

Міністерство аграрної політики та
продовольства України



ПРАЦІ
Таврійського державного
агротехнологічного університету

Випуск 13
Том 5

Наукове фахове видання

Мелітополь – 2013 р.

УДК 621.311:631

ПЗ.8

Праці Таврійського державного агротехнологічного університету : наукове фахове видання / ТДАТУ. – Мелітополь : ТДАТУ, 2013. – Вип. 13, т. 5. – 185 с.

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,
протокол № 11 від 28 травня 2013 р.

В наукових працях наведені результати науково-дослідних робіт, виконаних у відповідності з науково-технічною програмою «Розробка наукових основ, систем технологій і технічних засобів для забезпечення продовольчої безпеки Південного регіону України»

(№ держреєстрації 0107 У 008957).

Випуск призначений для науковців, інженерів, аспірантів і студентів.

Редакційна колегія праць ТДАТУ:

Кюрчев В.М. – к.т.н., професор, ректор ТДАТУ (головний редактор);
Надикто В.Т. – чл.-кор. НААН України, д.т.н., професор (заст. головного редактора);
Діордієв В.Т. – к.т.н., професор, (відповідальний секретар);
Дідур В.А. – д.т.н., професор; Кушнарьов А.С. – чл.-кор. НААН України, д.т.н., професор;
Найдиш А.В. – д.т.н., професор; Никифорова Л.Є. – д.т.н., професор;
Овчаров В.В. – д.т.н., професор; Панченко А.І. – д.т.н., професор;
Рогач Ю.П. – к.т.н., професор; Скляр О.Г. – к.т.н., доцент;
Тарасенко В.В. – д.т.н., професор; Шацький В.В. – д.т.н., с.н.с.;
Ялпачик Ф.Ю. – к.т.н., професор.

Відповідальний за випуск – д.т.н., проф. Никифорова Л.Є.

Адреса редакції: ТДАТУ

просп. Б. Хмельницького 18,
м. Мелітополь, Запорізька обл.,
72312 Україна

ISSN 2078-0877

© Таврійський державний
агротехнологічний університет, 2013

УДК 631.350

ПОСЛЕДСТВИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА НА ЗЕМЛЕ

Кучин В.Д., д. ф.-м. н.,

Никифорова Л.Е., д.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-13-54

Аннотация – температура воздуха в Украине во второй половине прошедшего века повышалась в три раза быстрее, чем в первой. Данный факт привёл к существенному изменению климата в нашей стране, что, в свою очередь, вызвало ухудшение условий жизнедеятельности растений и животных. Многочисленные примеры подтверждают этот вывод.

Ключевые слова – погода, климатические зоны, водные ресурсы, флора, фауна.

Постановка проблемы. Перед человечеством стоят три глобальные проблемы: производство продуктов питания, обеспечение энергией и противостояние изменению климата. Как решить эти проблемы, не разрушая Природу, т.к. в настоящее время наблюдается, настораживающее внимание человечества, активное исчезновение многочисленных представителей флоры и фауны Земли.

Анализ последних исследований. Экологи приводят весьма тревожные статистические данные: человечество уже успело уничтожить более 30% природных ресурсов планеты, за последние 20-30 лет биологическая продуктивность Земли снижается на ~30 млн.т. биомассы в год. Уничтожение биологического разнообразия на Земле более опасно для человечества, чем другие глобальные изменения биосферы. По данным ВОЗ ежегодно количество смертей, связанных с влиянием окружающей среды, которые можно предупредить, составляет ~155 тыс. чел. (~19% от показателей общей смертности). По прогнозам экологов, к 2015 г. на нашей планете существенно увеличится количество голодающего населения и людей, не имеющих нормального доступа к питьевой воде. Эти факты обязательно вызовут массовую миграцию населения, что может привести к серьёзным международным территориальным и экономическим конфликтам, а также к войнам. Экологические мигранты из-за не-

достатка воды уже начали менять демографию планеты. Кроме того, физиологам известно, что недостаток полноценного калорийного питания в младенческом возрасте приводит к замедлению интеллектуального развития человека. Кризис аграрной цивилизации, голод чреват тем, что в каждом поколении вероятность полноценной реализации интеллектуального потенциала уменьшается.

Формулирование цели статьи. Другими словами, у каждого последующего поколения остается меньше шансов находить пути выхода из кризиса, поскольку суммарный интеллект общества будет снижаться. В итоге, духовный потенциал населения в эпоху материализма и прагматизма подтачивается, истощается и нивелируется. А ведь только интеллектуальный ресурс в современной цивилизации является основой развития любого общества.

Основная часть. Климатические изменения являются одним из самых серьезных экономических вызовов, вставших перед человечеством, и эти изменения уже происходят. По данным Всемирной метеорологической организации, ~90% всех стихийных бедствий, от которых страдает человечество, имеют гидрометеорологическое происхождение. Человечество, похоже, уже перешло ту границу, когда Земля сама компенсировала его негативное действие. За последние 20 лет от природных климатических катаклизмов в мире погибло ~1 млн. чел. Поэтому одной из важнейших проблем, стоящих перед человечеством, является проблема противостояния изменению климата Земли. За 1992-2001 г.г. они привели к гибели в мире более 620 тыс. чел., общие экономические потери составили ~\$450 млрд. или ~65% общего объёма убытков, понесенных в результате всех стихийных явлений этого периода. Климат будет становиться жарче быстрее, нежели предполагалось ранее. Согласно исследованиям новейшей модели климата, средняя глобальная температура Земли к 2050 г. повысится от 1,4 °С до 3 °С. Если человечество не перестанет безответственно относиться к Природе, если не принять срочных мер по решению этой проблемы, то весьма возможно, что Вселенской катастрофы на Земле нам не избежать, причём в самом недалёком будущем.

Зона Степи сейчас занимает 25019,9 тыс. га и 15555,2 тыс. га пахотной земли, т.е. 62,2% территории преобразованы в пашню, на оставшейся активно уничтожаются остатки растительности, происходит смещение природно-климатических зон на север со скоростью 120-150 км/год. Граница подзоны Северной Степи смещается по территории Черкасской, Полтавской и др. обл., традиционно входившие в зону Лесостепи. Степи подзоны Северной Степи (Днепропетровская, Кировоградская обл. и др.) фактически переместились в подзону Южной Степи. В Южной Степи (Запорожская, Херсонская обл., АРК и др.) реально уже проявляются признаки опустынивания. Сохранение тенденции потепле-

ния климата в ближайшие 20 лет представляет реальную опасность потери для населения указанных регионах страны свыше 1/2 пахотной земли и почти 2/3 – зоны Лесостепи. В сумме это означает потерю от 15 до 21 млн.га пашни, недополучения ежегодно от 24 до 40 млн.т зерна и др. продовольственных культур и главное – способствует неконтролируемой миграции населения в северные районы страны.

В течение последних 8-10 лет началось усиленное изучение причин потепления климата на Земле. Глобальное потепление нарушает условия существования живой Природы. Как минимум 90% ущерба и нарушений нормального состояния окружающей среды по всему миру объясняется потеплением. Исследователи лишней раз убедились в том, что главным параметром, определяющим потепление климата, является температура. С помощью радиозондов было установлено, что, и распределение температуры по высоте атмосферы, также изменилось. В связи с учащающимися катаклизмами погоды, вероятность оправдания краткосрочного прогноза погоды уменьшился до ~70% (проще предсказать характер погоды через 100 лет, чем через год). У стремительно меняющегося климата чрезвычайно много симптомов и следствий. Биологический беспорядок может превратиться в кошмар. Изменения уже сказались на экосистемах мира. Тотальное перекраивание сложившихся отношений в экосистеме и смещение границ на картах отдельных видов – один из таких симптомов. В январе 2012 г. исполнилось 140 лет с начала наблюдения за погодой в России. Уже 14.11.1936 была организована Гидрометеослужба СССР, а с 01.08.1997 Украина является членом Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Наблюдениями сотрудников отдела климатологии Центральной геофизической обсерватории и Украинского гидрометцентра установлено, что за этот период 2011 год оказался в десятке самых тёплых.

На рис.1 представлен график изменения среднегодовой температуры воздуха в Украине в XX веке, из которого следует, что за столетие она повысилась на ~2 °С, причём в начале первой половины столетия температура увеличилась «всего» на 0,67 °С, тогда как в последнюю четверть прошедшего века – на 1,38 °С. В 2011 г. она достигла 8,7 °С. Глобальная средняя температура поверхности Земли в январе-июне 2010 г. была самой высокой с 1880 г. К 2100 г. она может увеличиться ещё на 1,5-6,0 °С, а уровень мирового океана станет выше на 10-90 см. Несмотря на ускоряющееся таяние ледников на Земле количество воды, годной к употреблению человеком, быстро сокращается. За последние 40 лет треть пахотных земель в мире превратилась в пустыню, безвозвратно потеряно 1,2 млрд.га пашни. Это в 20 раз больше территории Украины. Если в 1960 г. на каждого жителя нашей планеты приходилось по 0,5 га сельскохозяйственных угодий, то сейчас только 0,27 га. Скоро будет ещё меньше, так как остановить

эрозию почвы нет никакой возможности. Подсчитано, что через 20-30 лет Китай будет импортировать воду. И у нас, в Украине, воды не так много. К тому же она так загрязнена, что скоро в Днестре нельзя будет купаться, а уж воду пить – тем более.

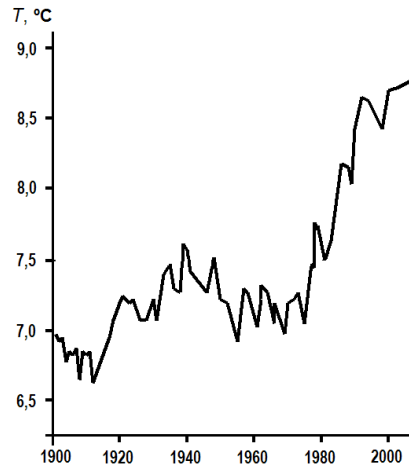


Рис. 1. Изменение средней годовой температуры воздуха в Украине в XX веке.

Повышение среднегодовой температуры воздуха происходит, в основном, за счёт зимнего сезона. По мере повышения температуры сокращаются весенний и осенний периоды, снижается континентальность климата, т. е. размываются различия между сезонами года. Повышение средней температуры носит локальный характер, что меняет розу ветров и приводит к увеличению количества осадков в одних регионах, засухам и появлениям полупустынь, а затем и полных пустынь – в других. В последние годы в Украине резко сократилось годовое количество осадков вообще, безвозвратно ушли в прошлое снежные зимы, дождливые лета, обмелели реки.

Пять последних зим в Украине были теплее и суше обычных (почти на месяц раньше начинали цвести фруктовые деревья в Крыму). С повышением температуры окружающей среды всё чаще в атмосферу Украины прорываются потоки сухого холодного воздуха из Арктики (особенно весной) без существенной его трансформации. Образуются антициклоны, которые блокируют перемещение влажных и тёплых воздушных масс с Атлантического океана. Происходят снегопады, заморозки, суховеи в некалендарное время. Летом начинает дуть самум – сухой ветер с Аравийской пустыни, сопровождающийся песчаными бурями. Наводнения летом 2009 и 2010 г.г. в Закарпатье по масштабу разрушений приближаются к общенациональным бедствиям.

Климат в Украине становится резко континентальным. Стихийные бедствия чаще всего наблюдаются на юге (в Крыму – 16% от всех случаев) и на западе (11% случаев), но намного реже в центре страны.

В мае-июне 2010 г. температура на поверхности почвы в Украине достигала 56 °С. Дневная температура воздуха в стране достигала 39 °С (в Луганской обл. + 42 °С!) – рекорд за последние ~120 лет, увеличилось среднесуточное количество умерших жителей страны (в Киеве в ~2 раза), каштаны с засохшими листьями, «очумев» от жары, «выбросили» несколько молодых побегов и «свечек». Жара в АРК 39 °С (в тени!) привела к 57 возгораниям, что вызвало гибель ~40 га виноградников. Летом 2011 г. ливни с градом нанесли серьёзный ущерб населению востока и юга Украины. В декабре 2011 г. температура в Украине была на ~4°С выше средней для этого месяца (крокусы в Винницкой обл. проросли на ~2 см, нарциссы – на ~5 см, набухли бутоны роз). На Будацком лимане в Одесской обл. обнаружили фламинго – первый достоверный случай появления этих птиц на территории Украины. (Их ареал находится много южнее, ближайшие гнездовья – на о-вах Эгейского моря, зимуют фламинго в Африке.) В феврале 2012 г. температура воздуха на севере Украины опустилась ниже – 30 °С, все косточковые и виноград помёрзли. Морозы в начале 2012 г. объясняют резким таянием льдов, в результате чего появились мощные течения талой воды, которые увлекают воздух и охлаждают его, образуя мощные низкотемпературные циклоны и антициклоны.

Всё увеличивающееся количество катаклизмов в Украине – признак приближающегося краха Природы. Количество разрушительных тайфунов и циклонов в Природе, а также зона их действия, также стремительно увеличиваются со временем. За последние годы частота ураганов увеличилась вдвое. Зона действия ураганов всё больше и всё быстрее смещается на север и восток. Много бед наделал смерч (климатическое явление экваториальных широт!) летом 2009 г. в Евпатории, где их никогда не случалось. Осенний 2009 г. ураган в Мариуполе, сродни тропическому, подобного которому там никогда не было, произвёл сильнейшие разрушения в городе. Существенно увеличивается количество магнитных бурь. Так, только в мае 2012 г. на территории Украины имели место действия 8 солнечных вспышек.

Мощные ливни (подстать тропическим!) летом 2008 г. в Западной Украине залили ~200 населённых пунктов в 6 областях, 38 чел. погибло, сотни тысяч жителей остались без крова. Особенно сильно пострадала Львовская обл. В Прикарпатье было подтоплено ~45 тыс. домов. Разрушения были столь значительными, что даже через 2 года последствия потопа не удалось устранить. В Ивано-Франковской обл. восстановлено меньше половины разрушенных непогодой объектов, на 461 объекте восстановительные работы продолжались более 4-х лет. Президент Украины 12.02.2010 объявил г. Калуш и сёла Крапивник и Сивка-Калушская зоной чрезвычайной экологической ситуации на срок 90 дней. В Черновицкой области аналогичное положение, к 2011 г. не

восстановлено 24 моста. На восстановление жизни в западных областях Украины затрачиваются громадные средства из бюджета (в 2008 г. – 4,8 млрд. грн.). Херсонская обл. была самой богатой в СССР. Продукция сельского хозяйства в Херсонской обл. в 2009 г. сократилось почти наполовину по сравнению с 1990 г. Уникальная система орошения разрушена, её никогда уже не восстановят. Умирает город Берислав: 20 лет назад в нём проживало ~60 тыс. чел., сейчас менее 14 тыс. 01.10.2010 из-за сложных погодных условий в Украине оказались обесточенными 108 сёл на юге и юго-востоке страны, в АРК и Львовской обл.

Каждое лето ледниковый щит Гренландии теряет ~50% своей поверхности. Но по данным NASA скорость таяния резко возросла до ~97%, что привело к сокращению площади ледников с 8 млн.га до 4,1 млн.га. Если скорость таяния льда сохранится, то через ~4 года ледники исчезнут. Зной летом 2012 г. нанёс настолько сильный ущерб Природе Северного полушария Земли, что для восстановления биологического баланса потребуется несколько лет, и то при условии, что подобных жарких периодов в дальнейшем не будет. Более 4 месяцев конца лета и начала осени 2011 г., впервые за последние 50 лет, в Украине (даже в Закарпатье!) не было достаточно обильных дождей. В большинстве сёл и деревень страны нет водопровода, вода для населения (и за счёт населения!) поставляется автоцистернами и сливается в пересохшие колодцы. Сильнейшая засуха имела место в АРК, Одесской, Николаевской, Херсонской, Запорожской, Днепропетровской обл. Третья часть озимых посевов зерновых в стране (на юге и юго-востоке страны – половина) не взошла. В некоторых регионах собирали урожай 4-6 ц/га при затратах ~4 тыс. грн/га. Если же учитывать ещё два десятка деградиционных процессов в Украине, то суммарные потери будут сопоставимы с госбюджетом страны. В Херсонской и Николаевской обл., на юге Запорожской обл. пострадала даже такая засухоустойчивая культура, как подсолнечник. Морозы в феврале 2012 г. погубили остатки посевов. Требовалось пересевать ~1/3 часть озимых на юге страны, в частности, в Крыму и ~2/3 – в Черновицкой обл. Полноценный весенний пересев оказался невозможным из-за отсутствия посевного материала. Поскольку зима затянулась, то пришлось сеять поздние весенние культуры (лён, просо, гречиху). И как следствие – средняя урожайность озимых по состоянию на 03.09.2012 снизилась с 25,7 ц/га против 30,3 ц/га. УССР в 1990 г. имела сбор зерновых 51,009 млн.т, а в 2010 г. – лишь 39,2 млн.т.

Украина является в Европе одной из наиболее бедных стран на водные ресурсы. Для хозяйственной деятельности наша страна ежегодно потребляет ~15 км³ воды, из которых ~5,8 км³ приходится на промышленность и ~5,9 км³ – на нужды сельского хозяйства. Только ~65% требуемой воды покрывает Днепр, по ~11% – Дунай и Север-

ский Донец. Дефицит влаги ощущается всё острее, особенно в южных регионах. Более 3/4 населения страны потребляет воду из рек, но половины малых рек загрязнены, сбросы в них не проверяются и не контролируются, поэтому в них нельзя даже купаться. За год на поверхность Земли выпадает в среднем 1130 мм осадков, в Украине – от ~300 мм на юго-востоке до ~650 мм – на северо-западе. А климат, как известно, зависит от содержания влаги в атмосфере. С каждым годом в Украине увеличивается посевные площади, требующие орошения. Кроме южных областей страны оно уже необходимо для полей в Донбассе, Днепропетровской и Кировоградской областях. Но, если в начале 1990-х там орошалось более 5 млн.га, то теперь – только ~570 тыс. га, из которых ~420 тыс. га с разной степенью засоленности, причём ~230 тыс. га из них уже выведены из севооборота. В результате неудовлетворительной агротехнологии орошения 57% орошаемых земель потеряли свои природные свойства и плодородие, воды оросительных каналов ежегодно уносят 50-80 млн.т гумуса. Оросительные системы остались без хозяина, они почти повсеместно разрушены, оборудование сдано в металлолом, виновных в случившемся нет. И, тем не менее, в 2011 г. в Украине собрали ~55 млн.т зерна, к 2015 г. планируют нарастить сбор до ~80 млн.т.

Температура воды в Днепре повысилась почти на 2 °С. Вследствие зарегулирования Днепра его годичный сток в Черное море уменьшился с 60 км³ почти вдвое, затормозился процесс самоочищения реки («Рече та стогне» Днепр от грязи!), поднялся уровень грунтовых вод, свыше 1 тыс. населенных пунктов в бассейне Днепра подтоплены. (В Киеве в 1985 г. грунтовые воды были на глубине ~20 м, сейчас – 5-7 м.) Существенно изменились фарватер, глубина и берега Днепра, по нему всё труднее становится осуществлять судоходство. Он превратился в каскад застойных водохранилищ – на них приходится ~88,5% всей длины Днепра в 981 км. Днепр в верхнем своём течении обмелел более чем на 1 м. Если Днепр не углубить, он станет несудоходным. Вал из радиоактивного ила докатился от Припяти до Днепропетровска, земляная плотина Киевской ГЭС превратилась в радиоактивную свалку. На дне Киевского водохранилища лежит ~500 млн.м³ радиоактивного ила. Днепр настолько загажен, что летом 2011 г. *все Днепропетровские пляжи Киева были закрыты для купания*. Солёная вода Чёрного моря поднялась по устью Днепра на ~40 км, пресноводная живность там погибла [1]. Взяв эти факты за основу, Верховная Рада вынуждена была принять 21.02.2012 г. Постановление об экологическом оздоровлении бассейна реки на период до 2020 г. Летом 2012 г. ВР приняла Программу защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций в 2013-2017 г.г. Предполагается выделить ~12 млрд. грн. на укрепление берегов рек и морей, ремонт днепров-

ских шлюзов, а также на очистку загрязнённых территорий и ликвидацию излишков боеприпасов, которые могут взорваться от жары.

Из 73 тыс. рек в Украине за прошедшие 10 лет исчезло почти 20 тыс. малых рек. Обмелели до критического уровня все реки Донбасса, северной части страны, и даже Припять. Жемчужина юга Украины – Бердянская коса в Азовском море вскоре может стать островом, т.к. перемычка, соединяющая её с сушей, размывается, а на восстановление перемычки денег нет. Из-за нарушения Румынией положений Конвенции ООН об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте во время реализации своих проектов в дельте Дуная содалась тяжёлая экологическая ситуация на придунайской территории Украины.

К жизнедеятельности бассейна Чёрного моря причастны ~162 млн. чел, из 16 стран. Все эти страны сливают в море безо всякой очистки сточные воды, промышленные и сельскохозяйственные отходы. Украина – не исключение. К примеру, только в Севастопольской бухте разлито свыше 20 тыс. т.нефти и нефтепродуктов. *Чёрное море пребывает в наихудшем состоянии среди всех региональных морей планеты, 75% рыбных запасов истощены, а 1/3 их находится на грани исчезновения.* Море умирает, ~160 тыс. видов черноморской флоры и фауны под угрозой исчезновения, морскую рыбу нельзя употреблять в пищу. Если не принять срочных мер, то через 10 лет в наших морях на стабильном уровне останутся популяции только 8 видов рыб из 136. Зато в море появилась опасная рыба *морской дракон* – одна из самых опасных морских рыб-хищников. Весной 2011 г. на крымском берегу обнаружили трупы 30 мёртвых дельфинов. Начиная с глубин 170-200 м, в море образовались сероводородные горизонты с запасом газа ~50 млн.т. При резком увеличении выхода сероводорода на поверхность морской глади, что не исключено, возможны пожары и взрывы с тяжёлыми последствиями. Слои сероводорода не пропускают вглубь моря всевозможные примеси, вынесенные реками с континента. Поэтому все отходы промышленности и сельскохозяйственного производства остаются в поверхностных водах моря, образуются многочисленные «острова», количество которых, особенно «пластиковых», стремительно растёт. Днепр серьёзно болен. Ежедневно предприятия Украины сбрасывают в Днепр до 100 млн. м³ неочищенных стоков. В воде бурно растут водоросли, содержащие фосфаты моющих средств, содержание которых во много раз превышает допустимые нормы. Действующие 26 водозаборов часто забиваются хламом и выходят из строя. В результате этого плотность воды в море ниже таковой для океана, а солёность поверхностного слоя Чёрного моря в ~2 раза меньше, чем Мирового океана в целом. В 1996 г. министры 6 Причерноморских стран подписали в Стамбуле Стратегический план действий по защите Чёрного моря, и с 31 октября 1996 г. начали отмечать

День Чёрного моря, но действенных мер по защите моря государства пока не приняли. Наоборот, планируют поставить 11 буровых платформ для поисков месторождений нефти, причём Украина будет лидером этого проекта [2].

