

РЕЗЮМЕТА

на научно-изследователските трудове и материали за внедрени научни постижения на гл.ас. д-р инж. Илонка Тодорова Лилянова представени за участие в конкурс за академична длъжност „Доцент“ в професионално направление 5.2. „Електротехника, електроника и автоматика“, учебна дисциплина: „Електротехника“, факултет „Електротехнически факултет“, катедра „Теоретична и измервателна електротехника“, при Технически университет-Варна, обявен в Държавен вестник, брой 103, стр.31 от 30.12.2015 г.

РАЗДЕЛ I

Публикации, обединени като равностойни на монографичен труд на тема: „Теоретични и изчислителни проблеми при полевия анализ (свързани полета) в електротехниката“

САМОСТОЯТЕЛНИ:

I.1 **Lilyanova I.**, Analytical approach for calculation of the electric field induced by an axisymmetric current exciter, сп.„Електротехника и електроника“, ISSN 0861-4717,2015, бр.5-6, стр.2-8

Лилянова И., Аналитичен подход за изчисляване на електрическо поле, индуцирано от осесиметричен токов възбудител, сп.„Електротехника и електроника“, ISSN 0861-4717, 2015, бр.5-6, стр.2-8

Широката приложимост на индукционното нагряване налага решаването на много важните за повишаване ефективността на изделията и на процесите в тях обратни задачи. Това изисква наличието на прецизни изчислителни модели, основен елемент на които е моделът на електромагнитното поле, като първоизточник на загряването.

В статията се разглежда възможността за изчисляване на електрическо поле, индуцирано от осесиметричен токов възбудител в линейна среда. Подходът се базира на известни теоретични изводи за определяне на магнитния вектор-потенциал на линеен (с пренебрежима големина на напречното сечение) кръгов токов контур. Предлага се тези аналитични резултати да бъдат използвани за моделиране на електрическото поле, възбудено от някои видове плоски индуктори, чието действие се замества с еквивалентното въздействие на система от кръгови токови контури. Поради линейността на средата, се използва принципът с наслагването. Като илюстрационен пример и за проверка на достоверността, подходът се прилага за изследване на осесиметричен възбудител - действащ плосък многосекционен индуктор, като се изчисляват индуцираните от него токове в дисков алуминиев детайл. Тези токове се сравняват с получените такива с използване модел на същия индуктор на базата на индуктивно свързани вериги, както и с резултати, получени експериментално.

По-съществени резултати:

- Предложен е полев подход за аналитично изследване въздействието на устройства с осесиметричен възбудител (индуктор). Предлага се индукторът да бъде представен чрез система от кръгови токови контури. Чрез магнитния вектор-потенциал, обуславян от контурите в произволна точка на материална среда се определя индуцираното в средата електрическо поле.
- Новопредложеният аналитичен подход осигурява гарантирана точност, проверена с представения приложен пример.
- Разкрива се възможност за допълнително теоретично изследване на индукционни системи с цел повишаване на тяхната ефективност.
- При малко усложняване на процедурата (прилагане на векторно сумиране в наблюдавани точки) по гореизложения начин може аналитично да се изследва индуцираното поле в пространствена област с произволна геометрия и с линейни физически характеристики в случай на възбудител, представляващ система от несъотни кръгови токови контури.

- I.2 **Lilyanova I.**, Analytical investigation of eddy current field due to the axisymmetrical current exciter, 12th International Conference on Applied Electromagnetics, PES 2015, ISBN 978-86-6125-144-3, NIS, August 31 – September 02, SERBIA, 2015(disk)
Лилянова И., Аналитично изследване полето на вихровите токове, създадени от осесиметричен токов възбудител, 12-та Международна конференция по приложен електромагнетизъм, ПЕС, ISBN 978-86-6125-144-3, Ниш, 31 авг.-2 септ, Сърбия, 2015 (прил. диск)

Изследването на голяма група електротехнически устройства се свежда до изчисляване на електрическото поле, индуцирано от осесиметричен токов възбудител в нелинейна среда.

В статията се разглежда възможността за аналитичното определяне на електрическото поле, индуцирано от осесиметричен токов възбудител освен в линейна още и в нелинейна феромагнитна среда. Използват се известните теоретични изводи за определяне на магнитния вектор - потенциал на кръгов токов контур.

Поради нелинейността на кривата на намагняване изчисляването на индуцираното електрическо поле във феромагнитни детайли на електротехнически устройства се усложнява. Така се затруднява и теоретичното изследване на нагряването на тези детайли. В работата проблемът е решен с предлагането на итерационна процедура и съответен алгоритъм за постъпкова корекция на магнитната проницаемост, следяща нейното нелинейно изменение.

Като пример за приложение и проверка на достоверността се разглежда определяне разпределението на индуцираните токове във феромагнитен детайл, обуславяни от осесиметричен възбудител-действащ плосък многосекционен индуктор.

Направените сравнения с експериментални резултати удостоверяват достоверността на предложения подход.

По-съществени резултати:

- Предложена е алгоритмична процедура за аналитичното определяне на електрическото поле, индуцирано от осесиметричен възбудител (индуктор) в нелинейна феромагнитна среда на електротехнически устройства.
- Моделът включва еквивалентното заместване на индуктора със система от кръгови токови контури.
- Изчисленията показват, че разпределението на токовете по радиуса на детайла предполага подобно разпределение и на топлинното поле.
- Независимо от това, че методът с крайните елементи е ефективен, при изследване на усложнени модели на полето в линейна и нелинейна среда, с цел сравняване на резултати и повишаване на точността е препоръчително при наличие на осесиметрични възбудители да се използва в паралел и предложената опростена алгоритмична процедура.

В СЪАВТОРСТВО:

I.3 Stancheva R., I.Iatcheva, **I.Lilyanova**, H.Tahrilov, Coupled Field in Induction Heating System, Przegląd Elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, R.83 NR 11/2007, pp. 201-204.

Станчева Р., И.Ячева, **И.Лилянова**, Х. Тахрилов, Свързани полета в система за индукционно нагряване, Електротехнически преглед, ISSN 0033-2097, R.83 бр. 11, 2007, с. 201-204.

При обработката на метали в индустрията, загреването трябва да става за кратко време и на точното място.

В статията е разгледана възможността за повишаване ефективността от работата на съществуващ промишлен индуктор за закаляване на селскостопански инструменти. Индукторът е предназначен за температури 800°-900°С за обработка на неръждаеми стоманени дискове с 600-700mm външен диаметър и дебелина на стоманата 6mm преди закаляването. Захранването му е с честота 50Hz. Едновременно се анализират електромагнитното и свързаното с него топлинно поле на индукционната система, която е нелинейна. Електромагнитният процес се описва на базата на магнитния вектор-потенциал и вектора токова плътност. Определя се разпределението на температурното поле, обуславяно от индуктираните вихрови токове в детайла. В процедурата на изчисляване се включва и уравнението, описващо преходния топлинен процес.

Използва се МКЕ и програмния пакет COMSOL3.3. Радиалното изменение на токовата плътност е аналогично на радиалното изменение на полученото топлинно поле.

Теоретичните резултати за температурното разпределение са сравнени с експериментални.

По-съществени резултати:

- Формулиран е теоретичен модел и е реализиран с МКЕ анализ на двете полета, характерни за индукционната система - електромагнитно и топлинно.
- Процедурата включва итерационно следене на преходния топлинен процес с отчитане нелинейността на физическите характеристики на средата.
- Сравнителният анализ с експериментални резултати потвърждава достоверността на модела. Поради това, той може да бъде използван за подобряване и нещо повече за оптимизиране работата на индуктора при конкретни изисквания за разпределение на температурата в детайла – условие особено важно в процеса на закаляване.
- Предложен е подход за намиране на радиалното разпределение на токовата плътност и температурите в детайла.

