

**РЕЗЮМЕТА НА НАУЧНИТЕ ПУБЛИКАЦИИ  
ПРЕДСТАВЕНИ ЗА УЧАСТИЕ В КОНКУРС ЗА ЗАЕМАНЕ НА АД „ДОЦЕНТ“  
ПО „ЕЛЕКТРИЧЕСКИ АПАРАТИ“,  
В ПРОФЕСИОНАЛНО НАПРАВЛЕНИЕ  
5.2. „ЕЛЕКТРОТЕХНИКА, ЕЛЕКТРОНИКА И АВТОМАТИКА“  
(обявен в ДВ бр. № 40 / 31.05.2022г.)  
на гл. ас. д-р инж. Татяна Маринова Димова,  
преподавател от катедра „Електротехника и електротехнологии“,  
Технически университет Варна**

**Резюмета на публикациите от група В.4. – научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация, които са равностойни на монографичен труд в една тематичната област.**

**Научна част** на публикациите равностойни на монографичен труд може да се систематизира в следните области:

- Синтез на 2D и 3D компютърни модели, за изследване на магнитното поле и влиянието на конструктивните параметри и характеристиките на сепарирани продукти (материали) върху степента на очистване със сепаратори с различна конструкция - **публикации: (В.4.1.), (В.4.2.), (В.4.4.), (В.4.5.), (В.4.7.)**
- Математични модели и програми за изследване на магнитните полета в устройството на различни конструкции сепаратори с постоянни магнити - **публикации: (В.4.1.), (В.4.7.), (В.4.8.), (В.4.9.)**
- Експериментално изследване на специфични характеристики свързани с факторите, които влияят върху устройствата за сепариране и процеса на сепариране - **публикации: (В.4.5.), (В.4.6.), (В.4.3.), (В.4.7.), (В.4.9.), (В.4.10.)**

**Научно приложна част** на публикациите равностойни на монографичен труд може да се систематизира в следните области:

- Разработване на експериментални устройства за изследване на специфични характеристики и процеси свързани със сепариращите апарати с постоянни магнити - **публикации: (В.4.1.), (В.4.4.), (В.4.5.), (В.4.8.), (В.4.10.)**
- Определяне на зависимости между начина на подреденост на магнитната система, разпределението на магнитното поле, магнитната сила, която е достатъчна за отделяне на феромагнитни примеси от немагнитни и някои конструктивни параметри (концентратори, въздушни междини и др.) - **публикации: (В.4.1.), (В.4.2.), (В.4.3.), (В.4.9.), (В.4.8.), (В.4.10.)**
- Експериментално определяне на зависимостите на магнитната сила, дебит, скорост на движение на продукта, температура и степента на очистване на сепариран материал - **публикации: (В.4.2.), (В.4.3.), (В.4.6.), (В.4.10.)**
- Въз основа на приложена нова методика за анализ и проектиране на сепариращи апарати със специфична конструкция и номинални параметри са внедрени и реконструирани в практиката редица устройства на сепариращи апарати с постоянни магнити. Направени са обстойни анализи и са получени ценни данни и изводи за мултифизичния процес на сепариране. Постигнато е подобряване на процеса на сепариране в различни производства от хранително-вкусовата промишленост, като например сепариране на хигроскопични материали от типа на какао, брашно, нишесте и др. - **публикации: (В.4.3.), (В.4.6.), (В.4.8.), (В.4.9.), (В.4.10.)**

**B.4.1. Dimova T., Marinova M., Aprahamian B., Investigation of the Magnetic Field of a Separator with Specific Configuration of the Magnetic Filter, Proceedings of 19-th International Symposium of Electrical Apparatus and Technologies SIELA, 2016, pp. 72-75**

В зависимост от специфичните особености на обекта на сепариране и етапите на технологичния процес се подбира сепариращ апарат, който да осигури максимална степен на извличане на феромагнитни примеси. За да подбере правилната и най-подходяща конструкция на сепариращия апарат е необходимо предварително оразмеряване на магнитната система. В статията се разглежда математичен модел по метода на крайните елементи на сепаратор с постоянни магнити със специфична конструкция, изразяващ се в наличие на скосен участък и постоянни магнити с различна форма. Спецификата на почиствания продукт налага определени ограничения относно скоростта на движение на материала, работна температура, влажност и др. С помощта на програмата FEMM 4.2. са разработени различни варианти на конфигурацията на магнитната система, с цел постигане на максимална степен на почистване, изразяваща се в максимална степен на извличане на феромагнитни частици.

За настройка на магнитния филтър в сепариращия апарат е използван предварително създаден 2D модел, който отговаря на реалния. Анализирано е разпределението на магнитното поле в работното пространство на сепаратора. Получените резултати са проведени за достоверност и отговарят на изискванията за адекватност.

Целта на статията е изследване на магнитното поле на сепаратор със специфична конфигурация на магнитния филтър чрез съставяне на математичен модел, чрез който да се постигне максимална степен на почистване на обработвания биологичен продукт.

Изменението на формата и разположението на постоянните магнити, които съставят магнитния филтър на сепариращия апарат, влияят пряко върху неравномерно разпределеното магнитно поле и формираната магнитна сила на извличане. Предварителното пресмятане на поето позволява да се ограничи експерименталното изпитване на технологичния процес на сепариране, в който основен и базисен елемент е магнитния сепаратор.

Оптимизацията на всяко едно устройство или механизъм се състои в избора на един от множество конструктивни варианти, отговарящи на предварително поставените технически (технологични) условия и удовлетворяващи определени показатели. В областта на сепариращите апарати изборът на критерий за оптималност, например минимална маса, стойност и обем е твърде условен, тъй като по-важна е максималната експлоатационна надеждност, сигурност при работа и разбира се степен на почистване.

Получените резултати могат да се използват за по-нататъшни конструктивни промени на сепаратора, а използвания подход – за разработване на обобщена методика за проектиране на сепаратори с постоянни магнити с цел избор на вид на магнитния филтър според спецификата на сепарирувания материал.

**B.4.2. Dimova T., Marinova M., Aprahamian B., Assessment of the Influence of the Magnetic Filter Type on the Magnetic Field of a Separator Type MCR-5, Proceedings of 19-th International Symposium of Electrical Apparatus and Technologies SIELA, 2016, pp. 76-79**

В статията се разглежда конструкцията на реален магнитен сепаратор MCR-5 с конкретно дефиниран проблем от практиката. Анализът е проведен с помощта на специално разработени за целта математични модели, базирани на метода на крайните елементи. Изследвани са модели на конструкцията с концентратори от феритен материал и междини от немагнитен материал и с различна ориентация на вектора на магнитната индукция на отделните постоянни магнити. Стационарното магнитно поле на системата се анализира като плоско паралелно, с отчитане на нелинейните свойства на материалите, които се отделят посредством сепариращия апарат. Разгледано е и влиянието на дебелината и материала на външното тяло (кожух) на сепаратора. Разпределението на полето се моделира числено чрез метода на крайните елементи с програмния пакет FEMM 4.2.

Получените резултати позволяват да се оптимизира конструкцията на магнитния сепаратор, с цел постигане на най-висока степен на очистване.

Целта на сепариращите апарати с постоянни магнити е да се получи максимална степен на очистване при минимален брой сепарации. Това може да се постигне чрез правилно проектиран магнитен филтър, т.е. получаване на такова неравномерно поле, с което се постига максимална ефективност на процеса на магнитна сепарация.

За да се постигне всичко това, най-удачно е да се използват компютърни модели, чрез които да се даде оценка на ефективността спрямо коефициента на неравномерност.

Цел на настоящата статия е оценка на влиянието на различно изпълнение на магнитния филтър, отнасящо се до подредба на постоянни магнити и различни дистанционни среди за постигане на максимална степен на очистване при фиксирани конструктивни параметри. Дистанционните междини са от немагнитен, парамангнитен и/или феромагнитен материал.