Мелеют озёра, уменьшается сток рек, в связи с чем сокращаются рыбные запасы и птичьи стаи. Строительство водохранилищ и оросительных систем привело к уменьшению стока Дона и других речек бассейна Азовского моря, вода в этом оазисе степной Украины стала более солёной, что серьёзно отразилось на видовом составе её флоры и фауны: в море, славящемся исключительной рыбопродуктивностью, резко упали уловы, особенно ценных пород. В связи с резким изменением климата бесхозяйственность и загрязнение водоёмов Украины привели к тому, что количество рыбы в них уменьшилось в ~5 раз. Из-за ухудшения экологической системы Чёрного моря в нём исчезли *осетры*, *камбала*, *лугфарь*, *кефаль*, остались только *тюлька*, *шпрот*, *хамса*, причём 2 последних вида составляют ~90% запасов всей рыбы. Черноморской *скупбриши* уже нет. Рыболовные сети, бороздя по дну Азовского моря, повреждают морских *губок*, *моллюсков*, *креветок*, что сокращает пищевую базу рыбы и места их нерестилищ. Из 200 рыболовных судов Украины осталось 5, да и те ходят под чужими флагами. В 1 л морской воды обитает свыше 9 тыс. опасных микроорганизмов. Хуже того, в акватории моря у берегов Крыма обнаружено свыше 1 тыс. бочек с боевыми ОВ периода Второй мировой войны, срок действия которых закончился в 2010 г., после которого они могут взорваться. Содержания одной такой бочки хватит для уничтожения всего живого в радиусе ~40 км. В Черновицкой обл. из-за сухого лета и осени 2011 г. обмелели озёра, погибли лебеди, гуси и утки, облюбовавшие их несколько лет назад для зимовки. Местные жители кормят птиц, спасая их от голодной гибели. После 2-хлетнего перерыва лебеди остались на зиму 2011-2012 г.г. в Севастополе. С другой стороны, в связи с потеплением в северные р-ны Украины переселились из средиземноморья, в частности, два вида летучих мышей – *серый ушан* и *нетопырь-пигмей*.

Согласно докладу ООН за 2007 г., в ближайшие десятилетия 2 млрд. чел. рискуют пострадать от наступления пустынь. В северном полушарии Земли пустыни располагались между 15°-м и 35°-м с.ш., теперь они дошли уже до 45°-го с.ш. Надвигается пустыня и на Украину, всё большее количество регионов пополняют зону рискованного земледелия. Идёт активная деградация степей Причерноморья, Приазовья и степной части Крыма, и, к сожалению, она необратима. На юге, в р-не Очакова и крымского Тарханкута климат давно стал полупустынным. Под влиянием эрозии находится ~15 млн.га земель, каждый год сюда добавляется ещё ~80 тыс. га. Ежегодно Украина теряет ~500 млн.т чернозёма, ущерб от этих потерь превышает \$3 млрд. Сергей Булыгин, ака-

демик-секретарь отделения земледелия НААН Украины, подсчитал, что гумус наших почв имеет энергетический ресурс, который превышает энергию бензина и достигает \$600/т. На 1 га почвы слой гумуса толщиной в 1 мм имеет массу ~10 т. Стоимость гумуса наших почв составляет ~\$200/т. Ливни смывают слой гумуса до 15 мм. Минимальные ежегодные потери от эрозии грунтов в Украине достигли \$10 млрд. Если же учитывать ещё два десятка деграционных процессов в Украине, то суммарные потери будут сопоставимы с госбюджетом страны.

На левом берегу Днепра в нижнем его течении находится самая большая пустыня в Европе (а всего их в Европе пока две!), раскинувшаяся почти на ~30 км с запада на восток и на ~150 км с севера на юг, от Каховки до Кинбурнской косы (Алешковские пески). А всего несколько десятков лет назад здесь росла высокая и густая трава. Пустыня занимает 162,2 тыс. га, а вместе с межамерными землями – 200 тыс. га, из них на 32 тыс. га находится бывший военный полигон, в недрах которого обнаружили мины, снаряды и 518 авиабомб (пока!). Все учащающиеся песчаные бури заносят посёлки, дороги, их дыхание чувствуется вокруг на расстоянии до 200-300 км. Они наносят барханы до 5 м высотой, которые, передвигаясь, увеличивают площадь пустыни на 3-5% ежегодно. Жизнь в ней исчезла, дневная температура почвы летом там достигает 75° С. Возникший летним днём 2009 г. пожар уничтожил в заповеднике «Аскания-Нова» ~200 га верхнего сухого покрова разнотравья уникальной первозданной степи (около 50% заповедной ковыльной степи), выгорело более 200 видов редких растений, среди которых ковыль, перистый устюк, различные лишайники, убытки составили 4 млн. грн. Летом 2012 г. в заповеднике выгорело ещё ~100 га уникальной степной растительности. Опустынивание ведёт к увеличению количества и силы ураганов. Техногенные подвижные (незакреплённые) пески расширяют зону опустынивания. Песчаные дюны приходят в движение, пустыня стремительно расширяется, она активно продвигается на север страны, и остановить это расширение совершенно невозможно. Южноукраинская пустыня будет частью гигантской пустыни, которая протянется от Джибути на побережье Индийского океана до Мавритании на восточном берегу Атлантики. Из-за мороза в начале апреля и летней засухи в 2009 г. продукция сельского хозяйства только, в самой лучшей в составе СССР, Херсонской обл. сократилась почти на 50% по сравнению с 1990 г. Население покидает полупустынную степную часть Крыма: только в трех северных районах АРК уже пустует 2927 домовладений и по 2992 адресам какая-либо жизнь отсутствует, количество жителей г. Щёлкино уменьшилось с ~30 тыс. до 10-12 тыс. чел. Потепление климата в Украине привело к резкому увеличению количества пожаров, особенно в сельской местности, число их в 2010 г. увеличилось по сравнению с

2009 г. на ~30%, а масштабы потерь – в ~1,5 раза. За последние 2 года от пожаров пострадало ~10 тыс. чел., ущерб составил ~5,3 млрд. грн.

Участники прошедшей в 2009 г. в Оксфорде международной конференции TEDGlobal не смогли предложить активных способов противостояния наступающих пустынь. Пока даже не разработаны механизмы приостановки движения барханов. Часть Приднепровской пустыни в ~100 тыс.га обсадили лесом. В развитых странах в пустынях сеют траву *изень*, дающую 12-17 ц/га сухой массы с содержанием белка 13-15%. В нашей стране, увы, этого не делают. В Красную книгу Украины занесены 540 видов растений, ~500 из них находятся на грани исчезновения. В местах с резким искажением картины магнитного поля Земли растут деревья винтообразной формы. На полях Крыма, южных областей Украины и даже на городских дворах южных городов крепко обосновалась *амброзия*, занесенная к нам из тёплых стран. Украина уже в ближайшие годы может лишиться независимости по селекции отечественных сортов пшеницы. Как это ни досадно, но мы уже её утратили в отношении гибридов кукурузы, подсолнуха и овощных культур.

В Украине лесом покрыто ~10,5 млн. га или 17,7% северной, в основном, части территории страны (в Полесье их 40%). Запасы леса ~1,7 млрд. м³. Согласно Постановлению СМ СССР в 1948 г. в Украине начались лесопосадки, призванные защитить население и сельское хозяйство от пыльных бурь, особенно в зимнее время. Однако осуществлены они были на 368 га меньше запланированного. Леса отступают на север. В Запорожской области, например, осталось только ~1,2% территории, покрытой лесом. В Львовской обл. находится ~35 млн.м³ высушающего леса, который может быть использован исключительно во вторичной переработке. В Крыму ~200гасосновых насаждений гибнут от испражнений обосновавшейся там огромной стаи бакланов – птиц жарких и умеренных климатических зон, питающихся рыбой по 5 кг/сут каждый! (Кстати, стая бакланов в несколько тысяч особей обосновалась в низовьях Днепра, где, истребив всю рыбу, она начала активно осваивать посеы зерновых в Херсонской обл.) В Крыму катастрофически сокращаются площади уникального в Украине растения – можжевельника. С весны 2009 г. там началось массовое распространение шелкопряда, представляющего серьёзную угрозу флоре Крыма. Всё чаще летом горят леса, на месте погибающего леса высаживают иву, не требующую серьёзного ухода и не имеющей особой ценности. В 2009 г. на юге страны посажено лесов всего лишь на ~1,5 тыс. га(по плану нужно было засадить 70 тыс. га!). Необходимо же высаживать не менее 1 млн. деревьев ежегодно. В сентябре 2009 г. Кабмин Украины принял Государственную целевую программу «Леса Украины» на 2010-2015 г.г., предусматривающую увеличение лесных

площадей в стране на 430 тыс. гадо 2015 г. (раньше планировали 560 тыс. га), для чего потребуется 22 млрд. грн.

Генеральная Ассамблея ООН объявила 2011 г. – Международным годом лесов. Тогда же КМ принял «Положение о Государственном агентстве лесных ресурсов в Украине». В нём отмечается, что в 2010 г. лесная промышленность дала прибыль 4 млрд. грн., на создание новых лесов на площади в 21,8 тыс.га в 2011 г. выделено 96 млн. грн. (ничтожная сумма!), хотя было высажено ~4,5 млн. деревьев. Желание правительства вряд ли сбудется: нет денег, и против этого выступают чиновники всех уровней, т.к. лесная наука свидетельствует о том, что погоня за увеличением лесистости – дорогостоящий и иллюзорный проект. С распадом колхозов большинство лесополос отошли к лесхозам и стали свалкой для мусора. К концу текущего столетия леса могут вообще исчезнуть из нашей страны. А это значит, что почва ещё больше будет высыхать, она будет постепенно и необратимо превращаться в пустыню.

Глобальное потепление нарушает условия существования живой Природы. Как минимум 90% ущерба и нарушений нормального состояния окружающей среды по всему миру объясняется потеплением. На днях СМИ облетела неутешительная информация Bloomberg о том, что Украина заняла 99-е место среди 145 стран в рейтинге здоровья населения, опередив Мозамбик, Чад и Конго. Действительно, по данным Госкомстата, в 2012 г. показатель рождаемости составил 11 на 1 тыс. чел. населения, а показатель смертности достиг 14,5 (для сравнения: в странах ЕС он равен 6,3.) Наша страна занимает 150-е место из 193 стран по средней продолжительности жизни: у нас она равна 59,2 года, в странах ЕС – 67 лет. Каждый 10-й житель Украины не доживает до 35 лет, а каждый 4-й – до 60. Следует отметить, что смертность нашей молодёжи в ~3 раза выше, чем в странах ЕС, а смертность от алкоголя – в ~16 раз!

У стремительно меняющегося климата чрезвычайно много симптомов и следствий. Биологический беспорядок может превратиться в кошмар. Изменения уже сказались на экосистемах мира. Тотальное перекраивание сложившихся отношений в экосистеме и смещение границ на картах отдельных видов – один из таких симптомов. (Как отмечает журнал *Nature*, зафиксированы изменения в поведении или численности популяции 288 тыс. видов животных и растений Земли, в США необъяснимым образом стали пропадать обыкновенные воробьи, но их место заняли более жизнеспособные представители, которые, обладая феноменальной живучестью, выращивают на своём теле личинок комаров – переносчиков лихорадки.) Глобальное потепление уже обернулось и для Украины экологической чехардой: некоторые виды животных организмов вымирают, но появляются совершенно чуждые.

Вместо внезапно исчезнувших домашних тараканов могут появиться другие виды, но с какой-нибудь невообразимой заразой. В южных районах Украины скоро могут исчезнуть 11 видов млекопитающих, 12 видов птиц, 20 видов других животных. Некоторые из них остались только в зоопарках. За последние 10 лет численность дельфиньих стад в Крыму уменьшилась в ~20 раз. Южные районы Украины под угрозой распространения мышей-песчанок, которые, повреждая корни растений, способствуют опустыниванию земель. В еще сравнительно недавно процветающих южных областях, в Крыму и Карпатах появились *скорпионы и каракурты* – типичные представители фауны полупустынь. Яд каракурты в 15 раз сильнее яда гюрзы. Их укус смертелен для животных, несколько тысяч жителей южного региона страны пострадали от укусов этих насекомых. Укус каракурта может привести к масштабному заражению крови, тем более что болезнь длится около месяца. В южно-украинских пустынях уже появился *тушканчик (емуранчик)* – типичный представитель полупустынь Казахстана и КНР, там же поселились аргентинские муравьи. Они быстро размножаются, образуя многотысячные колонии, досаждают человеку и животным, вредят урожаю сельхозкультур. Разновидность муравьев – *термит вредный* обосновался на юге Украины. В отличие от обычных муравьев эти беспорядочно кишат и покрывают сплошным ковром всё на своём пути. Они уже успели нанести серьёзный вред жителям и животным, а также ущерб тысячам деревянных строений южных регионов страны. Уничтожить их даже химикатами практически невозможно. Не дают покоя местным жителям комары-мутанты (*москиты*). В невероятно большом количестве расплодились плотоядные гусеницы дрозодилы. В озере в окрестностях Днепропетровска поселилась *пиранья* (хищная рыба бассейна экваториальной реки Амазонка, прозванная «Красной смертью»), что привело к резкому сокращению в озере ондатры и водоплавающей птицы. В Ингульце выловили пиранью 37 см длиной. Пиранья появилась и в киевской акватории Днепра. В Донбассе и Запорожье зафиксирована вспышка африканской чумы свиней. Осваивают отечественное приволье средиземноморская плодовая муха, американская белая бабочка, картофельная моль, кукурузный жук (в Европе он признан особо опасным карантинным организмом). «Европейская моль», появившаяся из африканских стран в Европе (Испания) в 2000 г., уже активно объедает листья каштанов в Киеве, Одессе, Львове. Около 5 лет назад к нам из стран юго-восточной Азии переселилась «Алёнка мохнатая» (официального названия ей ещё не дали) – бич фруктовых деревьев и зерновых. Весной 2009 г. в Крыму появилась угроза массового распространения шелкопряда.

В юго-восточные регионы Украины птицы стали прилетать на 2 недели раньше. И с 80-х г.г. у нас уже не гнездится степной орёл,

исчезла степная лунь, почти не встречается степная пустельга, сократилась численность воробьёв. Наоборот, всё чаще появляются новые гнездовья бородатой неясыти, трёхпалого дятла, ранее гнездившихся в основном на Балканах – регионе Европы с более тёплым климатом, нежели в Украине. Орнитологи установили, что соловьёв стало больше, и что они стали чаще петь днём, а не по утрам и ночью, как раньше. Частота максимума интенсивности воробьиного пения, служащего им основным средством общения, за последние 40 лет снизилась с 11,8 до 10,3 кГц, что объясняется уменьшением плотности растительного покрова Земли, основного поглотителя энергии трелей птиц.

Около 70% всего живого на Земле занимают бактерии и вирусы. Мы живём в условиях экологической катастрофы. Климатические изменения, неблагоприятная ситуация привели к возникновению инфекционных вирусов латентной формы. В настоящее время все уязвимые ниши в нашей жизни заняли вирусы. Антропогенные факторы и техногенные катастрофы порождают новые виды и разновидности вирусов. На территории, пораженной продуктами Чернобыльской катастрофы, обнаружено несколько новых вариантов вируса табачной мозаики, которые вызывают негативные изменения в клетках млекопитающих. В 2010 г. 9 чел. в Украине умерли от жёлтой лихорадки. Вирусы Рабдогруппы, в частности возбудители таких болезней, как бешенство у животных, краснуха карпа, везикулярный стоматит у млекопитающих, найдены у 60 видов растений (пшеница, хмель, сахарная свекла, малина, черная смородина и др.). При этом вирус краснухи карпа очень похож на вирус желтой карликовости картофеля и вирус бешенства. Вирусы, обнаруженные на подсолнечнике, по своей физико-химической структуре подобны Бунья-вирусам, свирепствующим среди населения в Африке. У евроазиатского человека геном его вирусов устроен иначе, чем у растений. Но нет гарантии в том, что из-за каких-либо стрессовых ситуаций такие вирусы от растений перейдут на человека или животных. И, тем не менее, уже сейчас большое количество свиней в разных районах Украины поражены парвовирусом, что вызывает мумификацию плодов, выкидыши, мертворождения. Особенно это ощутимо в Запорожской и Харьковской областях.

В докладах Минприроды Украины приведены данные о накопленных отходах в 35-36 млрд.т. Это более 750 т на каждого жителя, что почти в 2 раза больше, чем в странах ЕС. Подсчитано, что каждый житель Украины ежедневно выбрасывает ~250 кг бытовых отходов, из которых как минимум ~50 кг можно было бы направить на вторичную переработку. И хотя ещё в 2000 г. наша страна приняла Общегосударственную программу обращения с отходами на период до 2005 г., однако некоторые мероприятия были профинансированы на 4-5%. Сегодня в стране действует ~800 свалок, занимающих площадь ~170

тыс. га, что составляет ~5% площади Украины! Сейчас перерабатывается 5-8% отходов, из которых ~25% – пищевые отходы.

Всё это не могло не сказаться на количестве и качестве народонаселения Земли. По данным ВОЗ, 100 лет назад на Земле проживало ~1 млрд. чел., в 2000 г. – 6,1 млрд. чел., к 2050 г. нас будет 9,3 млрд. чел. Таким образом, население Земли ежегодно будет *экспоненциально* увеличиваться на ~77 млн. чел., причём половина этого прироста будет приходиться на 6 стран: Индия – 21%, КНР – 12%, Пакистан – 5%, Нигерия и Бангладеш – по 4%, Индонезия – 3%. На Филиппинах проживает ~100 млн. чел. Поскольку площадь для проживания невелика, население стало осваивать для проживания столичное Северное кладбище. В тоже время в 39 странах мира прогнозируется сокращение численности населения: в России и Украине – на 28-40% (в Донецкой обл. в начале века проживало 5 млн. чел., сейчас немногим более 4-х млн.), в Италии и Венгрии – на 25%, Японии и ФРГ – на 14%. Хуже того, в РФ в 2011 г. из-за бытовых неурядиц погибло ~14 тыс. женщин. По данным МВД в 2012 г. в Украине ежегодно совершается несовершеннолетними 15-17 тыс. преступлений различной степени тяжести. Так, в 2010 г. несовершеннолетними или при их участии было совершено 17 342 правонарушения, что на 1897 случаев, или на 12,3%, больше, чем в 2009 г. В 2011 г. этот показатель вырос ещё на 2,9% и составил 17 846 случаев. За последние годы увеличилась криминальная активность 14-15-летних подростков, причём каждое 15-е преступление совершают несовершеннолетние, а среди осужденных их количество превышает 8 тыс. чел.

По данным Госкомстата, в 1990 г. в республике было 8,5 млн. голов дойного стада, в 2008 г. осталось 3,09 млн. голов. На 01.07.2011 г. стадо КРС в Украине составляло 5,24 млн. голов, что на 4,5% меньше, чем было в 2010 г. При этом коров стало меньше на 3,7%. В 2010 г. в Украине произведено всего 11,2 млн.т молока (2113 л на одну корову). За последние 8 лет молочное стадо, например, Васильковского р-на на Киевщине сократилось с 5500 до 1223 голов, надои снизились в ~1,5 раза. В мае 2012 г. правительство Украины пообещало выделить дотации на повышение количества КРС (в который раз!). Поэтому в декабре 2011 г. в Украину завезли 1,3 тыс.т сливочного масла и 600 т молочных консервов. За 10 месяцев 2009 г. было импортировано 370 тыс. т мяса – около 200 тыс. т свинины, 20 тыс. т говядины и 150 тыс. т птичьего мяса, причём почти 90% говядины, 40% свинины и мяса птицы – низкосортная продукция. За тоже время поголовье КРС сократилось на 3,6% до 5,398 млн. голов, коров осталось 2,214 млн. голов на 46 млн чел. населения страны! Интернет предлагает до 2000 (ДВУХ ТЫСЯЧ!) тонн «пищевой химии»! При этом 1,2-1,6 млн.т молока вывозится в виде сыров и сухих молочных продуктов.

Всё острее ощущается дефицит мест на кладбищах. Киев может стать первым местом в мире, где тела умерших людей будут превращать в компост. Новый метод называется криогенной кремацией. Он предложен и проверен на животных украинскими специалистами. Замороженное в жидком азоте тело покойника размельчают потом с помощью ультразвука в мелкий порошок. Этот метод в 6-7 раз дешевле сжигания, т.к. газ дороже азота. К тому же в воздух не выбрасываются опасные соединения, среди которых диоксины и пары ртути. В итоге получается 15-20 кг минеральных солей и органических веществ. Смесь кладут в картофельную или кукурузную урну и закапывают в землю. За полгода останки умершего превращаются в компост. В 2004 г. Киевсовет разрешил ввести рассматриваемый метод в практику кремации, но денег на это 800 тыс. грн. не выделил. Данный метод кремации в 2011 г. запустили в Швеции.