- I.4 Iatcheva I, **I.Lilyanova**, H.Tahrilov, R.Stancheva, Industrial Heating System Creating Given Temperature Distribution, 8th International Conference on Applied Electromagnetics, SERBIAN JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING, ISSN 1451-4869, volume 5, №1, MAY 2008, pp. 57-66.
Ячева, И., **И. Лилянова**, Х. Тахрилов, Р.Станчева, Създаване на зададено температурно разпределение от индустриална нагревателна система, Международна конференция по приложен електромагнетизъм, Сръбско списание по Теоретична електротехника, ISSN 1451-4869, т.5, №1, май 2008, с. 57-66.

Здравината на закаляваните материали зависи от начина на загряване. При индукционното нагряване енергията се отделя директно в загрявания детайл. Тази безконтактност на въздействието осигурява висока концентрация на енергия в нагрявания материал.

В статията е показана възможност за решаване на обратната задача при нелинейна индукционна система. Едновременно се анализират електромагнитното и топлинното поле на индукционната система. Промяната в електромагнитното поле - в случая промяна в разпределението на токовата плътност води до промяна в разпределението на топлинното поле. Използва се МКЕ (програмния пакет COMSOL 3.3) и оптимизационни критерии. При термичната обработка на металите възниква често необходимост от равномерно загряване на детайла. За съществуващ промишлен индуктор за термообработка на селскостопански инструменти обаче изискванията са други – да се получи максимум между средата и периферията на детайла. Това трябва да бъде постигнато чрез промяна на разстоянието между индуктора и детайла. Показана е възможността за реализиране на зададено температурно поле - по локализация в детайла и по амплитуда.

По-съществени резултати:

- С използване на МКЕ са анализирани електромагнитното и топлинното поле на плоска индукционна система.
- Реализиран е подход за решаване на обратната задача в индукционна нелинейна система за получаване на зададено разпределение на температурата в детайла.
- Предложени са подходящо формулирани оптимизационни критерии.
- Представена е възможността за реализиране на зададено температурно поле - по локализация в детайла и по амплитуда.

I.5 Iatcheva I., R. Stancheva, Hr.Tahrilov, **I. Lilyanova**, Coupled Electromagnetic-Thermal Field Investigation in Induction Heating Device, Solid State Phenomena, ISSN 1662-9779, Trans Tech Publications, Switzerland, Vol. 152-153, 2009, pp. 407-410.

Ячева И, Р.Станчева, Х. Тахрилов, **И.Лилянова**, Изследване на свързаните електромагнитно и топлинно полета при индукционно нагряване, Solid State Phenomena, ISSN 1662-9779, Trans Tech Publications, Швейцария, Vol. 152-153, 2009, pp. 407-410.

Редица нови технологии се базират на индукционното нагряване, което осигурява нагряване за кратко време.

В статията е разгледана възможността за получаване на зададено-желано разпределение на температурите в дисков детайл, разположен над плосък многосекционен индуктор, който работи при честота 8 kHz. Едновременно се анализират електромагнитното и топлинното поле на индукционната система в по-общия случай – като нелинейна. Като се използва връзката между вектор-потенциал и вектор токова плътност се достига до уравнението, описващо топлинното действие на тока. Използва се МКЕ и програмния пакет COMSOL 3.3. Промяната в радиалното разпределение на температурите се изследва във функция от промяната в начина на включване на секциите, както като токово натоварване, така и в зависимост от нивото на разположение на всяка секция спрямо равнината, в която лежи индуктора като цяло.

Реализирани са три случая на промяна:

1. Включени всички секции и еднакви разстояния между секциите и индуктора.
2. Една от секциите на индуктора не е включена и еднакви разстояния между секциите и индуктора.
3. Включени всички секции и различни разстояния между секциите и индуктора.

По-съществени резултати:

- Реализиран е изчерпателен числен полеви анализ на изменението на топлинното поле в детайла на плоска индукционна система.
- Изследвано е влиянието на изменението в характера на разпределение на възбудителното електрическо поле в индуктора върху обуславяното от него температурно поле.
- Преходният температурен процес е решаван при различни конструктивни варианти на индуктора и на съставлящите го секции.
- Получените крайни резултати могат да бъдат база за решаване на оптимизационни и идентификационни задачи, свързани с проектирането на индукционни системи с желано разпределение на температурното поле.

I.6 Тахрилов Хр., И. Лилянова, Б. Димитров, Съгласуване на параметрите на системата индуктор-детайл със зададен технологичен режим, Годишник на ТУ-Варна, том 2, 2010, ISSN 1311-896X, с. 9-14.

При нискотемпературното нагряване (под критичната температура – точка на Кюри) се променя дълбочината на проникване на електромагнитната вълна в загрявания детайл.

В статията е изследвана система за индукционно нагряване на цилиндричен феромагнитен детайл със специфична форма при ограничителни условия за скорост на нарастване на температурата и разпределението и в установен режим. В практиката се налага осигуряване на зададен технологичен режим за конкретно разпределение на температурното поле, отговарящо на поставени изисквания.

За формирането на температурно поле с изисквано разпределение допълнително се използват ферити, които променят структурата на електромагнитната система, така че по-лесно да се контролира и съгласува въздействието на променяните технологични фактори, чрез които се влияе върху процеса на нагряване. Оразмеряването на феритите се прави съобразно модел на системата, който се базира на МКЕ и съответни изчислителни процедури.

Получените резултати са сверени с експериментални за преходните топлинни процеси на нагряването и изменението на мощността.

По-съществени резултати:

- Моделирането на процеса на нискотемпературно нагряване на феромагнитна стомана чрез програма Comsol Multiphysics дава възможност за решаване на електромагнитни и топлинни задачи за детайли с различна конфигурация, без използване на други методи, напр. физическо моделиране;
- Използването на магнитопровод е задължително при изискване да бъде формирано нужното магнитно поле при наличие на зададени технологични или други условия;
- Комплексното решаване на електромагнитна и топлинна задача с програмата определя условията на работа на отделните елементи и възможностите за използване на магнитопроводи с размери и характеристики, в съответствие с параметрите на хранящия източник и индуктора – честота и интензитет на магнитното поле;
- Възможността за решаване на процесите чрез промяна на геометричните и конструктивните параметри в модела определя лесното съгласуване на характеристиките на електромагнитното поле, хранящия източник и индуктора – интензитет, честота, мощност, брой навивки, големина и разположение на магнитопровода.
- Експериментите с образец, съответстващ по конструктивни характеристики на модела, доказват, че е възможно да се решават осево-симетрични задачи с методите за плоско-паралелно поле.

- I.7 Тахрилов Х., Дишлиев Г., Маринов М., **Тодорова И.**, Относно определяне на индуктивното магнитно съпротивление от вихрови токове в дисков елемент, Юбилейна научна сесия „30 години ЕИП”, София, 5-6 април 1990, с.49-52.

При изчисляване на магнитни вериги със символичния метод с комплексни стойности с цел повишаване на точността възниква необходимост от отчитане на индуктивното магнитно съпротивление.

В доклада е разгледана възможността за определяне на индуктивното магнитно съпротивление от вихровите токове в дисков елемент, поставен над дисков индуктор. Определянето на този електромагнитен параметър дава възможност да се повиши точността при изчисляване на линейни или условно линеаризирани магнитни вериги с използването на комплекси. Дисковият елемент се характеризира с височина много по-малка от външния му радиус. Изследването е проведено като се използват зависимости от областта на теория на електромагнитното поле. Получен е резултат за индуктивното магнитно съпротивление при равномерно разпределение на индукцията. Показано е, че този резултат може да се прилага и при произволен характер на разпределение на индукцията, ако се счита, че в целия детайл магнитната индукция в радиално направление е равна на аналитично или числено определената средно квадратична стойност на магнитната индукция в детайла. Проведените експериментални изследвания потвърждават теоретичните резултати.

По-съществени резултати:

- Получен е аналитичен израз за загубите в плосък дисков електропроводящ детайл и е дефинирано индуктивното магнитно съпротивление на детайла.
- Изследвани са условията за валидност на получените аналитични изрази.
- Показано е, че грешката при определяне на параметрите, която е по-малка от 8%, зависи от точността, с която се отчита влиянието на температурния режим.