Първоначалният дизайн на сепаратор тип MCR-5 има 14 постоянни магнити тип Alnico 5, ориентирани в една и съща посока, без междини между тях. По този начин магнитният филтър всъщност се формира като монолитно тяло с висок магнитен интензитет по повърхността му, който не е ефективен за целите на отделящото устройство.

Чрез поставянето на дистанционни междини от немагнитен и магнитен материал, се постига следното:

- Намален брой на постоянните магнити, които съставят магнитния филтър, което води до намаляване на цената на сепариращия апарат;
- Намалено тегло на сепариращия апарат;
- По-висока степен на очистване.

Разработените варианти с феромагнитни концентратори между всеки от постоянните магнити показват, че това е добър вариант за изпълнение на магнитния филтър, защото натрупаната магнитна енергия в резултат от допълнителните концентратори допринасят за

генериране на по-голяма магнитна сила на привличане, с която се почистват нежеланите феромагнитни включения от обработвания продукт.

**B.4.3. Dimova T., Marinova M., Aprahamyan B., Marinov T. M., Investigation of the exploitation modes on a special type separator, Proceedings of 15-th International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems ELMA2017, pp 444 - 447**

Настоящата работа е посветена на изследване на сепариращ апарат с постоянни магнити, който е предназначен за обработка на слънчогледов шпрот, преди да постъпи в топкова мелница. Целта е съдържанието на феромагнитни примеси в обработваната маса да клони към нула, за да се получи чист продукт и да се предотвратят повреди в мелницата. Това се постига чрез регулярно и навременно почистване на сепариращия апарат, прецизиране на режимите му на работа и изправност на магнитния филтър. Изследва се обработваната суровина в края на технологичния цикъл и количеството отделени феромагнитни примеси. Проверени са експерименти за изправност на магнитния филтър на сепариращия апарат с постоянни магнити. Доказана е възможността за получаване на такава неравномерност на полето, чрез която да се получи увеличаване интензитета на полето или чрез подмяна на постоянните магнити с алтернативни. Направени са препоръки за реконструкция и ремонт.

Проведен е планиран експеримент за проверка на степента на почистване на обработвания продукт след преминаване през цикъла транспортна лента – сепаратор – мелница. Пробите са взети в участъка преди и след топковата мелница.

За да се намери оптимален вариант на реконструкция и ремонт на магнитния филтър са разработени различни компютърни конфигурации на магнитната система на сепаратора. В предложените общо шест варианта е запазен типа на постоянният магнит и е предвидено, че минималната магнитна индукция в работната зона ще бъде 0,1 Т, а максималната магнитна индукция по повърхността на филтъра е между 0,33 Т и 0,4 Т. реализирани са варианти с четири и с два броя постоянни магнита тип Alnico, които са намагнитени в една и съща посока, но генерират такова неравномерно магнитно поле, което осигурява стойности на магнитната сила на привличане и задържане на феромагнитни примеси (тела) в диапазона от 0,7 N до 5,5 N. Тези стойности са напълно достатъчни да осигурят нужното отделяне на случайно попаднали метални примеси в обработвания продукт.

Чрез математично моделиране е анализирано магнитното поле на сепариращ апарат тип E-15. Намерен е подходящ вариант за подмяна на сектор от магнитния филтър, който повишава степента на почистване и предпазва от повреди поточната линия.

**B.4.4. Dimova T., Streblau M., Aprahamyan B., 3D Modeling of the Magnetostatic Field in Separation Apparatus, Proceedings of the First International Conference on High Technology for Sustainable Development HiTech 2018, 2018, pp. 223 – 225**

Основната цел на статията има четири опорни точки: „изследване – оценка - анализ - въздействие“, т.е. въз основа на теоретично, експериментално изследване и анализ на

получените резултати да се направи обективна оценка за действителното състояние на различни типове сепаратори.

Разработен е компютърен модел за анализ на разпределението на магнитното поле, анализ на аварийните режими, които се изразяват в настъпване на непроходимост и така нареченото „задръстване“ на сепаратора, и подобряване на работните режими, за да се получи максимална степен на очистване и извличане на феромагнитни примеси от хранителни и други насипни продукти. Описаните конструкции са внедрени в експлоатация.

Реализирани са компютърни модели и експерименти с феромагнитни включвания, които имат различна магнитна проницаемост, различна маса и геометрични форми. При всички варианти на изхода на сепаратора се получава максимално очистване на сепарирания продукт. Това се получава при максимална магнитна индукция в работната зона от  $B_{\max}=0,3$  Т и благодарение на конкретната ориентация и подредба на постоянните магнити. Подмагнитването и запасяването на остатъчна магнитна индукция в отделените частици също спомага за по-доброто очистване на материала.

Реализираните 3D модели са приложими в разнообразието от конструкции на сепариращи апарати, в които трудно биха могли да се моделира разпределението на магнитното поле в двумерно плоскопаралелно поле на базата, на които да се определи минималната и максималната магнитна сила необходима за извличането на феромагнитни и парамагнитни примеси от различни обработваеми смеси.

#### **B.4.5. Dimova T., Aprahamian B., Marinova M., Research of the Magnetic Field Inside a Drum Separator With Permanent Magnets, Proceedings of 16-th International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems ELMA, 2019, pp. 621–624**

Целта на статията е да моделира картината на магнитното поле в конкретна модулна система (двоен барабанен сепаратор с постоянни магнити) и да докаже адекватността на модела чрез сравняване с експериментално получените характеристики. Чрез моделирането на сепаратора се постига подобряване на неговата работа и настройка на конструкцията при промяна на сепарирания материал.

Разглежданата конструкция за сепариране се състои от два барабана, които са разположени в една равнина, въртят се в противоположни посоки и помежду им се формира работна зона. Всеки барабан се състои от три концентрични цилиндъра – външен немагнитен въртящ се цилиндър (наречен още „кожух“), вътрешен неподвижен цилиндър концентратор от парамагнитен материал и трети неподвижен цилиндър, върху който са разположени магнитните системи. Магнитните системи са изградени от постоянни магнити, които са разположени радиално на 120 градуса и следват определена последователност. Конструкцията позволява разделянето на обработвания продукт на три фракции, което прави излишно следващо повторно сепариране в производствения цикъл.

Теоретичното изследване на барабанныя сепаратор е направено в средата на софтуерния продукт FEMM 4.2., чрез който е направено двумерно моделиране на магнитното поле по метода на крайните елементи. Източник на полето е системата от постоянни магнити, изработени от Ba-Ferrite 20 А. Разглежданият проблем е магнито-

статичен тип, плоско-паралелен и нелинеен, тъй като характеристиките на феромагнитните материали се определят с техните нелинейни криви  $B - H$ .

От проведените експериментални изследвания са направени следните изводи:

- Теоретичният подход, представен тук, позволява визуално, бързо и лесно определяне на разпределението на магнитното поле в работната зона на сепаратора с променлива конфигурация на степента на подмагнитване на постоянните магнити и възможност да се настройва големината на работната въздушна междина;
- Сравнението на теоретичните и експериментирани постигнатите данни показват отклонение от около 10%. Това позволява използването на разработения програмен модел за бъдеща частична оптимизация на конструктивните решения за постигане на качествено и ефективно разделяне;
- Подходящият избор на материал за магнитите е от съществено значение за подобряване на характеристиките на сепаратора с постоянни магнити. Това би позволило разделянето както на феромагнитни, така и на парамагнитни материали.

#### **B.4.6. Dimova T., Theoretical and experimental study of drum electromagnetic separator for waste material, Proceedings of 21-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA 2020, pp. 85 - 88**

Благодарение на многобройните си предимства, магнитният барабанен сепаратор намира широко приложение в индустрията днес. Това повдига някои въпроси, свързани с теоретичното и практическото приложение на тези методи за сепариране с магнитно поле. За да се повиши качеството и ефективността на тяхното приложение, е необходимо да се прецизират съществуващите методи за изследване и усъвършенстване на конструктивните решения. Решаването на горните въпроси изисква прилагане на нови математически модели и компютърни методи на изследване. В статията се изследва устройството на електромагнитен барабанен сепаратор за отпадъчен материал. Описаният математически модел е реализиран по метода на крайните елементи. В подкрепа на теоретичното изследване е проведен и експеримент за оценка на адекватността на модела.