В Украине ~100 тыс. бездомных (по сводным данным до ~800 тыс.), в т.ч. в Киеве ~12 тыс. чел. С 16.01 по 10.03.2006 г. в Украине от морозов погибло 1044 чел., из них 380 чел. – в домах. С 18.12.2009 г. по 02.03.2010 г. замёрзли 435 чел., из них 99 чел. – в домах. Согласно мониторингу украинского Омбудсмана, в 2009 г. за медицинской помощью обратился 671 бомж, из них с диагнозом «переохлаждение» и «обморожение» – 465. В начале 2011 г. на территории Украины находится ~20 тыс. бомжей, средний возраст которых 35-45 лет, причём ~80% из них – хронические носители туберкулёза, инфекционных и венерических заболеваний, чесотки, вшей и пр. В Киеве – 14 тыс. чел.; Харькове – 1,5 тыс. чел.; Львове – 1,2 тыс. чел.; Симферополе – 700 чел. Аналитики рекомендуют эти цифры удвоить. Реальное количество бомжей в Украине невозможно подсчитать, их уже десятки тысяч, и не одна государственная структура такой статистики не ведёт. Если верить статистике, в Украине «с целью регулирования бомжовой ситуации», создано более 1 тыс. служб социального патрулирования, 700 оперативных штабов, действует ~800 пунктов сбора одежды и обуви от населения, организовано 500 пунктов раздачи горячей еды, определено ~2 тыс. мест для организации пунктов обогрева. Функционирует 136 субъектов (из них – 76 коммунальные), предоставляющих социальные услуги бездомным и тем, кто вернулся из заключения, работает 20 домов ночного пребывания, 17 центров реинтеграции бездомных граждан и 3 социальных отеля. Если бомж обморозил какую-либо часть тела, ему бесплатно делают операцию и назначают пожизненную пенсию по инвалидности.

В 1960 г. Украина занимала 7-е место в мире по продолжительности жизни. Средняя продолжительность жизни в Украине спустя 20 лет составляет ~68,2 года, что на ~10 лет меньше, чем в странах ЕС (на ~15 лет ниже, чем в Швейцарии), и сейчас мы находимся на пред-

последнем месте в регионе Европы и Центральной Азии. Коэффициент детской смертности у нас в ~2,5 раза выше, чем в странах ЕС. Уровень преждевременной смертности в ~3 раза превышает таковой в странах ЕС, а по туберкулёзу он в Украине в ~20 раз выше. Ежегодно в Украине умирает более 700 тыс. чел., треть из них – люди трудоспособного возраста, причём каждый десятый житель не доживает до 35 лет и каждый четвёртый – до 60 лет. В 2011 г. население страны сократилось на ~162 тыс. чел., а за 2 месяца 2012 г. на ~30 тыс. чел.

В 2011 г. Украина заняла 49-ю строчку среди 52 стран, чей совместный ВВП составляет 90% общего мирового ВВП. Самыми богатыми являются швейцарцы с €138 тыс. (не считая денег, потраченных на кредиты). Вторую строчку занимают японцы с €93 тыс., на третьей – США с €90,4 тыс., на четвёртом месте Бельгия с €68,5 тыс., на пятом – Голландия с €61,3. Жители Украины имеют €928. Беднее нас только Индия с €643, Казахстан с €539 и Индонезия с €467. Россия с €1,55 тыс. занимает место между Колумбией с €1,56 тыс. и Литвой с €1,4 тыс.

Ещё 20 лет назад Украина производила 46% общей сельхозпродукции СССР. Общий же потенциал Украины в мире на начало 1992 г. оценивался в 83 балла из 100 (России – 72). Но уже в 2011 г. в Украину было завезено ~270 тыс. т сахара-сырца, из Белоруссии к нам завезли ~15 тыс. т сливочного масла. За последние 20 лет в структуре сельского хозяйства в Украине резко снизилась роль животноводства, а льноводство, хмелеводство, табаководство и овцеводство практически уничтожены. До обретения независимости в Украине собирали ~100 тыс. т льноволокна (14-15% от мирового). Сейчас – не более 4 тыс. т (менее 1% мирового). Отечественные льнокомбинаты полностью остановлены. В 2004 г. было более 150 хмелехозяств, сейчас – менее 60. Пиво варят на импортном сырье. За годы «независимости» площадь виноградников в Украине сократилась с ~400 тыс. га до 70 тыс. га. Для сравнения: площадь виноградников в Испании – 1,1 млн.га, во Франции – 950 тыс. га, в Италии – 850 тыс. га.

16.12.1993 г. президент Украины подписал закон о службе 140 тыс. чиновников. В начале 2012 г. их было 380 тыс. При этом количество работающего населения, с учётом «заробитчан», уменьшилось на ~23%. С 1995 г. количество документов, генерируемых всеми ветвями власти, увеличилось с 20,5 тыс. до 274,5 тыс.

Выводы. Человечество с потрясающим безразличием относится к своей жизни! По прогнозам экологов, к 2015 г. на нашей планете существенно увеличится количество голодающего населения. Физиологам известно, что недостаток полноценного калорийного питания в младенческом возрасте приводит к замедлению интеллектуального развития человека. Наступившее глобальное потепление климата на Земле вынуждает разрабатывать новые технологии выращивания растений и жи-

вотных, на что потребуются десятки лет. Кризис аграрной цивилизации, голод чреват тем, что в каждом поколении вероятность полноценной реализации интеллектуального потенциала уменьшается. Другими словами, у каждого последующего поколения остается меньше шансов находить пути выхода из кризиса, поскольку суммарный интеллект общества будет снижаться. В итоге, духовный потенциал населения в эпоху материализма и прагматизма подтачивается, истощается и нивелируется. А ведь только интеллектуальный ресурс в современной цивилизации является основой развития любого общества.

Литература

1. *Кучин В.Д.* Причины потепления климата Земли / *В.Д.Кучин, И.В.Гаевская* // Энергетика і автоматика, 2011. –№2(8) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/eia/index.html>.–Название с экрана.

2. *Єремєєв В.Н.* Океанографічний атлас Чорного та Азовського морів / *В.Н.Єремєєв, С.В.Симоненко*. –К.: Укрморкартографія, 2009. – 350 с.

НАСЛІДКИ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ КЛІМАТУ НА ЗЕМЛІ

Кучін В.Д., Никифорова Л.Е.

Анотація

Температура повітря в Україні у другій половині минулого сторіччя підвищувалась у три рази швидше, ніж у першій. Даний факт призвів до суттєвої зміни клімату у нашій країні, що, в свою чергу, викликало погіршення умов життєдіяльності рослин та тварин. Чисельні приклади підтверджують цей висновок.

THE GLOBAL EARTH'S CLIMATE WARMING CONSEQUENCES

V.Kuchin, L.Nikiforova

Summary

The air temperature in Ukraine in the second half of the last century had risen three times as faster than in the first half. This fact had led to essential change of climate in our country, that in-turn caused the worsening of the vital activity conditions of plants and animals. The numerous examples prove this conclusion.

УДК 635.044

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОСЛИНИ В СИСТЕМІ РОСЛИНА-ГРУНТ-ПОВІТРЯ

Болбот І.М., к.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України
Тел. (044) 527-87-33

Анотація – запропоновано математичну модель впливу тепло забезпечення на ріст та розвиток рослини в системі рослина-грунт-повітря. Модель описує якісні показники росту і розвитку рослини, що знаходиться в тісній взаємодії з динамікою параметрів оточуючого середовища в теплиці.

Ключові слова – математична модель, теплозабезпечення, температурний режим, рослина, тепличне господарство.

Постановка проблеми. Практичний досвід експлуатації автоматичних систем керування в тепличних господарствах дозволяє зробити висновок, що тепловий режим в теплиці змінюється за випадковим алгоритмом, що ускладнює забезпечення її оптимального значення. Ця особливість не дозволяє здійснити одноразову настройку обладнання на постійний оптимальний режим [1]. Крім того, параметри таких систем змінюються в часі, що обумовлено зміною параметрів об'єкта, а тому постала актуальною проблема в розробці нової комп'ютерно-інтегрованої системи управління технологічним процесом в промисловій теплиці, яка буде враховувати вплив теплового режиму на розвиток та врожайність рослини. Автоматичні системи управління такого типу, в першу чергу, повинні приймати рішення базуючись на математичних розрахунках [9], які б враховували вплив температури повітря на врожайність рослини. Такий підхід дозволить встановити, яку саме врожайність можемо отримати при дотриманні певного рівня температури повітря в теплиці.

Аналіз станніх досліджень. Проаналізовано джерела щодо впливу факторів оточуючого середовища на ріст та розвиток рослини. Методика дослідження ґрунтується на вивченні тепломасообмінних процесів, що протікають у об'єкті закритого ґрунту і впливають на показники росту і розвитку рослини.

З усього розмаїття факторів, що впливають на ріст та розвиток рослини, найбільш істотними є тепломасообмінні процеси. Аналіз літературних джерел [3, 4] свідчить про те, що всю кількість чинників, що впливають на рослину можна звести до світла, тепла, води, поживних речовин і вуглекислоти. Всі ці чинники рослина вбирає з оточуючого середовища, переробляє, частково засвоює і потім формується урожай. Цілком природно, щоб весь цей потік енергії і маси, що надходить до рослини, засвоювався рослиною в оптимальних кількостях. Для рослини однаково погані і дуже малі і дуже великі порції води, поживних елементів, тепла і т. д. Враховуємо, що кожен з цих чинників є досить складним і багатоконпонентним, а одночасне їх поєднання призводить до дуже складної системи, що зумовлює формування врожаю в цілому [10]. Візьмемо, світловий фактор, розглянувши його, можемо назвати ряд величин, які характеризують світлову енергію: освітленість, тривалість сонячного світла, сумарну радіацію і т. д. Розглянувши тепловий фактор, можемо перерахувати ряд його характеристик, таких, як температура, кількість тепла, теплофізичні властивості і т. д. Причому кожен з цих величин, як в області світла, так і в області тепла, можна віднести до самої рослини, до ґрунту, до повітря, а також до різних поєднань цих об'єктів.

В якості єдиного і найбільш впливового показника візьмемо деяку особливість впливочинників на ріст та розвиток рослини. Розглянемо вплив теплового режиму, його критичного значення, нижче або вище якого рослина перестає нормально розвиватися або навіть гине [8]. Будучи безумовно істотним показником холодостійкості або посухостійкості, критичні температури ні в якій мірі не можуть відобразити всієї складності теплових процесів в об'єкті закритого ґрунту, які охоплюють теплообмін між рослиною і повітрям, рослиною і ґрунтом, ґрунтом і повітрям. Сума температур за вегетаційний період або за інший відрізок часу, протягом якого протікають відповідальні етапи розвитку культури, це лише підсумкове значення, до якої входить безліч теплових явищ, що мають місце в системі рослина-ґрунт-повітря.

Для оцінки кількісного зв'язку теплозабезпечення системи рослина-ґрунт-повітря потрібно дослідити тепловий баланс [6]. Складемо тепловий баланс в формі, яка дозволить одним параметром характеризувати найважливішу сторону обмінних процесів і притому віднести його до всієї системи в цілому. Таким параметром може стати коефіцієнт забезпеченості врожайності.

Розглянемо вплив теплового режиму на розвиток томатів, яка є однією з розповсюджених культур, що вирощуються в закритому ґру-

нті. Однією з основних умов отримання раннього і гарного врожаю томату є підтримка оптимального для рослини температурного режиму. У різні періоди росту і розвитку рослина вимагає певної температури повітря і ґрунту [7].

Необхідна температура для проростання насіння томату 24..26 °С. Після появи перших бутонів на рослині температуру вдень піднімають до 17..18 °С, а вночі температуру знижують до 16 °С. Температура повітря і ґрунту для томата в значній мірі визначається освітленістю і вмістом у повітрі вуглекислого газу. У сонячну погоду влітку 22..25 °С, в похмурий день 20..22 °С, вночі 16..18 °С. Нічну температуру завжди підтримують нижче денної. Особливо це важливо в період росту плодів. Різниця повинна складати не менше 5 °С. Це необхідно для того, щоб асимільовані рослиною за день речовини інтенсивно не витрачалися вночі на дихання [8].

При постійній температурі 15°С ріст зупиняється, а якщо температура буде менше 10°С, то ріст повністю припиняється. Рослина починає швидко відмирати, якщо температура наближається до 0,5..0,8°С. За декілька годин при такій температурі може відбутися повне відмирання рослини. При підвищенні температури понад 35°С фотосинтез сповільнюється. При високій температурі також порушується запилення [10].

Температура ґрунту має значний вплив на всі процеси життєдіяльності рослини. Якщо вона нижче, ніж 14 °С, в кореневій системі припиняється синтез речовин, необхідних для росту і розвитку бутонів. У томатів у відношенні температури простежується певна закономірність. Чим вона вища, тим швидше настає дозрівання, менш розгалужене суцвіття, дрібніші плоди і мають менше камер, довше міжвузля і т.д., що в кінцевому підсумку призводить до раннього, але низького загального урожаю. Навпаки, при низьких температурах отримують більш пізній, але великий урожай. Тому оптимальний температурний режим ґрунту і повітря необхідно визначати для конкретних умов вирощування рослини.

Світло - це один з основних факторів, що лімітують ріст і розвиток рослин. Томат дуже вимогливий до освітленості. Мінімальна освітленість, при якій ще можливий вегетативний ріст рослини 2..3 тис. лк. При освітленості нижче цього порога розпад асимілянтів на дихання перевищить їх прихід від фотосинтезу. При достатній наявності сонячних променів прискорюється розвиток рослин: вони раніше цвітуть і плодоносять. При похмурій, навіть теплій погоді, цвітіння затримується, і плодоношення настає пізніше. При сонячному опроміненні 8 МДж (2,22 кВт·ч) на добу та звичайному вмісті в повітрі CO₂ (0,03%), вро-

жайності томатів коливається в межах 40..150 грам з одного куща за добу і залежить від рівня теплозабезпечення [2], температура повітря для фотосинтезу томату повинна знаходитися в межах 20..25 °С.

Формулювання мети статті. На основі комбінованої фізико-статистичної схеми оцінки та аналізу явищ, що протікають в системі рослина-грунт-повітря, побудувати математичну модель впливу теплозабезпечення на ріст та розвиток рослини.

Основна частина. Оцінка врожайності сільськогосподарської культури з заданими генетичними якостями по забезпеченню теплом зводиться до вирішення рівняння виду

$$Y = f(p), (1)$$

де p – забезпечення теплом.

Величина p – це дріб, в знаменнику якої значиться загальне надходження тепла до рослини, а в чисельнику – незасвоєна частина тепла, що залишається в системі, використовується нею і йде на формування температури повітря, що визначає характер і стан сільськогосподарської культури на кожній стадії її розвитку. Структура величини p така, що вона змінюється в межах від нуля до одиниці. Якщо вона дорівнює нулю, то температура повітря зовсім не засвоюється і не використовується в теплиці, і навпаки, якщо вона наближається до одиниці, то має місце умова повної акумуляції даного чинника, що надходить до рослини. Визначимо рівень теплозабезпечення рослини

$$p = \frac{\alpha}{\gamma} = \frac{Q_c + Q_d + Q_{co} - (LU + P + Q_{sun} + Q_{від})}{Q_c + Q_d + Q_{co}}, (2)$$

де γ – весь приплив тепла до системи рослина-грунт-повітря, який складається з сумарної короткохвильової радіації Q_c і довгохвильового випромінювання атмосфери Q_d , надходження тепла від системи опалення Q_{co} ; α – становить все тепло, що поглинається грунтом та рослиною, і проміжним шаром повітря, що заповнює проміжки між рослинами, який складається з LU – тепло, що витрачено на сумарне випаровування від рослини, P – турбулентний потік тепла від поверхні, за яку прийнятий рівень крон рослин, Q_{sun} і $Q_{від}$ – радіаційні потоки, обумовлені випромінюванням і віддзеркаленням тієї ж поверхні.

Надходження тепла до системи рослина-грунт-повітря зображено на рис.1.

Розглянемо детальніше критерій p для цього введемо поняття: теплоаккумуляція в шарі проростання рослин, яка представляє собою величину $(c_v \Delta T)_v$, де c_v – теплоємність повітряного шару між рослинами, ΔT – зміна температури за період спостережень; $(c_p^p \Delta T)_p$ –

теплоаккумуляція самих рослин, тому що c_p^p – теплоємність рослинної маси, а ΔT в цій комбінації $(c_p^p \Delta T)_p$ – зміна температури рослин (середня температура листя різного ярусу, стебла); $\frac{\lambda \Delta T}{\Delta x} \Big|_{x=a}$ – потік тепла в ґрунті починаючи з глибини $x=a$; λ – коефіцієнт теплопровідності ґрунту в шарі $(a-\infty)$. Шар ґрунту глибиною $(0-a)$, в якому мають місце добові коливання температури і встановлюються помітні вертикальні перепади, назовемо активним шаром ґрунту. Крім того, нехай $(c_n \Delta T)_n$ означає зміну вмісту теплоти в верхньому шарі кореня $(0-a)$, що містить ґрунт і коріння рослин.

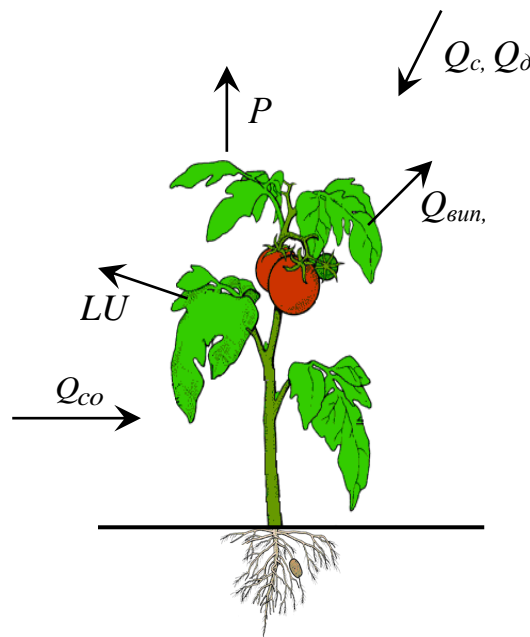


Рис.1. Надходження тепла до системи рослина-ґрунт-повітря.

Таким чином, чисельник критерію p містить суму $(c_e \Delta T)_e + (c_p^p \Delta T)_p + \frac{\lambda \Delta T}{\Delta x} \Big|_{x=a} + (c_n \Delta T)_n$, що представляє собою при відніманні з усього надходження тепла $Q_c^{(H)} + Q_d^{(H)} + Q_{co}$ величину, що акумулюється нашою системою (рослина-ґрунт-повітря) енергії. Знаменник складається з надходження тепла до системи від різних джерел, складений з сумарної короткохвильової і довгохвильової $Q_c^{(H)} + Q_d^{(H)}$ радіації, що надходить з атмосфери та системи опалення Q_{co} до верхнього рівня рослин, отже

$$p = \frac{(c_p^p \Delta T)_p + (c_e \Delta T)_e + \frac{\lambda \Delta T}{\Delta x} \Big|_{x=a} + (c_n \Delta T)_n}{Q_c^{(H)} + Q_d^{(H)} + Q_{co}}. \quad (3)$$

Важливо зазначити, що всі величини, які впливають на теплозабезпечення рослин p вимірюються існуючими технічними засобами автоматики і входять до складу систем управління мікрокліматом. Ніяких допоміжних невідомих емпіричних індексів, констант, параметрів не потрібно для знаходження критерію забезпеченості врожаю. Розглядаючи поняття врожай, не можна випускати з уваги принцип лімітуючих факторів, оскільки він полегшує реалізацію фізичного або комбінованого методу дослідження вирощування рослини. Виходячи з конкретних обставин, що впливають на врожайність, способу вирощування, виду рослини, фітотіматичного впливу, необхідно провести оцінку співвідношення значимості головних і другорядних чинників врожайності. В міру збільшення тепла, відбувається зростання врожаю, але до певної межі, після чого всяке зростання температурного режиму вже не дає ніякого збільшення врожаю (в кількісному, якісному, вартісному виразах). Більш того, відбудеться згасання врожаю. В результаті всієї цієї комбінованої фізико-статистичної схеми оцінки та аналізу явищ, що досліджуємо потрібно з'ясувати, яким повинен бути рівень теплозабезпечення, щоб отримати оптимальну величину врожаю враховуючи вартісно-економічні показники.

Висновки Встановлено, що найбільш значним чинником, який впливає на ріст та розвиток рослини є тепловий режим. Запропоновано математичну модель, впливу рівня теплозабезпечення на ріст та розвиток рослини в системі рослина-грунт-повітря. Встановлено, що при збільшенні тепла, відбувається зростання врожаю, але до певної межі, після чого всяке зростання рівня теплозабезпечення вже не дає ніякого збільшення врожаю, більше того, відбудеться його згасання.

Література

1. *Koshkin D.* The dynamic model of the greenhouse environment control system / *D. Koshkin* // *Motrol*, 2011. – Lublin. – Tom 13A. – P. 189-195.
2. The Effect of Temperature and Mean Cumulative Daily Light Intensity on Fruiting Behavior of Greenhouse-grown Tomato / *Sezgin Uzun* // The University of Ondokuz Mayıs, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, 2007. – 132(4). – P. 459-466 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://journal.ashspublications.org/content/132/4/459.full.pdf>.
3. *Алиев Э.А.* Выращивание овощей в гидропонных теплицах / *Э.А. Алиев*. – М.: Урожай, 1985. – 160 с.
4. *Брызгалова В.А.* Овощеводство защищенного грунта / Под ред. *В.А. Брызгалова*. – М.: Колос, 1995. – 352 с.
5. *Глобуса А.М.* Физика среды обитания растений / Под ред. *А.М. Глобуса*; перев. с англ. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 304 с.

6. Драганов Б.Х. Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве / Б.Х. Драганов, В.А. Кузнецов, С.П. Рудобахта. – М.: АПИ, 1986. – 463 с.

7. Куртнер Д.А. Климатические факторы и тепловой режим в открытом и защищенном грунте / Д.А. Куртнер, И.Б. Усков. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 235 с.

8. Максимов Н.А. Краткий курс физиологии растений / Н.А. Максимов. – М.: "Госиздат с.х. литературы", 1958. – 562 с.

9. Советов Б.Я. Моделирование систем / Б.Я. Советов, С.А Яковлев. – М.: Высшая школа, 1998. – 260с.

10. Шишко Г. Г. Теплицы и тепличные хозяйства: справочник / Г.Г. Шишко. – К.: Урожай, 1993. – 424с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛООБЕСПЕЧЕНИЯ РАСТЕНИЯ В СИСТЕМЕ РАСТЕНИЕ-ПОЧВА-ВОЗДУХ

Болбот И.М.

Аннотация

Предложена математическая модель влияния теплообеспечения на рост и развитие растения в системе растение-почва-воздух. Модель описывает качественные показатели роста и развития растения, которое находится в тесном взаимодействии с динамикой параметров окружающей среды в теплице.

MATHEMATICAL MODEL HEAT SUPPLY OF PLANTS IN SYSTEM OF SOIL-AIR-PLANTS

I. Bolbot

Summary

Suggested the mathematical model impact heat supply on the growth and development of plants in the system soil-plant-air. The model describes the qualitative characteristics of growth and development of plants that are in close interaction with the dynamic parameters of the environment in the greenhouse.

