

В Республике Беларусь в ближайшие годы должны появиться первые многоэтажки с технологией «Умный дом», оснащенные самыми последними достижениями в области IT-индустрии. Концепцию «Умного дома» разрабатывают сейчас в Институте жилищно-коммунального хозяйства Национальной академии наук. В [5] отмечено, что технологии не создаются ради технологий. Все направлено на то, чтобы повысить комфорт проживания и одновременно снизить затратность по основным ресурсам, что и могут предоставить современные информационные технологии. К системе «Умный дом» есть подходы с точки зрения комфортности, экологичности, применения различных систем передачи данных – оптоволоконной или мобильной связи, энергетической эффективности. Это многокомпонентная, сложная задача, и в ближайшее время должны быть очерчены ее контуры с учетом как мирового опыта, так и отечественных реалий. Причем разработка будет применима не только в масштабах городов, но и в сельской местности, агрогородках, чтобы качество жизни в них ничем не отличалось от городских стандартов.

Таким образом, основная цель технологии «Умный дом» – повышение уровня безопасности, комфорта проживания, что достигается посредством автоматизации управления системами жизнеобеспечения. Рациональное использование ресурсов способствует энергосбережению и повышению энергетической эффективности жилых зданий.

Литература

1. Энергонезависимые здания и Умный дом. – Режим доступа: <http://intelliger.ru>. – Дата доступа: 28.03.2021.
2. Авдеев, А. С. Разработка систем автоматизации жилых и офисных помещений «Умный дом» // Катановские чтения : сб. науч. тр. студентов – 2014. – С.142–143.
3. Авдеев, А. С. Основные проблемы программирования систем «Умного дома» / А. С. Авдеев, А. И. Герасимова // Перспективы науки. – 2014. – С. 62–65.
4. Галяутдинова, А. В. В Швейцарии заселен первый в мире энергетически независимый дом. – Режим доступа: <http://madrobots.ru/log/post/eco-house-in-brutten/>. – Дата доступа: 28.03.2021.
5. Костюкевич, А. Окна смотрят в завтра / А. Костюкевич // СБ Беларусь сегодня. – 24.04.2018. – С. 12.

СИЛОВЫЕ АМОΡФНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

А. В. Новик

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Т. В. Алфёрова

Экономия электрической мощности и энергии является важнейшим направлением развития современных электрических сетей и систем электроснабжения. Особое значение это направление приобрело в связи с необходимостью повышения энергоэффективности использования электроэнергии и реализации программ энергосбережения. Одним из критериев результативности энергосбережения являются величины суммарных потерь электрической мощности и энергии, снижение которых возможно только на основе широкого применения инновационного электрооборудования, в частности, распределительных трансформаторов с сердечником из аморфной стали.

На распределительные трансформаторы приходится 25–30 % всех технических потерь в энергосистемах. Полностью устранить эти потери невозможно. Трансфор-

матору, как и любому другому устройству, для работы требуется энергия. Часть этой энергии уходит на нагрев проводов (потери короткого замыкания), часть – на перемагничивание (потери холостого хода). В связи с изменением нагрузки на протяжении суток, а также в разные периоды года весомерность единицы потерь холостого хода $P_{\text{хх}}$ в 2–4 раза выше единицы потерь короткого замыкания $P_{\text{кз}}$. Причем, трансформаторы работают круглосуточно, и соответственно потери $P_{\text{хх}}$ происходят постоянно. Использование электротехнической стали с ориентированными зернами и применение технологии *step-lar* при изготовлении магнитопровода позволили снизить $P_{\text{хх}}$ на 20–30 %, и это было серьезным достижением. Применение же аморфной стали позволяет совершить настоящий технологический прорыв, снизив $P_{\text{хх}}$ в 2–3 раза [1].

