

РЕЗЮМЕ НА НАУЧНИТЕ ТРУДОВЕ

на гл. ас. д-р инж. Михаела Димитрова Славкова,
представени за участие в конкурс за заемане на академична длъжност ”доцент”,
в област на висше образование 5 „Технически науки”, професионално направление
5.2 „Електротехника, електроника и автоматика“,
специалност „Електрически апарати”, обявен в ДВ брой 24/25.03.2022 г.

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА НАУЧНИТЕ ТРУДОВЕ

За участие в конкурса гл. ас. д-р инж. Михаела Димитрова Славкова, представя по показател В3 хабилитационен труд – монография на тема: „Специфични приложения на тороидални лентови магнитопроводи от аморфни и нанокристални магнитно меки сплави”, издателство Авангард-Прима, София, 2022, ISBN 978-619-239-705-0.

По показатели Г7 и Г8 са представени общо 18 броя научни статии и доклади, от които 13 са на английски език, а 5 на български език. Авторът представя 2 самостоятелни публикации, в 8 от статиите е първи автор, в 6 е втори автор, а в 2 е трети автор.

По показател Г7, представените публикации са общо 5 броя (реферирани и индексирани в Scopus и/или Web of Science), като 3 от тях са реферирани и индексирани едновременно (в Scopus и Web of Science, с импакт ранг SJR 0.14÷0.15). Две от публикациите са самостоятелни, а в останалите 3 авторът е на първо или на второ място.

По показател Г8, представените статии и доклади са общо 13 броя - нереферирани списания с научно рецензиране или в редактирани колективни трудове.

При описанието на характеристиките и анализа на монографията и научните трудове, както и при обединяването им в групи по дадено научно направление се използват следните индекси за обозначаването на типа на приноса и съответния вид:

- [1] научен принос;
- [2] научно-приложен принос;
- [3] приложен принос;
- [4] формулиране или обосноваване на нови решения на съществуващ проблем;
- [5] формулиране или обосноваване на нова теория или хипотеза;
- [6] създаване на нови класификации, методи, конструкции, технологии;
- [7] получаване на резултати, потвърждаващи хипотезата за процеса.

I. ХАБИЛИТАЦИОНЕН ТРУД –МОНОГРАФИЯ (ПОКАЗАТЕЛ В3)

Монографията на тема „Специфични приложения на тороидални лентови магнитопроводи от аморфни и нанокристални магнитно меки сплави” е разработена в 5 глави, съдържа 143 печатни стандартни страници, библиографията е от 177 източника (на английски, руски, български и немски език), има 32 фигури и 16 таблици.

В нея се обобщават многообразните приложения на аморфните и нанокристални магнитно меки сплави като материали за тороидални лентови магнитопроводи. Представен е систематизиран обзор на свойствата и характеристиките на тези сравнително нови магнитно меки сплави с некристална структура. Направен е цялостен анализ на критериите за избор на подходящите магнитно меки материали за задълбочаване на познанията за приложенията на тороидалните лентови магнитопроводи, изработени от аморфни и нанокристални сплави с цел търсене на нови насоки в развитието им. Разгледани са нови специфични приложения и са направени разработки, които са описани в отделните глави. Предложена е нова класификация, разделяща приложенията на традиционни и специфични. Това дава възможност освен за подобряване на показателите

на вече известните приложения, но и за създаване на нови енергийно ефективни устройства, благодарение на отличните характеристики на тези магнитно меки сплави.

В първа глава **”Аморфни и нанокристални магнитно меки сплави”** е направен кратък обзор на свойствата, характеристиките, условията за образуване, състава, условията за аморфизация, структурните особености на аморфните и нанокристални сплави, както и критериите за избор на магнитно меки материали за магнитопроводи. Разгледани са процесите на термичната и термомагнитната обработка на аморфните сплави, както и получаването на магнитно меки материали с различни характеристики и свойства. Представени са световно известните производители и ценовия диапазон на тези материали. Разгледани са и са обобщени различните типове класификации аморфните и магнитно меките сплави.

В глава втора **„Тороидални лентови магнитопроводи от аморфни и нанокристални магнитно меки сплави”** детайлно са разгледани действащите стандарти за тороидални лентови магнитопроводи от магнитно меки материали. Описани са конструктивните особености, параметрите и характеристиките на тороидалните лентови магнитопроводи, технологичните особености, свързани с термичната и термомагнитната им обработка. Специално внимание е обърнато на явлението магнитомеханичен резонанс, условията за възникването му и са представени изчислените резонансни честоти за тороиди от различни марки аморфни метални сплави. Направен е анализ и са дадени насоки при конструирането на магнитопроводи с цел избягването на явлението.

В трета глава **„Приложения на тороидални лентови магнитопроводи от аморфни и нанокристални магнитно меки сплави”** е представена новата класификация на приложенията на аморфните и нанокристални сплави – традиционни и специфични. Систематизирано са описани и обобщени конкретни приложения като са представени предимствата им в даденото проектно решение. Набелязани са нови приложения.

В четвърта глава **„Приложения на тороидални лентови магнитопроводи от аморфни и нанокристални магнитно меки сплави в насищащи се дросели с F характеристика на магнитопровода”** е разгледано ново приложение на дросел с насищане, но с F-характеристика на магнитопровода. Предложено е ново схемно решение за редуциране на загубите при включване на IGBT транзистори. Вместо традиционната RLD верига се използва дросел с тороидален магнитопровод с F-характеристика. Анализирани са принципите на действие на схемното решение, дефинирани са критериите за избор на магнитно мекия материал и е представена методиката за проектиране на дросела с насищане.

В пета глава **„Приложение на тороидални лентови магнитопроводи от аморфни и нанокристални сплави в токови трансформатори за силови полупроводникови преобразуватели с обратна връзка по напрежение”** представено ново решение за галваническо разделяне на сигнала между управляващия и захранващ блок в силов електронен преобразувател, чрез токов трансформатор. Анализирани са работата на схемното решение и ролята на трансформатора като са посочени предимствата на токовия трансформатор спрямо реализацията на схемата с напрежителен трансформатор. Разработката е фокусирана върху препоръките за проектиране на тороидалния магнитопровод на токовия трансформатор, който може да бъде единичен или съставен тип. Дават се насоки за избор на подходящи магнитно меки материали за тороидалния магнитопровод и са направени изчисления на грешките на токовия трансформатор с нанокристална сплав.

Научни [1], научно-приложни [2] и приложни приноси в монографията [3]

1. Предложено е разширение на сега действащия стандарт IEC 60635:1978/AMD1:1997 ED1 "Toroidal strip wound cores made of magnetically soft material" за тороидални лентови

магнитопроводи от магнитно меки материали и в частност от аморфни и нанокристални магнитно меки сплави, който е активен до 2025 година. Предложението за разширението се отнася само за промяна на съотношенията на външния към вътрешния диаметър на магнитопроводите $k_1 = d_1/d_2$, така че съотношението да стане по-малко от 1.25 и да се използват съотношения 1.10 и 1.05. Тази промяна се отнася за тороидални магнитопроводи, изработени от магнитно меки материали само с правоъгълен хистерезисен цикъл и висока магнитна проницаемост, за които има дадени предписанията за това съотношение и те са - да не превишава 1.25 всеки път, когато е възможно [2],[3],[6].

2. Предложена е оптимизация на режима на термообработка и/или термомагнитна обработка на тороидалните лентови магнитопроводи за някои сплави, отнасящ се за зона II (плато). Максималното времето за поддържане на константната температура се намалява от 40 на 15 минути и се постига оптимален режим и подобрени магнитни характеристики на тороидите [2],[3],[4],[6].

3. Определени са магнитомеханичните резонансни честоти на тороидални лентови магнитопроводи. Доказано е по изчислителен път, че за тороидални магнитопроводи, изработени от три различни типа магнитно меки сплави (Metglas), но с еднакви размери и параметри, магнитомеханичният резонанс настъпва при различна честота. Доказано е по изчислителен път, че за магнитопроводи с еднакъв вътрешен диаметър, но различен външен диаметър, от един тип магнитно мек материал (Metglas), магнитомеханичният резонанс може да настъпи при различна честота в зависимост от съотношението на външния към вътрешния диаметър. Доказано е, че колкото по-голямо е съотношението между външния и вътрешния диаметър на магнитопровода, толкова по-ниска е магнитомеханичната резонансна честота при равни други условия [2],[3],[7].

4. Предложена е нова класификация на приложенията на тороидалните лентови магнитопроводи от аморфни и нанокристални сплави – традиционни и специфични. Традиционните приложения, които се базират на известните класически типове хистерезисни цикли на магнитно меките материали – Z (*Rectangular* - правоъгълен), R (*Round* - класически) и F (*Flat* - полегат, линеен), от които се изработват магнитопроводите се разширяват с нов клас приложения – специфични. Специфичните приложения са на база два и повече тороида от магнитно меки сплави с различни характеристики, обединени в един общ съставен (известен още като композитен, комбиниран или смесен) магнитопровод. В съставните магнитопроводи, благодарение на паралелната работа на два магнитно меки материала може да се реализира широка гама от нови приложения, които не биха били възможни да се осъществят, ако не се използва съставен магнитопровод [1],[2].

5. Разширена е зоната на приложения със специфични приложения, базирани освен на съставни магнитопроводи, но и на използването на материал с различен от стандартния за приложението хистерезисен цикъл – например замяна на Z-хистерезисен цикъл с F-хистерезисен цикъл при определени режими на работа. По този начин освен, че се разширява зоната на приложение, но и се създават условия за реализиране на нови приложения с по-висока енергийна ефективност [2],[3].

6. Предложено е ново схемно решение за намаляване на загубите при включване на IGBT транзисторите в преобразувателите с PWM (широчинно импулсна модулация), които са около 50% от честотно зависимите комутационни загуби. Известната RLD верига се заменя с дросел с насищане, но с F-хистерезисен цикъл. Същественото при това ново решение е, че след като дроселът се насити в него престава да се натрупва повече магнитна енергия. Тази съхранявана енергия определя нивото на пренапреженията при изключване и тъй като е много ниска,

пренапреженията могат безпроблемно да бъдат овладени от традиционните RC или RCD групи, или чрез лавинни диоди [1],[2],[4],[5].

7. Предложен е подход за определяне на основните параметри на индуктивността на дросела с насищане с F-характеристика на магнитопровода. Изчислена е индуктивността и е доказано, че индуктивности от порядъка на няколко микрохенри се оказват достатъчни за ефективно намаляване на загубите на IGBT-транзисторите при включване и във включено състояние [2],[6],[7].

8. Предложено е ново решение за галваническо разделяне на сигнала между блока за управление и хранящия блок в силови електронни преобразуватели, чрез токов трансформатор. Посочени са и са доказани предимствата на представеното решение спрямо реализацията му с напрежителен трансформатор. Дадени са препоръки за проектирането и избора на подходящи магнитно меки материали за тороидалния магнитопровод на токовия трансформатор, който може да се ползва в приложението и който може да бъде от типа единичен или да е съставен [2],[4],[6],[7].

II. НАУЧНИ, НАУЧНО ПРИЛОЖНИ И ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ НА НАУЧНИТЕ ТРУДОВЕ (ПОКАЗАТЕЛ Г7)

Области на изследванията

Повечето научни статии по показатели Г7 и Г8, които са обект на разглежданията, са посветени на разработки и изследвания, насочени към приложения на аморфни и нанокристални магнитно меки сплави. Детайлно са изследвани и изучени особеностите на тороидалните лентови магнитопроводи, възможните им реализации в устройствата в зависимост от типа на използваните за направата им магнитно меки сплави – аморфни и нанокристални, направени са нови разработки на база на нови схемни решения, но с различен подход при решаване на поставените задачи. Предложени са нови решения със съставни магнитопроводи от два или повече магнитно меки материала или решения със замяна на съществуващ магнитно мек материал с нов, но с подобрени характеристики. Друга насоченост на статиите е в областта на анализа на схемните решения с програмния продукт *PSpice* и оценка на възможните за реализации на база на получените резултати. Има разработки, които са насочени към анализ на процеси и явления, свързани с магнитно твърдите материали. Една от разработките е в областта на комутационната техника и по специално с информативен характер във връзка със защитата от пожар в сгради с битово, промишлено и общо предназначение.