- I.8 Савов С., Иванова М., **Тодорова И.**, Изчисляване на първичните параметри на предавателна линия с различно напречно сечение, Научна сесия на ТУ-София, филиал гр.Сливен,1994, с.252-257.

В доклада се предлага метод за изчисляване на първичните параметри за единица дължина на предавателни линии с различна геометрия на напречното сечение и нееднородно запълнени с диелектрик, с помощта на метода с крайните елементи.

Разгледани са:

1. Предавателна линия с правоъгълно сечение, запълнена с диелектрик с вертикална и хоризонтална равнини на симетрия (лентова линия);
2. Отворена предавателна линия–като лентова линия с външни размери, клонящи към безкрайност (отворена лентова линия);
3. Предавателна линия, несиметрично запълнена с два диелектрика, но с вертикална равнина на симетрия (затворена микролентова линия)
4. Отворена предавателна линия – като затворена микролентова линия с външни размери, клонящи към безкрайност (отворена микролентова линия).

Определя се капацитетът на единица дължина. Решението се търси с МКЕ и реализирана програма при условия за минимум на запасената енергия. Резултатите са сравнени с такива, известни от графики.

Като се използват получените резултати, с помощта на електростатичната аналогия може да се определи и проводимостта на единица дължина на всяка от тези линии.

По-съществени резултати:

- Предложен е метод за изчисляване капацитета (и съответно електрическата проводимост) на единица дължина на предавателни линии със сечение с различна геометрия и нееднородно запълнени с диелектрик.

- I.9 Iatcheva I, R.Stancheva, H.Tahrilov, **I.Lilyanova**, Theoretical and experimental investigations of induction heating system, XIV –th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA 2009, Proceedings, vol.II, ISBN 978-954-323-560-5, p.130-140
Ячева И, Р.Станчева, Х. Тахрилов, **И.Лилянова**, Теоретично и експериментално изследване на система за индукционно нагряване, 14 международен симпозиум по електрически апарати и технологии, SIELA 2009, Proceedings, vol.II, ISBN 978-954-323-560-5, p.130-140

Процесите в електромагнитните устройства твърде често трябва да се разглеждат в тяхната връзка и взаимодействие. В много случаи разглеждането включва изследвания на различни по своя характер свързани полета, които значително си влияят взаимно.

В статията е изследвана индукционна система за нагряване на феромагнитен детайл. Плоският индуктор е с 4 секции, като има възможност за включване или изключване на секции и всяка секция може да се разполага на различно разстояние от детайла. Работи с честота 8kHz и е с водно охлаждане. Крайната температура, която може да достигне индуктора е 950°C. Захранващото напрежение е между 100V и 700V.

Анализира се топлинното поле на индукционната система, вследствие изменение на възбудителното електрическо поле чрез включване или изключване на секции и чрез промяна на разстоянията между секциите на индуктора и детайла. Електромагнитното поле се разглежда като времезависимо и пряко свързано с преходния топлинен процес. Получават се резултати за разпределението на температурите по радиуса на детайла. Използва се МКЕ и програмния пакет QuickField 5.6. Направеното сравнение с резултати от проведения лабораторен експеримент показва достоверност на подхода, така че той може да бъде използван за оптимизиране на системата. Крайната цел е определянето на възможни конструктивни подобрения, водещи до предпочитано разпределение на температурното поле, с оглед подобряване качествата на детайла в определени области като се има пред вид неговото предназначение.

По-съществени резултати:

- Изследвано е влиянието на конструктивни параметри (в случая сепроменя разстоянието между секции от индуктора и детайла) и начина на захранване на секциите от индуктора върху изменение разпределението на топлинното поле в детайла.
- Показано е влиянието на промяната в конструкцията и начина на захранване на секциите от индуктора върху разпределението на температурното поле в детайла.
- Направени са предложения за възможни конструктивни подобрения с цел получаване на предпочитано разпределение на температурното поле и по ефективна работа на устройството.
- Подходът може да бъде използван, както за оптимизиране на системата, така и при проектиране на индуктори.

- I.10 Iatcheva I., A.Andreev, R. Stancheva, **I. Lilyanova**, Electromagnetic flow meter field distribution maximizing device sensitivity, Materials Science Forum, ISSN 0255-5476, Vol. 856, 2016 Trans Tech Publications, Switzerland, pp 157-162.
Ячева И, А. Андреев, Р.Станчева, **И.Лилянова**, Разпределение на полето в електромагнитен разходомер, гарантиращо максимална чувствителност на устройството, Materials Science Forum, ISSN 0255-5476, Vol. 856, 2016 Trans Tech Publications, Switzerland, pp 157-162.

Електромагнитните разходомери са уреди, които маркират индуцирано напрежение между два електрода, разположени противоположно един спрямо друг върху част от кръговите стени на канал от изолационен материал. По оста на канала протича диелектрична течност, напр. вода, мазут или нефт. Перпендикулярно на посоката на движение е приложено външно магнитно поле. Информационният сигнал е възникналата потенциална разлика между електродите. Измерване скоростта на потока, а оттам и на дебита, е от голямо практическо значение за промишлеността. Очевидните предимства на тези преобразуватели се дължат на тяхната възможност да извършват безконтактно преобразуване, както и на факта, че се получава електрически изходен сигнал, който позволява автоматичен контрол и управление.

Предложен е подход за определяне оптималното разпределение на възбудителното магнитно поле, гарантиращо максимален изходен сигнал на електромагнитен разходомер. Поради изключително ниската стойност на изходното поляризационно напрежение, от много голяма важност за точността на измерванията е да бъде усилен в максимална степен този сигнал. С помощта на подходящо конструиран план на експеримента, метода с крайните елементи и прилагането на оптимизационна процедура се уточняват оптималните стойности на възбудителното поле в краен брой точки на наблюдение. Точките са подбрани така, че полевите стойности в тях да дефинират напълно структурата на възбудителното поле. Геометрията на построения сплайн, интерполиращ получените оптимални полеви стойности в наблюдаваните точки, дефинира като резултат оптималното разпределение на възбудителното поле.

По-съществени резултати:

- Предложен е подход за определяне оптималното разпределение на възбудителното магнитно поле, гарантиращо максимален изходен сигнал на електромагнитен разходомер.
- Установява се, че в подобен преобразувател с линеен диелектрик, максимален изходен сигнал се получава, ако приложеното възбудително магнитно поле е хомогенно.

- I.11 Stancheva R., **I. Lilyanova**, Optimization of field distribution, 12th International Conference on Applied Electromagnetics, PES 2015, ISBN 978-86-6125-144-3, NIS, August 31 – September 02, SERBIA, 2015(disk)
Станчева Р., **И. Лилянова**, Оптимизиране на разпределението на полето, 12-та Международна конференция по приложен електромагнетизъм, ПЕС, ISBN 978-86-6125-144-3, Ниш, 31 авг.-2 септ, Сърбия, 2015(прил.диск).

Един от основните проблеми при проектиране на електромагнитни устройства е необходимостта да бъдат получени най-подходящите изходни характеристики, съобразени с областта на приложение, условията на работа и специфични технически изисквания.

В доклада е предложен, приложен и проверен алгоритъм за определяне на оптималното разпределение на възбудителното поле в устройство. Критерият за оптималност е гарантираното получаване на максимален изходен сигнал на разглеждано устройство или уточняване на условията за най-благоприятен работен режим. Като пример за приложение е изследван електромагнитен разходомер. Изходен сигнал е индуктираното напрежение между двата електрода, разположени противоположно в стената на изолационната тръба. Стойността на този сигнал зависи от големината и разпределението на външно магнитно поле, приложено напречно на посоката на движение в тръбата на поляризирана течност. Математическият модел отчита възникването на индуктирано електрическо поле при движение на поляризиран диелектрик във външното магнитно поле. Свежда се до уравнение на Поасон относно скаларния електрически потенциал. Определя се оптималното разпределение на възбудителното магнитно поле, при което напрежението на поляризация е максимално. В този частен случай е проверена работоспособността на формулирания оригинален алгоритъм. Стойността на напрежението на поляризация между електродите, която се получава с използването на предложения числен алгоритъм, е сравнена с изчислената директно по МКЕ с прилагането на оптимално разпределеното възбудително магнитно поле. Съпадението между резултатите потвърждава достоверността и ефективността на предложения алгоритъм.

