

Дроссели импульсных контроллеров постоянного тока

Мирослав Лукевски

Индукционные элементы, работающие в силовом электронном оборудовании, на сегодняшний день создаются чаще всего с использованием современных магнитных материалов. Аморфные и нанокристаллические магнетики позволяют эффективно ограничить потери, возникающие в трансформаторах и дросселях, работающих в диапазоне средних частот.

В статье проводится сравнение основных технических параметров однофазных дросселей типа AD1W намотанных на аморфных сердечниках и традиционных дросселей ED1W. Дроссели AD1W и ED1W производятся на предприятии ELHAND TRANSFORMATORY. Эти дроссели находят применение, например, в импульсных контроллерах постоянного тока.

Импульсные контроллеры постоянного тока

Работа непосредственных преобразователей постоянного тока основывается на регулирование среднего значения напряжения на нагрузке. Изменение среднего значения напряжения можно получить двумя способами: изменяя время проводимости тиристора t_p , при постоянном периоде следования импульсов, T (регулирование напряжения посредством широтно-импульсной модуляции, ШИМ) или изменяя частоту следования импульсов, при неизменной ширине импульсов напряжения, t_p (частотная модуляция ЧМ) [5].

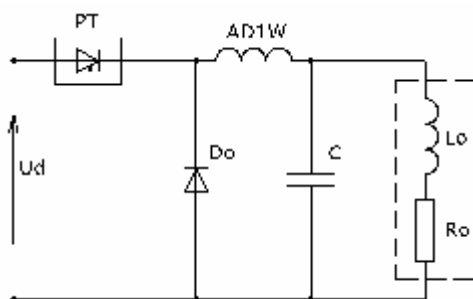


Рис.1 Упрощенная схема цепи прерывателя постоянного тока [5]

Контроллеры постоянного тока находят применение также при создании приводов постоянного тока для регулирования скорости вращения двигателей постоянного тока. Регулирование и поддержание заданной скорости вращения методом ШИМ возможны при достаточно высокой частоте ШИМ благодаря большой инерции ротора. Ограничение пульсаций тока на выходе контроллера достигается путем использования индуктивного, или индуктивно-емкостного фильтра (Рис.1). Рост частоты ШИМ, хотя и благотворно влияет на работу двигателя постоянного тока, но, значительно ухудшает условия работы выходного дросселя.

Сглаживающие дроссели типа AD1W и ED1W

В электротехнической промышленности для производства магнитных сердечников применяются так называемые магнитно-мягкие материалы. Уже в 70-х годах прошлого столетия появились первые дроссели и трансформаторы с сердечниками из аморфных материалов.

Структурно не упорядоченные аморфные сплавы на основе железа и кобальта очень быстро стали незаменимыми материалами в электротехнической промышленности. Хорошие

магнитные свойства аморфных сплавов (высокая начальная магнитная проницаемость, малое поле коэрцитивной силы, небольшие потери энергии на перемагничивание, высокое удельное сопротивление) по сравнению с классическими трансформаторными видами стали, являются результатом отсутствия фактора границ зерен и ограничения магнитокристаллической анизотропии.[1]

С тех пор наблюдается динамичное развитие, как технологий, так и фундаментальных исследований, которые завершилось созданием современной группы нанокристаллических материалов. Прогресс технологии получения аморфных и нанокристаллических материалов, а также рост их доступности на рынке, на сегодняшний день позволяет заменять классические виды трансформаторной стали современными магнетиками, с низкими потерями энергии.

Сравнение технических параметров аморфного материала и трансформаторной стали, представлено в таблице 1.

Таблица.1

Свойства материала	Аморфный сплав	Анизотропный трансформаторный лист
	METGLAS 2605SA1	M089-27N
Толщина листов	25 $\mu\text{м}$	270 $\mu\text{м}$
Индукция насыщения	1,56 Т	1,77 Т
Потери	$p = 6,5 \times f^{1,51} \times B^{1,74}$ [Вт/кг]	$p = 1,4$ [Вт/кг] для 1,7Т 50Гц
Удельное сопротивление	137 $\mu\Omega$ см	48 $\mu\Omega$ см
Магнитострикция насыщения	27×10^{-6}	$\sim 1 \times 10^{-6}$
Температура Кюри	415 $^{\circ}\text{C}$	746 $^{\circ}\text{C}$

Аморфные сердечники POWERLITE C-Cores (рис. 2) наматываются из тонких лент из аморфного материала толщиной 25 $\mu\text{м}$ с относительно высоким удельным сопротивлением (табл.1), что существенно ограничивает интенсивность потока вихревых токов. В традиционных трансформаторных листах поток вихревых токов вызывает значительные дополнительные потери. В целях ограничения потерь на вихревые токи, возникающие в сердечнике под влиянием индуцированного напряжения, сердечники магнитопровода пакетируют из листов трансформаторной стали. Пакетированные листы дополнительно защищены электроизоляционным покрытием, чтобы избежать потока вихревых токов поперечно между листами.