Направено е обобщение на научните разработки по следните тематични научни направления:

1. Приложения на тороидални лентови магнитопроводи от аморфни и нанокристални магнитно меки сплави - традиционни и специфични Г_7.5

2. Изследване и разработка на специфични приложения на тороидални лентови магнитопроводи от аморфни и нанокристални сплави, конструктивни особености и проектиране Г_7.1, Г_7.2, Г_7.3, Г_7.4, Г_7.5

3. Конструктивни и технологични особености на тороидални лентови магнитопроводи от аморфни и нанокристални сплави, изисквания към изолацията Г_8.1

4. Формулиране на специфични изисквания към магнитните материали за конкретно приложение (магнитно меки и магнитно твърди) Г_8.5, Г_8.6

5. *Изследване на токови трансформатори и електронни преобразуватели и техни специфични приложения с помощта на PSpice Г_8.2, Г_8.3, Г_8.4, Г_8.7, Г_8.8, Г_8.11, Г_8.12*

6. *Приложение на комутационни апарати за защита от пожари Г_8.10*

7. *Изследване на процеси и явления, свързани с конкретни приложения Г_8.7, Г_8.9, Г_8.13*

Г_7.1 K. Milanov, **M. Slavkova** and H. Antchev, Thyristor Control Driver with Composite Transformer, 2016 19th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA), 2016, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIELA.2016.7543028

Тиристорен драйвер за управление със съставен трансформатор

В статията е разгледано приложение на трансформатор със съставен магнитопровод, чрез който могат да бъдат удовлетворени строгите и противоречиви изисквания към управляващите драйвери на силови тиристори за преобразуватели. Драйверите за управление на силовите тиристори определят правилната и надеждна работа на преобразувателите. Управляващите драйвери могат да бъдат изпълнени по различни схеми, но тези с трансформатори имат предимства, които определят широкото им приложение. Функцията на драйверите е да генерират изходен ток с нарастващ фронт на импулса – над 2 до 10 А/μs, големи амплитудни стойности – от 2 до 5 А. Задължително условие за достатъчно голяма енергия е наличието на плато във формата на импулса на тока, което е с продължителност от 5 до 10 ms. Това е свързано с осигуряване на определени нива на протичащия електрически ток в управляващите вериги. Поради тази причина, трансформаторите, които се използват трябва да се захранват от източници на ток, а не от източници на напрежение. Настоящата статия предоставя общ преглед и оценка на възможни изпълнения на съставни магнитопроводи на трансформатори за тиристорни драйвери за управление и дава насоки за избор и дизайн, потвърдени от експериментални изследвания. Дадено е ново решение за драйвери за управление на тиристори със съставни магнитопроводи. Съставният магнитопровод на трансформатора е изработен от два вида магнитно меки материали – първият тороид е с магнитно мек материал с много висока първоначална магнитна проницаемост (F-цикъл), а вторият е с висока магнитна индукция на насищане (Z-цикъл или R-цикъл). Новото решение, което се предлага, се основава на специфичния начин на навиване на първичната и вторичната намотки около съставния магнитопровод на трансформатора. Първичната намотка е обща за двата тороидални магнитопровода на съставния магнитопровод на трансформатора, но вторичната намотка е разделена на две намотки, като всяка от тях се навива отделно около тороидалните магнитопроводи на съставния магнитопровод на трансформатора.

Научни и научно-приложни приноси

1. Предложено е да се използва съставен магнитопровод за трансформатора на тиристорния драйвер, който се състои от два тороида – изработени от сплави с различна магнитна проницаемост и хистерезисен цикъл. За разлика от традиционните съставни магнитопроводи на трансформатори тук се предлага ново решение с разделена вторична намотка и обща първична [1],[4].

2. Доказано е, че конструктивното и техническо решение за реализиране на трансформатора със съставен магнитопровод позволява генериране на импулс с необходимия стръмен преден фронт, висока амплитуда и последващо плато с голяма продължителност [6],[7].

3. Предложеното решение позволява амплитудата на управляващия ток да варира в значителни граници, които са съобразени със специфичните изисквания към тиристорите. Дадени са основни съотношения за оразмеряване на съставния магнитопровод на трансформатор на тиристорния драйвер за управление. Предложеното решение е внедрено успешно във високоволтов токоизправител 6.5 kV/30A [4],[5],[6].

Г_7.2 M. Slavkova and K. Milanov, Reduction of IGBT Turn-on Losses via Saturable Choke with F Characteristic of the Magnetic Core, 2018 20th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA), 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIELA.2018.8447064.

Редуциране на загубите при включване на IGBT транзистори с насищаш се дросел с F характеристика на магнитопровода

В статията е разгледано приложение на тороидални лентови магнитопроводи от аморфни и нанокристални магнитно меки сплави с F-хистерезисен цикъл в дросели с насищане, които се използват в схема за намаляване на загубите при включване на IGBT транзистори. Тук е предложени нов подход за решение на проблема, който се осъществява чрез ново схемно решение, което е подобрене на известната RLD верига с демпферна индуктивност. Схемата, може да бъде реализирана само с насищаш се дросел с F-хистерезисен цикъл на тороидалния лентов магнитопровод тоест с магнитно мек материал с F-хистерезисен цикъл, т.е. аморфен или нанокристален. От съществено значение за това ново решение, което се реализира с дросел с насищане е, че няма натрупване на магнитна енергия след като дроселът вече се е наситил. Новият начин за намаляване на загубите при включване на IGBT чрез насищаш дросел има съществени предимства. Токът, при който насищаният дросел се насища е по-малък от номиналния ток, при който работи IGBT транзистора и загубите на мощност са по-ниски. Съхранената енергия в наситено състояние на насищания се дросел е много ниска, което определя ниското ниво на пренапреженията при изключване на транзистора, които могат да бъдат контролирани от традиционни RC или RCD групи, или чрез лавинни диоди. Такива насищащи се дросели за намаляване на загубите при включване на IGBT транзистори могат да се препоръчат и за тиристори, дори и за контактни превключватели.

Научни и научно-приложни приноси

1. Предложено е ново схемно решение с дросел с насищане, при което е доказано, че индуктивности от порядъка на няколко микрохенри са достатъчни за ефективно намаляване на загубите на IGBT транзисторите при включване [4],[5],[6].
2. Доказано е, че се постига допълнителен ефект чрез редуциране на загубите при включване на IGBT транзисторите - при изключване на демпферния диод. Това допълнително намалява загубите. Комбинацията R-D (резистор-диод) създава условия за наличие на демпферна верига за индуктивността на основната захранваща мрежа, която от своя страна ограничава пренапреженията възникващи и върху IGBT транзисторите по време на изключване [5],[7].
3. Предложено е тороидалният магнитопровод на дросела с насищане да бъде изработен от нанокристална магнитно мека сплав с F-хистерезисен цикъл, което са намалява обема на дросела, олекотява го и като цяло е по-енергийно ефективен и подходящ за работа при неблагоприятни температурни условия [6].

Г_7.3 K. Milanov and M. Slavkova, Design of Saturable Choke for Reduction of IGBT Turn-on Losses, 2018 20th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA), 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIELA.2018.8447116.

Проектиране на дросел с насищане за намаляване на загубите при включване на IGBT транзистори

В статията е представена методика за изчисление на дросела с насищане с тороидален магнитопровод, изработен от магнитно мек материал с F-хистерезисен цикъл с висока магнитна проницаемост (от аморфна или нанокристална сплав). Дроселът се използва за съвместна работа с IGBT транзистори и служи за намаляване на загубите при включване на преобразувателя. При проектирането на дросела с насищане се цели да се постигнат определени параметри, които се явяват същевременно и изходни условия за оразмеряване.

Научни и научно-приложни приноси

1. Доказано е практически и по изчислителен път, че по принцип тороидалните лентови магнитопроводи, изработени от нанокристални сплави с F-характеристика на магнитопровода са по-малки, по-леки, по-енергийно ефективни и са подходящи за работа в условия на повишена околна температура. В статията е доказано е, че използването на дросел с насищане с F-хистерезисен цикъл при правилно оразмеряване, значително понижава загубите при включване на IGBT транзисторите [6],[7].
2. Представена е методика за оразмеряване на насищащи се дросели за това конкретно приложение и се дават критерии за избор на подходящ за приложението магнитно мек материал. Доказва се, че трябва да се работи с магнитно меки материали с много високи стойности на магнитната проницаемост в широк работен диапазон. Направените изчисления доказват ефикасността на приложението [6],[7].

Г_7.4 M. Slavkova, Application of Current Transformers in Power Electronics Converters with Voltage Feedback, 2020 21st International Symposium on Electrical Apparatus & Technologies (SIELA), 2020, pp. 1-8, doi: 10.1109/SIELA49118.2020.9167051.

Приложение на токови трансформатори в силови електронни преобразуватели с обратна връзка по напрежение

Предложено е ново решение за галваническо разделяне на сигнала между блока за управление и захранващ блок в силови електронни преобразуватели, чрез токови трансформатори. Направен е анализ на предложеното схемно решение и работата на трансформатора като се има предвид, че необходимата изходна мощност е много ниска и е в диапазона от миливатове. При това конкретно приложение на токов трансформатор са посочени предимствата на представеното решение спрямо реализацията му с напрежителен трансформатор. Това е доказано чрез направения анализ на схемните решения на базата на идеални трансформатори – токови и напрежителни. Дефинирани са препоръките за проектиране на тороидалния магнитопровод на токовия трансформатор (единичен или съставен) и са конкретизирани критериите за избор на подходящ магнитно мек материал.

Научни и научно-приложни приноси

1. Предложено е ново схемно решение с токов трансформатор за галваническо разделяне на силовия блок от блока за управление. Доказано е, че при използване на токови трансформатори грешката по напрежение е по-малка тъй като тя зависи само от импеданса на вторичната намотка на токовия трансформатор, приведена към първичната докато при

напрежителния трансформатор грешката по напрежение зависи и от импеданса и на първичната и на вторичната намотка на трансформатора [4],[5],[7].

2. Представена е методика за изчисление и е доказано, че при използване на магнитно меки материали с добри показатели (ниски загуби от хистерезис и вихрови токове) и при направено допускане за пренебрежимо малка стойност на намагнитващия ток и за двата трансформатора, токовият трансформатор има предимство по отношение на грешката по напрежение [4],[5],[7].

Г_7.5 М. Slavkova, Specific Applications of Nanocrystalline and Amorphous Soft Magnetic Materials with Different Hysteresis Loops, 2021 13th Electrical Engineering Faculty Conference (BulEF), 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/BulEF53491.2021.9690798.

Специфични приложения на нанокристални и аморфни магнитно меки материали с различни хистерезисни цикли

В статията са представени и обобщени различните типове класификации на аморфните и нанокристални магнитно меки сплави. Предложено е така известната класификация, която се използва за определяне на приложенията на тези магнитно меки сплави според типа на хистерезисния им цикъл - правоъгълен (Z), полегат – линеен или линеаризиран (F-FLAT) и класически (R-ROUND) да се разшири с нов клас приложения. Това са приложения, които могат да бъдат осъществени единствено поради възможността да се използва съставен магнитопровод. Към специфичните приложения спадат и тези, базирани на магнитни компоненти, произведени от магнитно меки материали с характеристики и хистерезисни цикли, които не са типични за конкретно приложение. Новата група приложения е обозначена като специфични приложения. В статията подробно са описани, както традиционни приложения, така и нови специфични приложения. Подчертано е, че основната идея за използването на съставния магнитопровод е подобряване на характеристиките и параметрите на магнитния компонент, за да се удовлетворят изискванията към конкретното устройство.

Научни и научно-приложни приноси

1. Предложена е нова класификация на приложенията на аморфните и нанокристални магнитно меки сплави като традиционната класификация е разширена с нов клас приложения – специфични. Новата група включва съставни магнитопроводи и нетипични приложения на материали с даден тип хистерезисен цикъл - замяната на материал с Z-хистерезисен цикъл с такива със F-хистерезисен цикъл (и обратното в зависимост от конкретното приложение) [6],[7].

2. Анализирани са класическите - традиционни приложения и са систематизирани, дадени са изискванията към магнитно меките материали за конкретни приложения - традиционни и специфични [4],[7].