УДК 535.8.225:543.432

М-ЛИНЕЙНЫЙ СПЕКТРОМЕТР

Осинов С.М., к.т.н.,

Чапный Т.М., инж.,

Кириченко М.В., инж.

Национальный технический университет Украины «Киевский Политехнический институт»

Тел.(044) 527-83-82

Аннотация– в этой статье сделан короткий обзорный анализ методов измерения коэффициента преломления тонких пленок, описан принцип М-линейной спектроскопии и структурная схема разработанного М-линейного спектрометра. Было проведено первое измерение для систем материалов Epsocore/Epsoclad и Ormocore/Ormoclad (которые применяются для создания планарных оптических проводников на уровне печатных плат) при помощи этого прибора и установлено от чего зависит точность измерений.

Ключевые слова–оптический проводник, передача данных, показатели преломления, лазерный луч.

Постановка проблемы. Использование полимерных оптических проводников на печатных платах позволяет увеличить скорость передачи данных и плотность трассировки.

Анализ последних исследований. В сравнении с медными проводниками полимерные оптические проводники (рис. 1) обладают меньшими потерями при передаче данных, меньшей ценой и возможность передачи данных на скорости больше чем 10 Gb/s [1].

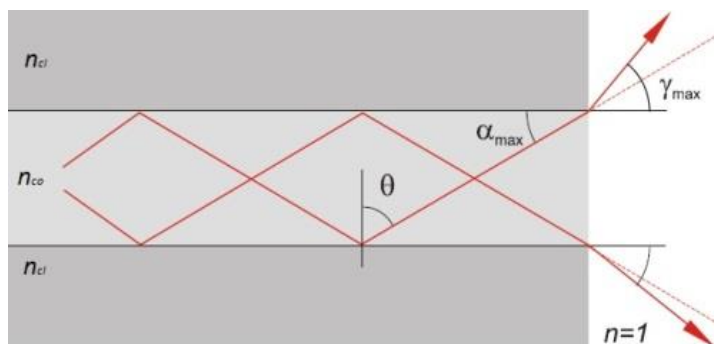


Рис.1. Структура оптического проводника.

Формулирование цели статьи. Для повышения точности измерений нужно установить на сколько угол призмы отличается от номинального значения с целью упрощения изготовления материалов Ormocore/Ormoclad.

Основная часть. Лазерные лучи могут пересекаться без взаимодействия друг с другом, поэтому для оптических проводников не может быть короткого замыкания.

Для максимального угла при котором излучение проходит в оптический проводник справедлива следующая формула [2]

$$\sin(\gamma_{\max}) = \sqrt{n_{co}^2 - n_{cl}^2}. \quad (1)$$

Для максимальной ширины полосы пропускания справедлива следующая формула [2]

$$f_{\max} \cdot L = \frac{2 \cdot n_{co} \cdot c_0}{n_{co}^2 - n_{cl}^2}. \quad (2)$$

где L – длина оптического проводника; c_0 – скорость света в вакууме; n_{cl}, n_{co} – показатели преломления оболочки и ядра соответственно.

Из формул (1) и (2) видно, что чем больше разница $n_{co}^2 - n_{cl}^2$, тем больше максимальный угол γ_{\max} , при котором излучение проходит в оптический проводник, и тем меньше максимальная ширина полосы пропускания f_{\max} . Для достижения высокого f_{\max} разница $n_{co}^2 - n_{cl}^2$ должна быть небольшой. Поэтому возникает необходимость в точном измерении показателя преломления.

Известны следующие способы измерения показателя преломления: рефрактометрия [3], эллипсометрия [4], М-линейная спектроскопия [5], сравнительная характеристика которых приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика методов измерений показателя преломления тонких пленок

<i>Рефрактометрия</i>		<i>Эллипсометрия</i>		<i>М-линейная спектроскопия</i>	
Преимущества	Недостатки	Преимущества	Недостатки	Преимущества	Недостатки
Простота	Точность измерений $\Delta n = \pm 0,001$	Бесконтактное измерение	Данные измерений периодичные с толщиной исследуемой пленки.	Точность измерений $\Delta n = \pm 0,0001$	Контактное измерение
		Измерение многослойных структур	Чувствительность к оптическому поглощению.	Не нужны точные данные о материале подложки или толщины пленки.	
				Скорость измерений	

Главным преимуществом М-линейной спектроскопии является то, что точность измерения показателя преломления зависит от пара-

метров, которые можно измерять непосредственно при помощи этого метода. Для точного определения показателя преломления при помощи эллипсометрии необходимы дополнительные измерения оптических и геометрических параметров пленок.

Принцип работы и конструкция М-линейного спектрометра показан на рис. 2.

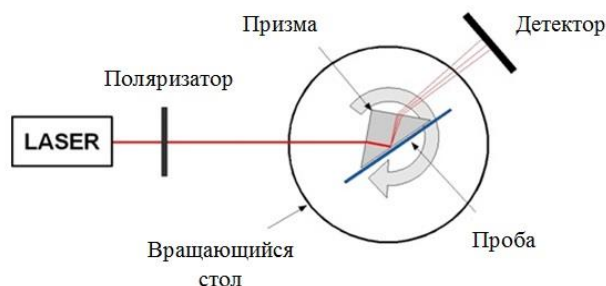


Рис. 2. Принцип работы М-линейного спектрометра.

При определенных углах падения лазерного излучения на пробу происходит «вхождение» луча в исследуемую пробу, что соответствует модам, которые могут распространяться в этой пленке. При этом мощность отраженного луча уменьшается, что фиксируется детектором.

Разработанный прибор состоит из следующих частей (рис. 3): He-Ne лазер, блоки питания лазера и детектора, модуль управления мотором вращающегося стола *FaulhaberMCDC2805*, вращающийся стол с держателем призмы и исследуемой пробой, детектор, амплитудно-цифровой преобразователь, *USB-Serial* преобразователь для осуществления соединения между модулем управления мотором и ЭВМ. Управление осуществляется при помощи программы *LabVIEW*.

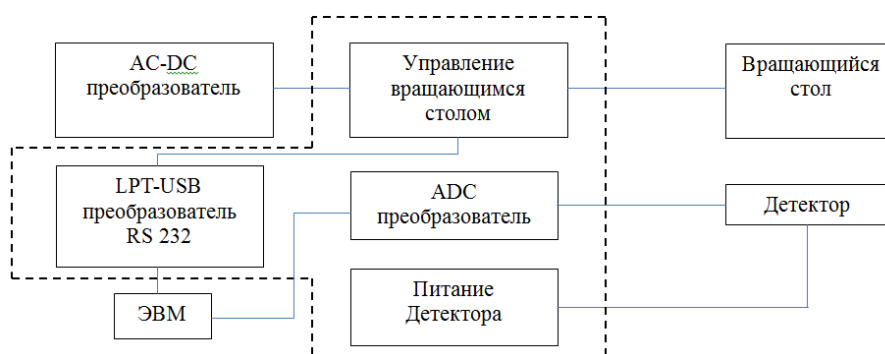


Рис. 3. Структурная схема прибора.

Измерять разницу $n_{co}^2 - n_{cl}^2$ уже структурированных оптических проводников очень сложно, поэтому измерения проводились для материалов ядра и оболочки отдельно. Исходные материалы (система материалов *Epicore/Epoclad* *Ormocore/Ormoclad*) были нанесены на подложку из боросиликатного оптического стекла *borofloat 33* фирмы *SHOT* в виде тонких пленок как показано на рис.4.

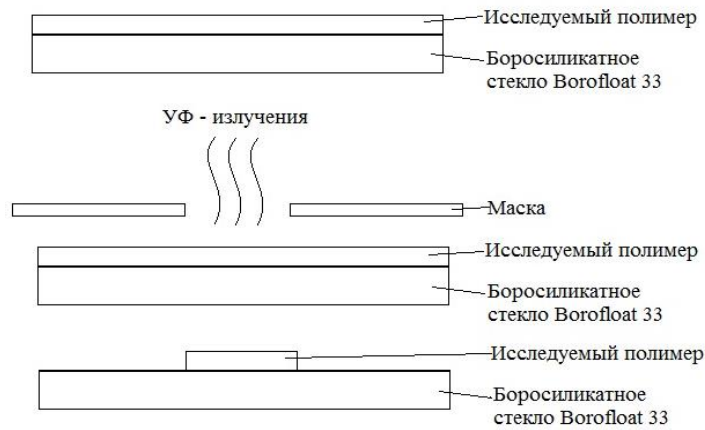


Рис.4. Схема изготовления проб.

Условия изготовления этих пленок максимально приближены к условиям изготовления структурированных оптических проводников. После изготовления проб был проведен контроль качества поверхности полимерной пленки и ее толщины. На рис. 5 показан результат измерения качества поверхности для материала Еросоге при помощи прибора $\mu Scan$ фирмы *Siemens*.

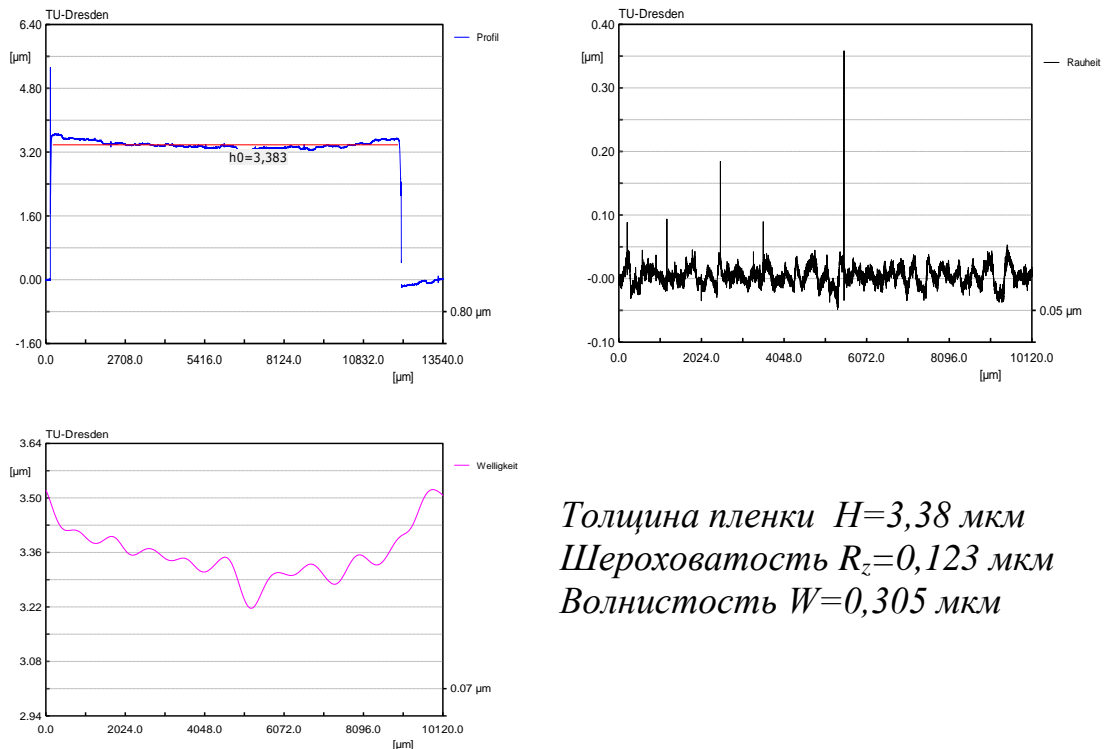


Рис.5. Механические свойства материала Еросоге.

Далее было проведено измерение показателя преломления при помощи разработанного прибора, результат измерений для материала Еросоге представлен на рис. 6.

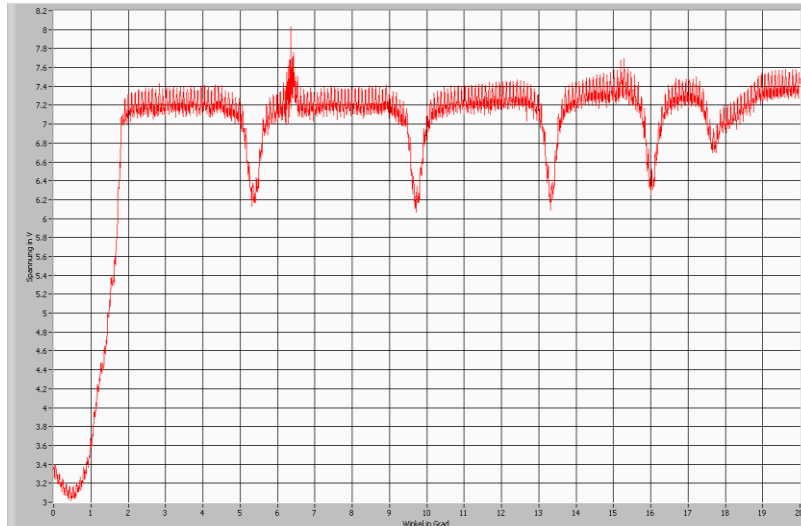


Рис. 6. Результат измерений для материала Eroscore.

С данных измерений при помощи М-линейного спектрометра, были определены углы, при которых возникают моды. Далее был проведен расчет коэффициента преломления при помощи следующих формул [5]:

$$N_m = n_p \cdot \sin \left(\varepsilon + \arcsin \left(\sin \left(\frac{\alpha_m}{n_p} \right) \right) \right); \quad (3)$$

$$\pi m = k \cdot d \sqrt{n_f^2 - N_m^2} - \arctg \left(\frac{\sqrt{N_m^2 - n_s^2}}{\sqrt{n_f^2 - N_m^2}} \right) - \arctg \left(\frac{\sqrt{N_m^2 - n_a^2}}{\sqrt{n_f^2 - N_m^2}} \right), \quad (4)$$

где N_m – эффективный показатель преломления; n_p , n_f , n_s , n_a – показатели преломления призмы, пленки, подложки и воздуха соответственно; k – волновой вектор; m – номер моды; ε – угол призмы; α_m – угол падающего излучения, при котором возникает «вхождение» излучения в пробу.

Уравнение (4) можно решить при помощи Mathcad или других программ, где используются численные методы решения уравнений. На точность измерений влияет точность определения α_m и угол призмы ε .

Выводы. В результате проведенных измерений для систем материалов Eroscore/Erosclad/Ormocore/Ormoclad было установлено, что система материалов Ormocore/Ormoclad имеет большую разницу $n_{co}^2 - n_{cl}^2$, а значит меньшую f_{max} , однако процесс изготовления этих материалов значительно проще, чем для системы Eroscore/Erosclad. Прибор имеет следующие параметры: диапазон измеряемых значений показателя преломления 1,4-3; точность измерений показателя преломления $\Delta n = \pm 0,0003$, диапазон рабочих температур $-55^\circ - +75^\circ\text{C}$. Для повышения точности измерений нужно установить на сколько угол призмы отличается от номинального значения. Сигнал с детектора не равномерный, поэтому нужна дополнительная фильтрация.

Литература

1. Wang K. Photolithographically Manufactured Acrylate Polymer Multimode Optical Waveguide Loss Design Rules / Kai Wang, R. D. Selviah, I. Papakonstantinou // Second Electronics System integration Technology Conference. – Greenwich, 2008. – Vol. 2. – P. 1251-1256.
2. Nieweglowski K. Beiträge zur Aufbau- und Verbindungstechnik für optische Kurzstreckverbindung / K. Nieweglowski // Doktorarbeit. – Dresden, 2011. – Vol. 4. – P. 230-238.
3. Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wikipedia.org>.
4. Vogel Thomas. Mess automatisierung eines Prismenkopplers für die Charakterisierung optischer Dünnschichten / Thomas Vogel // Studienarbeit. – Dresden, 2010. – Vol. 1. – P. 12-22.
5. Rieske R. Optimierung des Versuchsaufbaus zur M-Linien Spektroskopie / R. Rieske // Studienarbeit. – Dresden, 2001. – Vol. 2. – P. 394-402.

М-ЛІНІЙНИЙ СПЕКТРОМЕТР

Осінов С.М., Чапний Т.М., Кириченко М.В.

Анотація

У статті зроблений короткий оглядовий аналіз методів вимірювання коефіцієнту переломлення тонких плівок, описані принципи М-лінійної спектроскопії та структурної схеми розробленого М-лінійного спектрометра. Було проведено перше вимірювання для систем матеріалів Epocore/ Epoclad и Ormocore/Ormoclad (котрі використовуються для створення планарних оптичних провідників на рівні печатних плат) при допомозі цього прибору та встановлено від чого залежить точність вимірювань.

M-LINE SPECTROMETRY

S. Osinov, T. Chapnyi, M. Kirichenko

Summary

In this paper was made a short review of the methods for measurement of refractive index of thin films, described principle of m-line spectrometry and structure of the developed device called m-line spectrometer. Was made first measurements for materials Epocore/Epoclad and Ormocore/Ormoclad (Which are used for production of optical waveguides on PCB) with this device and establish what have influents on accuracy.

УДК 621.3.011.74.005

МОДЕЛЮВАННЯ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ЗАДАЧ ПРОГНОЗУВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

Мірошник О.О., к.т.н.,

Святобатько А.В., інж.

*Харківський національний технічний університет сільського
господарства ім. П. Василенка*

Тел. (057)-712-35-37

Анотація – запропоновано спосіб прогнозування фізичних параметрів. Розглянутий апарат та проведений аналіз доцільності використання нейронної мережі для задачі прогнозування фізичних параметрів. Проведений аналіз та обрані структури нейронних мереж, які доцільно використовувати для прогнозування фізичних параметрів. Побудована модель нейронної мережі для розв’язання задачі прогнозування. Також наведені математичні вирази для наглядного розуміння структури нейронних мереж та їх роботи.

Ключові слова – нейронна мережа, прогнозування, радіально базисна функція, персептрон, фізичні параметри.

Постановка проблеми. На даний момент стає дедалі актуальніше завдання прийняття рішень оператором автоматизованої системи керування, враховуючи тенденції змін поточних значень параметрів, та заздалегідь відслідковувати значення параметрів, які можуть вийти за межі в майбутньому. Діяти завчасно, щоб не відбулась аварійна ситуація, та попередити вихід даних параметрів за межі допустимих. Дана задача є дуже нечіткою та має багато варіантів рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні цифрові обчислювальні машини перевищують можливості людини в цифрових чи символічних обчисленнях. Але людина може легко вирішувати складні завдання, пов’язані з сприйняттям зовнішніх даних (наприклад, прогнозування) зі швидкістю та точністю, що на багато перевищує найсучасніші комп’ютери. Архітектура біологічної нейронної системи значно відрізняється від архітектури машин фон Неймана (табл. 1) [1].

Аналогічно біологічним нейронним системам штучна нейронна система є обчислювальною системою з великою кількістю паралельно функціонуючих простих процесорів з великою кількістю зв’язків.

Формулювання мети статті. У даній статті пропонується застосування нейронної мережі для розв'язку завдання прогнозування часових рядів.

Таблиця 1

Найменування	Машина фон Неймона	Біологічна нейронна система
Процесор	Складний	Простий
	Швидкісний	Повільний
	Один або декілька	Велика кількість
Пам'ять	Віддалена від процесора	Інтегрована в процесор
	Локалізована	Розповсюджена
	Адресація не по складу	Адресація по складу
Обчислення	Централізовані	Розгалужені
	Послідовні	Паралельні
	Зберігаємо програми	Самонавчання
Надійність	Велика вразливість	Живучість
Спеціалізація	Цифрові чи символні обчислення	Проблеми сприйняття
Середовище функціонування	Жорстко задане	Погано задана
	Жорстко обмежене	Без обмежень

Основна частина. На сьогоднішній день можна виділити наступні задачі, які краще вирішуються штучною нейронною мережею ніж комп'ютерними системами, які засновані на машині фон Неймона.

Класифікація образів. Задача складається з вказівки приналежності вхідного образу, представленого вектором ознак, одного або декількох попередньо встановлених класів. До відомих задач належать розпізнання букв, розпізнання мовлення, класифікація кліток крові.

Кластеризація (Категоризація). При вирішенні задачі кластеризації, котра відома також під назвою, як класифікація образів без викладача, відсутня вибірка для навчання з позначками класів. Алгоритм кластеризації, заснований на схожості образів і розміщує схожі образи в один кластер. Використовується для вилучення знань, стиснення та дослідження даних.

Апроксимація функцій. Задача апроксимації складається в знаходженні оцінки невідомої функції X . Необхідна для вирішення численних інженерних та наукових задач моделювання.

Прогнозування. Задача складається в пророкуванні значення виходу в деякий майбутній момент часу. Прогнози мають значний вплив на прийняття рішень в бізнесі, науці та техніці.

Оптимізація. Численні проблеми в математиці, статистиці, науці, техніці, медицині та економіці можуть бути розглянуті як проблеми оптимізації. Завданням алгоритму оптимізації є знаходження такого рішення, яке задовольнить систему обмежень та максимізує або мінімізує цільову функцію. Пам'ять, що адресується за змістом. В моделі обчислень фон Неймона звернення до пам'яті доступне лише за адресою, яка не залежить від змісту пам'яті. Більш того, якщо є помилка при обчисленні адреси, то буде знайдена зовсім інша інформація. Асоціативна пам'ять, або пам'ять, що адресується за змістом, доступна при вказівці заданого змісту. Зміст пам'яті може бути вилучений навіть при частковому вводі або при спотвореному змісті. Даний вид пам'яті надзвичайно важливий при створенні мультимедійних баз даних. Керування. В системах керування з еталонною моделлю метою керування є розрахунок такого вхідного впливу, при якому система слідує за бажаною траєкторією, що диктується еталонною моделлю. Прикладом є оптимальне керування двигуном.

В табл. 2 наведені архітектури мереж та задачі, для яких вони використовуються, а також спосіб їх навчання [1].

Таблиця 2

Архітектура	Алгоритм навчання	Задача
Одношаровий та багатшаровий персептрон	Алгоритм навчання персептрона. Зворотне розповсюдження. Adaline та Madaline	Класифікація образів. Апроксимація функцій. Прогнозування. Керування.
Рекурентна	Алгоритм навчання Больцмана	Класифікація образів.
Багатшарова прямого розповсюдження	Лінійний дискримінантний аналіз	Аналіз даних. Класифікація образів.
Змагання	Векторне квантування	Категоризація всередині класа. Стиснення даних
Мережа АРТ	ARTMap	Класифікація образів.
Мережа Хопфілда	Навчання асоціативної пам'яті	Асоціативна пам'ять.
Мережа Кохонена	SON Кохонена	Категоризація, аналіз даних.
Мережа радіально базисної функції	Алгоритм навчання радіально базисної функції	Класифікація образів. Апроксимація функцій. Прогнозування. Керування.