Аморфный сплав (АС) – это определенный вид прецизионного сплава. Его отличительной характеристикой в отличие от сплавов кристаллической структуры является целый комплекс физических и химических свойств. Одно из основных отличий аморфного сплава от электротехнической стали – отсутствие периодичности в расположении атомов. Также эти сплавы отличаются от кристаллических сплавов большей устойчивостью к коррозии, они прочнее в несколько раз и обладают лучшей электромагнитной характеристикой. В настоящее время для использования в электротехнических устройствах наибольшее распространение получили аморфные сплавы на основе металлов переходной группы «железо – никель – кобальт» (Fe; Ni; Co), взаимодействующие с металлоидами «бор – кремний – углерод» (B; Si; C), которые понижают температуру плавления и обеспечивают более легкое достижение температуры стеклования аморфного сплава при его охлаждении. В результате исчезают междоменные границы, что приводит к высокой твердости, прочности и коррозионной стойкости таких материалов. Аморфное состояние достигается подбором химического состава сплава и использованием специальной технологии сверхбыстрого охлаждения со скоростью выше критической, для чего исходный расплав выливается на быстро вращающийся диск (рис. 1) [2]. При попадании на поверхность диска расплав охлаждается со скоростью около 106 К/с и превращается в ленту толщиной от 15 до 60 мкм, имеющую аморфную структуру, аналогичную структуре стекла. Лента навивается в кольцевые, U-образные сердечники или формируется в виде стержней. Технология навивки позволяет получать сердечники с диаметром от нескольких миллиметров до 500 мм.

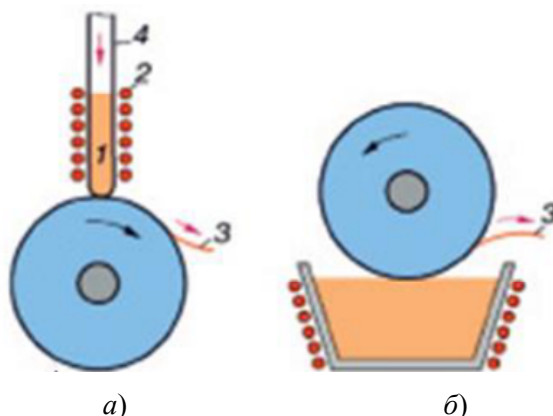


Рис. 1. Схемы устройств для получения аморфных сплавов закалкой из жидкого состояния: а – нанесение расплава на вращающийся металлический диск или цилиндр; б – извлечение расплава вращающимся диском; 1 – расплав; 2 – нагревательное устройство (индукционная печь); 3 – лента аморфного сплава; кварцевая трубка

Придание материалам специфических свойств (например, петля гистерезиса определенной формы) достигается термо- или термомагнитной обработкой (ТМО), в результате которой структура ленты может остаться аморфной, стать частично кристаллизованной или нанокристаллической.

В настоящее время силовые распределительные трансформаторы с сердечником из АС серийно выпускаются и используются в США, Канаде, Японии, Индии, Словакии и других странах. Всего в мире уже изготовлено 60–70 тыс. трансформаторов мощностью 25–100 кВ · А. Примерно тысяча трансформаторов прошли успешные многолетние испытания в различных энергосистемах. Наибольших успехов добились США и Япония. Японская фирма «Hitachi» в сотрудничестве с американской «AlliedSignal» выпустила группу силовых трансформаторов с магнитопроводом из аморфного сплава мощностью от 500 до 1000 кВ · А. Испытания показали, что потери электроэнергии в магнитопроводах таких трансформаторов на 80 % меньше по сравнению с трансформаторами со стальными сердечниками. Начиная с 2009 г., ряд европейских распределительных компаний также установили в опытную эксплуатацию несколько трансформаторов мощностью 400 кВ · А с сердечником из аморфной ленты.

Особенности АС потребовали изменения конструкции магнитопровода. В связи с малой толщиной аморфный материал наиболее пригоден для витой конструкции магнитопровода, которая может применяться у трансформаторов с номинальной мощностью до 1000 кВ · А.