III. НАУЧНИ, НАУЧНО ПРИЛОЖНИ И ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ НА НАУЧНИТЕ ТРУДОВЕ (ПОКАЗАТЕЛ Г8)

Г_8.1 М. Минчев, М. Славкова, Изисквания към изолацията на аморфни ленти за магнитопроводи при високи скорости на пренамагнитване, Proceedings of X-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA'97, May 30-31, Plovdiv, Bulgaria, Vol. 2, pp. 137-142, ISSN 1314-6297

Изисквания към изолацията на аморфни ленти за магнитопроводи при високи скорости на пренамагнитване

В статията са дефинирани общите изисквания към междуслойната изолация на магнитопроводите от аморфни метални ленти, както и подход за определяне на напрежението,

което изолацията трябва да издържа в зависимост от режима на работа на магнитопровода. Някои от производителите на аморфни метални сплави и досега предлагат тези материали под формата на лента, без изолация с цел клиентите сами да изработят магнитопроводи и да осъществят желаната от тях термо или термомагнитна обработка, и да получат тороидални лентови магнитопроводи с желаните от тях магнитни характеристики. За определянето на изискванията към изолацията не могат да се използват стандартите за електротехническа стомана, тъй като тя е с много по-голяма дебелина на лентата, докато аморфните метални сплави са с дебелина на лентата от порядъка на 20 μm . Описана е технологията на изолиране и навиване на магнитопроводите, както и някои техни конструктивни особености, дефинирани са изискванията относно термичната и термомагнитната им обработка. Дефиниран е температурния диапазон, който трябва да може да издържа изолационното покритие на аморфната метална сплав, както и изискването за дебелината на изолацията. Определено е напрежението, което трябва да издържа междуслойната изолация в зависимост от типа на материала на тороида – с F-хистерезисен цикъл или със Z-хистерезисен цикъл. Дадени са изразите за изчисление на напреженията, индуктирани в междуслойната изолация. Констатирано е, че магнитопроводите, изолирани по тази технология работят успешно повече от 5 години и са с устойчиви във времето характеристики. Изработени са над 200 тороидални лентови магнитопровода по тази технология и с тази междуслойна изолация.

Научни и научно-приложни приноси

1. Дефинирани са изразите за определяне на напрежението на междуслойната изолация на тороидални лентови магнитопроводи от аморфни метални сплави в зависимост от типа на хистерезисния цикъл и в зависимост от режима на работа на магнитопровода [6],[7].
2. Дефинирани са специфични изисквания към изолацията на аморфните метални сплави, произведени под формата на лента за изработка на тороидални лентови магнитопроводи [6],[7].

Г_8.2 M. Slavkova, M. Mintchev, Error of Current Transformers with Half-Wave Rectified Primary Current, Proceedings of XIII-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA'2003, May 29-30, 2003, Plovdiv, Bulgaria, vol. 2, pp. 175-180, ISBN 954-90209-2-4

Грешка на токови трансформатори с еднополупериоден първичен ток

В статията се дискутира проблема с определянето на грешката по мощност на токови трансформатори, които работят като свързващи трансформатори в статични електронни електромери за измерване на активната и реактивна енергия в еднофазни и трифазни мрежи за променлив ток с честота от 45 до 65 Hz. Те работят при несинусоидален режим и това затруднява определяне на грешката им по мощност, която трябва да е в определени граници. Предложен е модел за определяне на грешката на токовия трансформатор с помощта на *PSpice*. За целта са съставени две схеми – с токов и без токов трансформатор и е определена грешката по мощност като разлика от двете грешки.

Научни и научно-приложни приноси

1. Предложени са две схемни решения, разработени в средата на програмния продукт *PSpice* за определяне на грешката по мощност на токовите трансформатори, работещи при несинусоидален режим. Доказано е, че предложения метод е ефективен и точен начин за определяне на грешката по мощност на токови трансформатори при несинусоидален режим [4].

Г_8.3 M. Slavkova, M. Mintchev, Influence of Magnetic Core Material on the Error of Current Transformers with Half-Wave Rectified Primary Current, Proceedings of XIII-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA'2003, May 29-30, 2003, Plovdiv, Bulgaria, vol. 2, pp. 181-186, ISBN 954-90209-2-4

Влияние на материала на магнитопровода на грешката на токови трансформатори с еднополупериоден първичен ток

В статията се определя влиянието на материала на магнитопровода върху токовата грешка на токови трансформатори при несинусоидален режим. Дефинирани са критериите за избор на подходящ материал за магнитопровода. Анализът на процесите се извършва с помощта на софтуерния продукт *PSpice*. Изследването при периодично несинусоидално входно въздействие се извършва с помощта на методите на хармоничния анализ. Определян е първият хармоник на вторичния ток на токовия трансформатор с помощта на анализ на Фурие. За целта на анализа са съставени две схеми, с едната се определя експерименталния ток, а с другата се определя теоретичния ток на вторичната страна на токовия трансформатор. Грешката, която се получава е разлика от двете изчислени стойности. Резултатите са сравнени с експериментални данни за грешката на токови трансформатори при различни видове магнитни материали при разглеждания режим.

Научни и научно-приложни приноси

1. Предложени са две схемни решения, разработени в средата на програмния продукт *PSpice* за определяне на грешката по ток на токовите трансформатори, работещи при несинусоидален режим. Доказано е, че предложеният метод е ефективен и точен начин за определяне на грешката по ток на токови трансформатори при несинусоидален режим [4],[7].

Г 8.4 М. Slavkova, M. Mintchev, Error of Current Transformers with a Half-Wave Rectified Primary Current with an Active-Inductive Load, Proceedings of the Second International Conference on Challenges in Higher Education and Research in the 21st Century, June 2-5, 2004, Sozopol, Bulgaria, vol. 2, pp. 284-286, 2004, Bulgaria, Coronet Books Inc, Heron Press, ISBN 954-580-158-1

Грешка на токови трансформатори с еднополупериоден първичен ток при активно-индуктивен товар

В статията се определя ъгловата грешка на токови трансформатори чрез анализ на процесите с помощта на софтуерния продукт *PSpice*. Изследванията, които са направени са за установен режим. Ъгловата грешка се дефинира като разлика на фазите на първите хармоници на първичния и вторичния ток. Направени са изследвания за 4 товара при промяна на $\cos \varphi$ от 0.1 до 1. Анализът е с помощта на Фурие като данните са взети от изходния файл на програмата. Дефиниран е начина на изчисление на ъгловата грешка.

Научни и научно-приложни приноси

1. Предложено е схемно решение в средата на програмния продукт *PSpice* за определяне на ъгловата грешката на токовите трансформатори, работещи при несинусоидален режим. Доказано е, че предложеният метод е ефективен и точен начин за анализ на процесите и за определяне на влиянието на характера на товара и коефициента на мощността върху ъгловата грешка на токовия трансформатор, работещ при еднополупериоден първичен ток [4],[7].

Г 8.5 М. Slavkova, M. Mintchev, Comparative Studies of Soft Magnetic Materials, Proceedings of XIV-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA'2005, 02-03 June, 2005, Plovdiv, Bulgaria, Vol. 2, pp. 131-138, ISSN 1314-6297

Сравнителни изследвания на меки магнитни материали

В статията е направен сравнителен анализ на характеристиките на магнитно меките материали. Разгледани са техните статични и динамични параметри, видовете хистерезисни цикли и приложенията им. Конкретно са разгледани техни приложения в силови трансформатори, радиочестотни трансформатори, прецизни трансформатори и др. и са дефинирани изискванията към материала на магнитопровода за всяко едно от тях. Освен н на трансформатори внимание е отделено и на насищащи се дросели, противосмутителни дросели и др. Представена е класификация на магнитно меките материали според тяхната структура и

са описани характеристиките на някои в детайли като магнитно меки ферити, аморфни и нанокристални сплави на желязна основа, аморфни сплави на кобалтова основа и на основа никел-желязо, магнитно меки материали на база на праховата металургия и др. Направено е обобщение от какво зависи избора на магнитно мек материал за магнитопроводи.

Научни и научно-приложни приноси

1. Предложен е анализ на възможните приложения на разгледаните магнитно меки материали, като това има практическо значение при избора на материали за магнитопроводи [7].

Г_8.6 K. Milanov, **M. Slavkova**, Survey of Requirements to Permanent Magnets, Proceedings of XVI-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA'2009, June 04-06, 2009, Bourgas, Bulgaria, Vol. 2, pp. 213-220, ISBN 978-954-323-560-5, ISSN 1314-6297

Преглед на изискванията към постоянните магнити

В статията е направен преглед на изискванията към магнитно твърдите материали и са дефинирани критериите при избора им съобразно конкретното им приложение. Направен е сравнителен анализ между различните типове постоянни магнити като се има предвид състава им и са описани основните и най-често използвани магнитно твърди материали за постоянни магнити. Направено е кратко описание на магнитно твърди ферити, AlNiCo магнити, магнити на основа неодим-желязо-бор, редкоземни кобалтови магнити и др. Обърнато е внимание, че съществена роля при избора на материал за постоянни магнити за конкретно приложение играе цената, без да се пренебрегват при избора изключителните магнитните, физични и химични параметри на дадения материал. Разгледани са някои особености, отнасящи се до намагнитването и размагнитването на постоянните магнити. Дадени са конкретни препоръки за работа и в двата случая.

Научни и научно-приложни приноси

1. Предложен е анализ на възможните приложения на разгледаните магнитно твърди материали, като това има практическо значение при избора на материали за магнитопроводи [7].

Г_8.7 K. Milanov, **M. Slavkova**, M. Mintchev, A Study of Inrush Currents in PWM Converters Under Frequently Electrical Mains Interruptions, Elektrotechnika & Elektronika, Vol.45 No.9-10/2010, pp. 24-27, ISSN: 0861-4717

Изследване на пусковите токове на PWM преобразуватели при чести прекъсвания на електрическото захранване

За работата на преобразователите с широчинно-импулсна модулация (PWM) винаги е необходимо да се използва входен кондензатор наречен “поддържащ” или на английски език “supporting capacitor”. Той трябва да удовлетвори предъявените към него специфични изисквания като ниска стойност на импеданса (т.е. ниски стойности на съпротивлението и ниска стойност на индуктивността), както и да има достатъчно висока стойност на капацитета така, че да изпълни функциите си. Тези изисквания обаче са и причината за появата на сравнително високи пускови токове при включване на преобразувателя към електрическата мрежа. Това налага взимането на специални мерки за ограничаването на пусковите токове. В настоящата статия ограничаването на пусковите токове е предложено да стане с помощта на индуктивен елемент - линеен дросел, който е шунтиран с насрещно свързан диод. Вариантът с насрещно включен диод при по-високи захранващи напрежения има подчертано предимство, защото компонентите на преобразувателя работят с по-ниско натоварване по напрежение. Направен е анализ на процесите във веригата с програмния продукт *PSpice* и са представени резултатите от симулациите.

Научни и научно-приложни приноси

1. Предложено е ново схемно решение за ограничаване на пусковите токове при включване на преобразувател с широчинно-импулсна модулация - с помощта на линеен дросел, шунтиран с насрещно свързан диод. Насрещно включеният диод осигурява условия за по-ниско натоварване по напрежение на всички компоненти и има подчертано предимство при високи стойности на захранващите напрежения. Проведено е симулационно изследване чрез програмния продукт *PSpice* на процесите, наблюдавани в електрическата верига [4],[5],[6].
2. Предложеното ново решение за ограничаване на пусковите токове в ШИМ преобразуватели чрез линеен дросел, шунтиран с противоположно свързан диод, е доказано като добро и е намерило практическо приложение в превозни средства с електрически транспорт. Моделът е реализиран в тролейбуси и гарантира безопасна и надеждна работа [7].
3. Предложен е нов метод за оразмеряване на линейния дросел, като е дефинирано изискването: по време на преходния процес на включване, магнитопроводът на дросела не трябва да достига точката на насищане [4].
4. На базата на направените изследвания е предложено линейният дросел да бъде изработен с тороидален магнитопровод от магнитно мек материал с F-хистерезисен цикъл. С това технологично решение отпада необходимостта от срязване на магнитопровода с цел постигане на линейна магнитната характеристика [6].