По-съществени резултати:

- В общ вид е формулиран оригинален алгоритъм за определяне на оптималното разпределение на възбудителното поле в проектирано устройство. Критерият за оптималност е гарантираното получаване на максимален изходен сигнал или най-благоприятен работен режим на устройството.
- Важно предимство на предложия алгоритъм е, че може да се използва за синтезиране на вторично поле със зададена структура.
- За разгледания като илюстрационен пример електромагнитен разходомер се установява, че максимално поляризиционно напрежение като изходен сигнал се получава при въздействието на хомогенно магнитно поле като възбудител. Амплитудата на това поле трябва да бъде възможно най-висока.

I.12 Tahrilov H., **I. Lilyanova**, About the mathematical description of electromagnetic parameters of system flat inductor - detail, ELMA-99; Ninth international conference on electrical machines, drives and technologies, ISBN 954-90 209, sept. 23-25, 1999, Varna p.81-86.

Тахрилов Х., **И.Лилянова**, Относно математическото описание на електромагнитните параметри на системата плосък индуктор-детайл, Ninth international conference on electrical machines, drives and technologies, ISBN 954-90 209, sept. 23-25, 1999, Варна, с.81-86.

Класическите случаи на индукционно нагряване на детайли с цилиндрична или правоъгълна форма са повече изследвани от дисковите. Поради сложността на теоретичното им математическо описание индукционните системи за нагряване на плоски дискови детайли се анализират въз основа най-вече на експериментални зависимости. Разработването на техни математически модели е свързано с особеностите на разпределение на електромагнитното поле и разпределението на токовете в детайла.

В доклада е разгледана възможността за математическо описание на електромагнитните параметри на лабораторен образец, секциониран индуктор (с 6 секции). Разпределението на топлинното поле в нагрявания от индуктора неферомагнитен детайл следва разпределението на токовете. За да бъдат изчислени те, системата плосък индуктор-детайл се свежда до анализ на електрически вериги с индуктивни връзки. Изчисляват се активните и собствените индуктивни съпротивления на индуктора и детайла. Отчитат се взаимните индуктивни съпротивления между секциите на индуктора, взаимните индуктивни съпротивления между елементите на детайла, взаимни индуктивни съпротивления между секциите на индуктора и елементите на детайла. Решава се системата уравнения относно тока в индуктора и токовете в елементите на детайла.

Получените резултати за тока в индуктора са сравнени с експериментални резултати за празен ход и натоварване и показват задоволителна точност.

По-съществени резултати:

- Новост е идеята системата плосък индуктор-детайл да се представи чрез индуктивно свързани вериги, параметрите на които се изчисляват с класическите полеви методи на теоретичната електротехника.
- Формулиран е алгоритъмът за изчисляване на съответните електромагнитни параметри.
- Записани са системите уравнения, адекватно представящи свързаните контури, които еквивалентно заместват реалното физическо устройство.

РАЗДЕЛ II

Публикации в специализирани научни издания, извън равностойните на монографичен труд

САМОСТОЯТЕЛНИ:

П.1 **Лилянова, И.Т.**, Курсова задача по ТЕ с MATLAB, Съюз на учените-Варна, 2015Известия на Съюз на учените-Варна, серия ТН, 1/2015, ISSN 1310-5833 с.14-19.

Все по-широкото приложение на компютърната техника в учебния процес предполага и използването и в такава класическа дисциплина като Теоретичната електротехника. В доклада е показано решаването на задача от курсовата работа по Теоретична електротехника, част 1, с тема „Стационарен хармоничен режим“ с помощта на програмната система MATLAB. Използва се подходящо разработена програма във вид на М-файл, като се достига до резултат, ако студентът притежава необходимото ниво на знания по Електротехника. Описани са по - важните оператори и функции, които се използват в програмата.

За конкретна електрическа верига от курсовата работа трябва да се изчислят ефективните и моментните стойности на клоновите токове, входния импеданс, да се направи баланс на мощностите, да се определят показанията на уредите, да се начертае графиката на токовете. Прилага се класически метод за анализ на веригата – метод с контурните токове. Студентите редактират програмата със собствените електротехнически данни и съобразно електрическата верига, която им е зададена. Така се спестява времето необходимо за програмиране и рутинни математически изчисления, където познанията на студентите са различни.

Предложеният илюстративен пример дава възможност да се анализират по-сложни електрически вериги с индуктивни връзки след еквивалентното преобразуване на веригата с отстраняване на индуктивната връзка.

Използвайки MATLAB студентите могат да изследват:

- влиянието на различните параметри или честота за настройване веригата в резонанс;

-промяната на параметър на консуматор за настройване в режим на максимално отдавана активна мощност от консуматора.

-проверка на ток по теоремата на Тевенен.

Предимствата са, че решаването на задачи с използване на MATLAB е много удачно особено при дистанционно обучение. Избягват се нежелани случайни грешки при пренасяне (преписване) на резултатите и заместване.

По-съществени резултати:

- Показаният подход за решаване на курсова задача по Теоретична електротехника акцентира на степента на усвояване на материала по Електротехника. Достига се до резултат, само ако студентите имат необходимото ниво от знания.

- Спестява се времето необходимо за програмиране и математически изчисления, което може да бъде използвано за подобряване на качеството на обучение по Електротехника с решаването на по - сложни задачи.

- Повишава се интересът и ефективността на обучението.

II.2 **Лилянова, И.Т.**, Настройване разпределението на температурното поле в неферомагнитни детайли, Годишник на ТУ-Варна, т.1, 2013, ISSN 1311-896X, с.140-144.

Настройване разпределението на температурното поле е една от сложните задачи при индукционното нагряване, тъй като видът и зоната на нагряване зависят не само от модела (вида) на индуктора, но и от формата на детайла, и неговите електрически и топлинни характеристики.

В статията се анализира изменението на плътността на мощността и на установената температура в детайла при промяна на редица фактори: брой и поредност на включените секции, начин на включване на секциите и изменение на захранващото напрежение за плосък секциониран индуктор и неферомагнитен детайл.

До зададено температурно поле за описаната индукционна уредба (секциониран индуктор с 7 секции и детайл от неферомагнитен материал - алуминий) се достига след изследване разпределението на електрическото поле на базата на заместващи схеми с индуктивно свързани контури и разпределението на температурното поле с топлинни заместващи схеми. Чрез използването на тези модели е извършено настройване на системата до получаването на температурно поле със зададено разпределение.

Доказано е, че зададено разпределение на температурата в плоски детайли (дискове) е възможно чрез използване на секциониран индуктор. Разгледани са условията за генериране на температурно поле с един максимум, разположен радиално в точно определена зона на детайла. Например, за да се достигне максимум на температурата на 8-я см радиално от центъра към периферията трябва да са включени 2-а и 3-а секции при захранващо напрежение 15,3V или 1-а, 2-а, 3-а и 4-а секции при захранващо напрежение 20V, при необходимост от по-плавен температурен максимум.

Показано е, че температурният максимум може да се измести радиално от центъра към периферията през сантиметър до 19-я см и са посочени вариантите на включване на секциите в зависимост от разположението на търсения максимум. Захранващите напрежения съответстват на тези от експерименталните изследвания.

Разгледани са условията за генериране на равномерно температурно поле – при изключване на средните секции 4-а и 5-а, както и чрез противовключване на 5-а секция.

Изследвано е влиянието на големината на захранващото напрежение върху разпределението на големините на температурите в детайла.