През последните години проблемите на околната среда постепенно промениха своите стандарти за замърсяване към по-ниски допустими концентрации на феромагнитни частици от тези от миналото по отношение на промишлените отпадъци. Един от методите за разделяне на насипни материали е чрез използване на електромагнитно възбуждане. Предимството е, че може да се получи по-силно поле и да се регулира неговата стойност. Основната конструктивна част на изследвания сепаратор се състои от електромагнити с променлив полярност, а между тях са разположени концентратори. Сепараторът е предназначен за отделяне на феромагнитни частици от немагнитни; материалът, с който се работи, е подложен на механични и магнитни сили, така че частиците с различни магнитни свойства могат да поемат различни траектории на движение. Това води до необходимостта от разработване на по-компактни и опростени процеси и апарат за разделяне. В тази статия се изследва техниката за магнитно разделяне на феромагнитните частици от отпадъчни материали.

Целта на това изследване е на базата на експерименти, проведени върху реален магнитен сепаратор с електромагнитно възбуждане, да се изгради модел на сепаратор, съответстващ на действителния, за да се оптимизира неговата конструкция.

Точността на модела може да се увеличи чрез увеличаване на плътността на мрежата, т.е. на триъгълните елементи. Всъщност в конкретните случаи с увеличаване на броя на триъгълните елементи получените резултати не се променят съществено.

Получените експериментални резултати показват много добро съвпадение с предварителните изчисления, което позволи възобновяването на процеса на третиране на отпадъчните материали само след краткотрайни ремонтни дейности. Резултатите са полезни не само от практическа гледна точка, но и от академична, доколкото някои от тях намират добро приложение в практическото обучение на студенти в областта на магнетизма.

Извършени са допълнителни изчисления и експерименти, за да се установи как скоростта на движение на материала влияе върху степента на пречистване. Резултатите показваха обратна зависимост. Това се дължи главно на хетерогенността на третираната смес, която има променящи се параметри по отношение на размера и магнитните свойства.

Така реализираният модел позволява разделяне на феромагнитни смеси от немагнитни. Експериментално изследване на магнитното поле в зоната на разделяне при различни електромагнитни възбуждения.

Резултатите могат да бъдат използвани за оптимизиране на процеса на разделяне на феромагнитни материали с различна електромагнитна проницаемост. Разработен е математически модел за изследване на картината на магнитното поле с различни стойности на възбуждане. Така получените резултати съвпадат с експерименталните, което доказва адекватността на модела. Математическият модел може да се използва за изследване на по-големи електромагнитни системи за предварителна оценка на технологичните възможности за разделяне на насипни материали.

За конкретния обект на разделяне е възможно да се определят минималните и максималните стойности на дебелината на слоя на третирания продукт, при които процесът на разделяне е ефективен.

#### **B.4.7. Tatyana Dimova, Bohos Aprahamian, Maik Streblau and Marin T. Marinov, Investigation of the Magnetic Forces in Drum Separator with Permanent Magnets, , ICAI 2021 International Conference Automatics and Informatics, 2021, pp. 398 - 401**

Тази статия представя изследване на магнитните сили в барабанен сепаратор с постоянни магнити, предназначен за отделяне на феромагнитни примеси от гранулирани материали в насипно състояние. Представен е подход за определяне на магнитните сили, действащи в процеса на пречистване на определена маса слънчогледови семки, като се вземат предвид параметрите, определящи този процес. Акцентът е върху влиянието на тези параметри върху процеса на разделяне.

При магнитно сортиране действието на магнитни сили се използва за отделяне на феромагнитни компоненти от продукт. Ефективността на магнитната система за разделяне зависи до голяма степен от формата на магнитните полюси, която определя модела на



магнитните силови линии. Това условие важи за всички видове сепаратори с постоянни магнити, независимо от техните конструктивни особености или формата или вида на техните магнити. Тъй като сепараторите с постоянни магнити са гъвкави системи, които не се нуждаят от електрическа енергия за работа, голям брой индустрии използват предимствата им като висока ефективност, евтиност и мобилност. Последното определя осъществимостта на тяхното приложение.

Целта на настоящото изследване е да се проведат експерименти с барабанен сепаратор, чиято конструкция е една от най-често използваните в практиката, за да се определи чрез известен от други публикации математически модел размера на магнитната сила за конкретен продукт, който се обработва, в зависимост от различни параметри, като: дебелина на третирувания слой и форма и размери на извлечените частици. За постигане на тази цел изследването е извършено в следния ред: 1. Математическо описание на процеса на разделяне; 2. Моделиране на процеса по метода на крайните елементи и потвърждаване на теоретичните резултати чрез реални експерименти.

От извършените проучвания, математични пресмятания, компютърно моделиране и експериментално потвърждаване на теоретичните модели се правят следните изводи:

- За известна конструкция на барабанен сепаратор е изграден математически модел и е разработен алгоритъм, който позволява изчисляване на магнитните сили, необходими за правилното отделяне на конкретен продукт (напр. маса от слънчогледово семе), който се обработва в зависимост от неговите динамични характеристики – коефициент на дифузия, странично налягане, триене по активната зона на сепаратора и ъгъл на естествена почивка.
- За даден продукт на сепарация се определят минималните и максималните стойности на дебелината на слоя на третирувания продукт, при които процесът на отделяне е ефективен.
- Получените зависимости показват, че магнитната сила в обема на частиците намалява с увеличаване на радиуса на сепаратора, независимо от формата на частиците. Теглото на феромагнитните частици също остава важен фактор.
- Получените зависимости показват, че с увеличаване на радиуса на барабанныя сепаратор се увеличава и магнитната сила, необходима за отделяне на феромагнитните частици, поради увеличаване на работната площ, като в същото време се увеличават и разсейването и вложените материали.
- Изборът на вида материал на използваните постоянни магнити се определя от техническите изисквания, условията на работа, евтиността и технологичните ограничения на конкретния сепарационен апарат. Материали с висока интензивност на полето  $H_c$  обикновено се използват за постоянни магнити, въпреки факта, че тяхната магнитна енергия е сравнително малка. Независимо от това, постоянният магнит трябва да бъде с минимален размер и на минимална цена. Тези изисквания са взаимно противоречиви, но при конструктивните проекти на сепаратори е възможно да се постигне компромисно решение.

#### **B.4.8. Tatyana Dimova, Bohos Aprahamian, Maik Streblau and Marin T. Marinov, Determining the Magnetic Forces in a Suspension Type Separator with Permanent**

Статията представя изследване на сепаратор с постоянни магнити, предназначен за отделяне на феромагнитни примеси от насипни материали. Изучава се подход за определяне на магнитните сили, като се вземат предвид параметрите, определящи тези сили. Изследва се влиянието на последните върху процеса на разделяне.

Предимствата на сепараторите с постоянни магнити – енергийна ефективност и мобилност определят възможността за тяхното по-нататъшно усъвършенстване и ефективното им използване. От съществено значение за оптималното им приложение е правилното проектиране и изчисляване на магнитната система и особено на магнитните сили в работната зона и основните параметри, които влияят върху процеса на разделяне.

Това определя целта на настоящото изследване: да се уточнят и обобщят параметрите, които влияят на процеса на разделяне и да се намери различен подход от съществуващия метод на електромагнитна аналогия при определяне на магнитните сили в сепаратор от тип окачване с постоянни магнити.

Сепараторите с постоянни магнити могат да бъдат с различни конструктивни конфигурации в зависимост от специфичните технологични изисквания на производствените процеси и вида на обработваните материали.