Г_8.8 М. Славкова, К. Миланов, Изследване на DC/DC преобразувател с полумостов инвертор със средна точка с помощта на *PSpice*, Сборник доклади на III-та научна конференция ЕФ 2011 Дни на науката в ТУ-София, 30.09-03.10, 2011, Созопол, България, Том. 2, стр.163-168

Изследване на DC/DC преобразувател с полумостов инвертор със средна точка с помощта на PSpice

В статията е представен DC/DC преобразувател с полумостов инвертор. Изследванията са направени с помощта на програмния продукт *PSpice* с цел подпомагане на процеса на проектиране и по специално избор на подходящите за схемата елементи. Задачата е да се създаде модел на програмния продукт *PSpice* и да се реализира схемно трансформатор със средна точка на вторичната страна на преобразувателя, което е един от по-сложните проблеми за решение. Описан е метода на съставяне заместващата схема необходима за симулация на работата на преобразуватели със средна точка. Заложените параметри на преобразувателя са взети от реален модел. Направен е анализ на получените симулационни резултати. Получените ефективни стойности за токове и напрежения са кратни на реалните, ако схемата е изпълнена с 600 V захранващо напрежение. Направените изследвания с помощта *PSpice* улесняват процеса на проектиране при избор на подходящи за схемата елементи. Получените чрез симулация стойности за токовете и напреженията повтарят тези на реален модел на DC/DC полумостов преобразувател със средна точка на вторичната страна на преобразувателя. Моделът на трансформатора със средна точка е подходящ и описва поведението на елемент с линейна магнитна характеристика. Чрез реализираната схема се доказва и едно от основните и предимства, което се състои в по-доброто използване на трансформатора, намагнитващ се двупосочно. Не е необходимо да се използва размагнитваща намотка. Работата в режим на непрекъснат ток на изходната индуктивност L_4 води до намалени пулсации на изходното напрежение и необходимост от по-малък изходен кондензатор C_3 . Чрез реализираната схема лесно може да се провери дали получената при проектирането стойност на индуктивността е в реални граници. Могат да бъдат и отчетени недостатъците на схемата, свързани с това, че кондензаторите C_1 и C_2 са с голям капацитет, което увеличава габаритите на преобразувателя. Чрез симулации може да се оцени факта, че колкото по-голям е техният капацитет, толкова по-малки са пулсациите на изходното напрежение.

Научни и научно-приложни приноси

1. Създадено и предложено е схемно решение на трансформатор за преобразувател със средна точка на вторичната страна на трансформатора, посредством програмния продукт *PSpice*. Доказано е, че изборът на подходящи елементи се улеснява значително посредством получените резултати от направените симулационни изследвания с помощта *PSpice*. Получените симулационни стойности за токовете и напреженията съвпадат с тези на реално съществуващ DC/DC преобразувател с полумостов инвертор със средна точка на вторичната страна на трансформатора за преобразувателя [4],[6],[7].

2. Предложеният модел на трансформатор със средна точка за преобразувател с полумостов инвертор е подходящ при проектиране на такъв тип преобразуватели. Чрез реализираната схема е доказано едно от основните предимства - по-добро използване на трансформатора, който се намагнитва двупосочно. Не е необходимо използване на размагнитваща намотка [4],[7].

3. Работата в режим на непрекъснат ток на изходната индуктивност L_4 значително намалява пулсациите на изходното напрежение, от което следва, че падът на напрежение върху изходния кондензатор C_3 е с по-ниски стойности. Чрез моделираната схема в *Pspice* среда може да се провери стойността на индуктивността на дросела, получена при проектирането [4],[7].

Г_8.9 К. Milanov, **M. Slavkova**, Investigation of Resonance Inductive-Capacitive Transducers Based on Boucherot Cell for Power Capacitors Charging, Proceedings of XVII-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA'2012, 28-30 May 2012, Bourgas, Bulgaria, Vol. 2, pp. 147-152, ISSN 1314-6297

Изследване резонансни индуктивно-капацитивни преобразуватели базирани на схема на Бушерио

В статията е проведено изследване върху работата на индуктивно-капацитивни преобразуватели на базата на схема на Бушерио (Boucherot), предназначени за зареждане на силови кондензатори за магнетизатори. Предложено е схемно решение, базирано на схема на Бушерио, определен е токът през товара. Анализ на процесите е направен чрез програмния продукт *PSpice* като са зададени стойности, взети от проектно решение за тази разработка.

Научни и научно-приложни приноси

1. От анализа на направените изследвания се доказва приложимостта на представеното схемно решение за зареждане на силови кондензатори за магнетизатори чрез използване на резонансен индуктивно-капацитивен преобразувател на базата на схема на Бушерио [4],[7].

2. Доказано е предимството на тези преобразуватели пред останалите, поради възможността те директно да се захранват от електрическата мрежа. При това, протичащият през тях ток е синусоидален, а при работа не генерират смущения под формата на хармоници [4].

3. Доказано е, че тези преобразуватели са изключително надеждни при работа поради опростената си структура [4],[7].

Г_8.10 **M. Slavkova**, R. Tzeneva, Arc Fault Circuit Interrupters, Proceedings of the XVII-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA'2012, 28-30 May 2012, Bourgas, Bulgaria, pp. 165-169, ISSN 1314-6297

Прекъсвачи за откриване на електрическа дъга

В статията са представени сравнително нов клас комутационни апарати, които доскоро не бяха известни в Европа и България – за защита от пожар чрез откриване на искрене или дъга в електрическата веригата. Техният принцип на действие се основава на изключване на електрическата верига преди да е настъпил пожар и по този начин се реализира едно по-високо ниво на защита в помещения, които могат да бъдат потенциално опасни – с повишен

риск от пожар, спални помещения, складове и др.. Тези прекъсвачи са широко разпространени в САЩ, поради конструктивните особености на повечето жилищни сгради там. Използват се и в самолети за откриване на дъга и искрене в електрическата система поради нарушена изолация или по други причини. Принципът им на действие се основава на непрекъснат мониторинг на сигнала в електрическата верига и при засичане на специфична форма на сигнал, която се асоциира с искрене или дъга, те изключват. От друга страна, те не трябва да изключват, ако се появи искра вследствие на комутация на превключвател. Описан е принципът им на действие и приложението им. Има два вида прекъсвачи - откриващи последователна дъга и такива, които засичат паралелна дъга. От 2008 година по изискванията в нормативната уредба на САЩ тези прекъсвачи трябва да са в състояние да откриват наличието и да двата вида дъги. Изискване за надеждност е бъдат тествани веднъж месечно, за да се гарантира тяхната безотказна работа. Този тип прекъсвачи са отскоро въведени в експлоатация в Европа във връзка със стандарт на IEC 60364-4-42, който препоръчва използването на защитни комутационни апарати за защита от пожар чрез откриване на искрене или електрическа дъга в електрическата система.

Научни и научно-приложни приноси

1. Статията има информационен характер и е разработена с цел популяризиране и внедряване на тези прекъсвачи. В нея се дискутира нов подход за защита на помещенията от пожар, който за съжаление към момента на излизането на статията не е широкоизвестен у нас [7].

Г_8.11 К. Миланов, М. Минчев, **М. Славкова**, Изследване на DC/DC преобразовател с мостов инвертор със средна точка с помощта на PSpice, Годишник на Технически университет – София, Том 62, книга 3, 2012, стр. 183-188, ISSN 1311-0829

Изследване на DC/DC преобразовател с мостов инвертор със средна точка с помощта на PSpice

В статията е изследвано влиянието на обратен диод, включен във вторичната страна на трансформатора в DC/DC преобразовател с мостов инвертор. За целта е симулирана работата на DC/DC преобразувателя с помощта на програмния продукт *PSpice*. Създадени са два модела за изследване - без и с добавен „обратен диод“ и е направена съпоставка на получените симулационни резултати. От получените изходни диаграми може да се обобщи, че при включване на обратен диод токът, който протича през изправителните диоди и през вторичните намотки е или равен на изходящия или е „0“. Ако „обратен диод“ не е включен, през посочените елементи винаги тече ток, който е или равен на изходящия или е 50% от него. Направените симулации потвърждават изказаните теоретични изменения в работата на DC/DC преобразувателя, при включване на обратен диод във вторичната страна на трансформатора преди дросела. Включването му в схемата води до по-ниско натоварване както на изправителните диоди, така и на вторичните намотки на трансформатора. Изчислителната мощност на трансформатора се понижава. Ефектът от това по-ниско натоварване на посочените елементи е по-подчертан при преобразуватели, които работят с широк диапазон на изменение на изходящите параметри.

Научни и научно-приложни приноси

1. Предложени са два модела за изследване на DC/DC преобразовател с мостов инвертор - със и без обратен диод. Направеният симулационен анализ на схемите с помощта на програмния продукт *PSpice* потвърждават изказаните теоретични хипотези относно измененията в работата на DC/DC преобразувателя. Доказано е, че включването на обратен диод в схемата води до по-ниско натоварване на изправителните диоди и на вторичните намотки на трансформатора. Като резултат от направените изследвания е установено, че изчислителната мощност на трансформатора се намалява [6],[7].

2. В статията се препоръчва трансформатори с по-ниско натоварване, получено в следствие на включен "обратен диод" на вторичната страна, да се използват при DC/DC преобразуватели работещи в широк диапазон на изменение на изходните параметри [6],[7].

Г_8.12 М. Славкова, К. Миланов, М. Минчев, Изследване на токов трансформатор за еднополярни токови импулси, Сборник доклади на IV научна конференция на ЕФ, 28.09-01.10.2012, Созопол, България, Том 2, стр. 347-351

Изследване на токов трансформатор за еднополярни токови импулси

В статията се предлага решение за нов начин на натоварване на токови трансформатори, което позволява приложението им и за измерване на еднополярни токови импулси. При новото схемно решение товарът на токовия трансформатор за работната част от периода и за паузата има различна стойност. По този начин при широк диапазон на изменение на модулацията на импулсите са избегнати насищането на магнитопровода на токовия трансформатора и появата на систематични грешки. С помощта на програмния продукт *PSpice* е съставена заместваща схема на токовия трансформатор. В схемата е реализирано е захранване с еднополярни токови импулси чрез импулсен източник. Използван е нелинеен токов трансформатор от библиотеката с елементи на продукта като на вторичната страна на трансформатора е присъединен ключ, с който е реализирано превключването на товара в двата полупериода. Чрез резисторите R_3 и R_5 , се реализира различната степен на натоварване на трансформатора. В единия работен полупериод токът протича само през резистор $R_3=10\Omega$, а през периода на паузата и през $R_5=100\Omega$. През периода на паузата общото товарно съпротивление на вторичната страна на токовия трансформатор е 110Ω - значително по-висока стойност в сравнение с товара през работния период. По този начин е реализирана и разлика в напреженията на вторичната страна на токовия трансформатор, което от своя страна води до различна скорост на изменение на магнитната индукция в двете части на периода. Тогава магнитопроводът е в състояние да възстанови изходната си работна точка и токовият трансформатор може да работи при широк диапазон на изменение на модулацията на импулсите. Определен е коефициента на запълване на импулса γ . Симулациите са направени при две гранични стойности на γ 0.1 и 0.9. Доказва се, че токовите трансформатори могат да работят при коефициент на запълване на импулса γ – по-голям от 0.5 при предложеното изменение на товара. Това схемно решение може да бъде реализирано с полупроводникови елементи. Отношението на стойностите на двете съпротивления трябва да се избира така, че то да е по-голямо от стойността $1/\gamma$.

Научни и научно-приложни приноси

1. Предложено е ново схемно решение при натоварване на токови трансформатори, което позволява приложението им и за измерване на еднополярни токови импулси. Това решение е реализирано с различна стойност на товара през двата периода – работна област и област на пауза [4],[5],[6].
2. С помощта на програмния продукт *PSpice* е съставена заместваща схема на токовия трансформатор, като е реализирано захранване с еднополярни токови импулси чрез импулсен източник, нелинеен токов трансформатор и ключ, с който се осъществява превключването на товара в двата полупериода. Чрез два резистора се симулира нееднаквото натоварване на токовия трансформатор в двата периода. Доказано е, че токовите трансформатори могат да работят при коефициент на запълване на импулса γ – по-голям от 0.5 при предложеното изменение на товара [4],[5],[6].
3. Дефинирани са препоръки към новото схемно решение относно отношението на стойностите на двете съпротивления. Те трябва да се избира така, че съотношението да е по-голямо от стойността $1/\gamma$ [4],[5],[6].