Прогнозування – це пророкування майбутніх подій. Нехай задані n дискретних відліків $\{y(t_1), y(t_2), \dots, y(t_n)\}$ у послідовні моменти часу t_1, t_2, \dots, t_n . Тоді завдання прогнозування полягає в пророкуванні значення $y(t_{n+1})$ у деякий майбутній момент часу t_{n+1} . Метою прогнозування є зменшення ризику при прийнятті рішень. Прогноз звичайно виходить помилковим, але помилка залежить від використовуваної прогнозуючої системи. Надаючи прогнозу більше ресурсів, можна збільшити точність прогнозу та зменшити збитки, пов'язані з невизначеністю при прийнятті рішень.

При розв'язанні задачі прогнозування часових рядів користувач вибирає довільний часовий ряд, що містить N відліків, і розбиває його на три множини: навчальну, тестуючу та контрольну вибірки, які потім подаються на вхід мережі. Результатом прогнозування є значення часового ряду в необхідний момент часу. Для підвищення якості прогнозу необхідно зробити попередню обробку інформації. Оскільки часовий ряд – це послідовність числових відліків, попередня обробка зводиться до масштабування значень відліків з метою їх приведення в єдиний діапазон. Кожна вибірка – це дискретна функція, задана в точках на інтервалі $[0, N]$ з кроком 1, де N – максимальне значення аргументу цієї функції.

При розв'язанні завдань прогнозування роль нейронної мережі полягає в пророкуванні майбутньої реакції системи за її попередньою поведінкою. Володіючи інформацією про значення змінних у моменти, попередні прогнозуванню $x_{(k-1)}, x_{(k-2)}, \dots, x_{(k-n)}$, мережа виробляє розв'язок, яким буде найбільш імовірне значення послідовності $x_{(k)}$ у теперішній момент k . Для адаптації ваг коефіцієнтів мережі використовуються фактична похибка прогнозування $\varepsilon = x_{(k)max} - x_{(k-1)min}$ і значення цієї погрешності в попередні моменти часу [2].

Архітектура, яка найбільш підходить для нашого завдання багатосаровий перцептрон, або мережа радіально базисної функції. Отже для задачі прогнозування слід використовувати узагальнено-регресійну мережу. Дана мережа повинна складатися з двох прихованих шарів. Шар радіально базисної функції та шар перцептрона. Структура нейронної мережі наведена на рис. 1.

Шар радіально-базисної функції робить попередню обробку інформації, а саме масштабування значень відліків з метою їх приведення в єдиний діапазон. Структурна схема першого проміжного шару наведена на рис. 2.

На вхід радіальних елементів із вхідного шару подається вектор x . Базисні функції цього шару задаються матрицею Q , більш зручно використовувати елементи матриці кореляції S , яка виходить із матриці Q у такий спосіб

$$C = Q^T \cdot Q. \quad (1)$$

Центр i -го нейрона радіального шару позначимо як c_i . У якості радіальної функції застосовується функція Гаусса.

Результат обробки даного шару v_j обчислюється за формулами:

$$S_j^{(t)} = -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^n (x_t - c_i^{(t)})^2; \quad (2)$$

$$S_t = \sum_{j=1}^n S_j^{(t)}; \quad (3)$$

$$v_i = \sum_{t=1}^k \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{S_t}{\sigma_t^2}\right) \omega_t. \quad (4)$$

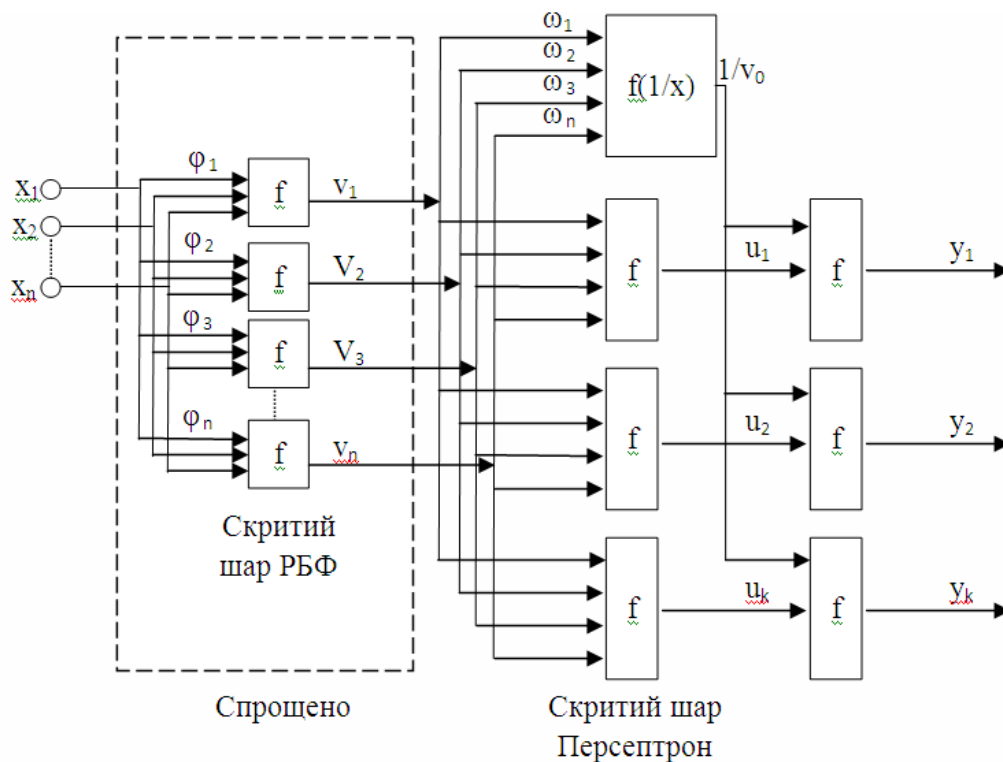


Рис. 1. Структура узагальнено-регресійної нейронної мережі.

Результатом обробки першого шару є інформація про дані навчальних випадків або ж їх кластери. Після отримання результатів, ці дані поступають на вхід другого прихованого шару.

Вихідний сигнал i -го нейрону другого проміжного шару обчислюється за виразом

$$u_i = \sum_{j=1}^n v_j, \quad (5)$$

де k – число нейронів в РБФ-шарі.

Позначивши вагові коефіцієнти i -го нейрона РБФ-шару як ω_i , одержимо вираз для суми ваг

$$v_0 = \sum_{i=1}^k \omega_i. \quad (6)$$

Отже, вихідний шар поділяє зважені суми на суму ваг і видає остаточний прогноз. Позначивши його y_l , одержимо вираз

$$y_l = \frac{u_l}{v_0}. \quad (7)$$

Вихідне значення мережі має імовірнісний вигляд, тому його легше інтерпретувати. При невеликому обсязі вхідних даних мережа дуже швидко навчається. Навчання мережі необхідно виконувати окремо для кожного часового ряду, тому що спроба прогнозування рядка, на якому мережа не була навчена, приведе до помилкового результату [3].

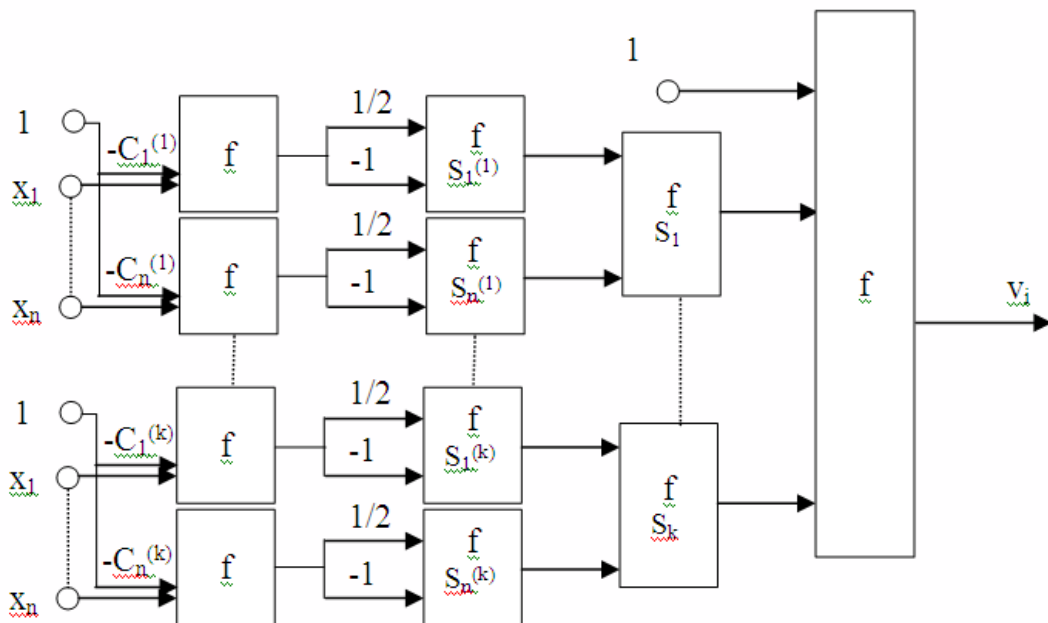


Рис. 2. Структурна схема першого проміжного шару.

Висновки. Таким чином система є інтелектуальною, має змогу прогнозувати значення датчиків, та інших фізичних параметрів, а також мережа може забезпечити зменшення витрат при попередженні аварійних ситуацій. Результати даних досліджень можна використовувати в різних галузях для задач прогнозування параметрів технічних систем та агрегатів, та використовувати для запобігання виникнення аварійних та надзвичайних ситуацій.

Література

1. AnilK. Jain Artificial Neural Networks: A Tutorial, Computer/ AnilK. Jain, JianchangMao, K.M. Mohiuddin.–Vol.29, No.3, March,1996. –

Р. 31-44.

2. Горбань А.Н. Обобщенная аппроксимационная теорема и вычислительные возможности нейронных сетей / А.Н. Горбань // Сибирский журнал вычислительной математики, 1998. – Т.1, №1. – С.12-24.

3. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика / Ф. Уоссермен; Пер. с английского Ю.А. Зуев. – М.: Мир. – 1992. – 240 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Мирошник А.А., Святобатько А.В.

Аннотация

Предложен способ прогнозирования физических параметров. Рассмотрен аппарат и проведен анализ необходимости использования нейронной сети для задачи прогнозирования физических параметров. Проведен анализ и выбраны структуры нейронных сетей, которые целесообразно использовать для прогнозирования физических параметров. Построена модель нейронной сети для решения задачи прогнозирования. Также приведены математические выражения для наглядного понимания структуры нейронных сетей и их работы.

MODELING NEURAL NETWORK FOR TASK OF PHYSICAL FORECASTING PARAMETERS

O. Miroshnyk, A. Svyatobatko

Summary

A method for predicting the physical parameters. Considered the apparatus and the analysis of the need to use a neural network to predict the physical parameters the problem. The analysis of the chosen structure and neural networks, which should be used to predict the physical parameters. A model of a neural network to solve the problem of prediction. Also, the mathematical formula for visual understanding of the structure of neural networks and their work.

УДК 663.18; 621.311.26.031

ВИКОРИСТАННЯ ФОТОБІОРЕАКТОРА В АЛЬТЕРНАТИВНИХ СИСТЕМАХ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Пальчик А.О., к.т.н.,

Бурега Н.В., інж.

Тернопільський національний педагогічний університет імені

Володимира Гнатюка

Тел. (0352) 43-57-77

Анотація – запропоновано структурну схему енергетичної системи на основі фотоанаеробних біотехнологій та твердооксидного паливного елемента.

Ключові слова – фотобіореактор, мікроводорості, хлорела, біомаса, система, твердооксидний паливний елемент.

Постановка проблеми. Споживання енергії у світі зростає, ресурси надр біосфери та техносфери постійно зменшуються. Екологічні проблеми виникають у зв'язку з їх надмірною емісією. Втручання техногенезу у речовинно-енергетичний баланс планети постійно збільшується і в даний момент досягає рівня загрози. Для вирішення даної проблеми, значний науковий та виробничий потенціал розвинених країн світу було сконцентровано на використання енергії біопалива, сонця, вітру, мікроорганізмів, води тощо.

Одним із перспективних напрямків, які на сьогодні розвиваються, є використання мікроорганізмів у енергетичному комплексі та інших галузях народного господарства. Окрім енергетичної сировини для генерації біогазу та біодизелю, мікроорганізми використовуються для виготовлення фармацевтичних препаратів; як вітаміни та фізіологічно активні речовини для сільськогосподарських господарств; як джерело кормового і харчового білка; для підвищення ґрунтової родючості та самоочищення природних і стічних вод.

Аналіз останніх досліджень. Сьогодні практикується вирощування олійних культур, для генерації біодизеля. Цей підхід має суттєві недоліки, які пов'язані з тим, що вирощування великої кількості олійних культур витісняє харчові культури (що негативно впливає на задоволення харчових потреб людства), крім того олійні культури суттєво виснажують ґрунти (в подальшому впливаючи на їх родючість).

Проведений аналіз виходу рослинного масла з одиниці площі показав, що найбільш продуктивними культурами можуть стати мікродорості, такі як хлорела (*Chlorella*) та спіруліна (*Spirulina*) (таблиця 1) [1].

Таблиця 1 – Виробництво мастила з різної сировини з одного гектара землі

Культура	кг масла/га	літрів масла/га
Кукурудза	145	172
Соя	375	446
Соняшник	800	952
Кокос	2260	2689
Пальмове масло	5000	5950
Водорості	94000	95000

Формулювання мети статті. Мета статті – аналіз типів фотобіореакторів та визначення факторів впливу на ріст одноклітинних водоростей і методів їх забезпечення.

Основна частина. Можливість накопичувати у клітинах велику кількість ліпідів (до 80% у перерахунку на суху масу) та подвоєння біомаси кожні 40 годин робить мікродорості перспективними для застосування їх у енергетиці та інших галузях народного господарства. Інтенсивний ріст мікродоростей забезпечується їх здатністю ефективно поглинати CO₂ та сонячну радіацію. Однією з культур, яка ефективно використовує сонячну енергію є хлорела (25 - 30% у той час як квіткові рослини – лише 7-13%). Вона невибаглива до умов існування та завдяки простому життєвому циклу, пристосована до розвитку у різноманітних середовищах: прісних водоймах, морях, ґрунті тощо.

Хлорела активно синтезує білки, вуглеводи, жири, вітаміни, тому її суха біомаса має більше 50% білка (близько 40 амінокислот), 30% вуглеводів, 10% жирів і до 10% мінералів.

Експерименти з масового культивування мікродоростей проводяться з початку 50-х років. За період з 1950 по 1970 р. був досягнутий значний прогрес в технології їх масового культивування в таких країнах, як Японія, ФРН, Ізраїль, Франція, США і Мексика. Культивування проводилося як в спеціально побудованих для цієї мети установках, так і в природних водоймах. У цих країнах отримано наступну середню продуктивність росту: в США 30 г/м² в день, Японії - 12 г/м² в день, Ізраїлі – від 10 до 40 г/м² для зимових та літніх умов відповідно [4]. Змінюючи температурний режим, склад живильного середовища, відповідно змінюється склад хлорели. Вона може накопичувати від 8 до 88% білків; від 4 до 85% жирів і від 5 до 37% вуглеводів (кро-

хмалю або цукру). Урожай водорості, за вмістом білка з 1 га дорівнює врожаю пшениці з 25 га та врожаю картоплі з 10 га [3].

Для вирощування мікроводоростей використовують фотобіореактори. В основному – це закриті або відкриті контейнери, які піддаються впливу сонячного або штучного освітлення, деякі з них мають можливість регуляції температури середовища та подачі газів (CO_2). Можна виділити наступні типи:

- відкрита система ставків або дрібних басейнів – це найпростіша форма, що дозволяє забезпечити великий об'єм біореактора при низьких капіталовкладеннях, проте така конструкція представляє ризик забруднення культури мікроводоростей або її перехресного зараження;

- трубчасті або контейнерного типу – це більш складні системи, налаштовані горизонтально або вертикально. Труби можуть бути виготовлені зі скла, полікарбонату або поліетилену;

- плоскі – біореактори виготовляють із скла та прозорого полікарбонату у вигляді закритих ємкостей прямокутної форми;

- проточні – це системи прозорих ємкостей (труб), усередині яких циркулює живильне середовище (азот, фосфор, калій, мікроелементи) з мікроводоростями. Пройшовши весь шлях по прозорих трубах, суспензія хлорели надходить у спеціальний накопичувальний резервуар, де отримує чергову порцію CO_2 , який в ході подальшого руху рівномірно розподіляється по всій біомасі [5].

Фотобіореактор – це контрольована екосистема функціонування, яка підтримується за рахунок технологічних можливостей біореактора (температура, рН, освітленості, тощо) що контролюється вимірювальним модулем.

Проаналізувавши конструкції основних типів фотобіореакторів, слід відмітити, що вони виконують функції контролю та вимірювання температури, кислотності, освітленості, а також концентрації розчинених у воді солей та газів (рис. 1). Окрім того, фотобіореактор повинен забезпечувати можливість перемішування культури під дією сонячної радіації (штучного освітлення), та запобігати її прилипанню на стінках. Як правило, перемішування відбувається за рахунок використання мішалок, циркуляційних насосів або бульбашок. Прилипання до стінок усувається за допомогою використання ультразвуку.

Для росту водоростей рівень рН та температура є критичними параметрами. В проточних фотобіореакторах, як правило, температуру регулюють за допомогою теплообміну між поживним середовищем та підведеним теплоносієм, а рівень рН – шляхом введення відповідної кількості CO_2 або солей із слабкою кислотною основою додаткової води.

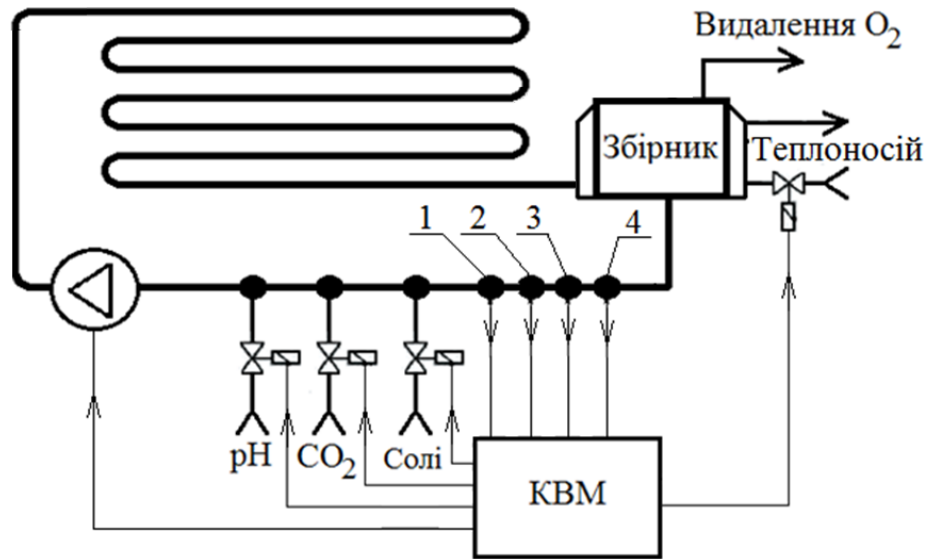


Рис. 1. Фотобіореактор проточного типу: 1 – датчик температури; 2 – датчик рівня рН; 3 – датчик освітленості; 4 – датчик концентрації мікрободоростей.

При вирощуванні хлорели фотобіореактор повинен відповідати за біологічну чистоту культури, запобігати потраплянню в неї бактерій та інших мікрободоростей і при потребі пригнічувати їх. Як правило, для знищення бактерій використовують ультрафіолетове освітлення середньої довжини хвилі, антибіотики, або бактеріофаги.

Контрольно-вимірювальний модуль фотобіореактора, окрім стану харчового середовища, повинен постійно визначати реакцію біологічної культури на дане середовище. Тобто, в процесі вирощування мікрободоростей постає завдання визначення їх питомої концентрації та стану для підтримання необхідного газо-солевого балансу. В існуючих фотобіореакторах дана проблема вирішується за рахунок вимірювання оптичної щільності, проте, такий підхід не дозволяє отримати вичерпної інформації про стан клітин та наявність в суспензії інших культур. Одним із методів вирішення даної проблеми може бути використання методів гранулометричного аналізу цифрових зображень [2]. Оскільки, фотобіореактор – це симбіоз технологічної системи та біологічного об'єкта, його успішна реалізація цілком залежатиме від інженерних рішень за інтелектуальним контролем середовища.

Для проведення лабораторних досліджень на кафедрі машинознавства та транспорту в лабораторії енергетичного менеджменту розроблений пілотний проект фотобіореактора, об'ємом 3 літра, який відрізняється від існуючих конструкцій, наявністю параболічного рефлектора, що фокусує сонячне випромінювання та можливістю досвітки трьома типами світодіодів (рис. 2). На базі розробленого фотобіореактора ведуться роботи по автоматизації його систем, та досліджу-

ються методи оцінки реакцій біологічної системи (хлорели та анабени) на зміни у харчовому середовищі та температурних і світлових режимах.



Рис. 2. Пілотний фотобіореактор.

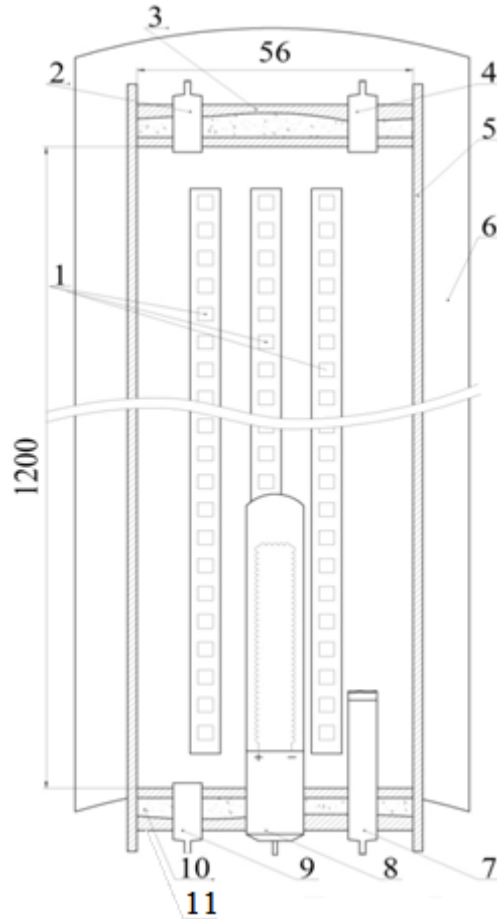


Рис. 3. Структурна схема фотобіореактора.