Правейки някои промени в конфигурацията на магнитната система или модела на магнитното поле и променяйки материала на постоянните магнити, могат да бъдат постигнати допълнителни предимства за магнитните сепаратори. В тази връзка е интересно да се разгледа сепараторът от типа на окачване. При сепараторите с постоянни магнити силата на магнитното поле се определя от материалите, от които са направени постоянните магнити и от интензитета на първоначалното намагнитване на магнитите, чиято стойност се определя от специфичните изисквания на производствения процес.

От извършените изследвания, следното могат да се направят изводи:

- Получените математични зависимости описват интензитета на магнитното поле в конструкцията на надлентовия (окачен тип) сепаратор, който дава възможност за решаване на система от уравнения, чрез които се постига определяне на скоростта на движение на обработвания материал и траекторията на движение на извлечените частици.
- Аналитичните зависимости и изградените модели позволяват определете магнитната сила, като вземете предвид параметри, оказващи влияние по време на изпълнението на поставената задача или за конкретна конструкция и в същото време позволяват да се наблюдават най-важните параметри – скоростта на движението на материала и дебелината на слоя на обработен продукт. Това позволява по-точно качествено оценка на параметрите, които помагат за правилния избор на магнитната система от сепаратори с постоянни магнити. Постига се също повишаване на точността при сепариране.

## **XXII-nd International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA 2022, 1 – 4 June 2022, Bourgas, Bulgaria**

В статията се изследва конструкцията на специални сепаратори с постоянни магнити, предназначени за отделяне на феромагнитни примеси от органични продукти. Това изследване е продължение на предишно изследване на авторите, свързано с отделянето на примесите от сурово какао и слънчогледови семки при подготовката за предварително опаковане. В статията се разглеждат резултатите от експериментално изследване на сепаратор от решетъчен тип с лабиринтно разположение на постоянните магнити, който не е статичен, а има въртящ се магнитен филтър. Разделителното устройство е предназначено да отделя феромагнитни включения в органични продукти (напр. ориз, лимец, пшеница, брашно, нишесте, мляко на прах и др.). Създаден е математически модел на магнитния филтър и е предложен подход, позволяващ да се определят някои от параметрите на продукта, които оказват значително влияние върху процеса на разделяне. За целта е проектиран и внедрен алгоритъм за определяне на функционалното състояние на обработваната смес.

Включването на сепаратори с постоянни магнити има редица предимства в много преработвателни индустрии, които го правят актуален и развиващ се. Разделянето с постоянни магнити е евтино, не замърсява околната среда, не изисква сложно управление, може да работи безпроблемно в изключително прашни среди и т.н. Разделянето с постоянни магнити се радва на широк спектър от приложения в областта на преработката на храни, тъй като не променя други технологични параметри, като температурата например, която над определени нива (напр. 39 °C) води до промени във физическия и химическия състав от органични суровини.

Магнитният филтър на разглеждания сепаратор има два различни вида: фиксиран и подвижен (въртящ се). Състои се от постоянни магнити с променлив полярност, които са разположени така, че продуктът да обтича около тях от всички страни. Броят, видът и размерът на постоянните магнити се определят от конкретния продукт, който се отделя. Ротационният магнитен филтър има още няколко предимства, като по-добра течливост, раздробяване (при наличие на бучки) на свързаните материали и предотвратяване на блокиране на работната въздушна междина (запушване) на сепаратора. Дизайнът е успешен при отделяне на феромагнитни примеси с размери по-малки от 30  $\mu\text{m}$ , което го прави предпочитан за хранителни и фармацевтични приложения.

Разпределението на магнитното поле и магнитната сила в устройството на сепаратора се определят с помощта на програмата FEMM 4.2. Параметрите на продукта за обработка се разглеждат съгласно достъпните стандарти. Основните параметри, които пряко влияят върху ефективността на процеса на магнитно разделяне, са: магнитна сила, скорост на движение на обработвания материал, ниво на концентрация на феромагнитни включения в обработваната смес и др.

Чрез анализиране на движението на отделения продукт в зоната на разделяне под действието на гравитационни и магнитни сили се изяснява механизмът за намаляване на сегрегацията на зърната от нежелани примеси. Симулациите показват, че ефектите от дължината на работния процес върху характеристиките на разделяне са по-очевидни в сравнение със скоростта на разделяне на отделените зърна. Установено е, че по-късите

дължини на работната зона и по-ниските скорости на продукта са по-благоприятни за процеса на разделяне.

Оптималните параметри на магнитната сепарация са получени след задълбочена оценка на ефективността на разделяне с помощта на резултатите от реални експерименти.

**B.4.10. Tatyana Dimova, Bohos Aprahamian and Marin T. Marinov., Experimental evaluation of the purification of waste materials using belt magnetic separator, XXII-nd International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA 2022, 1 – 4 June 2022, Bourgas, Bulgaria**

Рециклирането на отпадъци от различни производства винаги е бил актуален проблем за природата и хората, който все още търси решение. Има много компании с традиции, които произвеждат подобни конструкции на сепариращи апарати и се конкурират на индустриалния пазар. Това показва тяхната актуалност и непрекъснатата оптимизация. Магнитните сепаратори с постоянни магнити се използват, когато в отпадния поток присъства голямо количество инертно желязо. Разглежданият в статията тип сепаратор има за задача да извлече и отстрани феромагнитните включвания, осигурявайки оптимално почистване на продукта. Конструкцията се произвежда в България от фирмата Елика Елеватор ЕООД и се нарича Лентов Магнитен Сепаратор, тъй като се инсталира над лентата, перпендикулярно на потока, на материала, който ще се пречиства. Сепараторът привлича/улавя феритните частици от потока и ги изнася встрани от транспортъора. Доставка се готов за монтаж и работа благодарение на директна връзка с електродвигател. Предимствата на конструкцията са следните: мобилност, не се нуждае от електрическо захранване, няма сложно управление, не се нуждае от оператор, има ниска себестойност. Конструкцията може също така да се използва в първите етапи на рафиниране на технологичния материал като стъкло, дърво, пластмаса, шлага след горене и други разнообразни технически продукти.

В резултат на подписан договор за дългогодишно сътрудничество с фирмата производител са разгледани различни варианти на конфигурацията на магнитния филтър. Изготвен е компютърен анализ на магнитното поле, за да се определи разпределението на полето и големината на магнитната сила, която отстранява феромагнитните примеси.

Чрез статистическо моделиране на процеса на сепарация е определена степента на почистване при определени параметри на технологичния процес.

Анализът на получените резултати от проведеното експериментално изследване на лабораторен прототип на сепаратора са сравнени с компютърното моделиране и са получени много добри резултати (съвпадения). Получените зависимости успешно се използват при проектиране на други сепариращи апарати.

Разработените варианти с феромагнитни концентратори между всеки от постоянните магнити показват, че това е добър вариант за внедряване на магнитния филтър, тъй като натрупаната магнитна енергия в концентраторите води до по-голяма сила на привличане на феромагнитните частици в продукта.

Получените резултати, базирани на избрания подход за анализ, могат да се използват и за решаване на други проблеми с разделяне на материалите с помощта на сепаратори с постоянни магнити. Избраният математически подход може да се използва за практическа реализация с достатъчна точност и надеждност.

## **Резюмета на публикации от група Г.7. – научни публикации в издания, които са реферирани и индексирани в световни бази данни с научна информация**

**Г.7.1. Streblau M., Aprahamian B., Simov M., Dimova T., The influence of the electrolyte parameters on the efficiency of the oxyhydrogen (ННО) generator, Proceedings of 18-th International Symposium of Electrical Apparatus and Technologies SIELA, 2014, pp. 225-228**

Оксиводородът (ННО) все по-често се прилага в двигателите с вътрешно горене с цел повишаване на ефективността на работа. Върху режима на работа и количеството на произведения газ влияние оказват редица фактори – концентрация на електролита, температура, плътност на тока, разстояние между електродите и др.