4. С предложеното изменение на стойността на съпротивлението на товара в периодите на „работа” и на „пауза” става възможно приложението на токови трансформатори и за измерване на еднополярни токови импулси [4],[5],[6],[7].

Г_8.13 К. Миланов, М. Минчев, **М. Славкова**, Изследване влиянието на вихровите токове при импулсно намагнитване на системи с постоянни магнити, Годишник на Технически университет – София, Том 62, книга 4, 2012, стр. 137-144, ISSN 1311-0829

Изследване влиянието на вихровите токове при импулсно намагнитване на системи с постоянни магнити

Приложението на постоянните магнити на базата на редкоземни елементи се разширява непрекъснато. Особено широко приложение те намират, както в съвременните електрически машини и апарати, а така също и в различни поляризирани магнитни системи, акустични преобразователи и др. Самостоятелното намагнитване на постоянните магнити в импулсни режими не създава особено сериозни проблеми. Проблемите в този случай са при монтажа на предварително намагнитените детайли, който в много от случаите е силно затруднен. Изходът от това положение е намагнитването да се извърши след монтиране и поставяне на детайлите по местата им. В този случай обаче, влияние започват да оказват масивните метални части (арматури), които са изпълнени предимно от феромагнитни материали и са част от конструкцията на системите с постоянни магнити, заради влиянието на вихровите токове. В статията се анализира и оценява влиянието на вихровите токове при различни схеми на магнетизаторите. Това е необходимо, за да се подпомогне процесът на проектиране. За импулсно намагнитване най-често се използва токов импулс със синусоидална форма и продължителност един полупериод. Използва се и комбинирана форма на токовия импулс - синусоидална форма в първи участък и експоненциална във втори, и се прилага за намагнитване в системи с постоянни магнити с цел за намаляване на влиянието на вихровите токове. Направено е изследване относно механизма на влияние на вихровите токове в масивни системи с постоянни магнити, които имат цилиндрична форма и са симетрични във физическо и магнитно отношение по оста на цилиндъра. За намагнитване тези системи се поставят в индуктор също с цилиндрична форма. Направени са три вида анализ на проблема – теоретичен, симулационен и експериментален.

Научни и научно-приложни приноси

1. Оценено е влиянието на вихровите токове при намагнитване на системи с масивни проводящи части при използване на комбиниран по форма намагнитващ токов импулс от синусоида и експонента. Предложеното въз основа на направения теоретичен анализ описание на процеса на развитие на вихровите токове в системи за намагнитване е потвърдено чрез компютърна симулация с програмния продукт PSpice и чрез физически експеримент върху реална намагнитваща уредба [5],[6],[7].
2. Направен е анализ на процесите и са открити два етапа на въздействие на вихровите токове при намагнитването. Първият етап е при нарастване на тока, когато вихровите токове силно противодействат на процеса на намагнитване. Вторият етап е съществен - извършва се процесът на намагнитване, при което вихровите токове сменят посоката си и тяхното действие подпомага процесите на намагнитване [5].
3. Оценено е влиянието на вихровите токове чрез измерването на магнитния поток и съответстващата му средна стойност на магнитната индукция при два случая: при наличие и при отсъствие на магнитна система в индуктора [5],[7].
4. От направените теоретични, експериментални и симулационни изследвания може да се обобщи, че при комплексната форма на намагнитващия токов импулс, влиянието на вихровите токове върху процеса на намагнитване е силно потиснато като това решение товари топлинно повече самият индуктор [4],[5],[7].

SUMMARY OF THE SCIENTIFIC WORKS

of Ch. Asst. Prof. Eng. Mihaela Dimitrov Slavkova, PhD

submitted for participation in a competition for holding an academic position
“Associate Professor”,
in the field of higher education 5 “Technical sciences”,
professional field 5.2. “Electrical Engineering, Electronics and Automation”,
scientific specialty “Electrical Apparatus”
announced in State Gazette issue 24 / 25.03.2022

GENERAL CHARACTERISTICS OF SCIENTIFIC WORKS

For participation in the competition Ch. Asst. Prof. Eng. Mihaela Dimitrov Slavkova, PhD, submits according to indicator B3 habilitation work - monograph on the topic: "Specific applications of toroidal strip magnetic cores made of amorphous and nanocrystalline soft magnetic alloys", Publisher Avangard-Prima, Sofia, 2022, ISBN 978- 619-239-705-0.

According to indicators Г7 and Г8, a total amount of 18 scientific publications and reports are submitted, of which 13 articles are in English language and 5 in Bulgarian language. In 2 of the publications the candidate is the sole author, in 8 of the publications the candidate is the first author, in 6 articles is the second author, and in 2 articles is the third author.

According to indicator Г7, the submitted publications are 5 in total (referenced and indexed in Scopus and/or Web of Science), and 3 of them are referenced and simultaneously indexed (in Scopus and Web of Science, with impact rank SJR 0.14÷0.15). In two of the publications the candidate is the sole author, and in the remaining 3 the author is in first or second place.

According to indicator Г8, the presented articles and reports are a total of 13 – in non-refereed peer-reviewed journals with scientific review or published in peer-reviewed volumes.

At the description of the characteristics and analysis of monographs and scientific works, as well as at the unification of them into groups according to a given scientific direction, the following indexes are used to indicate the type of contribution and the corresponding variation:

- [1] scientific contribution;
- [2] scientific and applied contribution;
- [3] applied contribution;
- [4] formulation or substantiation of new solutions to an existing problem;
- [5] formulation or substantiation of a new theory or hypothesis;
- [6] creation of new classifications, methods, constructions, technologies;
- [7] obtaining results confirming the hypothesis of the process.

I. HABILITATION WORK – MONOGRAPH (INDICATOR B3)

The monograph on the topic "Specific applications of toroidal strip magnetic cores from amorphous and nanocrystalline soft magnetic alloys" is developed in 5 chapters, contains 143 printed standard pages, the bibliography is from 177 sources (in English, Russian, Bulgarian and German language), there are 32 figures and 16 tables.

It summarizes the diverse applications of amorphous and nanocrystalline soft magnetic alloys as materials for toroidal strip magnetic cores. A systematic overview of the properties and characteristics of these relatively new soft magnetic alloys with a non-crystalline structure is presented. A comprehensive analysis of the criteria for selecting the appropriate soft magnetic materials is made to deepen the knowledge of the applications of toroidal strip magnetic cores

made of amorphous and nanocrystalline alloys in order to search for new guidelines in their development. New specific applications are considered and developments are made which are described in individual chapters. A new classification is proposed, dividing applications into traditional and specific. This makes it possible not only to improve the performance of already known applications, but also to create new energy-efficient devices, thanks to the excellent characteristics of these soft magnetic alloys.

In the first chapter **“Amorphous and nanocrystalline soft magnetic alloys”** a brief overview of the properties, characteristics, conditions for formation, composition, conditions for amorphization, structural features of amorphous and nanocrystalline alloys, as well as the criteria for selecting soft magnetic materials for magnetic cores is made. The processes of the thermal and thermal magnetic treatment of amorphous alloys, as well as the production of soft magnetic materials with different characteristics and properties, are considered. The world famous manufacturers and the price range of these materials are presented. The various classification types of amorphous and soft magnetic alloys are reviewed and summarized.

In chapter two **“Toroidal strip magnetic cores of amorphous and nanocrystalline soft magnetic alloys”** the current standards for toroidal strip magnetic cores of soft magnetic materials are discussed in detail. The design features, parameters and characteristics of the toroidal strip magnetic cores, the technological features related to their thermal and thermomagnetic treatment are described. Special attention is paid to the phenomenon of magnetomechanical resonance, the conditions for its occurrence, and the calculated resonance frequencies for toroids of different brands of amorphous metal alloys are presented. An analysis is made and guidelines are given in the design of magnetic cores in order to avoid the phenomenon.

In the third chapter, **“Applications of toroidal strip magnetic cores of amorphous and nanocrystalline soft magnetic alloys”**, the new classification of the applications of amorphous and nanocrystalline alloys - traditional and specific - is presented. Specific applications are systematically described and summarized, presenting their advantages in the given project solution. New applications are marked.

In the fourth chapter, **“Applications of toroidal strip magnetic cores of amorphous and nanocrystalline soft magnetic alloys in saturable chokes with F-characteristic of the magnetic core”**, a new application of a saturable choke, but with F-characteristic of the magnetic core, is considered. A new circuit solution for reduction of turn-on losses of IGBT transistors is suggested. Instead of the traditional RLD circuit, a choke with F-characteristic of the toroidal magnetic core is used. The principle of operation of the schematic solution is analyzed, the criteria for selecting the soft magnetic material are defined and the methodology for designing the saturable choke is presented.

In the fifth chapter **“Application of toroidal strip magnetic cores made of amorphous and nanocrystalline alloys in current transformers for power electronic converters with voltage feedback”**, a new solution for galvanic separation of the signal between the control and the power unit in a power electronic converter, through a current transformer, is presented. The operation of the circuit solution and the role of the transformer are analyzed, and the advantages of the current transformer compared to the implementation of the circuit with a voltage transformer are indicated. Development is focused on design recommendations for the current transformer's toroidal magnetic core, which can be single or compound type. Guidelines are given for the selection of suitable soft magnetic materials for the toroidal magnetic core, and estimation of current transformer errors produced of nanocrystalline alloy are made.

Scientific [1], scientific-applied [2] and applied contributions in the monograph [3]

1. An extension of the current standard IEC 60635:1978/AMD1:1997 ED1 "Toroidal strip wound cores made of magnetically soft material" is proposed for toroidal strip wound cores made of soft

magnetic materials and in particular of amorphous and nanocrystalline soft magnetic alloys, which is active until 2025 year. The extension proposal refers only to changing the ratios of outer to inner diameter of the magnet wires $k_1 = d_1/d_2$ so that the ratio becomes less than **1.25** and the ratios **1.10** and **1.05** are used. This change applies to toroidal magnetic cores made of soft magnetic materials only with rectangular hysteresis loop and high magnetic permeability, for which the prescriptions for this ratio are given and they are - not to exceed **1.25** whenever possible [2],[3],[6].

2. An optimization of the regime of thermal treatment and/or thermomagnetic treatment of toroidal strip magnetic cores for some alloys is proposed, referring to zone II (plateau). The maximum time for maintaining the constant temperature is reduced from 40 to 15 minutes and the optimal regime and improved magnetic characteristics of the toroids are achieved [2],[3],[4],[6].

3. The magnetomechanical resonance frequencies of toroidal strip magnetic cores are determined. It is computationally proved that for toroidal magnetic cores made of three different types of soft magnetic alloys (Metglas), but with the same dimensions and parameters, the magnetomechanical resonance occurs at different frequencies. It is computationally proved that for magnetic cores with the same inner diameter but different outer diameter, made of one type of soft magnetic material (Metglas), the magnetomechanical resonance can occur at a different frequency depending on the ratio of the outer to the inner diameter. It is computationally proved that the greater the ratio between the outer and inner diameter of the magnetic core, the lower the magnetomechanical resonance frequency is, other things being equal [2],[3],[7].

4. A new classification of the applications of toroidal strip magnetic cores made of amorphous and nanocrystalline alloys - traditional and specific - is proposed. The traditional applications, which are based on the well-known classic types of hysteresis loops of the soft magnetic materials - Z (*Rectangular*), R (*Round - classic*) and F (*Flat - linear*), from which magnetic cores are made, are expanded with a new class of applications - specific. Specific applications are based on two or more toroids of soft magnetic alloys with different characteristics, combined in a common composite (also known as composite, combined or mixed) magnetic core. In composite magnetic core, thanks to the parallel operation of two soft magnetic materials, a wide range of new applications can be realized, which would not be possible if a composite magnetic cores was not used [1],[2].

5. The area of applications is expanded with specific applications based not only on composite magnetic cores, but also on the usage of a material with a hysteresis loop other than the standard one for the application – for example, replacing a Z-hysteresis loop with an F-hysteresis loop in certain operating regimes. In this way, besides expanding the application area, but conditions for the realization of new applications with higher energy efficiency are also created [2],[3].