На структурній схемі фотобіореактора є (рис. 3): 1 – світлодіодна стрічка, 2 – отвір для відведення кисню, 3, 10 – полікарбонатна кришка, 4 – отвір для введення харчового середовища, 5 – полікарбонатна труба товщиною 4,5 мм, 6 – параболічний рефлектор, 7 – отвір для подачі вуглекислоти, 8 – підігрівач із регулятором температури, 9 – отвір для зливу біомаси, 11 – шар силікону та епоксидної смоли.

На сьогодні, фотобіореактори розробляються для вирощування мікроводоростей з метою генерації біомаси, що потім використовується в якості харчових білків, біодизелю, сировини для косметики та медицини. Проте, потенціал застосування даної технології значно ширший, її використання разом із системами анаеробного бродіння та паливними елементами може дозволити побудову енергосистеми нового покоління (рис. 4).

Енергосистема на основі паливних елементів фото та анаеробних біотехнологій володіє замкнутим колом кругообігу вуглекислоти (в фотоанаеробному біореакторі). Передбачається використання побутових харчових відходів та відходів тваринництва і рослинництва для генерації біогазу, який очищується від домішок сірководню та вуглекислоти. Утворений газ використовується для генерації електричної та теплової енергії.

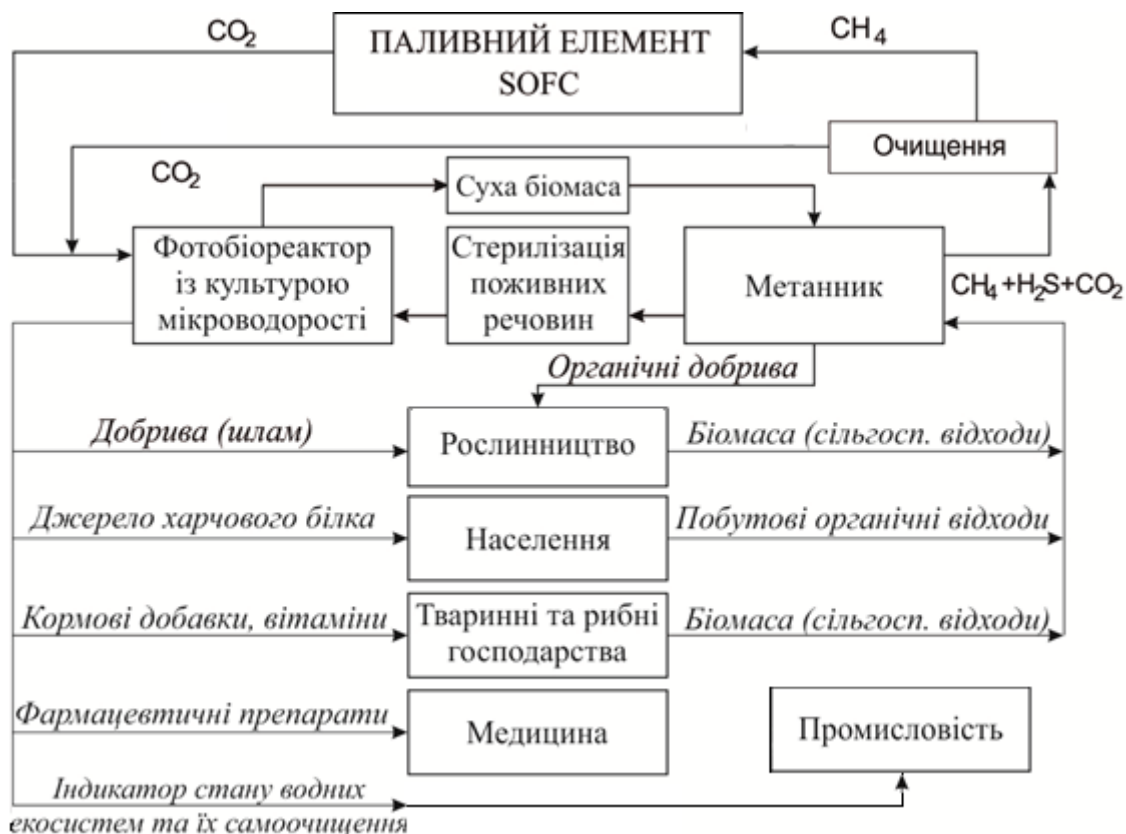


Рис. 4. Структурна схема енергосистеми на основі паливного елемента та фотобіореактора.

Діоксид вуглецю, отриманий під час спалювання та після анаеробної ферментації, повинен використовуватись для створення поживного середовища в фотобіореакторі. В результаті, отримана біомаса використовується для подальшого виробництва біогазу або є джерелом харчового білка та вітамінів. Дана енергосистема за рахунок використання анаеробної ферментації дозволяє продукувати біодобрива для збагачення ґрунтів поживними речовинами.

Висновки. Розроблено конструкцію фотобіореактора, що забезпечило можливість дослідження методів оцінки реакцій біологічної системи на зміни у харчовому середовищі, температурних та світлових режимах. Запропонована структурна схема енергозабезпечення на основі фотоанаеробного біореактора та твердооксидного паливного елемента, яка здатна забезпечити переробку органічних відходів та

генерувати теплову і електричну енергію без викидів вуглекислого газу в атмосферу.

Література

1. Андреева В.М. Почвенные и аерофильные зеленые водоросли (Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales) / В.М. Андреева. –СПб.: Наука, 1998. – 351 с.

2. Матвійків В.П. Використання методів комп'ютерної обробки зображень в задачах гранулометрії зернової маси [Електронний ресурс] / В.П. Матвійків. – Режим доступу: http://archive.nbu.gov.ua/portal/natural/nn/2002_2009/statti/vup25/25-1/48.pdf. – Назва з екрану.

3. Водоросли и биодизель [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://www.build-tec.eu/Biodiz/biodizel.htm>. – Название с экрана.

4. Магомедов А.М. Альтернативная энергетика. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Микроводоросли [Электронный ресурс] / А.М. Магомедов. – Режим доступа: <http://www.bibliotekar.ru/alterEnergy/27.htm>. – Название с экрана.

5. Сидоров Ю.И. Фотобиореакторы / Ю.И. Сидоров. [Электронный ресурс] – Режим доступу: http://biotechnology.kiev.ua/storage/2010/5_2010/Sidorov%20%235_2010.pdf. – Назва з екрану.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОТОБИОРЕАКТОРА В АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СИСТЕМАХ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ

Пальчык А.О., Бурега Н.В.

Аннотация

Предложена структурная схема энергетической системы на основе фотоанаэробных биотехнологий и твердооксидных топливных элементов.

USE FOTOBIOREACTOR IN ALTERNATIVE SYSTEM OF ENERGY

A.Palchyk, N. Burega

Summary

It is proposed a block diagram of system based on energy foto biotechnology and solid oxide fuel cell.

УДК 621.314.322.001.6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ СОЛО ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ТРАНСФОРМАТОР-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

Тиховод С.М., к.т.н.

Запорожский национальный технический университет

Тел. (061)212-15-54

Аннотация –рассмотрены особенности моделированию электромагнитных процессов программного комплекса Solo. Показан пример моделирования с помощью программного комплекса Solo электромагнитных процессов в электротехнической системе «трансформатор – преобразователь» и выработки рекомендации по оптимизации конструкции трансформатора.

Ключевые слова – моделирование, электромагнитные процессы, трансформаторы, преобразователи.

Постановка проблемы. Одними из важных частей современного АПК являются электротехнические системы, включающие трансформаторы, линии электропередачи, преобразовательные устройства и различные потребители энергии.

Анализ последних исследований. В последнее время все более возрастает научный интерес к моделированию переходных и установившихся электромагнитных процессов в многообразии составных частей электротехнических систем. Современное компьютерное моделирование позволяет существенно сократить финансовые затраты и время на дорогостоящее физическое моделирование. При этом возможно исследование электромагнитных процессов в отдельных элементах магнитной и электрической частей объектов электротехнической системы при учете их реальных конструктивных особенностей и взаимодействия объектов в системе. С помощью моделирования можно проанализировать работу не только отдельных компонентов, входящих в комплекс «трансформатор – преобразователь», но и выявить новые особенности, которые появляются в сложной системе.

Формулирование цели статьи. Цель работы – показать примеры моделирования с помощью разработанного автором программного

комплекса Solo електромагнитних процесів в електротехнічній системі «трансформатор – преобразователь» і вироботці рекомендації по оптимізації конструкції трансформатора.

Основная часть. Трансформатор, или другое электромагнитное устройство, включенное в электрическую цепь, можно представить единой магнитоэлектрической схемой замещения [1]. В такой схеме замещения имеются как электрические ветви, так и магнитные ветви. В электрических ветвях протекают электрические токи, в магнитных ветвях протекают магнитные потоки (магнитные ветви). Для простых устройств (как например однофазные трансформаторы) магнитоэлектрические схемы замещения, а также уравнения и компьютерные программы могут быть разработаны вручную индивидуально. Однако даже для простейшего трехфазного трансформатора магнитоэлектрическая схема замещения становится такой сложной, что составление уравнений вручную и разработка индивидуальных компьютерных программ становится затруднительной задачей даже для квалифицированного специалиста. Математические уравнения, описывающие электромагнитные процессы в таких комплексах, ввиду их сложности должны формироваться автоматически. Для автоматизированного составления и решения уравнений электромагнитного состояния електротехнічної системи розроблена математична модель, на основі якої розроблено програмний комплекс Solo [2].

Для анализа магнитоэлектрической цепи с помощью программного комплекса Solo предварительно задается набор элементов, входящих в цепь, их параметры и структуру соединений элементов между собой. В результате расчета получаются зависимости от времени токов (магнитных потоков) и напряжений всех элементов, входящих в цепь.

В основу разработанного программного комплекса Solo положен метод переменных состояния с применением уравнений токов и напряжений Кирхгофа, полученных топологическими методами. При этом достигается единообразие составления уравнений состояния для магнитоэлектрических схем замещения. Достигается удобство применения управляемых источников напряжения и тока, которые широко используются в магнитоэлектрических схемах замещения при описании взаимодействия электрических токов и магнитных потоков.

Для ввода исходной информации предусмотрена следующая процедура:

- составление магнитоэлектрической схемы замещения электромагнитного устройства и ее вычерчивание;
- нумерация ветвей и проставление стрелок положительного направления токов (магнитных потоков);
- нумерация узлов от первого до максимального номера ведется аналогично нумерации ветвей.

Входные данные задаются в m-файле DataColo. Массив, в который заносится топология цепи и основные параметры элементов, Param_ish формируется по следующим правилам:

- каждая ветвь описывается отдельной строкой массива;
- каждая строка содержит шесть числовых параметров;
- в каждой строке первый параметр – целое число задает номер ветви на схеме;
- второй параметр – целое число определяет номер узла, из которого исходит данная ветвь;
- третий параметр – целое число определяет номер узла, в котором заканчивается данная ветвь;
- четвертый параметр строки определяет тип ветви. В программе Colo предусмотрены следующие возможные типы ветвей, имеющие свое обозначение: R, L, C – ветвь с линейным резистивным, индуктивным или емкостным элементом; D, S – ветвь, содержащая диод или тиристор; RT – ветвь с линейным резистивным элементом, изменяющим свое сопротивление скачком в момент времени t; E, J – независимый или управляемый источник ЭДС или тока; En, Rn – ЭДС и сопротивление схемы замещения нелинейного резистора, задаваемого сплайном ВАХ;
- пятый параметр строки определяет: для пассивных линейных компонентов схемы – это величина сопротивления, индуктивности или емкости; для элементов замещения нелинейных резисторов (En, Rn) – это номер разновидности нелинейного элемента, дающий ссылку на заданную характеристику нелинейного элемента;
- шестой параметр определяет начальные условия переменных состояния.

Рассмотрим моделирование электромагнитных процессов в трехфазном трехстержневом трансформаторе, который питает тиристорный выпрямитель [3] (рис. 1).

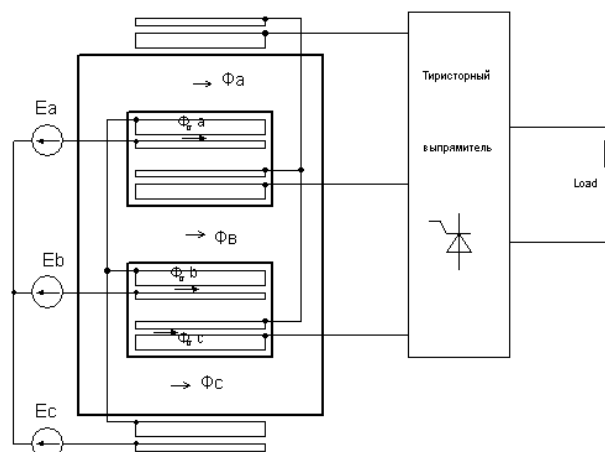


Рис. 1. Трехфазный трансформатор с тиристорным выпрямителем.

Моделювання проведемо в різних режимах, в том числі і при короткому замиканні одного з тиристорів. Выпрямитель, зібраний по схемі Ларионова, навантажено на активно-індуктивну навантаження. Исследуем електромагнітний перехідний процес при підключенні преобразувача до джерела живлення, а також при виникненні короткого замикання. Моделювання проведемо при різних значеннях магнітного опору каналів розсіяння трансформатора і дадим рекомендації по оптимізації конструкції трансформатора. Схема заміщення, згідно якої проводиться моделювання, приведена на рис. 2-5. Для єдинообразия всі електричні токи магнітні потоки позначені символом « i ».

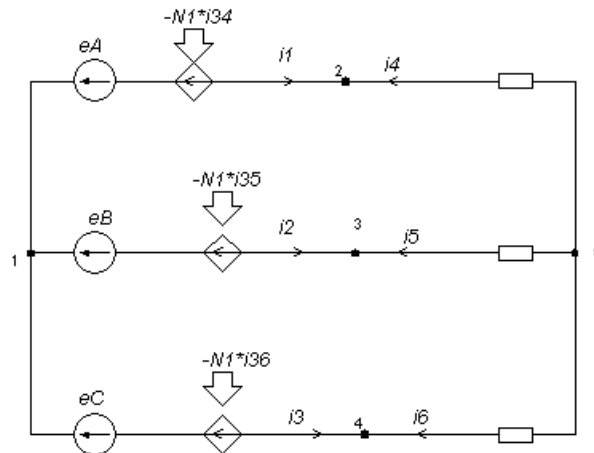


Рис. 2. Схема заміщення первинної обмотки трифазного трансформатора, підключеної до трифазного джерела напруги.

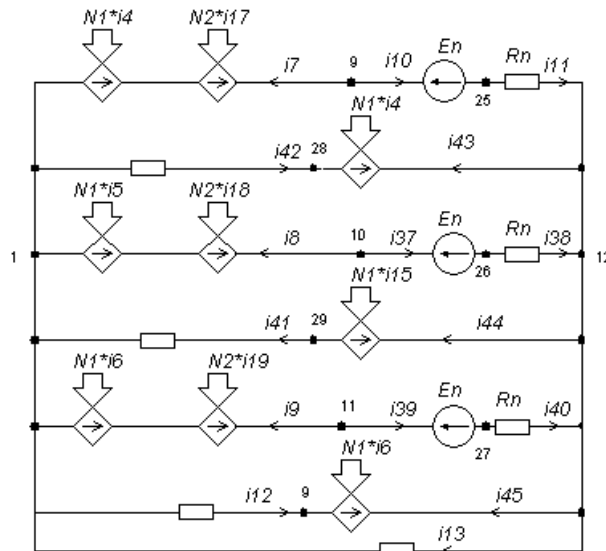


Рис. 3. Схема заміщення магнітної системи трифазного трансформатора.

На схемі N_1 , N_2 – числа витків первинних і вторинних обмоток трансформатора. Магнітний опір повітря для магнітних потоків розсіяння ухвалено включенням лінійних опорів в

магнитную цепь (рис. 3, ветви с номерами 12, 13, 41,42). Производные магнитных потоков вычисляются с помощью использования дифференцирующей цепи, показанной на рис. 5. Тиристоры (на рис. 4 VS_1 - VS_6) в программе Solo моделируются по методике, описанной в [3]. Поскольку первичная обмотка является внешней обмоткой, то ее витки пересекает как магнитный поток стержня, так и магнитный поток рассеяния. Поэтому в схему замещения первичной обмотки каждой фазы (рис. 2) включен источник напряжения, управляемый производной магнитного потока стержня и магнитного потока рассеяния.

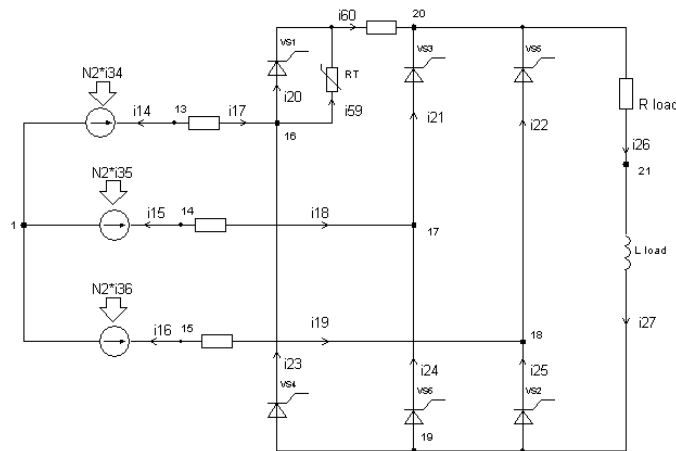


Рис. 4. Схема замещения вторичной обмотки, подключенной к тиристорному выпрямителю.

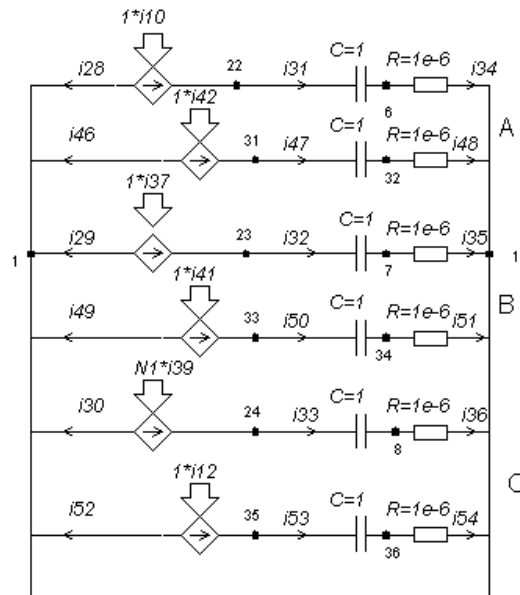


Рис. 5. Схема дифференцирующих цепочек.

Вторичная обмотка является внутренней обмоткой, и ее витки пересекает только магнитный поток стержня. Поэтому в схему замещения вторичной обмотки каждой фазы (рис. 4) включен

источник напряжения, управляемый производной магнитного потока соответствующего стержня.

На характер переходного процесса в значительной степени влияет значения магнитного сопротивления рассеяния трансформатора R_{12} , R_{41} , R_{42} . Эти сопротивления можно рассчитать, зная размеры первичной и вторичной обмоток. Для этого разработана специальная компьютерная программа по методике, изложенной в работе [4]. При увеличении ширины каналов рассеяния трансформатора эти сопротивления уменьшаются.

Проведем моделирование электромагнитных процессов при значениях магнитного сопротивления каналов рассеяния $2.5 \cdot 10^7$ 1/Гн (узкие каналы). На рис. 4 показано, что параллельно тиристоры VS_1 (ветвь 20) подключен резистивный элемент типа РТ, который может скачком изменять свое сопротивление в заданный момент времени τ . Если задать значение сопротивления резистора РТ до коммутации 10^6 Ом, а после коммутации – 10^4 , то этим можно моделировать пробой тиристора VS_1 и проследить процессы, вызванные этой аварией.

Если значение τ больше времени моделирования, то получим безаварийный режим. В противном случае в момент времени τ начнется аварийный режим. На рис. 6 показано изменение тока тиристора VS_1 после подключения питания к трансформатору ($\tau=0,5$ с). Рис. 6 показывает, что переходный процесс, вызванный основным магнитным потоком трансформатора длится около 0,4 с. Явление коммутации тиристоров проявляется слабо (малая индуктивность рассеяния трансформатора). При задании значения $\tau=0,385$ с выполняется моделирование аварийного режима.

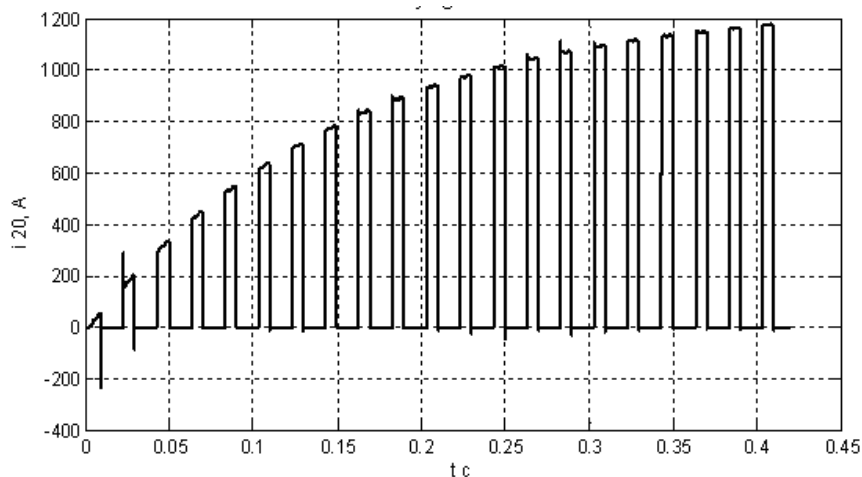


Рис. 6. Временная зависимость тока тиристора VS_1 (безаварийный режим).