Рис.2 Сердечник типа AMCC POWERLITE C-Cores изготовленный из аморфного сплава [4]

Сердечник, изготовленный на основе классической трансформаторной стали, представлен на рис. 3. Подрезанные согласно направлению вальцевания отрезки трансформаторных листов пакетируются, создавая сердечник, состоящий из ярма – горизонтальные части и колонн – вертикальные части. Воздушный зазор в сердечнике дает возможность подобрать индуктивность, а также точку гистерезиса намагничивания дросселя. При значительных потерях в сердечнике проектируется несколько воздушных зазоров по

всей высоте колонн. Таким способом получается равномерное распределение значения индукции в колоннах, а также пропорциональное распределение потерь. Кроме этого, выгодным является ограничение ширины зазоров. В областях зазоров значительной ширины возникает значительный поток рассеивания, который индуцирует в медных обмотках поток вихревых токов, вызывая дополнительные потери.

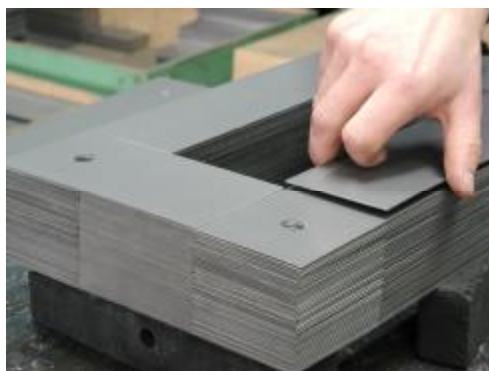


Рис.3 Сердечник однофазного дросселя, пакетированный из трансформаторных листов

Дроссели типа ED1W находят применение в выходных цепях выпрямителей, контакторов и прерывателей постоянного тока, где частоты токов и напряжений не превышают несколько сот Герц. Для работы в цепях с более высокими частотами коммутаций предназначены дроссели типа AD1W изготовленные на сердечниках из аморфного материала. В таблице 2 сопоставлены технические параметры дросселей AD1W и ED1W с одинаковыми номинальными данными, выполненных на сердечниках из разных магнитных материалов.

Таблица 2

	AD1W – 0,5/70	ED1W – 0,5/70
Индуктивность	0,5 мГн	
Номинальный ток	70Аdc	
Составляющая переменная тока	50Аac p-p, fac=10кГц	
Температурный класс изоляции	Т40Е (Тmax=120 °С, Δtmax=75К)	
Потери в обмотке	124 Вт	161 Вт
Потери в сердечнике	74 Вт	123 Вт
Максимальная температура дросселя	102 °С	107 °С
Материал сердечника	METGLAS 2605SA1	M089-27N
Размеры дросселя L x B x H	140x180x180 мм	280x240x370 мм
Вес Fe	~ 7,1 кг	~ 37,8 кг
Вес Cu	~ 4,9 кг	~ 20,9 кг

Дроссель AD1W-0,5/70 был произведен на предприятии Elhand Transformatory, а дроссель типа ED1W-0,5/70 был спроектирован только в целях сравнения.

Для снижения высоких потерь в традиционном сердечнике дросселя ED1W, сильно ограничено значение индукции в сердечнике - до значения ~0,15Тл и применено 4 воздушных зазора в каждой колонне. Это мероприятие вызывает повышение износа листа трансформаторного железа и меди. Производство дросселя является очень трудоемким. Применение современного сердечника из аморфного материала позволяет ограничить основные потери в сердечнике, а также так называемые дополнительные потери при относительно высокой индукции ~1,2Тл. Используется только один воздушный зазор. Сердечник легко монтировать – нет необходимости пакетирования и нарезки листов. Существенная разница возникает и в количестве требуемых материалов для производства

дросселей AD1W-0,5/70 и ED1W-0,5/70, что дает почти пятикратное уменьшение веса дросселя с сердечником из аморфного материала.



Рис.4. Дроссель типа AD1W - 0,5мГн / 70A_{dc}, f_{ac}=10 кГц с сердечником из аморфного материала, работающий на выходе прерывателя постоянного тока



Рис.5. Дроссель типа ED1W - 0,5 мГн / 70A_{dc}, f_{ac}=10 кГц спроектированный с сердечником из классической трансформаторной стали

Литература

- [1] – Magnetyki Amorficzne, Red. Henryk K. Lachowicz, Instytut Fizyki PAN W-wa 1983r
- [2] – Magnetyki amorficzne jako materiał na rdzenie transformatorów, A. Nafalski, T. Janowski, H. Stryczewska, A. Wac-Włodarczyk, Przegląd Elektrotechniczny, nr 10-11, 1985r
- [3] – Blachy i taśmy elektrotechniczne, Stalprodukt S.A., Bochnia 2004
- [4] – www.hitachi-metals.co.jp - materiały techniczno-informacyjne
- [5] – Technika Tyristorowa, R. Barlik, M. Nowak, WNT W-wa 1994r
- [6] – Dokumentacje techniczne dławików typu ED1W i AD1W, Elhand Transformatory