses.

Key words: electric arc, arc-suppressing system, intension, magnetic induction, amorphous alloys.

REFERENCES

1. *Elektricheskiye i elektronnyye apparaty* [Electrical and electronic devices] (2010), Electromechanical devices, a textbook for university students, publishing center "Academy", Moscow. (in Russian)
2. Markov, A. (2013), "Features of the calculation of the arc of the electromagnetic contactor", *Vestnik PskovGU, Tem. vyp. "Ekonomicheskiye i tekhnicheskiye nauki"*, PskovGU, Pskov, Vol. 2, pp. 183–189. (in Russian)
3. Gritsuk, A.A. and Muradov, E.Sh. (2010), Pat. 2406178 The Russian Federation, the IPC' H01H 9/30. *Ustroystvo magnitnogo dutya kommutatsionnogo apparata* [The device is a magnetic blast switchgear], patentee LLC "Technos"; 11.06.2009 appl, publ. 10.12.2010.
4. Tokar, M. and Pavlenko, T. (2013), "Study of amorphous alloys in the current transformer circuit breakers tripping semiconductor", *Energoberezeniye, Energetika, Energoaudit*, no. 5, pp. 42–46. (in Russian)
5. *Amorfnyye metallicheskiye splavy* [Amorphous metal alloys], (1987), under. ed. Luborsky, F., trans. from English, Metallurgiya, Moscow, (in Russian)
6. Kekalo, I. (2006), *Atomnaya struktura amorfnykh splavov i yeye evolyutsiya* [Atomic structure of amorphous alloys and its evolution], Vysshaya shkola, Moscow. (in Russian)
7. Tokar, M. and Pavlenko, T. (2014), "The possibility of using amorphous steels inductive current sensors", *Visnyk NTU«KhPI», Tem. vyp. «Elektrychni mashyny ta elektromekhanichne peretvorenniya enerhiyi*, no. 38, pp. 116–121. (in Russian)
8. Tokar, M.T. and Pavlenko, T.P. (2013), "Determine the suitability of amorphous steel in magnetic systems of electrical machines", *Voprosy teoryi i proektyrovannya elektricheskyykh mashyn, Sbornyk nauchnykh trudov*, UIGTU, Ulyanovsk, pp. 78–86. (in Russian)
9. Tokar, M.T. and Pavlenko, T.P. (2013), "Amorphous alloys and the possibility of their use in the electromagnetic systems of electrical devices", *Trudy XII Mezhdunar. nauchn. tekhn. konferents. "Problemy povysheniya effektivnosti elektromekhanicheskyykh preobrazovateley v elektroenergeticheskyykh sistemakh*, pp. 146–148. (in Russian)

Стаття надійшла 13.05.2015.