Един от методите за определяне на ефективността на процеса на електролиза е чрез пресмятането на температурата и концентрацията на електролита върху количеството произведен газ и ефективността на процеса на електролиза. Изследването е проведено с генератор на оксиводород, работещ с разтвор на калиева основа. Диапазонът на промяна на концентрацията на електролита е определена според посочени предходни изследвания в описаните литературни източници, докато температурният диапазон е определен по собствени експериментални данни, получени при продължителен режим на работа на генератора.

В статията са представени резултати относно:

- Зависимостта на времето за генериране на един литър газ от температурата и концентрацията на електролита;
- ММW от температурата и концентрацията на електролита;
- Дебита на произведения газ в зависимост от концентрацията и температурата на електролита.

На база представените изследвания са направени изводи относно:

- Характера на изменение на параметри като ефективност, дебит и време в зависимост от температурата и концентрацията на електролит;
- Възможностите за постигане на максимални стойности на изследваните параметри.

За намаляване на твърде големият замърсяване от превозните средства успешно може да се използва оксиводородната техниката, при която водородът, произведен от

клетката ННО, се смесва с бензина/дизела в горивната камера, тази смес от водород и бензин/дизел помага за пълното изгаряне на горивото в горивната камера и също така помага за почистване на частите на двигателя и това увеличава спестяването на гориво с до 14-20%. Получените експериментални резултати са отправна точка на други изследвания на автори от цял свят, което се доказва с многобройните цитирания на тази статия.

**Г.7.2. Slavova Y., Marinova M., Dimova T., Research on the temperature field of a combined device for cooking Zanussi, XV-th International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems ELMA2017, 1-3 June 2017, pp 427 -430**

Изучаването на топлинното поле на домакинските уреди за приготвяне на храна е важен елемент от тяхното проектиране. Определянето на топлинните загуби е пряко свързано с оценката на тяхната ефективност. За целта са разработени математически модели на базата на метода на крайните елементи. Тяхната адекватност беше оценена чрез експериментални изследвания. Получените данни дават възможност за симулиране на различни режими на работа и по-нататъшни изследвания в областта на тяхното ефективно управление.

Разпределението на топлинното поле е от решаващо значение за ефективната работа на битовата електрическа уреди, използвани за приготвяне на храна. Източниците на топлина в тези уреди са или постоянни, или обемни източници на топлина в зависимост от температурата, конвекцията и радиацията. Следователно разпределението на температурата, температурният градиент, топлинният поток и топлинните загуби представляват голям интерес от практическа гледна точка. Поради спецификата на монтажа на тези устройства, особено когато са проектирани да бъдат вградени, експерименталните изследвания са доста неточни. Поради тази причина на база на теоретично изследване на базата на метода на крайните елементи е повече удобен и може да се моделира най-лесно в а среда за програмиране FEMM 4.2. За да определите адекватността на модела, относителната грешка е изчислена с помощта на температурата на експеримента, измерена с термодвойка и се получава в същата точка чрез моделиране. Изчислената относителна грешка между експеримент и модел варира в гадниците между 0,8 до 8,8%, което дава основание да се направят следните изводи:

- Разликите в температурите на празен режим и натовареният режим в отоплителните зони са 4,78 %. Това изисква това нагревателят трябва да бъде защитен от продължителен режим на празен ход.
- Разликите в температурите на празен режим и натоварен режим в зоната на свободния пирокерамичен плот са 1,85 %. Високата температура в режим на празен ход също определя трябва да се включи сензор за остатъчна температура за всички готварски плотове.

**Г.7.3. Aprahamian B., Marinova M., Dimova T., Assessment of the influence of the technological parameters on the magnitude of the electrical contact resistance of current-carrying busbars with magnetron sputtered thin coatings, Proceedings of 20-th**

**International Symposium of Electrical Apparatus and Technologies SIELA, 2018, pp. 36 - 39**

В много случаи работните условия на шините за ниско и средно напрежение се характеризират с тежки електрически, циклично повтарящи се и температурни натоварвания, а често и работа в химически активна среда. Изискванията към материалите на шините са се увеличава поради високи натоварвания и високи работни температури. Използването на подходящо покритие и метод за неговото нанасяне може значително увеличава издръжливостта на токопроводящите шини при запазване на основните си електрически и термични характеристики. Това обаче също променя величината на електрическо контактно съпротивление в зоната на контакт. Интересно от практическа гледна точка е намирането на оптималната комбинация от технология, покритие и големина на електрическия контакт съпротивление, която също е предмет на това изследване.

Получените експериментални резултати и симулирани компютърните модели, разработени на тяхна основа, позволяват определяне на етапът на проектиране на контактните връзки е оптимална комбинация от параметри на технологичните процеси, което води до минимално електрическо контактно съпротивление. Получените симулационни модели са нелинейни и е трудно да се оцени еднозначно комплекса от въздействащите технологични параметри. С помощта на последваща процедура за оптимизиране е възможно да се постигане на прецизност при определянето на влиянието на факторите и на определяне на комбинация от технологични параметри и не на последно място осигуряване на минимално съпротивление. Обогаляване на базата данни с резултати с допълнителни технологични режими и покрития, предложеният подход позволява разработване на цялостна програма за подобряване на производителност на токопроводящите шини.

**Г.7.4. Aprahamian B., Marinova M., Dimova T., Assessment of the influence of magnetron sputtered coatings on the electrodynamic forces of current-carrying busbars, Proceedings of 20-th International Symposium of Electrical Apparatus and Technologies SIELA, 2018, pp. 32 - 35**

В токопроводящите части на електрически апарати, при определени условия се пренасят големи токове, които също така дефинират големи електродинамични сили, стремящи се да изкривят текущи контури. Най-тежкият е режимът на късо съединение, където електродинамичните сили са пропорционални на квадрата на ефективната стойност на тока на късо съединение. В резултат на тяхното действие температурата на елементите се повишава, механичната якостта намалява и е на лице много тежък режим на механично натоварване. Това обуславя и повишените изисквания към материалите, които се използват за тоководещи шини. Интересен от практическа гледна точка е въпросът за това как дадено покритие влияе върху величината на електродинамичната сила. Използването на защитните покрития върху хетерогенни материали могат да доведат и до двете модификацията на материала на повърхностния слой, която подобрява

изпълнението на детайла и при формирането на някои нови композитни материали с висока якост и достатъчна пластичност, както и повишена устойчивост на износване и корозия. Това води до подобряване на някои от работните параметри в контактната площ на токопроводящите шини. Също така е важно да се оцени влиянието на покритията върху големината на електродинамична сила, която също е предмет на това изследване.

Получените експериментални резултати и разработените симулационни компютърни модели на тяхна основа позволяват да се оцени влиянието на вида на покритието върху големината на електродинамичната сила. Те позволяват да се оцени величината на електродинамичната сила също в режим на късо съединение при етап на проектиране на устройството. Благодарение на проведените експерименти при токове до 100 А, изводите са валидни само за определените диапазони на параметрите на технологичния процес. При обогатяване на базата данни с резултати за допълнителни технологични режими и покрития, предложеният подход ще позволяват разработването на цялостна програма за подобряване производителността на токопроводящите шини.

#### **Г.7.5. Marinova M., Aprahamian B., Dimova T., Andreev P., Forecasting the Production of Electrical Energy From Photovoltaics, XVI-th International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems ELMA 2019, pp 585 – 589**

Производството на електроенергия от възобновяеми енергийни източници (ВЕИ) се увеличава всяка година. За България сериозен относителен дял е този, който се получава от фотоволтаиците. Поради своята нестабилна природа обаче създава редица проблеми. Една от най-важните е свързана с нейното прогнозиране. Въпреки че има различни методи за прогнозиране, в момента се прави много за повишаване на тяхната надеждност и точност. Това определя високия приоритет на настоящата изследователска работа.