6. A new circuit solution for reduction of turn-on losses of the IGBT transistors in PWM (pulse width modulation) converters, which are about 50% of the frequency-dependent switching losses, is proposed. The well-known RLD circuit is replaced by a saturable choke, but with an F-hysteresis loop. The essential thing about this new solution is that once the choke is saturated it stops accumulating more magnetic energy. This stored energy determines the level of overvoltages, and since it is very low, overvoltages can easily be controlled by traditional RC or RCD groups, or by avalanche diodes [1],[2],[4],[5].

7. An approach for determining the main parameters of the inductance of the saturable choke with the F-characteristic of the magnetic core is proposed. The inductance is calculated and it is proved that inductances of the order of several microhenries are sufficient for effective reduction of the losses of IGBT transistors at turn-on and switched state [2],[6],[7].

8. A new solution for galvanic separation of the signal between the control unit and the power supply unit in power electronic converters, by means of a current transformer, is proposed. The advantages of the suggested solution compared to its implementation with a voltage transformer are indicated and proven. Recommendations are given for the design and selection of suitable soft magnetic materials for the toroidal core of the current transformer which may be used in the application and which may be of the single or composite type [2],[4],[6],[7].

II. SCIENTIFIC, SCIENTIFIC APPLIED AND APPLIED CONTRIBUTIONS OF SCIENTIFIC WORKS (INDICATOR Γ_7)

Research Areas

Most of the scientific articles on indicators Γ_7 and Γ_8 , which are the subject of the reviews, are dedicated to developments and research oriented to applications of amorphous and nanocrystalline soft magnetic alloys. The features of toroidal strip magnetic cores are studied in detail, their possible implementations in devices depending on the type of soft magnetic alloys used for their production - amorphous and nanocrystalline, new developments are made based on new schematic solutions, but with a different approach to solving of the assigned tasks. New solutions are proposed with composite magnetic cores of two or more soft magnetic materials or solutions with replacement of an existing soft magnetic material with a new one, but with improved characteristics. Another focus of the articles is in the area of the analysis of schematic solutions with the software product PSpice and evaluation of possible implementations based on the obtained results. There are developments that are aimed to processes analysis and phenomena related to hard magnetic materials. One of the developments is in the field of commutation technology and in particular of an informative nature concerning the fire protection in buildings with domestic, industrial and general purpose.

A summary of the scientific developments in the following thematic scientific areas is made:

1. *Applications of toroidal strip magnetic cores of amorphous and nanocrystalline soft magnetic alloys - traditional and specific $\Gamma_{7.5}$*
2. *Research and development of specific applications of amorphous and nanocrystalline alloy toroidal strip magnetic cores, construction features and design $\Gamma_{7.1}, \Gamma_{7.2}, \Gamma_{7.3}, \Gamma_{7.4}, \Gamma_{7.5}$*
3. *Design and construction features of toroidal strip magnetic cores made of amorphous and nanocrystalline alloys, insulation requirements $\Gamma_{8.1}$*
4. *Formulation of specific requirements for magnetic materials for a certain application (soft magnetic and hard magnetic) $\Gamma_{8.5}, \Gamma_{8.6}$*
5. *Study of current transformers and electronic converters and their specific applications by PSpice $\Gamma_{8.2}, \Gamma_{8.3}, \Gamma_{8.4}, \Gamma_{8.7}, \Gamma_{8.8}, \Gamma_{8.11}, \Gamma_{8.12}$*
6. *Application of switchgear for fire protection $\Gamma_{8.10}$*
7. *Study of processes and phenomena related to specific applications $\Gamma_{8.7}, \Gamma_{8.9}, \Gamma_{8.13}$*

$\Gamma_{7.1}$ K. Milanov, **M. Slavkova** and H. Antchev, Thyristor Control Driver with Composite Transformer, 2016 19th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA), 2016, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIELA.2016.7543028

Thyristor Control Driver with Composite Transformer

In the paper is considered an application of a transformer with a composite magnetic core by which the stringent and contradictory requirements to the control drivers of power thyristor for converters can be met. The drivers for control of power thyristors determine the correct and reliable operation of converters. Control drivers can be made in various schemes, but those with transformers have advantages that determine their wide application. The function of the drivers is to generate an output current with a rising pulse front - over 2 to 10 A/ μ s, large amplitude values - from 2 to 5 A. A required condition for sufficiently large energy is the presence of a plateau in the form of the current pulse, which has duration of 5 to 10 ms. This is related to ensuring certain levels of electric current in the control circuits. For this reason, the transformers that are used must be supplied by current sources and not from voltage sources. This paper provides an overview and evaluation of possible implementations of composite magnetic core of transformers for thyristor control drivers and provides selection and design guidelines validated by experimental studies. A new driver solution for controlling thyristors with compound magnetic lines is given. The composite magnetic core of the transformer is made of two types of soft magnetic materials – the first toroid is made of a soft magnetic material with a very high initial magnetic permeability (F-loop) and the second one is made of a high saturation magnetic induction (Z-loop or R-loop). The new solution that is proposed is based on the specific way of winding the primary and secondary transformer coil around the magnetic core of the composite transformer. The primary winding is common for the two toroidal cores of the composite transformer, but the secondary winding is divided into two coils, each one of them is wound separately around the toroidal magnetic cores of the composite transformer.

Scientific and scientific applied contributions

1. It is proposed to use a composite magnetic core for the thyristor driver transformer, which consists of two toroids - made of alloys with different magnetic permeability and hysteresis loop. In contrast to the traditional composite magnetic cores of transformers, a new solution is proposed here with a split secondary winding and a common primary [1],[4].
2. It is proved that the constructive and technical solution for the realization of the transformer with a composite magnet core allows the generation of a pulse with the necessary steep rising edge, high amplitude and a subsequent plateau with a long duration [6],[7].
3. The proposed solution allows the amplitude of the control current to vary within significant limits, which are consistent with the specific requirements for thyristors. Basic ratios for dimensioning the composite magnetic core of a thyristor driver control transformer are given. The proposed solution is successfully implemented in a high-voltage rectifier 6.5 kV/30A [4],[5],[6].

Г_7.2 М. Slavkova and K. Milanov, Reduction of IGBT Turn-on Losses via Saturable Choke with F Characteristic of the Magnetic Core, 2018 20th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA), 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIELA.2018.8447064.

Reduction of IGBT Turn-on Losses via Saturable Choke with F Characteristic of the Magnetic Core

In the article is discussed an application of toroidal strip magnetic cores made of amorphous and nanocrystalline soft magnetic alloys with an F-hysteresis loop in saturable chokes, which are used in a scheme to reduce the turn-on losses of IGBT transistors. Here is proposed a new approach for solution the problem, which is accomplished by a new circuit solution that is an improvement on the known RLD circuit with damping inductance. The scheme can be realized only with a saturable choke with an F-hysteresis loop of the toroidal strip magnetic core, i.e. with a magnetically soft material with an F-hysteresis loop, i.e. amorphous or nanocrystalline. Essential to this new solution,

which is implemented with a saturation choke, is that there is no accumulation of magnetic energy after the saturation of the choke. The new way of reducing IGBT turn-on losses by means of a saturable choke has significant advantages. The current at which the saturable choke saturates is less than the rated current at which the IGBT transistor operates and the power losses are lower. The energy stored in the saturated state of the saturable choke is very low, which determines the low level of transistor turn-off surges, which can be controlled by traditional RC or RCD groups, or by avalanche diodes. Such saturable chokes for reduction of turn-on losses of IGBT transistors can also be recommended for thyristors, even for contact switches.

Scientific and scientific applied contributions

1. A new circuit solution with a saturable choke is proposed, where it is proved that inductances of the order of a few microhenries are sufficient to effective reduction of the turn-on losses of IGBT transistors [4],[5],[6].
2. It is proved that an additional effect is achieved by reduction of turn-on losses of IGBT transistors – at switching off the damper diode. This further reduces losses. The R-D (resistor-diode) combination creates conditions for the presence of a damping circuit for the inductance of the main supply network, which in turn limits the overvoltages occurring also on the IGBT transistors turn-off [5],[7].
3. It is proposed that the toroidal magnetic core of the saturable choke be manufactured of a nanocrystalline soft magnetic alloy with an F-hysteresis loop, which reduces the volume of the choke, makes it lighter, and is generally more energy efficient and suitable for operation in adverse temperature conditions [6] .

Г_7.3 K. Milanov and **M. Slavkova**, Design of Saturable Choke for Reduction of IGBT Turn-on Losses, 2018 20th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA), 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIELA.2018.8447116.

Design of Saturable Choke for Reduction of IGBT Turn-on Losses

In the article a methodology for calculation of a saturable choke with a toroidal magnetic core made of a soft magnetic material with F-hysteresis loop with high magnetic permeability (made of amorphous or nanocrystalline alloy), is presented. The choke is used to operate together with IGBT transistors and its purpose is to reduce turn-on losses at switching on the converter. At the design of saturable choke, the goal is to achieve certain parameters, which are also the starting conditions for dimensioning.

Scientific and scientific applied contributions

1. is proven practically and computationally that, in principle, toroidal strip magnetic cores made of nanocrystalline alloys with the F-characteristic of the magnetic core are smaller, lighter, more energy efficient and are suitable for operating in conditions of increased ambient temperature. In the article, it is proven that the use of a properly dimensioned saturable choke with an F-hysteresis loop, significantly lowers the turn-on losses of the IGBT transistors [6],[7].
2. A methodology for dimensioning the saturable chokes for this particular application is presented, and criteria for selecting a suitable soft magnetic material for the application are given. It is proved that magnetically soft materials with very high values of magnetic permeability should be worked in a wide operating range. The calculations made prove the efficiency of the application. [6],[7].

Г_7.4 **M. Slavkova**, Application of Current Transformers in Power Electronics Converters with Voltage Feedback, 2020 21st International Symposium on Electrical Apparatus & Technologies (SIELA), 2020, pp. 1-8, doi: 10.1109/SIELA49118.2020.9167051.

Application of Current Transformers in Power Electronics Converters with Voltage Feedback

A new solution for galvanic separation of the signal between the control unit and the power unit in power electronic converters, by means of current transformers is proposed. An analysis of the proposed circuit solution and the operation of the transformer are made considering that the required output power is very low and is in the range of milliwatts. In this specific application of a current transformer, the advantages of the presented solution compared to its implementation with a voltage transformer are indicated. This is proven through the analysis of circuit solutions based on ideal transformers - current and voltage. The recommendations for the design of the toroidal magnetic core of the current transformer (single or composite) are defined and the criteria for selecting a suitable soft magnetic material are specified.

Scientific and scientific applied contributions

1. A new schematic solution with a current transformer for galvanic separation of the power unit from the control unit is proposed. It is proved that at the usage of current transformers, the voltage error is smaller because it depends only on the impedance of the secondary winding of the current transformer referred to the primary, while with the voltage transformer the voltage error depends on the impedance of both the primary and the secondary transformer winding [4],[5],[7].
2. A methodology for estimation is presented and it is proved that the usage of soft magnetic materials with good indicators (low hysteresis and eddy currents losses) and assuming a negligibly small value of the magnetizing current for both transformers, the current transformer has an advantage in terms of the voltage error [4],[5],[7].

Г_7.5 M. Slavkova, Specific Applications of Nanocrystalline and Amorphous Soft Magnetic Materials with Different Hysteresis Loops, 2021 13th Electrical Engineering Faculty Conference (BulEF), 2021, pp. 1-6, doi: 10.1109/BulEF53491.2021.9690798.

Specific Applications of Nanocrystalline and Amorphous Soft Magnetic Materials with Different Hysteresis Loops

In the article are presents and summarized the different types of classifications of amorphous and nanocrystalline soft magnetic alloys. It is proposed that the well-known classification, which is used to determine the applications of these magnetically soft alloys according to the type of their hysteresis cycle - rectangular (Z), flat - linear or linearized (F-FLAT) and classic (R-ROUND) with a new class of applications. These are applications that can only be realized because of the possibility of using a composite magnetic core. Specific applications include those based on magnetic components manufactured from magnetically soft materials with characteristics and hysteresis loops that are not typical for a particular application. The new group of applications is labeled Specific Applications. Both traditional applications and new specific applications are described in detail in the article. It is emphasized that the main idea of using the composite magnet core is to improve the characteristics and parameters of the magnetic component to meet the requirements of the particular device.