По-съществени резултати:

- Показано е, че при плоски индукционни системи, зададено разпределение на температурата в плоски изделия (дискове) е възможно чрез използване на секциониран индуктор.
- Предложен е подход за настройване: броя, радиалното местоположение и стойността на температурните максимуми, както и получаването на равномерно нагряване в детайла в съответствие с предварително наложените технологични изисквания.
- Формулирани са препоръчителни инструкции за постигане на зададено температурно разпределение в детайла.

Ш.3 Панов Е., **И. Лилянова**, М. Донева, В. Василева, Е. Барудов, Х. Караиванов, З. Ганев, Анализ и измерване на векторни величини в процеса на обучение на студентите от електроспециалностите в ТУ-Варна по теоретична електротехника, Годишник на ТУ-Варна, т.1, 2013, ISSN 1311-896X, с.31-36.

Съвременното обучение по дисциплината „Теоретична електротехника” изисква въвеждането на качествено нови техники за измерване на комплексните величини и параметри, което да е съпроводено с паралелен компютърен анализ на изследваните електрически вериги.

Символичният метод с комплекси се използва при анализа на редица видове вериги, които се разглеждат в дисциплината „Теоретична електротехника”, поради широкото им практическо приложение. Теоретичното разглеждане на проблемите изисква илюстрирането и потвърждаването им експериментално с помощта на най-новите измервателни уреди и технологии.

В статията са представени резултатите от изследването на разработени нови експериментални постановки за лабораторни упражнения за студенти, в които се показва директно съпадението на резултатите от анализа на веригите по символичния метод с комплекси с резултатите от векторните измервания на величините. Като илюстрация са изследвани:

1. Четириполусници - изследването се състои в синтезиране на симетричен Т-образен ЧП като съгласуващо звено между неидеален източник на синусоидално е.д.н. $e(t)$ (с постоянно по ефективна стойност е.д.н. $E = 12V$ и вътрешно съпротивление Z_G) с оглед на директното измерване на комплексните напрежения и токове .
2. Трифазни вериги – изследва се симетрична четирипроводна верига с товар, свързан в звезда; анализира се симетрична трипроводна верига с товар, свързан в триъгълник; анализира се несиметрична трипроводна верига с товар, свързан в триъгълник

Наблюдаваните отклонения между измерените и изчислените стойности на величините, получени в програмната среда MATLAB са удовлетворително малки за целите на учебния процес – до 5%.

По-съществени резултати:

- Въвеждането на техниката за директно измерване на комплексните величини във вериги при хармонични режими с помощта на двулъчев цифров осцилоскоп, съчетано с прилагането на компютърен анализ на изследваните вериги дава възможност за визуализация на символичния метод с комплекси, който се явява един от основните методи в Теоретичната електротехника, преподавана на студентите от електроспециалностите в ТУ-Варна.
- С приложението на метода с комплекси в редица лабораторни упражнения по Теоретична електротехника, се създава възможност за директно наблюдаване на изследваните величини и при другите налични лабораторни постановки в катедрата.
- Създадената допълнителна лабораторна база дава възможност за избор на различни варианти за изчисляване и наблюдаване на изследвани явления и ефекти поради възможността за голямо многообразие на структурите на разглежданите вериги, съобразно спецификата на електро-специалността на обучаваните студенти.

- П.4 Панов Е., **И. Лилянова**, М. Донева, В. Василева, Е. Барудов, Х. Караиванов, З.Ганев, Анализ и измерване на вторични комплексни параметри в процеса на обучение по теоретична електротехника, Годишник на ТУ-Варна, т.3, 2013, ISSN 1311-896X, с.45-50.

В съвременното обучение по дисциплината „Теоретична електротехника” се налага наред с измерването на комплексни токове и напрежения да се измерват и комплексни вторични параметри като комплексни съпротивления, проводимости, А-параметри на четириполусници и мощности, което е съпроводено и с паралелен компютърен анализ на изследваните електрически вериги.

В статията са представени допълнителни резултати от изследването на нови експериментални постановки за лабораторни упражнения, в които се показва съпадението на резултатите от анализа с комплексина веригите с резултатите от измерването на вторични комплексни параметри и комплексни мощности.

Изследвани са:

1. Т-образен четириполусник- два варианта за комплексно съгласуване и един вариант за комплексно спрегнато съгласуване за вътрешното съпротивление на неидеалния източник на синусоидално е.д.н. $e(t)$ с постоянно по ефективна стойност е.д.н. $E=12V$ и на двете характеристичните съпротивления и товарното съпротивление.
2. Трифазни вериги - симетрична четирипроводна верига с товар, свързан в звезда; симетрична трипроводна верига с товар, свързан в триъгълник; несиметрична трипроводна верига с товар, свързан в триъгълник.

От представените изследвания ясно се вижда, че точността на получените резултати при директното измерване на комплексните величини, сравнени с изчислените стойности в програмната среда MATLAB, е напълно задоволителна за целите на демонстрационните опити.

По-съществени резултати:

- Представена е техниката на измерване на вторичните комплексни параметри и на комплексните мощности директно с помощта на цифров осцилоскоп и комплекти измервателни напреженови и токови сонди. Проведеният паралелен компютърен анализ доказва точността на получените при експеримента резултати. Отчетени са удовлетворително малки за целите на учебния процес отклонения.
- Прилагането на техниката за директно измерване на вторичните комплексни параметри и величини чрез използването на двулъчев цифров осцилоскоп при изследване на хармонични режимив електрически вериги осигурява директна връзка между теорията и практиката при изучаването на хармоничните режими.
- Създадената допълнителна лабораторна база дава възможност за избор на различни варианти за изчисляване и наблюдаване на изследвани явления и ефекти, като се има пред вид голямото многообразие на структурата на изследваните вериги, съобразено със спецификата на електро-специалността на обучаваните студенти.

II.5 Савов С., Иванова М., Рафаелян В., **Тодорова И.**, Анализ на ефективността от използването на персонални компютри при решаване на курсови работи по дисциплината “Теоретична електротехника”, Международна конференция “Качество на висшето образование”, ISBN 954-98883-06-X, Варна, октомври 2000, с.218-222.

С помощта на персоналните компютри се съкращава съществено загубата на време, свързана с изпълнението на голям брой еднотипни и трудоемки изчисления при решаване на курсови работи по дисциплината „Теоретична електротехника”.

В доклада се разглежда натрупаният опит от използване на компютрите при решаване на курсовата работа най-вече по темата „Анализ на хармонични и периодични нехармонични режими в линейни електрически вериги”. При решаването на задачите на студентите се предлага използването на програми, написани в програмната среда MATLAB за разделите:

1. Анализ на хармоничен режим във вериги без индуктивни връзки. Програмата е в два варианта. При първия вариант се проверява главно познаването на съответния метод като са сведени до минимум изчислителните операции с комплексни числа от страна на студента. Избира се по кой метод за анализ да се работи. При втория вариант студентът прави кратки изчисления за входните величини и ги сравнява в диалогов режим. Изпълнението продължава както при първи вариант.

2. Анализ на резонансни явления-получават се графично амплитудно-честотната и фазово-честотната характеристики на веригата и лесно се отчита честотната лента на пропускане. Визуализира се влиянието на числените стойности на параметрите на елементите.

3. Четириполюсници-изчисляват се параметрите на всяка от системите уравнения на четириполюсника и превръщането им от една форма в друга.

4. Анализ на периодичен нехармоничен режим - визуализира се наслагването на хармоничните съставлящи и се сравнява полученият сигнал с вида на зададеното входно въздействие.

Студентите сами въвеждат входните данни на своя вариант и правят корекции, съобразно тяхната електрическа схема.

По-съществени резултати:

- Използвайки персонални компютри преподавателят може да провери и оцени количествено резултатите, тъй като в дисциплината ”Теоретична електротехника” се изучават в неразделно единство както качествените, така и количествените страни на протичащите в електротехническите устройства процеси и явления.
- Използването на програмната среда MATLAB при решаването на теми от курсовата работа води до икономия на време, което може да се използва, за да се вникне във физикалната страна на протичащите процеси, да се проверят познанията на студентите и да се осигури добра визуализация на резултатите.