През последните години, тъй като цените на фотоволтаичните технологии намаляха, слънчевата енергия заема основна част от общото потребление. Приоритетно е също така, че българският климат и продължителността на слънчевия ден правят страната ни подходяща за нейното използване. Получената енергия обаче е променлива и има случаен характер, в зависимост от динамиката на атмосферните и климатичните процеси. Като се има предвид, че засега тази енергия не е константна, много е важно да се оцени количеството, което може да бъде произведено в някой бъдещ период. В тази връзка, целта на настоящата публикация е да представи теоретичен подход за прогнозиране на производството на фотоволтаично електричество въз основа на данни от система за автоматизирано събиране на местна информация чрез въвеждане на корекционни моделни коефициенти, получени от базирани на статистически модели.

С помощта на така разработения теоретичен подход, базиран на локални данни за слънчевата радиация и температурата на панела, както и на специфичните метеорологични данни, гарантиращи високо ниво на надеждност на базовата информация, може да се постигне производството на фотоволтаична електрическа енергия. Моделът ще бъде разширен, като се вземе предвид влиянието на индекса за качество на въздуха AQI. Тя се основава на измерване на прахови частици (PM<sub>2,5</sub>), озон и азотен диоксид във въздуха. Предвид факта, че замърсяването с прахови частици би повлияло и на



производството на електрическа енергия, този фактор може да се окаже от решаващо значение. От теоретична гледна точка разширяването на диапазона на вариация на UV индекса също представлява изследователски интерес. Това е число (от 1 до 12), което показва в относителни единици максималното количество слънчева ултравиолетова радиация, падаща върху земната повърхност на определено място в даден момент. В предложения математически модел то е в диапазона от 0-1. През пролетта, лятото и есента обаче достига стойности до 10 и това също оказва силно влияние върху величината на слънчевата радиация, температурата върху модула, а оттам и произведената енергия. Натрупването на допълнителна база данни ще позволи по-точни функции за корекция, особено по отношение на времевия диапазон на изгрев и залез. Подходът може да се приложи както към автономни, така и към други системи.

#### **Г.7.6. Dimova T., Investigation of Digital Protection Relay For Three-Phase Induction Motor, XVII-th International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems ELMA 2021, 1-4 July 2021 Sofia, pp 543-546**

В статията се търси опростено схемно решение за защита на асинхронен двигател чрез апарат, който осигурява надеждна защита на широк спектър от повреди, които водят до нежелани прекъсвания на различни технологични процеси. Конструкцията на електрическият апарат е класическа в съчетание с електронен блок за мониторинг на електрическите параметри на веригата. Проведени са изследвания на работата на защитния апарат, а резултатите са сравнени с аналогични устройства.

Всеизвестно е, че трифазният асинхронен двигател се използва изключително много във всички сфери на производството и живота. Това е така заради многото му предимства. Защитата и управлението на асинхронния двигател непрекъснато се усъвършенстват и много автори са се фокусирали върху тези проблеми. Тенденциите през последните години наложи плавен преход от използването на невронни мрежи, през оптимизирането на класически методи, термографията, онлайн защитните методи и се достигне до най-популярното микропроцесорно управление и защита. Динамичните промени в различни индустриални отрасли и настъпилата икономическа криза през последната една година накара много малки и средни фирми да търсят начини чрез минимални промени и разходи в електрозадвижванията си да постигнат максимална защита на своето оборудване без допълнителни разходи. Това се оказа отправна точка за намиране на оптимална конструкция на електрически апарат след поставена реална задача от практиката. Разбира се, че съществува многофункционална напълно електронна, бърза и прецизна електрическа защита, която осигурява онлайн мониторинг и отговаря на всички съвременни стандарти, но високата себестойност на това оборудване кара инвеститорите да продължават да търсят нови схемни решения за защита от най-честите причини за вътрешни и външни повреди в оборудването си.

Всичко това се дължи също и на нарастващите в последните години изисквания за повишаване на надеждността на електрическите задвижвания и все по-осезаемо е въпроса свързан с осигуряване на надежден контрол на електрическите съоръжения и в частност електрическите асинхронни двигатели. Това кореспондира най-вече с правилния подбор на комутационната апаратура. Осигуряването му предполага добро познаване на

принципа на действие и технически характеристики на съвременните електрически апарати.

Фокусът на разработката е да се изработи стенд за изследване на работата на дигитално моторно защитно реле с цел да се открие комбинация от класически електрически апарати и електронен блок за защита и управление, които да осигурят максимално опростено схемно решение и минимални ресурси за реализацията им.

Предложеният модел на електрически апарат разглежда настройките за защита от най-често срещаните причини за спиране на производствените процеси, в които участват асинхронни машини. Този модел е изучаван и внедрен в лабораторни условия. Той помага да се осигури защита с минимален брой комутационни апарати и минимални разходи. Резултатите потвърждават, че реализираните настройки осигуряват много добра селективност на изключване. Ако първата настройка не сработи, то втората задължително сработва, като времето за работа се удължава, но без да допусне повреда в защитавания обект. Резултатите от експеримента и симулацията (математическия модел) съвпадат помежду си, което потвърждава точността на резултатите.

Електромагнитното реле с цифров елемент за защита на двигателя (Micro Processor Control Unit) работи с висока надеждност и с висока прецизност. Защитни функции: като загуба на фаза, фазов реверс, дебаланс в захранването, срыв в захранването, блокиран ротор и защита от късо съединение са напълно постижими без да се налага използването на много на брой и скъпи модули за мониторинг и защита с изцяло електронна апаратура.

#### **Г.7.7. Marin Todorov, Maik Streblau, Marin Marinov and Tatyana Dimova, Analysis of The Transient Process in a Direct Start-up of an Induction Motor, by Use of COMSOL Multiphysics, ICAI 2021 International Conference “Automatics and Informatics’2021”, pp**

Тази статия представя подход за моделиране на асинхронен двигател с ротор с катерична клетка, използващ Finite Елементен метод (FEM), в софтуера COMSOL Multiphysics. Симулира се преходен процес за директно стартиране в он-лайн режим на номер състояние на натоварване. За тази цел е създаден експериментален и са проведени симулационни тестове. Там се получават и анализирани осцилограми на токовете и електромагнит въртящ момент.

Най-много са асинхронните двигатели с ротори с катерична клетка широко използвани машини в индустрията. Това се дължи главно на техният опростен дизайн, лесна поддръжка и редица други предимства. Възможността за анализ на процесите в индукционните машини е важна стъпка в тяхното проектиране и диагностика и използването на метода на крайните елементи (FEM) за тази цел придоби популярност в последно време години. Един от най-трудните режими в индукцията машини е директното онлайн стартиране. За неговото изпълнение трябва да са изпълнени следните условия:

- Двигателят трябва да осигурява необходимия пусков въртящ момент.
- Захранването на електрическата мрежа трябва да е достатъчно.

Преходният процес при стартиране на асинхронен двигател е сложен процес, при който част от електромагнитната енергия се превръща в механична, а друга част в топлина. В през последните години някои автори проявяват интерес към симулацията

процеса на стартиране с помощта на FEM. Моделиране на тези процеси изисква синтез на мултифизична задача. Един от популярни софтуерни продукти за реализация на подобни модели е COMSOL Multiphysics.

Целта на тази статия е да анализира преходния процес в директно стартиране на асинхронен двигател чрез 2D модел реализиран в COMSOL Multiphysics. Максималната грешка в момента на стартиране е 20%. След увеличаването на оборотите на машината, относителната грешка между токовете, получени от експеримента и модел е по-малко от 10%. Наблюдават се отклонения в стойностите на електромагнитен въртящ момент между експеримент и модел, относителна грешка при първоначалния пусков въртящ момент е по-малка от 5%, и след увеличаването на оборотите на машината и достигане на режим на празен ход, относителната грешка от средната стойности на електромагнитния въртящ момент в сравнение с експеримента и модел, достига около 10%. Посочените отклонения в изследваните параметри се дължат към възприетите допускания в описанието на мултифизичното модел. Разликите, които се откриват в осцилограми на електромагнитния въртящ момент между експеримент и модел също се дължат на използвания метод за изчисляване на електромагнитния и инерционния въртящ момент, както и избор на метод за дискретизиране на площите. Според получените сравнителни резултати, представеният модел е адекватен на проведения експеримент. Това определя неговата приложимост за приложение в дирижирането по-задълбочени проучвания на преходния процес с директно стартиране на асинхронен двигател с кафезен ротор.