На рис. 7 показано изменение тока тиристоры VS_1 в аварийном режиме.

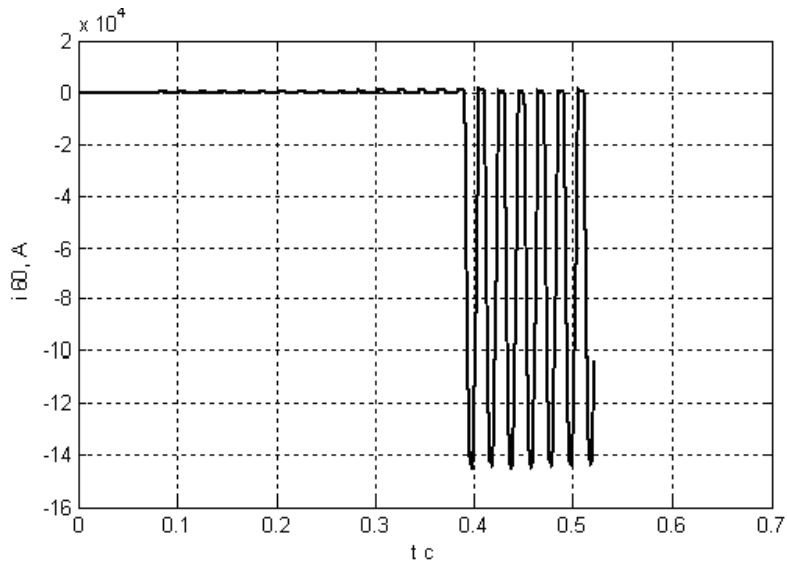


Рис. 7. Временная зависимость тока тиристора VS_1 (аварийный режим).

Анализ графика, показанного на рис. 7 показывает, что при заданных параметрах трансформатора токи тиристоры аварийно возрастают до 140 кА в течение периода проводимости одного тиристора, что является недопустимым. В течение времени развития аварийных токов автоматика защиты от коротких замыканий сработать не может.

Для того чтобы ограничить аварийные токи, трансформаторы для преобразовательных устройств проектируют с повышенной индуктивностью рассеяния. На рис. 8 показана зависимость магнитной индукции в стержне. Магнитопровод входит в насыщение.

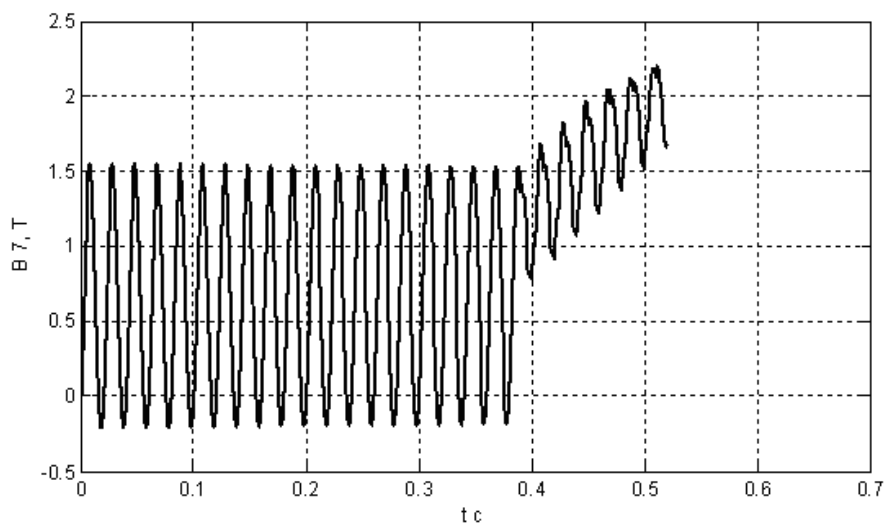


Рис. 8. Временная зависимость магнитной индукции в стержне.

Зададим значения магнитного сопротивления каналов рассеяния $2.5 \cdot 10^6$ 1/Гн (широкие каналы) и проведем моделирование. На рис. 9

показано изменение тока тиристора VS_1 после подключения питания к трансформатору в безаварийном режиме.

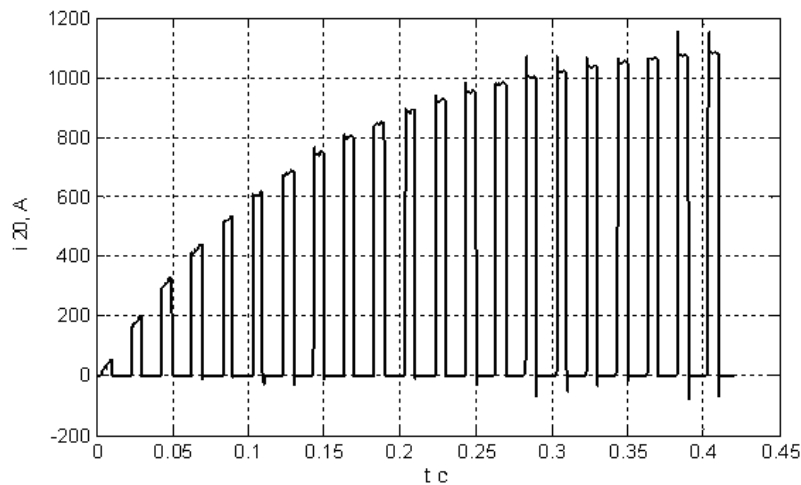


Рис. 9. Временная зависимость тока тиристора VS_1 (безаварийный режим).

Индуктивность рассеяния несколько ограничивает установившийся ток. Стало заметно проявление коммутационных процессов тиристора. Это является отрицательной стороной повышения индуктивности рассеяния трансформатора. Однако при коротком замыкании тиристора повышенная индуктивность рассеяния ограничивает аварийные токи и не допускает вхождение магнитопровода в насыщение.

На рис. 10 показано изменение тока тиристора VS_1 в аварийном режиме. Видно, что максимальный аварийный ток не превышает 16,5 кА, что дает возможность срабатывания защиты и предотвращение развития аварии.

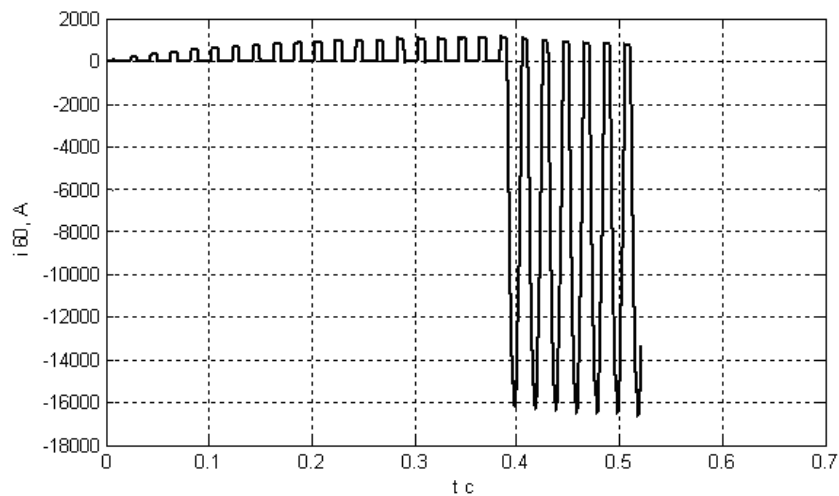


Рис. 10. Временная зависимость аварийного тока тиристора VS_1 .

На рис. 11 показано, что магнитопровод при аварии в насыщение не входит.

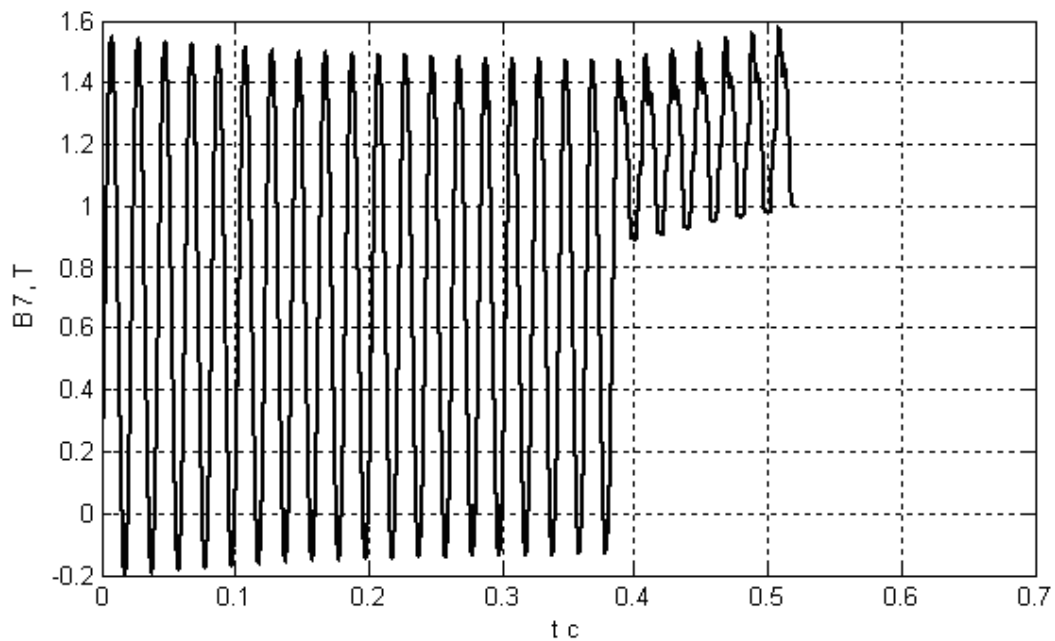


Рис. 11. Временная зависимость магнитной индукции в стержне.

Выводы. 1. Программный комплекс Solo позволяет проводить моделирование динамических процессов в нелинейных магнитоэлектрических цепях, содержащих тиристоры и диоды. Потoki рассеяния учитываются с помощью линейных магнитных сопротивлений без использования индуктивностей рассеяния.

2. Показано, что переходный процесс в значительной степени зависит от значений индуктивностей рассеяния, связанных с магнитными потоками вне магнитной системы, а также со значениями магнитных сопротивлений каналов рассеяния и воздушных зазоров.

3. Выбор оптимального значения магнитных сопротивлений каналов рассеяния и воздушных зазоров позволяет ограничить аварийные токи так, чтобы могла сработать защита, предотвращающая развитие аварии.

Литература

1. Шакиров М.А. Расчет несимметричных режимов работы трансформаторов с учетом намагничивания стали / М.А.Шакиров // Электричество. – 2006. – № 6. – С. 21-33.

2. Тиховод С.М. Система компьютерного моделирования динамических процессов в нелинейных магнитоэлектрических цепях/ С.М. Тиховод // Технічна електродинаміка. –2008. – №3. – С.16-23.

3. Тиховод С.М. Разработка компьютерной программы моделирования магнитоэлектрических цепей, содержащих тиристоры/ С.М. Тиховод // Технічна електродинаміка. – 2009. – №3. – С.9-13.

4. *Тиховод С.М.* Расчет индуктивностей обмоток трансформатора, обусловленных магнитными потоками в воздухе / *С.М. Тиховод, Г.Н. Романиченко, И.О. Афанасьева*// Доповіді учасників XIII міжнародній конференції «Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика» науково-виробничого журналу "Електромеханічні і енергозберігаючі системи". – №3. – С.149-154.

**ВИКОРИСТАННЯ УНІВЕРСАЛЬНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ
МОДЕЛІ СОЛО ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ
ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ В СИСТЕМІ
ТРАНСФОРМАТОР-ПЕРЕТВОРЮВАЧ**

Тиховод С.М.

Анотація

Розглянуто особливості моделювання електромагнітних процесів програмного комплексу Solo. Показано приклад моделювання за допомогою програмного комплексу Solo електромагнітних процесів в електротехнічній системі «трансформатор – перетворювач» і надані рекомендації з оптимізації конструкції трансформатора.

**USE A GENERIC COMPUTER MODEL SOLO FOR THE
STUDY OF DYNAMIC SOLO ELECTROMAGNETIC PROCESSES
IN THE SYSTEM TRANSFORMER-CONVERTER**

S. Tihovod

Summary

The features of the modeling electromagnetic processes software package Solo. The example of simulation using the software package Solo electromagnetic processes in the electrical system of "transformer – converter" and develop recommendations for optimizing the design of the transformer.

УДК 621.315.175

ТАКТИКА ПОВЕДІНКИ ПЕРСОНАЛУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ В УМОВАХ УТВОРЕННЯ ОЖЕЛЕДІ НА ПЛ

Савченко О.А., к.т.н.,

Дудніков С.М., к.т.н.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Тел. (095) 714-91-24

Анотація – запропоновано комплексний підхід щодо тактичних дій персоналу електричних мереж в умовах утворення ожеледі на групі взаємозв’язаних за режимом плавлення повітряних ліній електропередавання.

Ключові слова – повітряна лінія електропередавання, режим плавлення ожеледі, тактичні дії персоналу, автоматизована система контролю за утворенням ожеледі.

Постановка проблеми. Повітряні лінії електропередавання (ПЛ) працюють в умовах впливу на них численних експлуатаційних і метеорологічних факторів. Найбільш небезпечними є екстремальні метеорологічні впливи у вигляді сполучень ожеледних та вітрових навантажень на проводи та грозотриси ПЛ. Найефективнішим способом запобігання ожеледно-вітрових аварій на ПЛ є плавлення відкладень. Ефективність плавлення багато в чому визначається організацією даного процесу. Особливо це стосується плавлення ожеледі на групі взаємозв’язаних за режимом плавлення ПЛ. Плавлення ожеледі на таких ПЛ можна проводити лише по чергово, що пов’язано з обмеженою пропускною здатністю комірки плавлення, силового трансформатора підстанції та електросилової установки плавлення ожеледі. Для групи ПЛ потрібне передчасне вмикання схеми плавлення для недопущення перевищення нормативних навантажень від ожеледі на останніх за чергою ПЛ. В такому випадку виникає необхідність у прийманні рішень стосовно моментів вмикання схем плавлення на кожній лінії, черговості плавлень. Таким чином, існує потреба у розробленні тактики поведінки персоналу електричних мереж в умовах утворення ожеледі на групі взаємозв’язаних за режимом плавлення ПЛ.

Аналіз останніх досліджень. В [1] наведено методику визначення моментів вмикання схем плавлення ожеледі на ПЛ. До недоліків

даної методики необхідно віднести відсутність критерію приймання рішення про необхідність вмикання схеми плавлення та низьку точність, що пов'язано з використанням в розрахунках середнього часу плавлення ожеледі на ПЛ, розрахункової інтенсивності утворення відкладень. В [2] в найбільш загальному вигляді описано підхід до тактики поведінки персоналу в ожеледній ситуації, який базується на використанні теорії масового обслуговування. Важливою перевагою даного підходу є можливість урахування значимості кожної з ліній. Зазначений метод характеризується незавершеністю, хоча може вважатись перспективним. Таким чином, існуючі підходи в цілому є застарілими. Вони не дозволяють використовувати сучасні інформаційні технології, які забезпечують можливість моніторингу параметрів метеоситуації в режимі реального часу, а також їх прогнозування.

Формулювання мети статті. Метою статті є розроблення комплексного підходу щодо тактичних дій персоналу електричних мереж в умовах утворення ожеледі на ПЛ, що базується на сучасних інформаційних технологіях.

Основна частина. Для приймання рішення про необхідність передчасного вмикання схеми плавлення потрібно знати прогнозований розмір відкладень даного виду по закінченні періоду наростання. На сьогоднішній день таке прогнозування здійснюється із залученням Гідрометеослужби. В таблиці 1 наведена класифікація прогнозованих розмірів відкладень. Як видно, таке прогнозування є досить приблизним.

Таблиця 1–Класифікація ожеледних ситуацій за прогнозованим розміром відкладень

Вид відкладення	Товщина стінки відкладення на проводі діаметром 10 мм для категорії відкладення		
	слабке	помірне	сильне
Ожеледь та складне відкладення	< 1	1-8	> 8
Паморозь	< 8	> 8	> 8
Мокрий сніг	< 1	1-8	> 8

Більш точно дане прогнозування може бути виконане з використанням моделей на основі штучних нейронних мереж [3]. Вхідними даними такої моделі є статистичні дані, отримані від автоматизованої системи контролю за утворенням ожеледі [4] під час попередніх випадків утворення відкладень на ПЛ.

В якості критичного значення навантаження від ожеледі, за якого виникає потреба у вмиканні схеми плавлення, рекомендується приймати значення, що дорівнює половині від нормативного [2]. Максимально допустиме навантаження може уточнюватись за конкретними даними ПЛ (наявність частотої вібрації, зношеність ПЛ, величина коефіцієнта запасу надійності). Таким чином, враховуючи наявність

похибки прогнозу, в першому наближенні рішення про передчасне вмикання схеми плавлення може прийматись при виконанні умови

$$q_{\text{прог.сер.}} \geq k_{\text{кр.сер.}} \cdot q_{\text{норм.сер.}}, \quad (1)$$

де $q_{\text{прог. сер.}}$ – середнє для групи взаємозв'язаних ПЛ прогнозоване навантаження від ожеледі;

$q_{\text{норм. сер.}}$ – середнє нормативне навантаження від ожеледі для ПЛ;

$k_{\text{крит. сер.}}$ – середнє критичне значення відношення прогнозованого та нормативного навантажень для групи ПЛ.

Після приймання рішення про необхідність передчасного вмикання схеми плавлення виникає задача визначення моментів вмикання плавлення на кожній ПЛ та порядку чергування ПЛ при плавленні. Дана задача може бути вирішена на основі удосконалення існуючого підходу, який базується на використанні теорії масового обслуговування [2]. На відміну від існуючого підходу, в пропонованому рекомендується використати критерії мінімуму витрат електроенергії на плавлення та мінімуму збитків внаслідок перерв в електропостачанні споживачів. Для цього необхідне розроблення відповідних математичних моделей. При почерговому плавленні за весь період наростання відкладень навантаження не повинно перевищувати нормативних значень. В розрахунках часу плавлення пропонується використовувати дійсні значення метеопараметрів для кожної ПЛ, які повинні оновлюватись на основі даних автоматизованої системи контролю за утворенням ожеледі після кожного циклу плавлень. Додатковим критерієм у визначенні порядку чергування плавлень є зменшення ризику пошкодження ПЛ (в першу чергу плавлення проводять на лініях з меншим коефіцієнтом запасу надійності, орієнтованих перпендикулярно до напрямку вітру, більш зношених).

Встановлення факту опадання відкладень з проводів ПЛ під час плавлення повинно здійснюватись за даними автоматизованої системи контролю за утворенням ожеледі.

Висновки. Запропоновано комплексний підхід щодо тактичних дій персоналу електричних мереж в умовах утворення ожеледі на ПЛ. Встановлено, що розроблення математичних моделей, які дозволять реалізувати запропонований підхід, доцільно здійснювати на основі апарату теорії масового обслуговування. При цьому необхідно передбачати використання даних, що отримані від автоматизованої системи контролю за утворенням ожеледі на ПЛ.

Література

1. Плавка гололеда в электрических сетях: материалы всесоюз. совещ. – Львов: Изд-во Львовского ун-та, 1970. – 171с.

2. Плавка гололеда на ВЛЭП: материалы II всесоюз. совещ. / под общ.ред. к.т.н. *Ф. Х. Усманова* и инж. *А.Л. Лившица*. – Уфа: Башк. книж. из-во, 1975. – 186с.

3. *Попов С.В.* Специализированные архитектуры искусственных нейронных сетей на базе гибридных нейроподобных элементов / *С.В.Попов* // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – 2009. – №33, т. 2. – С. 76-82.

4. Мониторинг параметров гололедной ситуации в электрических сетях ПАО «Крымэнерго» / [*Г.И. Груба, О.В. Пархоменко, В.В. Булагата* ин.] // Электрические сети и системы. – 2012. – №1.– С.34-38.

5. *Башкевич В.Я.* Мониторинг гололедно-ветровых температурных нагрузок воздушных линий электропередачи/ *В.Я.Башкевич, Г. Г. Угаров* // Материалы международной НТК «Электроэнергия и будущее цивилизации». – Томск: ТГУ, 2004.– С.44-46.

ТАКТИКА ПОВЕДЕНИЯ ПЕРСОНАЛА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ ГОЛОЛЕДА НА ВЛ

Савченко А.А., Дудников С.Н.

Аннотация

Предложен комплексный подход относительно тактических действий персонала электрических сетей в условиях образования гололеда на группе взаимосвязанных по режиму плавки воздушных линий электропередачи.

TACTICS OF BEHAVIOR OF PERSONNEL OF ELECTRIC NETWORKS IN THE CONDITIONS OF FORMATION OF ICE-STORM ON OVERHEAD POWER LINES

O. Savchenko, S. Dudnikov

Summary

It is offered a complex approach of tactical actions of personnel of electric networks in the conditions of formation of ice-storm on a group associate on the mode of melting of overhead power lines.

УДК [621.3:537] 635

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЕЙ, СОЗДАВАЕМЫХ СИСТЕМОЙ НАМАГНИЧЕННЫХ ЧАСТИЦ

Куценко Ю.Н., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-31-59

Аннотация – выполнены теоретические исследования и проведены численные расчеты по определению параметров магнитных полей

Ключевые слова – теоретические исследования, магнитные поля, статика, обменные процессы в растениях.

Постановка проблемы. Огурцы и томаты занимают существенную составляющую рациона человека. Сегодня, за данными статистики [1,2], потребление овощей населением Запорожской области не соответствует нормам, более половины продукции не удовлетворяет требованиям качества государственным стандартам Украины: ДСТУ 3246-95 и ДСТУ 3247-95.

Урожайность огурцов и томатов в защищенном грунте составляет в среднем 12...15 кг/м². Для повышения эффективности производства овощей необходимо внедрение современных экологически чистых энергосберегающих систем обработки почвы на основе активации гетерогенных структур.

Статические магнитные поля, как фактор активизации, на сегодня являются одним из направлений для исследования.

Анализ последних исследований. Следует отметить, что наличие магнитного поля может оказывать существенное влияние на скорость движения элементов питательной среды в корневой системе растений. Интенсивность процесса питания зависит от величины напряженности внешнего магнитного поля, в котором находится корневая система растений [3].

Формулирование цели статьи. В работе поставлена задача определить параметры статических магнитных полей с целью установления взаимосвязи интенсивности полей с процессами развития растений для повышения урожайности овощных культур.