В России производство отечественных силовых трансформаторов сдерживалось причинами технологического и экономического характера. Дело в том, что для изготовления магнитопровода силового трансформатора мощностью от 32 кВ · А необходима аморфная лента шириной до 220 мм. Промышленный выпуск такого материала освоен сравнительно недавно и пока только за рубежом. Российские производители в настоящее время предлагают ленту шириной до 80 мм. Повлияло также снижение цен на аморфную сталь с 50 до 3 долл. США за килограмм, что сделало выпуск «аморфных» трансформаторов экономически оправданным, причем это касается масляных трансформаторов. Сухие силовые трансформаторы с аморфным сердечником являются более дорогостоящими и поэтому требуют дополнительного технико-экономического обоснования – такое оборудование может остаться невостребованным рынком. В 2012 г. первой в России к выпуску силовых трансформаторов с аморфными сердечниками АТМГ приступила группа «Трансформер» (рис. 2) [1].



Рис. 2. Трансформатор АТМГ ПГ «Трансформер»
а – внешний вид; б – магнитопровод с катушками

В Республике Беларусь первый масляный трехфазный трансформатор типа ТМГ24-400/10 с витым магнитопроводом из аморфного сплава был изготовлен на Минском электротехническом заводе. Благодаря инновационным технологиям, используемым при изготовлении трансформатора, удалось добиться существенного улучшения его технических показателей, характеризующих энергоэффективность [3].

В частности, первый трансформатор имел следующие характеристики: $S_{\text{ном}} = 400 \text{ кВ} \cdot \text{А}$; $\Delta P_x = 0,29 \text{ кВт}$; $\Delta P_k = 5,8 \text{ кВт}$; $I_x = 0,3 \%$; $U_k = 4,5 \%$.

Если сравнивать ТМГ24-400/10 с трансформаторами такой же мощности других типов, то можно заметить, что он имеет значительное превосходство по показателям холостого хода (ХХ). Например, его значение ΔP_x примерно в три раза меньше, чем у трансформатора ТМГ11-400/10.

Трансформаторы с магнитопроводами из АС имеют высокую энергоэффективность, так как их потери ХХ составляют примерно 1/3 от потерь холостого хода трансформаторов с сердечником из холоднокатаной электрической стали.

В то же время трансформаторы данной конструкции обладают и рядом недостатков. Существенным недостатком магнитопроводов из АС является их более высокая стоимость по сравнению с сердечниками из традиционных материалов. Кроме того, аморфная сталь имеет толщину 25–30 мкм, большую твердость и хрупкость. Последний фактор усложняет сборку магнитопровода.

Таким образом, применение трансформаторов с магнитопроводами из АС позволяет снизить потери мощности и электроэнергии в системах электроснабжения объектов разного назначения, а также связанные с электропотреблением технико-экономические показатели промышленного предприятия: плату за электропотребление, энергетическую составляющую себестоимости продукции, выброс CO_2 в атмосферу и др.

Литература

1. Печенкин, В. И. Силовые «аморфные» трансформаторы. Будущее в настоящем / В. И. Печенкин // Электротехн. рынок. – 2012. – № 5/6 (47, 48). – С. 46–47.
2. Войтюлевич, О. А. Трансформаторы с аморфным магнитопроводом / О. А. Войтюлевич, С. Г. Гапанюк // Актуальные проблемы энергетики : материалы науч.-техн. конф. студентов и аспирантов, Минск, 2017 г. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2017. – С. 409–412.
3. Сорока, А. В. Применение распределительных трансформаторов с магнитопроводом из аморфной стали / А. В. Сорока, В. Н. Радкевич // Актуальные проблемы энергетики : материалы науч.-техн. конф. студентов и аспирантов, Минск, 2017 г. / Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2017. – С. 494–499.

ДИАГНОСТИКА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

А. Ю. Гурьянов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Т. В. Алфёрова

Основной целью технической диагностики является, в первую очередь, распознавание состояния технической системы в условиях ограниченной информации, и как следствие – повышение надежности и оценка остаточного ресурса оборудования.

Неотъемлемый элемент при централизованном электроснабжении является трансформатор. Выход из строя силового трансформатора может привести к созданию аварийных ситуаций, перебоям электроснабжения, массовому недоотпуску про-