- II.6 Iatcheva I, R.Stancheva, H.Tahrilov, **I.Lilyanova**, Optimizacian of induction heating device, The 10th Work shop on Optimization and Inverse Problems in Electromagnetism, Ilmenau, September 14-17, 2008, p.115-130.
Ячева И, Р.Станчева, Х. Тахрилов, **И. Лилянова**, Оптимизиране индукционното нагриване на устройство, Десета работна среща по оптимизационни и обратни задачи в електромагнетизма, Илменау, 14-17 септ., 2008, с.115-130.

Повишаването на енергийната ефективност и нивото на технологичен контрол е от основен приоритет за всяка инженерна практика. За електротехническите устройства високата енергийна ефективност и надежна работа е задължителна.

В доклада е разгледана възможността за решаване на оптимизационни и обратни задачи при индукционното нагриване. Технологичните режими при обработката на детайли изискват зададено разпределение на температурата - по амплитуда и по температурен градиент, което трябва да бъде постигнато при нагриване на детайла за кратко време. Плоският индуктор, който е изследван, работи при честота 8kHz и е с водно охлаждане, състои се от 4 секции и има възможност за включване или изключване на секции, както и да се променя разстоянието между всяка секция и детайла, т.е. изследва се влиянието на конструктивните промени в индуктора. Установява се, че при включени всички секции и при еднаквото им отстояние от индуктора, радиалното разпределение на температурата има само един максимум. Като се отчита зависимостта между електромагнитното и топлинното полета и използва методът „Планиране на експеримента” (DOE), се намира аналитично квадратично описание, отчитащо взаимовръзката на разстоянията между секциите, захранващото напрежение, броя включени секции и развитието на процеса на нагриване.

Решава се оптимизационна процедура до формиране на различно разпределение на топлинните полета:

1. Топлинно поле с два максимума – включени са всичките четири секции на индуктора, а разстоянията между секциите на индуктора и детайла са различни.
2. Топлинно поле с два максимума – включени са първа, втора и четвърта секции на индуктора, а разстоянията между секциите на индуктора и детайла са еднакви.
3. Решава се обратната задача за намиране на равномерно топлинно поле при включени всички секции на индуктора, при условие, че третата работи в противофаза, като разстоянията между секциите на индуктора и детайла са различни.

Използва се МКЕ и програмния пакет COMSOL 3.3.

По-съществени резултати:

- Реализирано е решение на оптимизационни задачи, с цел постигането на желано разпределение на температурното поле чрез промяна на броя включени секции, или промяна на разстоянията индуктор-детайл за отделни секции от индуктора.
- Формулирана е обратна задача и съответен алгоритъм, позволяващ постигането на равномерно нагриване на детайла, а също и на желано разпределение на топлинното поле чрез промяна на броя включени секции, разстоянията индуктор-детайл на всяка от тях, както и на захранващото напрежение.

- II.7 Stancheva R., I.Iatcheva, **I.Lilyanova**, H.Tahrilov, Temperature Field in Disc-Shaped Induction Heating System, The 12th IGTE Symposium 18-20 sept, Austria, 2006, p.488-491
Температурнополе в плоска осесиметрична индукционна система,12 ИГТЕ Симпозиум 18-20 септ, Австрия, 2006, с.488-491

При индукционното нагряване енергията се отделя директно в загревания детайл. То се характеризира с висока концентрация на енергия в нагрявания материал, безконтактност на въздействието, надеждност, удобства при регулиране, не предизвиква замърсяване.

В работата е изследвана система с плосък двуслоен индуктор за нагряване на дискови неферомагнитни и феромагнитни детайли. Захранването на индуктора е с честота 50Hz. Долният слой на индуктора е секциониран, а горният слой - не. Изследваните детайли имат същия радиус както индуктора. Анализират се магнитното и топлинното поле на индукционната система. Прилага се МКЕ и програмния пакет ANSYS 9.0. Получени са числени резултати за разпределението на магнитния поток и магнитната индукция във феромагнитния детайл в радиално направление. За преходния топлинен процес, развиващ се в алуминиевия и феромагнитния детайл са получени резултати от числения анализ, които са сравнени с експериментални. При доближаване до стационарната температура относителните грешки и в двата случая са не по-големи от 8%. Получените резултати показват, че численият модел е адекватен и може да бъде използван за решаване на обратни задачи и оптимизиране на системата.

По-съществени резултати:

- Изследвани са магнитното и температурното поле на индукционна система с плосък двуслоен индуктор за нагряване на дискови неферомагнитни и феромагнитни детайли.
- Проблемът се решава при индиректно свързване анализа на квазистационарното електромагнитно поле и на преходния температурен процес.
- Достоверността на модела се проверява чрез сравняване на числените с експериментални резултати.
- Сравнението на резултатите показва, че численият модел е адекватен и може да бъде използван за решаване на обратни задачи и оптимизиране на индукционната система.

II.8 **Lilyanova I.T**, H.P.Tahrilov, About the mathematical description of two models of the electromagnetic system flat inductor-detail, Acta Universitatis Pontica Euxinus.vol.3,number1, 2004, ISSN 1312-1669, p.111-115.

Лилянова И., Х.Тахрилов, Математическо описание на два модела на електромагнитната система плосък индуктор-детайл, Acta Universitatis Pontica Euxinus, vol.3,number1, 2004,ISSN 1312-1669, с.111-115.

Индукционните уредби за нагряване на плоски детайли се раглеждат въз основа на експериментални зависимости поради сложността на теоретичното им математическо описание.

В статията е получено математическо описание и е направено изследване на два модела на детайла от системата плосък индуктор-детайл. При единия модел детайлът е разделен по височина на елементи през 0,01m. При втория модел детайлът е разделен на елементи през 0,02m, като височината на елементите е наполовина от дебелината на детайла.

Изследват се токът в индуктора и токоразпределението за еднослойния и двуслойния модели при захранващо напрежение на индуктора - 50V и изменение на дебелината на детайла по следния начин: 0,002m; 0,004m; 0,008m 0,016m; 0,032m.

Токовете в индуктора и токовете в елементите на детайла при еднослойния и двуслойния модел се намират чрез класически метод от електротехниката, като системата уравнения се решава в програмната среда MATLAB.

Разпределенията на токовете в еднослойния и двуслойния модели на детайла са дадени графично в относителни стойности спрямо съответния максимален ток за еднослойния модел, за да могат да бъдат сравнени.

По-съществени резултати:

Установява се следното разпределение на токовете в индуктора и в детайла:

- При еднослойния и двуслойния модели токът в индуктора расте с увеличаване дебелината на детайла.
- При двуслойния модел на детайла (0,002 m и 0,004 m) в първия слой, който е по-близо до индуктора, токовете имат по-големи стойности от тези във втория слой най-вече при средните и крайните елементи(около 1%-2%), което съответства на токовото изместване. С увеличаване дебелината на детайла тази разлика нараства.
- При по-малки стойности на дебелината на детайла (0,002m , 0,004m) и при двата модела има изразени максимуми на токоразпределението в детайла. При увеличаване дебелината на детайла максимумите са все по-слабо изразени.

II.9 Tahrilov H., **I. Lilyanova**, About the possibilities for formation of the thermal field in a flat detail from flat inductor, First international congress MEET/MARIND, Varna, vol.V, 7-11 october 2002, ISBN 954-20-0214-9, p. 325-328.

Тахрилов Х., **И. Лилянова**, Върху възможностите за формиране на топлинното поле в плосък детайл от плосък индуктор Първи международен конгрес MEET/MARIND, Варна, vol.V, 7-11 окт. 2002, ISBN 954-20-0214-9, с. 325-328.