#### **Г.7.8. Dimova T., Experimental Determination of The Factors Affecting The Technological Process of Separation With Permanent Magnets, XVII-th International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems ELMA2021, 1-4 July 2021 Sofia, pp 526-529**

Изследван е сепаратор с постоянни магнити. Описана е конструкцията на сепаратора и разположението на постоянните магнити. Експериментално се получават данни за магнитната индукция по надлъжната и напречната ос на магнитния сепаратор. Обръща се внимание на факторите, влияещи върху процеса на разделяне. Експерименталните резултати се обработват чрез статистическо моделиране.

Тази изследователска работа изследва сепаратор с постоянни магнити за пречистване на продукти от електротехническата индустрия (магнезиев оксид и кварцов пясък) чрез отделяне на феромагнитни частици от тях. Тъй като материалите, които се разделят, са немагнитни, тяхната относителна магнитна проникваемост е равна на единица, а пропускливостта на феромагнитните включвания се приема за 1000 H/m.

Сепараторите с постоянни магнити значително намаляват цената на технологичния процес. Появата и постоянното развитие на нови силни постоянни магнити прави приложението им в технологични устройства за различни цели по-актуално от всякога.

Експериментално се получават данни за магнитната индукция по надлъжната и напречната ос на магнитния сепаратор. Обръща се внимание на факторите, влияещи върху процеса на разделяне. Експерименталните резултати се обработват чрез статистическо моделиране. Изводите са:

1. Чрез статистическо моделиране е определен процентно-базираният ефект на разглежданите фактори, както и комплексният ефект от различните взаимодействия между тях. Анализирани са влиянието на избраните фактори и възможните индивидуални комбинации за специален случай на разделяне с постоянни магнити.

2. Полученото нелинейно регресионно уравнение е с относителна грешка от 9%, което ни позволява да заключим, че моделът е надежден. Може да се използва за изчисляване на оптималните стойности на факторите за настройка на сепаратора, като: дебелина на третирания продукт, скорост на подаване на продукта, брой сепарации и др. Регресионното уравнение потвърждава теоретичното очакване, доказвайки, че е възможно да се намали обемът на експерименталната и изчислителната работа.

3. Множество експериментални изследвания на взаимодействията в магнитния сепаратор и извлечените математически модели на процеса на магнитна сепарация описват с висока точност реалните процеси. Поради тази причина изследванията на динамичното поведение в процеса на работа на сепаратор с постоянни магнити при проектиране на съоръжения или разработване на методи и техники на разделяне се основават на емпирични зависимости, определени в поредица от експериментални изследвания на реални системи.

#### **Г.7.9. Dimova T., Modeling the magnetic field inside a hand separator with permanent magnet, XXII-nd International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA 2022, 1 – 4 June 2022, Bourgas, Bulgaria**

Тази статия се фокусира върху механизъм с постоянни магнити, предназначени за отделяне на феромагнитни примеси от насипно състояние и определяне на магнитната проницаемост. Това е изследване на картината на магнитното поле вътре в устройството на специфичен тип сепаратор с постоянни магнити, който се използва за лабораторна работа със студенти. Обръща се внимание на характеристиките на извлечените феромагнитни и парамагнитни частици и се предлага подход за определяне на магнитните сили, които са необходими за отделянето им.

В лабораторната практика, за да разделим минералите по тяхната магнитна проницаемост, обикновено използваме устройства, чиито магнитни системи са изградени с постоянни магнити или електромагнити. Постоянните магнити са изработени от феромагнитни сплави, които имат голяма остатъчна индукция и значителна коерцитивна сила, като сплавите FeNiAlCo и FeCoW и др.

Целта на тази работа е да се моделира картината на магнитното поле в лабораторен сепаратор с постоянни магнити, предназначени да определят магнитната проницаемост на отделените вещества чрез настройка на магнитното поле, като това се визуализира с помощта на компютърни модели. Проведени са експерименти, които да докажат адекватността на моделите чрез сравнение с характеристики, получени в лабораторни условия.

За да постигнем тази цел, изработихме и изследвахме експериментална проба магнитен сепаратор с постоянен магнит и се задвижва ръчно. Предимствата на това

устройство са: опростен дизайн, намалени габаритни размери, икономия на електрическа енергия, лесна за употреба и поддръжка.

Простотата на метода и конструкцията на магнитния сепаратор го правят много удобен за определяне на магнитната проницаемост на силно магнитни рудни смеси и се използва за лабораторни цели за предварително разделяне на материалите по тяхната магнитна проницаемост. Изведени са характеристики, чрез които се настройва магнитното поле, за да бъде прецизно отделена желаната фракция.

Предложеният тук теоретичен подход позволява визуално, бързо и лесно да се определи не само магнитната проницаемост на отделените вещества, но и разпределението на магнитното поле в работната зона на сепаратора, който се изследва с обучителна цел.

#### **Г.7.10. Marinov M., Zelev G., Streblau M., Dimova T., The Effect of the Load on electrical parameters of a Three-phase Induction Device, XXII-nd International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA 2022, 1 – 4 June 2022, Bourgas, Bulgaria**

Индукционното нагряване е метод за безконтактно нагряване на електропроводими материали. Процесът е лесен за управление, енергоспестяващ и предава високи мощности без въглеродни емисии. Основният проблем в трифазните индукционни устройства с радиално разположение на индукторите е наличието на въртящо се магнитно поле. Предложеното в настоящата работа устройство елиминира този проблем, а настоящата работа изследва ефекта на натоварването върху параметрите на електрическата енергия

Така проведените изследвания показват, че увеличаването на дебелината на натоварването води до намаляване на токовете в трите фази, като за изследваната конструкция е оптимален товар с дебелина 8,5 mm. Този размер на дебелината осигурява токове с минимални стойности и максимална активна мощност, освободена в товара

### **Резюмета на публикации от група Г.8. – научни публикации в нереферирани списания с научно рецензиране или в редактирани колективни токове**

**Г.8.1. Dimova M. Tatyana, Ivanov K. Atanas, Dimitrov I. Dimitar, Modeling and study of processes inside a drum electromagnetic separator, TEHNONAV'2006, The 5th International Scientific Conference On naval technologies, 19-21 May 2006, Constanta, Romania**

Благодарение на многобройните си предимства, магнитният барабанен сепаратор намира широко приложение в индустрията днес. Това повдига някои въпроси, свързани с теоретичното и практическото приложение на тези методи за лечение с магнитно поле. За да се повиши качеството и ефективността на тяхното приложение, е необходимо да се прецизират съществуващите методи за изследване и усъвършенстване на конструктивните решения. Решаването на горните въпроси изисква прилагане на нови математически модели и компютърни методи на изследване. Това изследване изследва магнитно устройство - барабанен сепаратор с електромагнитна стимулация. Описаният математически модел е реализиран по метода на крайните елементи. В подкрепа на теоретичното изследване е проведен и експеримент за оценка на адекватността на модела.

Така реализираният модел позволява разделяне на феромагнитни смеси от немагнитни. Експериментално изследване на магнитното поле в зоната на разделяне при различни електромагнитни възбуждения.

Резултатите могат да бъдат използвани за оптимизиране на процеса на разделяне на феромагнитни материали с различна електромагнитна проникваемост. Разработен е математически модел за изследване на картината на магнитното поле с различни стойности на възбуждане. Така получените резултати съвпадат с експерименталните, което доказва адекватността на модела. Математическият модел може да се използва за изследване на по-големи електромагнитни системи за предварителна оценка на технологичните възможности за разделяне на насипни материали.

