

УДК 658.26

ПРЕИМУЩЕСТВА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА С МАГНИТОПРОВОДОМ, ВЫПОЛНЕННЫМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ

Миренков А.С.

Научный руководитель - старший преподаватель Прокопенко Л.В.

В настоящее время в качестве материала сердечников трансформатора тока используют электротехническую сталь и нанокристаллические сплавы. Нанокристаллические сплавы начали применяться в конце 80-х годов прошлого столетия в электротехнической промышленности США и Японии [1]. Эти сплавы на основе железа, кремния, бора, ниобия и меди получают путем розлива расплава через тонкую ~ 25 мкм фильеру на поверхность вращающегося с большой скоростью охлаждаемого вала. При высокой скорости охлаждения (до 1 миллиона градусов в секунду) атомы сплава не успевают сформировать крупнокристаллическую решетку. Сплав, таким образом, приобретает аморфный, нанокристаллический характер, когда размеры кристаллов и доменов в тысячи раз меньше обычных и уникальные магнитно-электрические свойства [1].

Поскольку трансформаторы тока (ТТ) работают в установившемся режиме в малых полях, то для их изготовления необходимо использовать материалы не только с большой магнитной проницаемостью, но и с высокой начальной магнитной проницаемостью.

Высокая начальная магнитная проницаемость и линейность характеристики намагничивания позволяет обеспечить метрологические характеристики ТТ с магнитопроводами из нанокристаллических сплавов во всем диапазоне изменения измеряемых токов. Характеристика намагничивания магнитопроводов из электротехнической стали в начале диапазона имеет нелинейный характер, чем и объясняется увеличенная погрешность измерений в диапазоне до 20% $I_{ном}$.

На рис.1 представлены типовые петли гистерезиса для электротехнической стали и нанокристаллического сплава [1].

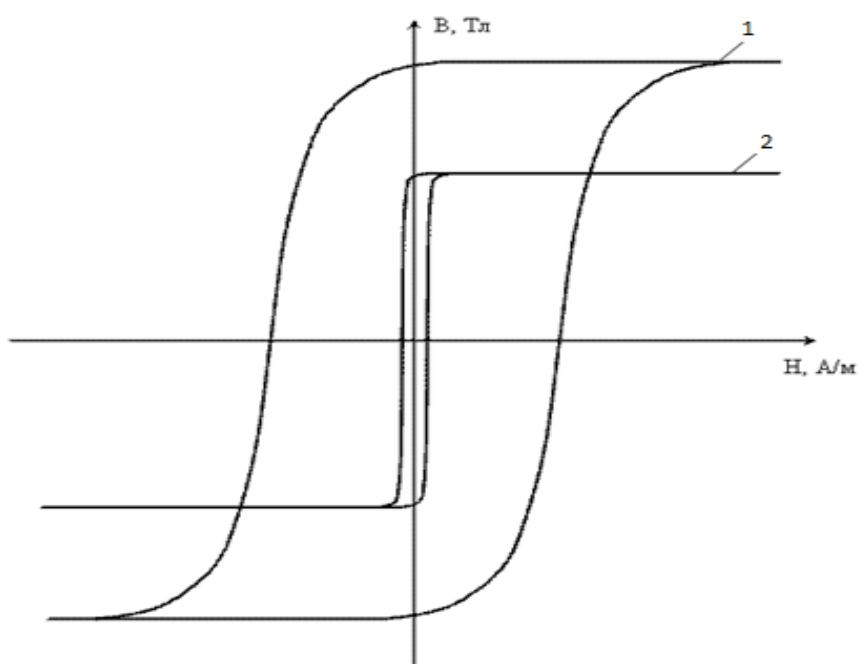


Рисунок 1. Петля гистерезиса для электротехнической стали и нанокристаллического сплава. где 1 – электротехническая сталь 2 – нанокристаллический сплав

Сравним характеристики электротехнической стали и нанокристаллического сплава [1].

Таблица 1. Сравнительная таблица характеристик материалов

Характеристика\Вид материала	Электротехническая сталь	Нанокристаллический сплав
Начальная магнитная проницаемость	20000	50000
Максимальная магнитная проницаемость	25000	80000
Магнитная индукция насыщения, Тл (при $H=800$ А/м)	1,75	1,2
Коэрцитивная сила (А/м)	80	2,5

Значение магнитной индукции насыщения для нанокристаллических сплавов меньше, чем для электротехнической стали, что позволяет снизить коэффициент безопасности.

Очень низкое значение коэрцитивной силы у нанокристаллического сплава практически исключает возможность намагничивания сердечника постоянным током. Полное перемагничивание сердечника при подаче переменного тока происходит уже при напряженности магнитного поля и значениях первичного тока 1-2 процента.

Для сердечников же из электротехнической стали, которые могут намагнититься при аварийных отключениях этого добиться трудно.

За счет высокого удельного сопротивления магнитные вихревые потери мощности в нанокристаллических сердечниках в 4-10 раз меньше, чем в сердечниках из электротехнической стали.

Нанокристаллические сплавы сохраняют свои магнитные свойства при нормальной температуре не менее 100 лет, а при температуре $+50^{\circ}\text{C}$ не менее 50 лет, что позволяет увеличивать межповерочный интервал ТТ.

Высокие магнитные качества сердечников трансформаторов тока из нанокристаллических сплавов делают трансформаторы на их основе чувствительными по метрологическим характеристикам к повышению нагрузки (увеличению сопротивления нагрузки) во вторичной цепи трансформаторов тока сверх номинальной при максимальном первичном токе, что требует на практике жесткого выполнения всех вышеуказанных противоперегрузочных требований. Перегрузочные способности таких трансформаторов тока могут быть повышены за счет увеличения сердечников, что не всегда экономически оправдано для изготовителя, поскольку сердечники из нанокристаллических сплавов в 1,5-2 раза дороже сердечников из электротехнической стали.

Измерительные трансформаторы тока на сердечниках из нанокристаллических сплавов имеют перед трансформаторами тока на сердечниках из электротехнической стали следующие преимущества [2]:

- 1) Устойчивость метрологических характеристик к намагничиванию постоянным током.
- 2) Высокое электросопротивление материала и уменьшенные в 4-10 раз потери на вихревые токи и перемагничивание сердечника.
- 3) Повышенный (двойной) технологический запас по классу точности.
- 4) Более длительный срок службы с сохранением метрологических характеристик (и, тем самым, потенциально больший межповерочный интервал).
- 5) Меньшие затраты материала на сердечник и обмотки, меньшие габариты, вес сердечника и вес трансформатора тока в целом.
- 6) Большая устойчивость к хищениям электроэнергии (при нагрузках потребителя менее 50% номинальной) и росту коммерческих потерь.

Литература

1. Преимущества класса точности 0,5S перед 0,5 для трансформаторов тока//Панасенко В.В. [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа :

- <http://www.rza.org.ua/article/read/Preimuschestva-klassa-tochnosti-0-5S-pered-0-5-dlja-transformatorov-toka.html>. - Дата доступа: 2.05.2016.
2. Основные преимущества трансформаторов тока, изготовленных с применением сердечников из аморфного нанокристаллического сплава//Производственное предприятие "Юджэн" [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа : <http://yudzhen.by/ru/izmeritelnye-transformatory-preimuschestva>- Дата доступа: 2.05.2016.