Топлинното поле на класическата система плосък индуктор-детайл се характеризира с максимум в зоната на средния диаметър, но изискванията на потребителите са за по-силно нагряване на точно определена зона. В статията е направен теоретичен анализ на топлинните процеси в детайл от неферомагнитен материал при различни варианти на включване на шестте секции на индуктора с цел формиране на повече от един максимум с различно местоположение. Системата диференциални уравнения, записана за съответните възли на модела, се решава с програмния пакет MATLAB. При теоретичното изследване на модела се следят както най-ниските температури τ_1 и τ_{18} , така и максималната. Поставено е условие, процесът да се развива до установен режим при предварително зададена максимална температура $\tau_{\max} = \tau_{11} = 725^\circ C$, съобразена с параметрите на алуминия. Реализирането на този режим се осъществява при захранващо напрежение $U_{\text{захр}} = 166,5V$, за получаване на съответните мощности. Сравнителният анализ е проведен при захранващи напрежения, съответстващи на номиналното напрежение на мрежата $U_\phi = 220V$ и $U_L = 380V$. Резултатите от всички изследвания са представени в таблици. Разгледани са следните случаи: с константни параметри, с отчитане на променливия коефициент на топлоотдаване чрез конвекция и лъчение – $\alpha(\tau_i)$, с променлив коефициент на топлопроводност $\lambda(\tau_i)$, с променлива специфична топлина $c(\tau_i)$, с променлива специфична топлина $c(\tau_i)$ и променливи коефициенти $\alpha(\tau_i), \lambda(\tau_i)$.

По-съществени резултати:

- Предложеният теоретичен анализ показва, че е възможно формиране на един максимум на температурата в различни зони на детайла, както и формиране на два температурни максимума: един фиксиран и един изместващ се или и двата максимума да се изместват (с променливи радиални координати).
- Направено е изследване на влиянието на температурните зависимости: на коефициента на топлоотдаване чрез конвекция и лъчение, коефициента на топлопроводности на специфичната топлина върху изменението и разпределението на температурата.

- II.10 Tahrilov H., **I. Lilyanova**, About the distribution of the thermal field in flat detail from flat inductor, MEEMI, vol.1, ISBN 954-20-0314-5, Varna, 2005, p.158-163
Тахрилов Х., **И. Лилянова**, Относно разпределението на топлинното поле в плосък детайл на системата плосък индуктор - детайл, MEEMI, vol.1, ISBN 954-20-0314-5, Варна, 2005, с.158-163.

При моделиране на топлинните процеси основен недостатък е липсата на многослойна структура, чрез която да се получат измененията в големината на температурата на границата с околната среда.

Разработването на математическия модел е свързано с особеностите на разпределение на електромагнитното поле и съответната големина на токовете в отделните елементи и слоеве на детайла. Предвид особеностите в топлообмена и оценката за достоверност на резултата при изчисляване на температурите се изисква подобен подход. Тъй като измерванията на температурата се извършват на повърхността на детайла, тя трябва да се отдели като съответен слой.

В статията е предложен математически модел на многослоен детайл, който освен че е разделен на елементи по радиуса е разделен и на слоеве (в случая - 3). Във всеки слой се изчислява разпределението на температурата по радиуса. За изследване на термичните процеси се използва заместваща топлинна схема, съответстваща на конструктивното изпълнение на опитен модел.

Параметрите - коефициент на топлопроводност, специфична топлина, специфично електрическо съпротивление, топлинен капацитет се корегират на всяка стъпка от изчислителната процедура. Токовете се считат известни (изчислени са с метода на контурните токове). Решаването на системата диференциални уравнения, записана за съответните възли е реализирано в програмната среда MATLAB.

Намерено е температурното разпределение по слоеве и елементи за детайл от алуминий и от неръждаема феромагнитна стомана. За алуминия ограничението за температурата е до температурата на топене, а за стоманения детайл - до температурата на термообработка. Резултатите са представени таблично.

Извършено е сравнение с експериментални резултати за алуминиевия детайл при захранващо напрежение на индуктора 17V.

По-съществени резултати:

- Предложеният математически модел отчита температурните разлики в разпределението на температурата в различните слоеве на детайла. Установяват се по-високи температури в по-близкия до индуктора слой.
- Моделът може да бъде използван при необходимост от прецизиране на температурното разпределение по височина на детайла.

II.11 **Лилянова, И.Т.,** Х.П.Тахрилов, Температурен модел и експерименти със система плосък индуктор-детайл, Трети международен научен конгрес, ISBN 978-954-20-0552-0, Варна, ч.3, 4-6 октомври, 2012, с.140-144.

В работата е изследвана конкретна система за индукционно нагряване: плосък еднослоен многосекционен индуктор (7 секции) и детайл от неферромагнитен материал-алуминий. Захранването на индуктора е при 50 Hz.

Топлинният модел е разработен на база топлинна заместваща схема с отчитане физическите характеристики на материалите и условията на топлообмен, като чрез изчислените индуктирани токове във всеки елемент на детайла се определят топлинните източници. Топлинните процеси при индукционното нагряване се характеризират с високи скорости на протичане, т.е. детайлът и индукторът се намират в непрекъснат преходен процес. Затова анализът се провежда чрез числено решаване на система диференциални уравнения. Изменението на коефициентите в тях се отчита непрекъснато чрез температурните зависимости на параметрите. Заместващата топлинна схема съответства на конструктивното изпълнение на опитния модел.

Представени са теоретични и експериментални резултати при съпосочно последователно включени всички секции на индуктора, при съпосочно последователно включени първа, втора, трета, шеста и седма секции; при включени първа, втора, шеста, седма секции; при включени първа, втора, трета, четвърта секции; при включени пета, шеста и седма секции.

Сравнението между теоретични и експериментални резултати относно изменението на температурното поле в радиално направление в детайла в зависимост от броя и начина на свързване на секциите на индуктора показва адекватността на предложения модел. Отклонението между изчислените и измерените установени температури в радиално направление е до 10%.

По-съществени резултати:

- Предложен е дискретен модел с топлинна заместваща схема за анализ на топлинното поле на система за индукционно нагряване: плосък еднослоен многосекционен индуктор и детайл от неферромагнитен материал-алуминий.
- С помощта на модела е определено разпределението на температурите в плосък неферромагнитен детайл на конкретната индукционна система. Проверена е адекватността му чрез експерименти. Резултатите потвърждават валидността на предложения модел.
- Установява се следното разпределение на токовете и температурите в индуктора и в детайла:
 - Теоретичното разпределение на токовете и температурите в радиално направление, потвърждава факта, че температурите следват изменението на токовете и съответстващите им плътности на потока на топлинната мощност.
 - Максимумът на температурите следва максимума на плътността на потока на топлинната мощност. При температурите обаче той е по-плавен. Затова при втори по-малък максимум на плътността на потока на топлинната мощност, не следва нов максимум, поради голямата топлопроводност на алуминия.
 - В зависимост от местоположението на включените секции на индуктора се променя местоположението на температурния максимум по радиуса, което показва, че може да се формира поле със зададено температурно разпределение.

- II.12 Stancheva R., I.Iatcheva, **I.Lilyanova**, H.Tahrilov, FEM Modelling of an Induction Heating System, 51 IWK-Ilmenau; ISBN 3-938843-16-0, 11-15 sept, Germany, 2006 (<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=13212>).
Станчева Р., И.Ячева, **И.Лилянова**, Х. Тахрилов, Моделиране с МКЕ на система за индукционно нагриване, 51 IWK-Илменау; ISBN 3-938843-16-0, 11-15 септ., Германия, 2006(<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=13212>).

В последните години все повече се използва индукционното нагриване поради неговите предимства.

В работата е изследвана система двуслоен секциониран индуктор за нагриване на дисков феромагнитен детайл. Захранването на индуктора е с честота 50Hz. Анализират се взаимно свързаните магнитно и топлинно поле на индукционната система, разглеждана като нелинейна.

Електромагнитната задача определя електрическите и магнитните параметри за изследваната система и позволява да се дефинира топлинната задача. Електромагнитният процес е квазистационарен и се описва на базата на магнитния вектор-потенциал.

