

УДК 621.313

Д.А. КРЕТИНИН, студент гр. ЭЛб-241 (КузГТУ)

А.А. ИВАНОВА, студентка гр. ЭЛб-241 (КузГТУ)

Научный руководитель: Ю.Ю. ЛЕОНОВА, ассистент (КузГТУ)
г. Кемерово

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

Современные электроприводы широко применяются в различных областях, таких как промышленность, транспорт, бытовая техника. Их энергоэффективность является ключевым фактором, влияющим на конкурентоспособность и экологичность. По данным Международного энергетического агентства (IEA), электроприводы потребляют около 45% всей электроэнергии, используемой в промышленности [1, 2].

Повышение энергоэффективности электроприводов позволяет нам снизить затраты на электроэнергию. Энергосбережение на 10% может привести к экономии до 15% затрат на электроэнергию. Снижение энергопотребления электроприводов также способствует сокращению выбросов углекислого газа, что важно для борьбы с изменением климата.

Применение материалов с улучшенными характеристиками позволяет создавать более долговечные и надежные электроприводы [3].

Среди материалов, используемых в электроприводе, широкое распространение получили медные обмотки, которые обладают высокой проводимостью (58,0 МСм/м), но имеют большой вес и высокую стоимость. Стальные магнитные материалы обеспечивают высокую магнитную проницаемость ($\mu \approx 200$), но страдают от потерь на вихревые токи и гистерезис, что снижает КПД. Изоляционные материалы, которые традиционно используются для полимеров, такие как полиэфир, полиамид и эпоксидные смолы, имеют низкую теплопроводность ($\approx 0,2$ Вт/(м•К)). Это может приводить к перегреву обмоток и снижению срока службы электропривода.

Современные разработки в области материалов предлагают новые возможности для повышения энергоэффективности электроприводов за счет использования керамических материалов, которые обеспечивают высокую теплостойкость и электроизоляцию, что позволяет создавать более компактные и долговечные электроприводы, либо за счет использования редкоземельных элементов (скандий, иттрий, а также элементы с порядковыми номерами с 57 по 71 в периодической таблице химических элементов). Редкоземельные элементы обеспечивают более высокую магнитную проницаемость ($\mu > 1000$) по сравнению со сталью, что позволяет уменьшить размеры и массу магнитных цепей и повысить КПД [4].

Аморфные сплавы также имеют большие перспективы (рис.1). Они обладают более низкими потерями на вихревые токи и гистерезис по сравнению с традиционными сталью. При изготовлении магнитопроводов аморфные сплавы не требуют дополнительного проката, поверхностной обработки и отжига. Для получения оптимальных магнитных свойств применяют термомагнитную обработку, которая проще термообработки пермаллоя и осуществляется в ряде случаев на воздухе [5].



Рис. 1. Аморфные и нанокристаллические ленты

Одна из новых разработок – это наноструктурированные магнитные материалы, которые обеспечивают более высокую магнитную проницаемость и сниженные потери (рис. 2).

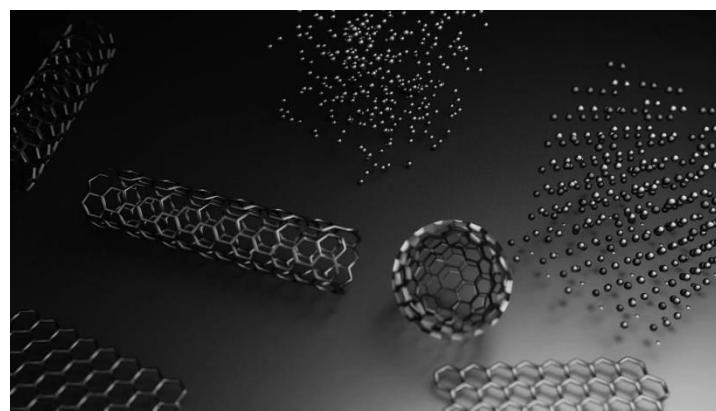


Рис. 6. Наноструктурированные магнитные материалы

Материалы с высокой проводимостью получают путем добавления в состав материала элементов с высокой проводимостью. Например, медь с высокой проводимостью получают путем добавления в состав меди серебра. Это позволяет снизить потери в обмотках на 10-15%. Серебро имеет более высокую проводимость, чем медь (63,0 МСм/м), но при этом дороже. Применение серебра оправдано в случаях, когда требуется максимальное снижение потерь.

Сверхпроводники обеспечивают нулевое сопротивление при определенных температурах, что позволяет создавать электроприводы с КПД, близким к 100% [6].

В таблице 1 приведены примеры сверхпроводников 1-го и 2-го рода и их параметры.