Scientific and scientific applied contributions

1. A new classification of the applications of amorphous and nanocrystalline soft magnetic alloys is proposed, as the traditional classification is expanded with a new class of applications - specific. The new group includes composite magnetic cores and atypical applications of materials with a given type of hysteresis loop - the replacement of a material with a Z-hysteresis loop by those with an F-hysteresis loop (and vice versa depending on the specific application) [6],[7].

2. The classical - traditional applications are analyzed and systematized, the requirements to soft magnetic materials for certain applications - traditional and specific - are given [4],[7].

III. SCIENTIFIC, SCIENTIFIC APPLIED AND APPLIED CONTRIBUTIONS OF SCIENTIFIC WORKS (INDICATOR Г8)

Г_8.1 М. Минчев, **М. Славкова**, Изисквания към изолацията на аморфни ленти за магнитопроводи при високи скорости на пренамагнитване, Proceedings of X-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA'97, May 30-31, Plovdiv, Bulgaria, Vol. 2, pp. 137-142, ISSN 1314-6297

Requirements for the amorphous strips insulation of toroidal cores at high magnetization rates

In the article are defined the general requirements for the interlayer insulation of magnetic cores made of amorphous metal strips, as well as an approach for determining the voltage that the insulation must withstand depending on the mode of operation of the magnetic core. Some of the manufacturers of amorphous metal alloys still offer these materials in strip form, without insulation, in order for customers to make their own magnetic cores and provide their desired thermal or thermomagnetic treatment, and obtain toroidal strip magnetic cores with desired magnetic characteristics. Electrical steel standards cannot be used to determine the insulation requirements because it has a much larger strip thickness, while amorphous metal alloys have strip thicknesses of the order of 20 μm . The technology of insulating and winding the magnetic cores is described, as well as some of their design features, the requirements regarding their thermal and thermal magnetic treatment are defined. The temperature range that the insulating coating of the amorphous metal alloy must be able to withstand is defined, as well as the requirement for the thickness of the insulation. The voltage that the interlayer insulation must withstand is determined depending on the type of toroid material – with an F-hysteresis loop or with a Z-hysteresis loop. The expressions for calculating the induced voltages in the interlayer insulation are given. It is established that magnetic cores insulated by means of this technology work successfully for more than 5 years and have long-lasting stable characteristics. More than 200 toroidal magnetic strip cores was manufactured through the use of this technology and with this interlayer insulation.

Scientific and scientific applied contributions

1. The expressions for determining the voltage of the interlayer insulation of toroidal strip magnetic cores made of amorphous metallic alloys are defined depending on the type of hysteresis loop and depending on the operation mode of the magnet core [6],[7].
2. Specific requirements are defined for the insulation of amorphous metallic alloys produced in the form of strip for the production of toroidal strip-tape magnetic cores [6],[7].

Г_8.2 **М. Славкова**, М. Mintchev, Error of Current Transformers with Half-Wave Rectified Primary Current, Proceedings of XIII-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA'2003, May 29-30, 2003, Plovdiv, Bulgaria, vol. 2, pp. 175-180, ISBN 954-90209-2-4

Error of Current Transformers with Half-Wave Rectified Primary Current

In the article is discussed the problem of determining the power error of current transformers that operates as coupling transformers in static electronic electricity meters for measuring active and reactive energy in single-phase and three-phase alternating current electrical mains with a frequency of 45 to 65 Hz. They operate in a non-sinusoidal mode and this makes it difficult to determine their power error, which must be within certain limits. A model is proposed to determine the current transformer error using PSpice. For this purpose, two schemes are prepared - with and without a current transformer, and the power error was determined as the difference between the two errors.

Scientific and scientific applied contributions

1. Two schematic diagram solutions developed in the PSpice software environment are proposed for determining the power error of the current transformers operating in non-sinusoidal mode. It is proved that the proposed method is an effective and accurate way to determine the power error of current transformers in non-sinusoidal mode [4].

Г_8.3 M. Slavkova, M. Mintchev, Influence of Magnetic Core Material on the Error of Current Transformers with Half-Wave Rectified Primary Current, Proceedings of XIII-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA'2003, May 29-30, 2003, Plovdiv, Bulgaria, vol. 2, pp. 181-186, ISBN 954-90209-2-4

Influence of Magnetic Core Material on the Error of Current Transformers with Half-Wave Rectified Primary Current

In the article, the influence of the magnetic core material on the current error of the current transformers in non-sinusoidal mode is determined. The criteria for selecting a suitable material for the magnet wire are defined. Process analysis is performed using the software product PSpice. The study under periodic non-sinusoidal input impact is provided by means of methods of harmonic analysis. The first harmonic of the current transformer secondary current was determined using Fourier analysis. For the purpose of the analysis, two circuits are suggested, one to determine the experimental current and the other to determine the theoretical current on the secondary winding of the current transformer. The resulting error is the difference between the two calculated values. The results are compared with experimental data for the error of current transformers with different types of magnetic materials in the considered mode.

Scientific and scientific applied contributions

1. Two schematic diagram solutions developed in the PSpice software environment are proposed for determining the current error of the current transformers operating in a non-sinusoidal mode. It is proved that the proposed method is an effective and accurate way to determine the current error of the current transformers in non-sinusoidal mode [4],[7].

Г_8.4 M. Slavkova, M. Mintchev, Error of Current Transformers with a Half-Wave Rectified Primary Current with an Active-Inductive Load, Proceedings of the Second International Conference on Challenges in Higher Education and Research in the 21st Century, June 2-5, 2004, Sozopol, Bulgaria, vol. 2, pp. 284-286, 2004, Bulgaria, Coronet Books Inc, Heron Press, ISBN 954-580-158-1

Error of Current Transformers with a Half-Wave Rectified Primary Current with an Active-Inductive Load

In the article the phase displacement error of the current transformers through process analysis using the PSpice software product is determined. The studies that are done are for an steady state mode. The phase displacement error is defined as the phase difference of the first harmonics of the primary and secondary currents. The studies are made for 4 loads with $\cos \varphi$ varying from 0.1 to 1. The analysis is made by means of Fourier and the data are taken from the source file of the program. The method for calculating the phase displacement is defined.

Scientific and scientific applied contributions

1. A schematic solution in the environment of the PSpice software product for determining the phase displacement error of the current transformers operating in a non-sinusoidal mode is proposed. It has been proven that the proposed method is an effective and accurate way to analyze the processes and to determine the influence of the load characteristics and the power factor on the phase displacement error of the current transformer operating at a single half-wave rectified primary current [4],[7].

Г 8.5 M. Slavkova, M. Mintchev, Comparative Studies of Soft Magnetic Materials, Proceedings of XIV-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA'2005, 02-03 June, 2005, Plovdiv, Bulgaria, Vol. 2, pp. 131-138, ISSN 1314-6297

Comparative Studies of Soft Magnetic Materials

In the publication, a comparative analysis of the characteristics of soft magnetic materials is made. Their static and dynamic parameters, types of hysteresis loops and their applications are discussed. Specifically, their applications in power transformers, radio frequency transformers, precision transformers, etc. are considered and the requirements for the material of the magnetic core are defined for each one of them. In addition to transformers, attention is also paid to saturable chokes, EMI filters, etc. A classification of soft magnetic materials according to their composition is presented and the characteristics of some are described in detail, such as soft magnetic ferrites, amorphous and nanocrystalline iron-based alloys, cobalt-based and nickel-iron-based amorphous alloys, powder-based soft magnetic materials metallurgy etc. A summary is made on what depends on the selection of soft magnetic material for magnetic cores.

Scientific and scientific applied contributions

1. An analysis of the possible applications of the considered soft magnetic materials is proposed, and this has practical significance in the selection of materials for magnetic cores [7].

Г 8.6 K. Milanov, M. Slavkova, Survey of Requirements to Permanent Magnets, Proceedings of XVI-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA'2009, June 04-06, 2009, Bourgas, Bulgaria, Vol. 2, pp. 213-220, ISBN 978-954-323-560-5, ISSN 1314-6297

Survey of Requirements to Permanent Magnets

In the article is made a review of requirements to hard magnetic materials and the criteria for their selection, according to their specific application are defined. A comparative analysis is made between the different types of permanent magnets considering their composition and the main most commonly used hard magnetic materials for permanent magnets are described. A brief description of hard magnetic ferrites, AlNiCo magnets, neodymium-iron-boron magnets, rare earth cobalt magnets, etc. is made. It is noted that an essential role in the selection of a material for permanent magnets for a specific application is played by the price, without neglecting the exceptional magnetic, physical and chemical parameters of the given material. Some features related to the magnetization and demagnetization of permanent magnets are discussed. Specific recommendations for work are given in both cases.

Scientific and scientific applied contributions

1. An analysis of the possible applications of the considered hard magnetic materials is proposed, as this of a practical importance for the selection of materials for magnetic cores [7].

Г 8.7 K. Milanov, M. Slavkova, M. Mintchev, A Study of Inrush Currents in PWM Converters Under Frequently Electrical Mains Interruptions, Elektrotechnika & Elektronika, Vol.45, No.9-10/2010, pp. 24-27, ISSN: 0861-4717

A Study of Inrush Currents in PWM Converters Under Frequently Electrical Mains Interruptions

For the operation of converters with pulse-width modulation (PWM), it is always necessary to use an input capacitor called "supporting capacitor". It must meet specific requirements such as a low impedance value (ie low resistance values and low inductance value) and also to have a high enough capacitance value to perform its functions. However, these requirements are also the main reason for the appearance of relatively high inrush currents at the moment of converter connection to the electrical mains. This necessitates taking special measures to limit the inrush currents. In this article,

it is proposed to limit the inrush currents by means of an inductive element - a linear choke, which is shunted with an oppositely connected diode. The reverse diode variant at higher supply voltages has a distinct advantage because the converter components operate with a lower voltage load. An analysis of the processes in the circuit are made with the program product PSpice, and the results of the simulations are presented.

Scientific and scientific applied contributions

1. A new circuit diagram solution is proposed for limiting the inrush currents at the moment of switching on a converter with pulse-width modulation - using a linear choke shunted with an oppositely connected diode. The reverse connected diode provides conditions for lower applied voltage of all components and has a marked advantage at high values of supply voltages. A simulation study of the processes observed in the electric circuit was carried out using the software product PSpice [4],[5],[6].
2. The proposed new solution for limiting the inrush currents in PWM converters by means of a linear choke shunted with an oppositely connected diode is proved to be good and has found practical application in electric transport vehicles. The model is implemented in trolleybuses and guarantees safe and reliable operation [7].
3. A new method for dimensioning the linear choke is proposed, defining the requirement: during the turn-on transient process, the choke's magnetic core must not reach the saturation point [4].
4. Based on the performed research, it is proposed a toroidal magnetic core for the linear choke and to be produced of soft magnetic material with an F-hysteresis loop. With this technological solution, there is no need to cut the magnetic core in order to achieve a linearized magnetic characteristic [6].

Г_8.8 М. Славкова, К. Миланов, Изследване на DC/DC преобразувател с полумостов инвертор със средна точка с помощта на PSpice, Сборник доклади на III-та научна конференция ЕФ 2011 Дни на науката в ТУ-София, 30.09-03.10, 2011, Созопол, България, Том. 2, стр.163-168

PSpice Investigation of Half Bridge DC/DC Converter with Center-Tapped Transformer

In the article a half-bridge DC/DC converter is presented. The studies were done by means of the software product PSpice in order to support the design process and in particular the selection of the elements suitable for the circuit diagram. The task is to create a model of the PSpice software product and implement schematically a centered-tapped transformer on the secondary side of the converter, which is one of the more complex problems to solve. The method for development of the substitution circuit diagram solution necessary for simulating the operation of the converter with midpoint is described. The set parameters of the converter are taken from a real model. An analysis of the obtained simulation results are made. The results for the rms values of currents and voltages are multiples of the actual values if the circuit supply voltage is 600 V. The research done by means of PSpice facilitates the design process in selecting elements suitable for the scheme. The simulation obtained values for the currents and voltages repeat those of a real model of a DC/DC half-bridge converter with a centered tapped transformer and midpoint on the secondary side of the converter. The centered-tapped transformer model is appropriate and describes the behavior of an magnetic element with a linear magnetic response. Through the implemented scheme, one of the main advantages is proved, which consists in the better usage of the bidirectional magnetizing transformer. It is not necessary to use a demagnetization coil. The operation in the regime of continuous current of the output inductance L_4 results in reduced output voltage ripple and because of that a smaller output capacitor C_3 is needed. Through the implemented circuit diagram, it is easy to check whether the obtained inductance value from the design is within realistic limits. The disadvantages of the scheme can also be considered, related to the fact that the capacitors C_1 and C_2 have a large capacity, which

increases the dimensions of the converter. Through simulations, it is possible to evaluate the fact that the larger their capacity is, the smaller the output voltage ripples are.