Дефинирането на топлинната задача отчита топлообмена в моделирания обект. Плътноста на мощността на вътрешните топлинни източници се определя от вектор-потенциала. Вихровите токове, които се индуцират в детайла предизвикват отделянето на топлина в съответствие със закона на Джаул.

Получени са резултати за разпределението на магнитния поток, разпределението на температурите по радиуса на детайла и развитието на преходния топлинен процес при включени всички секции на индуктора. За целта в процеса на решение се включва уравнението, описващо този процес. Използва се МКЕ и програмният пакет ANSYS 9.0. Установява се, че получените резултати за температурите, сверени с експериментални, гарантират достоверна точност и предложеният подход може да бъде използван при решаване на обратни и оптимизационни задачи, отнасящи се до системата.

По-съществени резултати:

- Представен е подход за числено моделиране на система плосък индуктор-феромагнитен детайл с МКЕ (ANSYS 9.0) с отчитане нелинейността на системата.
- Получените резултати могат да бъдат използвани като основа за решаване на обратни и оптимизационни задачи при специални изисквания относно времето за нагриване на детайла.

РАЗДЕЛ III

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИ ПОСОБИЯ

1. **Лилянова И., Р. Пенова,** Ръководство за курсова работа по Теоретична електротехника I част, Технически университет - Варна, ISBN 978-954-20-0566-7, Варна, 2012. (126 стр)

Ръководството е предназначено за студентите от бакалавърския курс на обучение в ТУ-Варна от специалности „Електротехника”, „Възобновяеми енергийни източници”, „Електроенергетика”, „Електроснабдяване и електрообзавеждане” и „Електрообзавеждане на кораба”- редовно и задочно обучение, но може да се ползва от всички специалности, изучаващи дисциплината „Теоретична електротехника”, а също от студентите от по-горните курсове при използване на компютърни методи за анализ на по-сложни линейни електрически вериги.

Авторите, за да осигурят самостоятелната работа на студентите предлагат по 32 различни схеми и 6 варианта на числени стойности по съответната задача. Решените примери са подробно обяснени с допълнителни схеми, буквен и цифров запис, за да могат студентите, без използване на допълнителна литература да решат задачите.

Към първата курсова задача има още 15 схеми с повече клонове за по-талантливите студенти с по-сложно задание, касаещо използването на матрични уравнения.

Има приложени програми за използване на програмната среда MATLAB за решаване на част от задачите. Също така за съставянето на структурни матрици и матрици на елементите и по-нататъшното им използване за получаване на матрични уравнения.

Съдържание:

Предговор

Курсова работа №1: Стационарни режими в линейни електрически вериги при постоянен ток

Решени примери

Курсова работа №2: Стационарни хармонични режими в линейни електрически вериги

Решени примери

Приложения

Литература

2. **Лилянова И., Р. Пенова**, Ръководство за курсова работа по Теоретична електротехника II част, Технически университет - Варна, ISBN 978-954-20-0742-5, Варна, 2015 (131стр).

Ръководството е предназначено за студентите от бакалавърския курс на обучение в ТУ-Варна от специалности „Електротехника”, „Възобновяеми енергийни източници”, „Електроенергетика”, „Електроснабдяване и електрообзавеждане” и „Електрообзавеждане на кораба” - редовно и задочно обучение, но може да се ползва от всички специалности, изучаващи дисциплината „Теоретична електротехника”

Авторите, за да осигурят самостоятелната работа на студентите предлагат по 32 различни схеми и 6 варианта на числени стойности по съответната задача. Решените примери са подробно обяснени с допълнителни схеми, буквен и цифров запис, за да могат студентите, без използване на допълнителна литература да решат задачите.

Съдържание:

Предговор

Курсова работа №1: Анализ на трифазна верига

Решени примери

1.1.Анализ на симетрична трифазна верига

Анализ на несиметрична трифазна верига при статичен товар

Курсова работа №2: Стационарни хармонични режими в линейни електрически вериги

Решени примери

2.1.Анализ на преходни процеси по класически метод във вериги от първи ред

2.2.Анализ на преходни процеси по класически метод във вериги от втори ред

2.3.Анализ на преходни процеси във вериги от втори ред по операторен метод

2.4.Анализ на преходни процеси при импулсно входно въздействие

Приложения

Литература

3. Маринов М., Лилянова И., Ръководство за курсова работа по Електротехника и електроника, Технически университет - Варна, ISBN 978-954-20-0733-3, Варна, 2015(71 стр).

Ръководството за курсова работа по дисциплината „Електротехника и електроника” е предназначено за студентите от специалностите „Компютърни системи и технологии“ и „Софтуърни и интернет технологии“ редовно и задочно обучение, с специалност „Защита на населението при бедствия и аварии“, изучаващи дисциплината „Електротехника“ и за студентите от специалност „Корабоводене“, изучаващи дисциплината „Електротехника и електроника“, но може да се ползва и от студенти от други специалности, изучаващи електротехника.

Авторите, за да осигурят самостоятелната работа на студентите предлагат по 33 различни схеми и 7 варианта на числени стойности по съответната задача.

Към всяка от задачите има кратка теоретична част с основните зависимости. Решените примери са подробно обяснени с допълнителни схеми, буквен и цифров запис, за да могат студентите, без използване на допълнителна литература да решат задачите.

Съдържание:

Предговор
Общи указания
Задание
Кратка теория за курсова задача №1 и №2
Курсова задача №1-решени примери
Курсова задача №2-решени примери
Кратка теория за курсова задача №3
Курсова задача №3-решени примери
Приложения.
Литература.

4. С. Савов, И. Лилянова, Р. Пенова, М. Иванова, М. Донева, Ръководство за упражнения по теоретична електротехника, I част, Технически университет - Варна, ISBN 978-954-20-0438-7, Варна, 2009, (175 стр.).

Ръководството е предназначено за студентите от специалности „Електроника“, „Автоматика, информационни и управляващи компютърни системи“, „Телекомуникации и мобилни технологии“, „Електроенергетика“, „Електроснабдяване и електрообзавеждане“, „Електротехника“, „Възобновяеми енергийни източници“, „Електрообзавеждане на кораба“ в ТУ Варна. Всяко упражнение се състои от две части:

1. Кратка теория и примери.

2. Задание

Упражнението започва с кратка теоретична част, в която се дават основните зависимости. Следват решени подробно примерни задачи. Втората част се състои от лабораторна част – със схема на опитната постановка и кратко описание и нерешени задачи с отговори. Студентите могат да работят и самостоятелно с ръководството.

Съгласно предговора „Упражненията са подготвени от съответните автори ..гл.ас. И.Лилянова – упр.2,3,4,9,10,14..“.

Съдържание:

Предговор

Встъпително упражнение

Упр.1. Електрическо съпротивление, ток, съпротивление, мощност
СТАЦИОНАРЕН ПОСТОЯНЕН РЕЖИМ В ЛИНЕЙНИ ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ВЕРИГИ

Упр.2. Закони на Кирхоф за електрически вериги

Упр.3. Еквивалентни преобразования на линейни електрически вериги

Упр.4. Основни методи за анализ на електрически вериги: метод с контурните токове и метод с възловите потенциали

Упр.5. Резисторни вериги при постоянен ток. Принцип на наслагване. Теорема на Тевенин.

СТАЦИОНАРЕН ХАРМОНИЧЕН РЕЖИМ В ЛИНЕЙНИ ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ВЕРИГИ

Упр.6. Изследване на прости ЛЕВ при стационарни хармонични режими във временната област

Упр.7. Комплексен метод за анализ на хармонични режими в линейни електрически вериги

Упр.8. Анализ на сложни електрически вериги. Баланс на мощностите.

Упр.9,10. Линейни електрически вериги с индуктивно свързани бобини.

Упр.11,12. Четириполюсници

Упр.13. Изследване на резонансни явления

Упр.14. Периодични нехармонични режими в линейни електрически вериги

Използвана литература

29.02.2016г.

Изготвил:.....

/гл.ас.д-р.инж.Илонка Лилянова/