Таблица 1
Сверхпроводники и их параметры

Вещества	Критическая температура T_K , К	Критическая напряженность магнитного поля H_c , Э
Сверхпроводники 1-го рода		
Свинец	7,2	800
Тантал	4,5	830
Олово	3,7	310
Алюминий	1,2	100
Цинк	0,88	53
Вольфрам	0,01	1.0
Ниобий	9,25	4000
Сплав НТ-50 (Ni-Ti-Zr)	9,7	100000
Сплав Ni-Ti	9,8	100000
V_3Ga	14,5	350000
Nb_3Sn	18,0	250000
Сверхпроводники 2-го рода		
$PbMo_4S_8$	~	600000
Nb_3Ge	23	±
$GeTe^*$	0,17	-
$SrTiO_3$	0,2-0,4	130

Также к новым материалам относятся так называемые «новые изоляционные материалы». Это полимеры с высокой теплопроводностью, которые используются для создания высокоэффективных теплоотводов, что позволяет снизить перегрев обмоток и повысить надежность электропривода.

В таблице 2 приведены примеры полимерных материалов и их коэффициент теплопроводности.

Как видно из таблицы, теплопроводность кристаллических полимеров (ПЭНП, ПЭВП, ПП, ПА, ПЭТФ) выше, чем аморфных (ПС,

АБС-пл, ПВА, ПВХ, ПТФЭ, ПММА, ПК). Теплопроводность наполненных полимеров (фенопласти, аминопласти, эпоксипласти) выше, чем у ненаполненных.

Таблица 2

Коэффициент теплопроводности полимерных материалов

Полимерный материал	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К)
ПЭНП	0,32-0,36
ПЭВП	0,42-0,44
ПП	0,19-0,21
ПС	0,09-0,14
АБС-пл	0,12
ПВА	0,016-0,017
ПВХ	0,16
ПТФЭ	0,2-0,3
ПА	0,38
ПЭТФ	0,20
ПММА	0,19-0,2
ПК	0,31
Фенопласти	0,2-0,5
Аминопласти	0,28-0,34
Эпоксипласти	0,3-0,42

Применение новых материалов в электроприводах может привести к увеличению первоначальных затрат, но в долгосрочной перспективе позволит снизить энергопотребление и затраты на электроэнергию и техническое обслуживание, увеличить срок службы оборудования. Например, использование аморфных сплавов в магнитной цепи электропривода может привести к повышению стоимости электропривода на 10-15%, но при этом позволит снизить потребление электроэнергии на 3-5% и увеличить срок службы на 10-15%. Это позволит окупить дополнительные затраты в течение 2-3 лет.

Таким образом, проведение исследований в области материалов с высокой проводимостью, улучшенных магнитных материалов и высокотеплопроводящих изоляционных материалов позволит создать новые материалы, которые позволят повысить энергоэффективность и экологичность электроприводов [8].

Список литературы:

1. Использование шлюзов Industrial Ethernet для оптимизации систем частотно-регулируемых приводов / [Электронный ресурс] // Журнал Исуп : [сайт]. – URL: <https://isup.ru/articles/47/7273/> (дата обращения: 26.09.2024).
2. Электропривод / [Электронный ресурс] // maza.by : [сайт]. – URL: <https://maza.by/2023/09/18/elektroprivod/> (дата обращения: 28.09.2024).
3. Учебное пособие: Электрические аппараты / [Электронный ресурс] // Банк рефератов, дипломных и курсовых работ : [сайт]. – URL: http://ek-b.ru/promyshlennost_proizvodstvo/uchebnoe_posobie_elektricheskie_apparaty.html (дата обращения: 26.09.2024).
4. Магнитные материалы / [Электронный ресурс] // belstu : [сайт]. – URL: <https://belstu.by/userfolder/Кафедра%20химии,%20технологии%20электрохимических%20производств%20и%20материалов%20электронно%20техники/st/zaschita-mat/lekciya-12.pdf> (дата обращения: 26.09.2024).
5. Магнитные материалы / [Электронный ресурс] // PPT online : [сайт]. – URL: <https://en.ppt-online.org/167799> (дата обращения: 16.09.2024).
6. Немальцев З.Д. Сверхпроводники / [Электронный ресурс] // Студенческий научный форум – 2024 : [сайт]. – URL: <https://scienceforum.ru/2024/article/2018035422> (дата обращения: 26.09.2024).
7. Аморфные металлические материалы / [Электронный ресурс] // Силовая электроника : [сайт]. – URL: <https://power-e.ru/components/amorfnye-metallicheskie-materialy/> (дата обращения: 07.09.2024).
8. Худобердин И.И., Рахматуллин И.Р., Пионтковская С.А. Новые материалы для высокоэффективных преобразователей энергии / [Электронный ресурс] // Международный научный журнал "ВЕСТНИК НАУКИ" №7 (76) том 2. С. 455-466. 2024 г. [сайт]. – URL: <https://www.vestnik-nauki.ru/article/16809> (дата обращения: 03.10.2024).

Информация об авторах:

Кретинин Даниил Анатольевич, студент, гр. ЭЛб-241, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, daniil.kretinin.00@mail.ru

Иванова Арина Александровна, студентка, гр. ЭЛб-241, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, iavanova06@mail.ru

Леонова Юлия Юрьевна, ассистент кафедры электропривода и автоматизации, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, leonovayuyu@kuzstu.ru