Scientific and scientific applied contributions

1. A schematic solution of a centered-tapped transformer is created and proposed for a midpoint converter on the secondary side of the transformer, using the PSpice software product. It is proved that the selection of suitable elements is greatly facilitated by the obtained results from the simulation studies carried out by the usage of PSpice. The resulting simulation values for the currents and voltages match those of a real half-bridge DC/DC converter with centered-tapped transformer [4],[6],[7].
2. The proposed model of centered-tapped transformer for half-bridge converter is suitable for the design of such type of converters. Through the implemented scheme, one of the main advantages is proved - better usage of the transformer, which is magnetized bidirectionally. It is not necessary to use a demagnetizing coil [4],[7].
3. The operation in the continuous current mode of the output inductance L_4 significantly reduces the ripples of the output voltage, from which it follows that the voltage drop on the output capacitor C_3 is of lower values. Through the modeled circuit in PSpice environment, the choke inductance value obtained in the design can be checked [4],[7].

Г_8.9 K. Milanov, **M. Slavkova**, Investigation of Resonance Inductive-Capacitive Transducers Based on Boucherot Cell for Power Capacitors Charging, Proceedings of XVII-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA'2012, 28-30 May 2012, Bourgas, Bulgaria, Vol. 2, pp. 147-152, ISSN 1314-6297

Investigation of Resonance Inductive-Capacitive Transducers Based on Boucherot Cell for Power Capacitors Charging

In the article, a study on the operation of inductive-capacitive converters for charging power capacitors for magnetizers, based on the Boucherot cell, is conducted. A schematic solution based on a Bouchereau cell is proposed, the current through the load is determined. Process analysis was done using the software product PSpice with set values taken from a design project for this development.

Scientific and scientific applied contributions

1. The analysis of the conducted studies proves the applicability of the presented circuit solution for charging power capacitors for magnetizers by using a resonant inductive-capacitive converter based on a Bouchereau cell [4],[7].
2. The advantage of these converters over the others is proved, due to the possibility to be powered directly by the electrical mains. Moreover, the electrical current through them is sinusoidal, and during the operation conditions they do not generate disturbances in the form of harmonics [4].
3. It is proved that these converters are extremely reliable in operation due to their simplified structure [4],[7].

Г_8.10 **M. Slavkova**, R. Tzeneva, Arc Fault Circuit Interrupters, Proceedings of the XVII-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA'2012, 28-30 May 2012, Bourgas, Bulgaria, pp. 165-169, ISSN 1314-6297

Arc Fault Circuit Interrupters

In the article are presented a relatively new class of commutation devices, which until recently were not known in Europe and Bulgaria - for fire protection by detecting a spark or an arc in the electrical mains. Their principle of operation is based on disconnecting the electrical circuit before a fire has occurred, and in this way a higher level of protection is realized in premises that can be

potentially dangerous - with an increased risk of fire, bedrooms, warehouses and etc..These circuit breakers are widespread in the US, due to the design features of most residential buildings there. They are also used in airplanes to detect arcing and sparking in the electrical system due to deteriorated insulation or for other reasons. Their principle of operation is based on continuous monitoring of the signal in the electrical mains and at the moment of detecting a specific form of signal that is associated with a spark or an arc, they turn off. On the other hand, they should not trip if a spark occurs as a result of switching action. Their principle of action and their application are described. There are two types of circuit breakers - those that detect a series arc and those that detect a parallel arc. Since 2008, according to the requirements in the regulatory framework of the USA, these circuit breakers must be able to detect the presence of both types of arcs. A requirement for reliability is to be tested once a month to ensure their safe operation. This type of circuit breaker has recently been introduced in Europe in connection with the IEC 60364-4-42 standard, which recommends the use of switchgear for fire protection by detecting a spark or electric arc in the electrical mains.

Scientific and scientific applied contributions

1. The article is informative and was developed to promote and implement these circuit breakers. In it, is discussed a new approach for fire protection of premises, which, unfortunately, at the time of publication of the article was not widely known in our country [7].

Г_8.11 К. Миланов, М. Минчев, **М. Славкова**, Изследване на DC/DC преобразовател с мостов инвертор със средна точка с помощта на PSpice, Годишник на Технически университет – София, Том 62, книга 3, 2012, стр. 183-188, ISSN 1311-0829

Investigation of DC/DC Full Bridge Converter with Center-Tapped Transformer via PSpice

In the article the influence of a reverse diode included in the secondary side of the centered-tapped transformer in a DC/DC converter with full bridge inverter is studied. For this purpose, the operation of the DC/DC converter is simulated by means of PSpice software product. Two research models are developed - without and with an added "reverse diode" and a comparison of the obtained simulation results is made. From the obtained output diagrams, it can be summarized that at turned-on reverse diode, the electrical current through the rectifier diodes and through the secondary windings is either equal to the output or is "0". If the "reverse diode" is not included, through the mentioned elements always flows a current that is either equal to or 50% of the output current. The performed simulations confirm the mentioned theoretical changes in the operation of the DC/DC converter, when a reverse diode is included in the secondary side of the transformer before the choke. Its inclusion in the scheme leads to a lower load on both the rectifier diodes and the secondary windings of the transformer. The estimated power of the transformer is reduced. The effect of this lower load on the specified elements is more pronounced in converters that operate with a wide range of variation of the output parameters.

Scientific and scientific applied contributions

1. Two models for the study of a DC/DC converter with a bridge inverter are proposed - with and without a reverse diode. The simulation analysis of the circuit diagrams by means of PSpice software product confirms the stated theoretical hypotheses regarding the changes in the operation of the DC/DC converter. It is proved that the inclusion of a reverse diode in the circuit diagram leads to a lower load on the rectifier diodes and on the secondary windings of the transformer. As a result of the research, it is found that the estimated power of the transformer is reduced [6],[7].

2. In the article, it is recommended that transformers with a lower load, that is obtained as a result of an included "reverse diode" on the secondary side of the transformer, to be used for DC/DC converters operating in a wide range of variation of the output parameters [6],[7].

Г_8.12 М. Славкова, К. Миланов, М. Минчев, Изследване на токов трансформатор за еднополярни токови импулси, Сборник доклади на IV научна конференция на ЕФ, 28.09-01.10.2012, Созопол, България, Том 2, стр. 347-351

Investigation of Current Transformer for Unipolar Current Pulses

In the article a solution for a new way of loading of current transformers is proposed, which allows their application to measure unipolar current pulses. With the new schematic solution, the load of the current transformer for the operating part of the period and for the pause has a different value. In this way at a wide range of variation of the modulation of the pulses, the saturation of the magnetic core of the current transformer and the appearance of systematic errors are avoided. By means of the software product PSpice is compiled a replacement circuit diagram of the current transformer. In the scheme, a power supply with unipolar current pulses via a pulse source is implemented. A non-linear current transformer from the element library of the software product is used as a switch is connected to the secondary side of the transformer, with which is realized the switching of the load in the two half-periods. Through the resistors R_3 and R_5 , the different loading on the transformer is realized. In the operating half-period, the current flows only through resistor $R_3=10\Omega$, and during the pause period also the current flows also through $R_5=100\Omega$. During the pause period, the total load resistance on the secondary side of the current transformer is 110Ω - a significantly higher value compared to the load during the operating period. In this way, a difference in the voltages on the secondary side of the current transformer is realized, which in turn leads to a different rate of change of the magnetic induction in the two parts of the period. Then the magnetic core is able to recover its initial operating point and the current transformer can operate over a wide range of pulse modulation variation. The fill factor of the impulse γ is determined. The simulations are done at two limit values of γ 0.1 and 0.9. It is proved that the current transformers can operate at a fill factor of the impulse γ – greater than 0.5 at the proposed load variation. This circuit solution can be implemented with semiconductor elements. The ratio of the values of the two resistances must be chosen so that it is must be greater than the value $1/\gamma$.

Scientific and scientific applied contributions

1. A new schematic solution for loading the current transformers is proposed, which allows their application to measure unipolar current pulses. This solution is implemented with a different value of the load during the two periods – operating zone and pause zone [4],[5],[6].
2. By means of the software product PSpice, a replacement circuit diagram of the current transformer is compiled, and a power supply with unipolar current pulses is realized through a pulse source, a non-linear current transformer and a switch, which is used for switching the load in the two half-periods. By means of two resistors, the unequal loading of the current transformer in the two periods is simulated. It is proved that current transformers can operate at a fill factor of the impulse γ – greater than 0.5 at the proposed load variation [4],[5],[6].
3. Recommendations for the new circuit solution regarding the ratio of the values of the two resistances are defined. They should be chosen so that the ratio is greater than the value $1/\gamma$ [4],[5],[6].
4. With the proposed change in the value of the load resistance in the "operating" and "pause" periods, it becomes possible to apply current transformers to measure unipolar current pulses [4],[5],[6],[7].

Г_8.13 К. Миланов, М. Минчев, М. Славкова, Изследване влиянието на вихровите токове при импулсно намагнитване на системи с постоянни магнити, Годишник на Технически университет – София, Том 62, книга 4, 2012, стр. 137-144, ISSN 1311-0829

Investigation of Eddy Currents Influence at Pulse Magnetization in Systems with Permanent Magnets

The application of permanent magnets based on rare earth elements is constantly expanding. They are particularly widely used in modern electrical machines and devices, as well as in various polarized magnetic systems, acoustic transducers, etc. Independent magnetization of permanent magnets in pulsed modes does not cause particularly serious problems. The problems in this case are in the assembly of the pre-magnetized parts, which in many cases is very difficult. The way out of this situation is to carry out the magnetization after mounting and placing the details in their places. In this case, however, massive metal parts (armatures), which are mainly made of ferromagnetic materials and are part of the construction of permanent magnet systems, begin to have an impact, due to the influence of eddy currents. The article analyzes and evaluates the influence of eddy currents in different schemes of the magnetizers. This is necessary to assist the design process. For impulse magnetization, a current pulse with a sinusoidal form and a duration of one half period is most often used. A combined form of the current pulse is also used - a sinusoidal form in the first section and an exponential form in the second, and is applied for magnetization of permanent magnet systems in order to reduce the influence of eddy currents. A study on the mechanism of influence of eddy currents is made in massive systems with permanent magnets, which have a cylindrical shape and are symmetrical in physical and magnetic terms along the axis of the cylinder. For magnetization, these systems are placed in an inductor also of cylindrical shape. Three types of analysis of the problem are made - theoretical, simulation and experimental.

Scientific and scientific applied contributions

1. The influence of eddy currents in the magnetization process in systems with massive conductive parts using a combined sinusoidal and exponential magnetizing current pulse is evaluated. The proposed, on the basis of the theoretical analysis, description of the development of eddy currents in magnetization systems, is confirmed by computer simulation with the software product PSpice and by a physical experiment on a real magnetizing device [5],[6],[7].
2. An analysis of the processes is made and two stages of impact of eddy currents during magnetization are highlighted. The first stage is when the current increases, and when the eddy currents strongly counteract the magnetization process. The second stage is essential - the magnetization process takes place, in which the eddy currents change their direction and their action supports the magnetization processes [5].
3. The influence of eddy currents is evaluated by measuring the magnetic flux and the corresponding average value of the magnetic induction in two cases: in the presence and in the absence of a magnetic system in the inductor [5],[7].
4. From the theoretical, experimental and simulation studies, it can be summarized that with the complex form of the magnetizing current impulse, the influence of eddy currents on the magnetization process is strongly suppressed, as this solution thermally loads the inductor itself [4],[5],[7].