#### **Г.8.2. Димова Т., Иванов А., Славова Я., Влияние на някои конструктивни параметри върху електромагнитната сила в електромагнитен барабанен сепаратор., УНИТЕХ 2007 Международна научна конференция, Габрово, България.**

В предлаганата работа е изследван типичен представител на електромагнитен сепаратор с барабанна конструкция. Класическата конструкция на сепаратора е описана с математичен модел базиран на метода на крайните елементи. Разгледани са различни варианти с цел да се оцени как влияят конструктивните размери на концентраторите, които разположени между електромагнитите с редуваща се полярност върху разпределението на магнитното поле и големината на магнитната сила при константно електромагнитно възбуждане. В подкрепа на теоретичното изследване е проведен експеримент с цел оценка адекватността на модела. Констатирано са много добри съвпадения в резултатите от компютърен модел и експериментален прототип, като е са на лице минимални различия под 5%. Анализирания конструкция успешно се използва в практика, а също и в лабораторната практика с обучителна цел.

Един от методите за сепариране за насипни материали е чрез използване на сепаратори с електромагнитно възбуждане. Предимствата им са, че може да се получи по-силно магнитно поле и регулиране на стойността му. Сепараторът е предназначен за отделяне на феромагнитни включения от немагнитни, като на обработвания продукт се въздейства с механични и магнитни сили, така че частиците с различни магнитни свойства получават различни траектории на движение.

Целта на изследването е на базата на компютърен модел и експерименти, проведени върху действащ електромагнитен сепаратор, да се определи влиянието на някои конструктивни параметри върху магнитната индукция, сила и разпределението на магнитното поле по повърхността на сепаратора.

Изследването на разпределението на магнитното поле при различни размери на концентраторите дава възможност за:

- оценка ефективността процеса на сепариране, т.е. да се търсят подходящи стойности на магнитната индукция и сила при неизменно захранване на сепаратора от захранващата мрежа;
- оценка използването на вложената електрическа енергия и възможностите за получаване на икономия на енергия;
- получаване на равномерно магнитно поле по цялата дължина на сепаратора с минимално краево разсейване;
- получаване на базови насоки за проектиране на сродни сепариращи апарати.

**Г.8.3. Dimova T., Ivanov A., A possibility of modeling the magnetic field inside a laboratory separator with permanent magnet, EE'2006, Международна научно-техническа конференция Електроенергетика 2006, 5-6 Октомври 2006, Варна, България, стр. 151 - 159**

Статията разглежда лабораторен сепаратор с постоянни магнити, който може по достъпен начин да се настройва ръчно, за да се получи магнитно поле с определена плътност на магнитния поток и определена големина на магнитната сила. Последната се използва за обработката на насипни материали с различна едрина и различна магнитна проникваемост. Сепариращият апарат позволява да се отделят няколко фракции силномагнитни минерали, които се различават по своята магнитна възприемчивост. За целта е предвидено регулиране и фиксация положението на постоянния магнит чрез винт и фиксиращ елемент. Ако желаем да получим няколко фракции силномагнитни минерали, то сепарацията започва при положение на магнита на разстояние  $10 \div 20$  mm от дъното на цилиндъра, като по този начин се отделят не много силномагнитни фракции, а при намаляване разстоянието между магнита и цилиндъра се отделят по-голямо количество магнитни частици. Посредством сепариращия апарат с ръчна настройка може да се обработва материал с дебелина от  $5 \div 0,01$  mm. Сепарацията на по-едри и зърнести материали трябва да се извършва в сух вид, а обработката на материали с едрина близки до  $0,11$  mm се осъществява във водна среда, като останалите с размери под  $0,01$  mm (например  $0,05$  mm) е необходимо да се сепарират в спирт. При извършване на лабораторна работа със сепаратора не се изискват специални обезопасяващи мерки, тъй като магнитните полета са слаби и добре екранирани.

Предложеният теоретичен подход позволява нагледно, да се определи разпределението на магнитното поле в работната област на изследвания сепаратор. Анализът на получените графики показва неговата силна неравномерност в отделните части на магнитната верига и малки изменения на магнитната индукция в постоянния магнит, доказваща стабилността

на източника на магнитното поле от изследвания товар. Експерименталните резултати потвърждават достоверността на теоретичния подход.

Простотата на метода и конструкцията на магнитния сепаратор го правят много удобен за определяне магнитната възприемчивост на силномагнитни смеси и се използва успешно за лабораторни цели при предварително сепариране на материалите според тяхната магнитна възприемчивост.

#### **Г.8.4. Nikolay Hristov, Maik Streblau and Tatyana Dimova, Online System for Monitoring and Analysis of the Operation of a Small Photovoltaic Plant , Vol 5 No 1 (2021): Annual Journal of Technical University of Varna**

Тази статия предлага интегрирана система за наблюдение и анализ на работата на малка фотоволтаична централа с възможност за отдалечен достъп през Интернет. Системата е изградена на територията на ТУ Варна и е базирана на мини компютър Raspberry Pi 3B+ с операционна система Linux. Мониторингът се извършва чрез проследяване на параметрите на околната среда и входно-изходните параметри на фотоволтаичния инвертор. Данните са представени за период от три месеца: 01.10.2020 г. до 31.12.2020 г. Резултатите се визуализират чрез подходящи графики, демонстриращи промяната в наблюдаваните показатели, както за целия посочен период, така и за произволно избран ден .

Системата за наблюдение е неразделна част от всяка фотоволтаична централа. Позволява бързо и лесно идентифициране на проблем, а наличието на архивни данни спомага за осигуряване на качествен анализ и позволява точна диагностика на състоянието на фотоволтаичната централа чрез отдалечен достъп.

Анализът на получените резултати показва стабилна работа на фотоволтаичната система, като температурата по време на работа на инвертора остава относително ниска, дори при максимално натоварване. Реактивната мощност по време на работа на инвертора е близка до нула, а честотата на мрежата е стабилна и отговаря на допустимите отклонения, посочени в стандартите. Представената система за мониторинг позволява да се внедри във фотоволтаични системи не само от мрежов тип, но и от автономен или хибриден тип.

За да се гарантира пълнотата на изследването, е необходимо да се събират данни в продължение на поне една година. Това би позволило данните да бъдат интегрирани в софтуерни продукти за моделиране и анализ на работата на фотоволтаичните системи за съответното място, където се извършва изследването.

#### **Г.8.5. Maik Streblau, Marin Todorov and Tatyana Dimova, A Study of the Impact of Squirrel-Cage Rotor Faults on the Stator Current Signature, Annual Journal of Technical University of Varna, Vol.5 Issue 2 (2021)**

Настоящата статия разглежда влиянието на степента на повреда на кафеза на ротора на асинхронен двигател върху спектъра на тока на статора. Изследването се основава на анализа на сигнатурите на двигателния ток. За тази цел бяха извършени научни



експерименти върху осем образци кафезни ротори, седем от които с предварително причинени неизправности с помощта на Dynamic Motor Analyser. Получените резултати са представени тук в графичен и табличен вид и допълнително се сравняват с тези, получени от асинхронен двигател с неповътната намотка на ротора. Може ясно да се установи, че колкото по-голям е броят на повредените роторни пръти, толкова по-значително е увеличението на амплитудата на тока, съответстващо на амплитудата на страничната лента.

В настоящата статия беше представен казус на подход за откриване на дефекти в клетката на ротора, базиран на анализ на сигнатурите на тока на двигателя. Въз основа на описаните по-горе резултати и извършения анализ може ясно да се заключи, че с увеличаване на броя на повредените роторни пръти се наблюдава значително увеличение на амплитудата на тока, съответстваща на честотата  $f_1(1-2s)$ . Най-високите стойности на SBA се получават, когато счупените роторни пръти са една до друга.

За да се получат коректно постигнати резултати от измерването чрез прилагания метод, е необходимо да се осигури статично натоварване по време на експеримента със стойност не по-малко от 50% от номиналната мощност на двигателя и с обхват на токовите сензори като възможно най-близо до измерените стойности.