Основная часть. В предыдущих работах получены выражения, описывающие статическое электрическое и магнитное поля, которое

создают вокруг себя частицы, несущие электрический или магнитный заряд. При этом сами заряды могут быть как постоянными, так и переменными. Однако полученные поля соответствуют одиночному источнику. Определим величины полей в том случае, когда имеется система частиц, несущих на себе какой-то заряд. Будем при этом учитывать, что в нашем случае это система намагниченных частиц, расположенных для простоты в узлах прямоугольной сетки. Центр системы координат расположен в центре квадрата, кроме того, будем считать для простоты, что все частицы имеют форму шара [4].

Поскольку рассматривается случай воздействия намагниченных частиц, внесенных в почву, на корневую систему растений, то необходимо принять, что $\vec{E}_0^{(0)} = 0$, а также учесть то, что эти частицы создают статические магнитные поля, то есть $\omega = 0$. В результате данных предположений получим выражение

$$\vec{H}^{(0)}(\vec{r}) = \vec{H}_0^{(0)} + \tilde{P} \frac{V}{4\pi|\vec{r}|\Delta_M} \left(\frac{\mu}{\mu_0} - 1 \right) \tilde{A}_M \vec{H}_0^{(0)}. \quad (1)$$

При этом статические электрические поля считаются равными нулю.

Выясним, как изменится результирующее магнитное поле в произвольной точке почвы в результате взаимодействия системы рассматриваемых частиц. Будем рассматривать суммарное поле, создаваемое системой из четырех намагниченных сфер, расположенных в вершинах квадрата. Плоскость, в которой лежат частицы, параллельна поверхности почвы, а расстояние между частицами таково, что можно рассматривать взаимодействие между ними посредством создаваемых ими полей, то есть пользоваться выражением (1).

Поля в такой системе будут определяться как сумма полей, поэтому в (1) появится выражение, определяющее магнитные поля, создаваемые внутри каждой намагниченной частицы соседними элементами

$$\vec{H}^{(0)}(\vec{r}) = \sum_{n=1}^4 \tilde{P} \frac{V}{4\pi|\vec{r} - \vec{r}_{0n}|\Delta_M} \left(\frac{\mu}{\mu_0} - 1 \right) \tilde{A}_M \sum_{m=1}^4 \vec{H}_{0n}^{(0)}(\vec{r}_{0n} - \vec{r}_{0m}), \quad (2)$$

где \vec{r} – произвольная точка внутри рассматриваемого квадрата;

\vec{r}_{0n} – координаты центров всех рассматриваемых намагниченных частиц;

\vec{r}_{0m} – координата центра намагниченной частицы, которая создает поле в точке \vec{r}_{0n} .

Записывая выражение 2 в виде системы из четырех уравнений с четырьмя неизвестными амплитудами статических магнитных полей для центров каждой из намагниченных частиц рассматриваемой системы, можно найти значения этих амплитуд и, следовательно, определить напряженность магнитного поля в произвольной точке. Подставляя за-

тем найденные амплитуды в (2), определяем величину магнитного поля в произвольной точке \vec{r} .

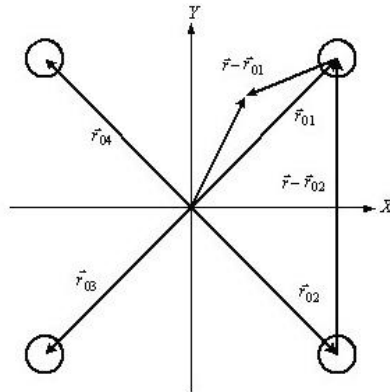


Рис. 1. Расположение намагниченных частиц и координаты их центров.

На основе предложенной модели был произведен расчет статических магнитных полей, создаваемых системой намагниченных частиц.

С целью упрощения расчетов положим, что намагниченные частицы ориентированы так, что вектор магнитного поля $\vec{H}_{0n}^{(0)}$, создаваемого ими, направлен по оси OX , то есть имеет только одну составляющую $H_{0nx}^{(0)}$. Данное предположение не умаляет общность расчетов, так как позволяет получить полную картину распределения магнитных полей в почве между намагниченными частицами и просчитать амплитуды этих полей в различных точках. Если при этом пренебречь возможной анизотропией частиц, то для расчетов можно воспользоваться следующим выражением:

$$\vec{H}^{(0)}(\vec{r}) = \frac{9R^3(\mu - \mu_0)}{12\mu + 8\mu_0} \sum_{n=1}^4 \vec{G}(\vec{r} - \vec{r}_{0n}), \quad (3)$$

где вектор $\vec{G}(\vec{r} - \vec{r}_{0n})$ содержит следующие компоненты

$$G_x(\vec{r} - \vec{r}_{0n}) = - \left[\frac{\mu + 7\mu_0}{9\mu_0} \cdot \frac{-2(x - x_{0n})^2 + (y - y_{0n})^2}{\left(\sqrt{(x - x_{0n})^2 + (y - y_{0n})^2}\right)^5} + \frac{2\mu}{3\mu_0} \cdot \frac{(x - x_{0n})(y - y_{0n})}{\left(\sqrt{(x - x_{0n})^2 + (y - y_{0n})^2}\right)^5} \right] H_{0nx}. \quad (4)$$

$$G_y(\vec{r} - \vec{r}_{0n}) = - \left[\frac{\mu + 7\mu_0}{9\mu_0} \cdot \frac{(x - x_{0n})(y - y_{0n})}{\left(\sqrt{(x - x_{0n})^2 + (y - y_{0n})^2}\right)^5} + \right. \\ \left. + \frac{2\mu}{3\mu_0} \cdot \frac{(x - x_{0n})^2 - 2(y - y_{0n})^2}{\left(\sqrt{(x - x_{0n})^2 + (y - y_{0n})^2}\right)^5} \right] H_{0nx}. \quad (5)$$

$$G_z(\vec{r} - \vec{r}_{0n}) = 0. \quad (6)$$

Таким образом, из выражений (4 – 6) следует, что созданное в почве магнитоэстатическое поле будет содержать компоненты $H_x^{(0)}(\vec{r})$ и $H_y^{(0)}(\vec{r})$. Распределение поля по глубине считаем для простоты отсутствующим.

Полученные выше выражения позволяют произвести расчет распределения магнитоэстатических полей при различных параметрах намагниченных частиц в горизонтальной плоскости, которая параллельна поверхности почвы.

В качестве образца были рассмотрены единичные сферические намагниченные объекты. Объекты были расположены в вершине квадрата со стороной равной 60 см. Радиус сфер взят равным 0,003 м. Считалось, что сферы являются смесью ферромагнитных порошков со средней относительной магнитной проницаемостью $\mu = 5000$. Напряженность создаваемого ими магнитного поля бралась равной $5 \cdot 10^4$ А/м.

Получено распределение векторного статического поля $\vec{H}^{(0)}(\vec{r})$ как внутри квадрата (рис. 2), так и с учетом областей почвы, прилегающих с внешней стороны.

Полученные графические зависимости позволяют оценить однородность и стабильность в ориентации векторов магнитного поля. Так, из более детального графика (рис. 2) следует, что между создающими стационарное магнитное поле сферами направление векторов практически не меняется, что позволяет сделать вывод о практически неизменном воздействии этих полей на корневую систему растений.

Анализ рис. 3 показывает, что некоторая хаотичность в ориентации векторов возникает лишь вблизи элементов, создающих магнитное поле. Таким образом, следует вывод, что для получения однородного результата необходимо располагать создающие магнитное поле объекты на некотором удалении от растений.

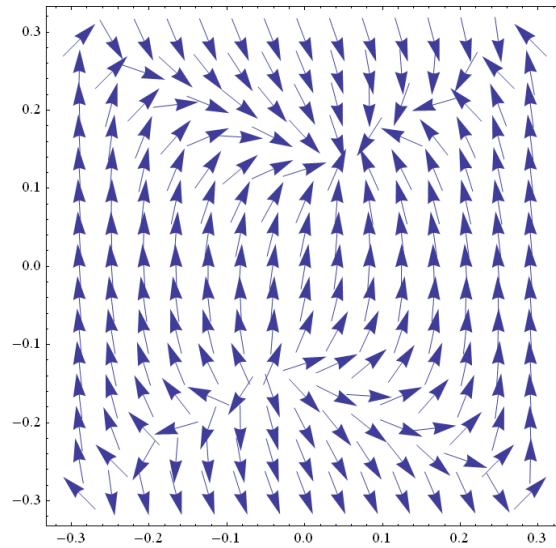


Рис. 2. Распределение векторного статического поля $\vec{H}^{(0)}(\vec{r})$ внутри квадрата с вершинами в точках расположения намагниченных сфер.

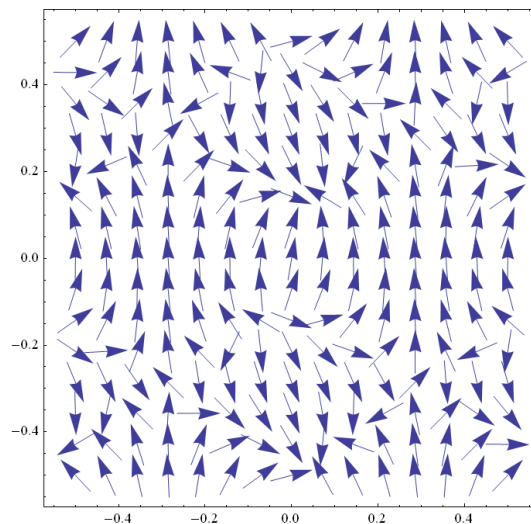


Рис. 3. Распределение векторного статического поля $\vec{H}^{(0)}(\vec{r})$ в почве с учетом областей между намагниченными сферами и вне квадрата.

На рис. 4 и 5 для аналогичных размеров рассматриваемой области показаны векторные линии стационарного магнитного поля между намагниченными элементами (рис. 4), а также с учетом области, лежащей вне квадрата (5).

Вид рис. 4 подтверждает вывод о практически неизменной ориентации векторов магнитного поля между порождающими их объектами. Следовательно, одинаковые магнитные характеристики сфер позволяют надеяться на одинаковый результат воздействия на корневую систему растений, то есть экстраполировать результат внутри одиночного квадрата на систему аналогичных ячеек.

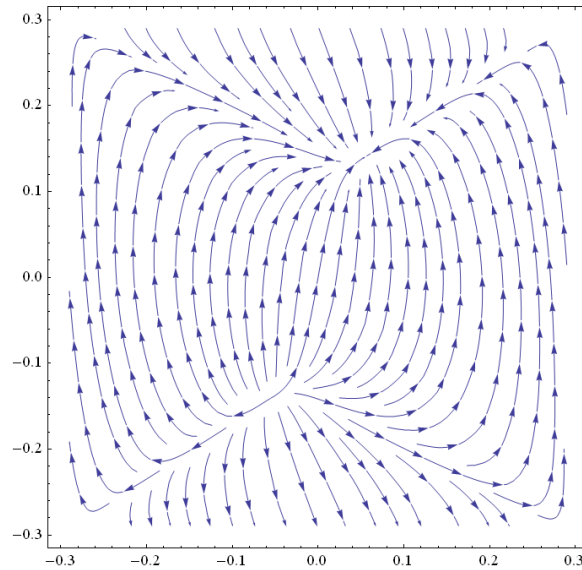


Рис. 4. Векторные линии статического магнитного поля $\vec{H}^{(0)}(\vec{r})$ внутри квадрата с вершинами в точках расположения намагниченных сфер.

Увеличение масштаба графика (рис.5) подтверждает сделанный вывод, так как характер направления силовых линий практически не меняется.

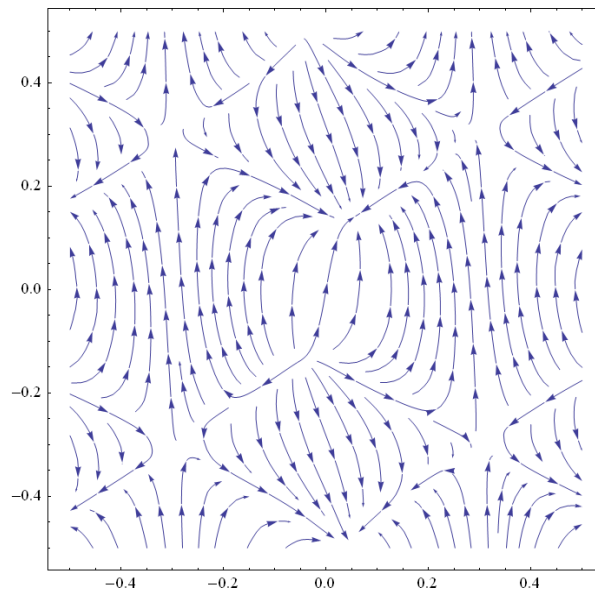


Рис. 5. Векторные линии статического магнитного поля $\vec{H}^{(0)}(\vec{r})$ в почве с учетом областей между намагниченными сферами и вне квадрата.

Характер поведения эквипотенциальных линий возбужденного стационарного магнитного поля представлен на рис. 6, 7.

Густота расположения этих линий характеризует напряженность поля. Очевидно, что на удалении порядка 0,1 м от намагниченной сферы величина напряженности практически перестает меняться и воздействие на растения, расположенные в различных точках почвы,

будут аналогичными, что позволяет прогнозировать ожидаемый результат.

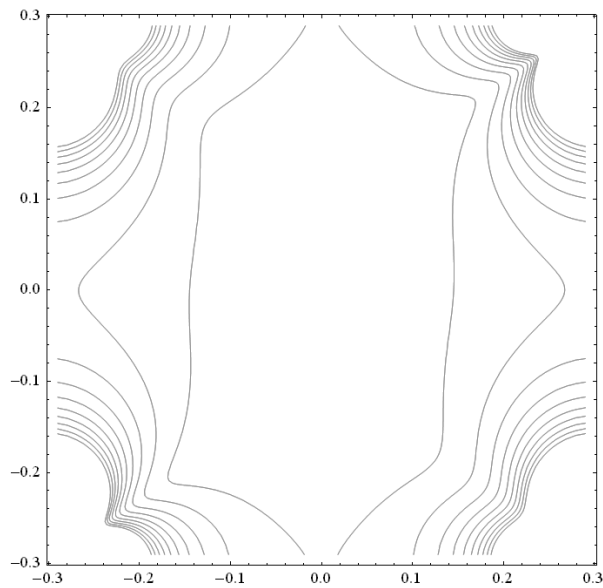


Рис. 6. Эквипотенциальные линии статического магнитного поля $\vec{H}^{(0)}(\vec{r})$ внутри квадрата с вершинами в точках расположения намагниченных сфер.

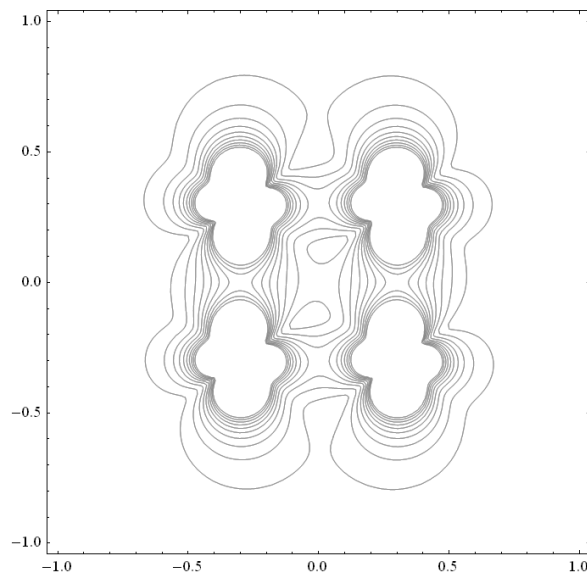


Рис. 7. Эквипотенциальные линии статического магнитного поля $\vec{H}^{(0)}(\vec{r})$ в почве с учетом областей между намагниченными сферами и вне квадрата.

Рис. 7 демонстрирует практически полную идентичность формы эквипотенциальных линий магнитного поля и геометрической фигу-

ры, в вершинах которой расположены возбуждающие это магнитное поле элементы.

Что касается рисунка 7, то он подтверждает необходимость расположения возбуждающих магнитное поле элементов на некотором удалении (до 0,1 м) от корневой системы обрабатываемых растений, так как вблизи этих элементов амплитуда магнитного поля существенно возрастает, а это, в свою очередь, приведет к неравномерной обработке растений.

На рис. 8 представлен трехмерный график зависимости амплитуды стационарного магнитного поля от координат точек между источниками этого поля.

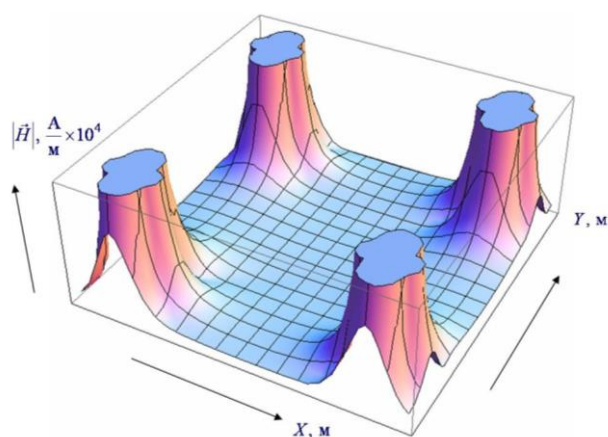


Рис. 8. Зависимость амплитуды статического магнитного поля $\vec{H}^{(0)}(\vec{r})$ от координат точек, расположенных между источниками этого поля.

Данный график наглядно демонстрирует гладкое поведение данной амплитуды кроме точек, в которых расположены сами источники. Величина магнитного поля в почве изменяется от $1,5 \cdot 10^4$ А/м до $4 \cdot 10^4$ А/м вблизи намагниченных сфер.

Была рассчитана зависимость модуля амплитуды магнитного поля от координат линии, соединяющей центры намагниченных сфер. Как видно из графика (рис. 9), амплитуда быстро уменьшается при удалении от центра сферы, а затем становится практически неизменной. На линиях, не пересекающих центры сфер, резких подъемов в концах линии не наблюдается, однако минимальное значение амплитуды поля остается таким же.

Выводы. Аналогичные расчеты были проведены и для других размеров намагниченных сфер, их расстояния друг от друга, напряженности магнитного поля, создаваемого ими. Полученные результаты имеют такой же характер, но следует отметить, что с увеличением расстояния между сферами более 60 см напряженность магнитного поля в почве значительно уменьшается, что не позволяет эффективно использовать его в целях воздействия на корневую систему расположенных рядом с ними растений.

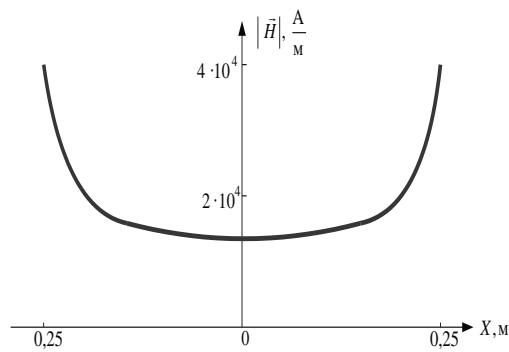


Рис. 9. Зависимость амплитуды статического магнитного поля $\vec{H}^{(0)}(\vec{r})$ от координат точек, расположенных на прямой линии между источниками этого поля.

Литература

1. Баланси та споживання основних продуктів харчування населенням України / За ред. *Ю.М. Остапчука*. – К.: Державний комітет статистики, 2010. – 54 с.

2. Програма забезпечення продовольчої безпеки Запорізької області на 2011-2015 роки [Електронний ресурс].– Режим доступу: <http://www.zoda.gov.ua/images/article/original/000018/18936/programa-prod-bezpeki-2011-2015.pdf>.

3. *Куценко Ю.М.* Модель взаємодії феромагнітних частинок в магнітному полі / *Ю.М. Куценко* // Науково-прикладний журнал. Технічна електродинаміка. – К.: Інститут електродинаміки НАН України, 2004. – Частина 3. – С.8-11.

4. *Никольский В.В.* Электродинамика и распространение радиоволн / *В.В. Никольский, Т.И. Никольская*. – М.: Наука, 1989. – 543 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОЛІВ, ЯКІ СТВОРЮЮТЬСЯ СИСТЕМОЮ ЧАСТИНОК, ЩО НАМАГНІЧУЮТЬСЯ

Куценко Ю.М.

Анотація

Виконані теоретичні дослідження та виконані чисельні розрахунки з визначення параметрів магнітних полів

DETERMINING THE PARAMETERS FIELDS CREATED SYSTEM MAGNETIZED PARTICLE

Yu. Kutsenko

Summary

Theoretical studies and numerical calculations are performed to determine the parameters of the magnetic fields.

УДК 621.327.539

ЕНЕРГЕТИКА ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ В АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ ПРИ ВІДХИЛЕННІ НАПРУГИ І ЧАСТОТИ СТРУМУ

Синявський О.Ю., к.т.н.,

Савченко В.В., к.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тел. (063) 566-96-28

Анотація – наведено результати досліджень енергетичних показників роботи асинхронного електропривода в перехідних режимах при відхиленні напруги і частоти струму. Встановлені залежності втрат енергії від напруги і частоти струму в пусковий період, при гальмуванні двигуна противмиканням і динамічному гальмуванні.

Ключові слова – асинхронний електродвигун, електропривод, відхилення напруги, несиметрія напруги, частота струму, втрати енергії, гальмування противмиканням, динамічне гальмування.

Постановка проблеми. Визначення енергетичних показників роботи електропривода в перехідних режимах має важливе значення, бо у перехідних режимах струми в обмотках двигуна значно перевищують номінальні значення і спричиняють підвищення втрат енергії, суттєво впливаючи на нагрівання двигуна. Особливо важливе значення має визначення втрат електроенергії в перехідних режимах для електроприводів, у яких динамічний режим є основним і вони практично не виходять із перехідних режимів. До таких приводів належать електроприводи кранових механізмів, прокатних станів, стругальних верстатів тощо.

Аналіз останніх досліджень. В теорії електропривода отримані аналітичні залежності для втрат енергії в перехідних процесах при номінальних параметрах мережі живлення[1]. Проводилися дослідження з впливу відхилення напруги і частоти струму на втрати енергії в асинхронному електроприводі в усталеному режимі роботи. Проте не проводилися дослідження з впливу відхилення показників якості електроенергії на втрати енергії в перехідних режимах.

Формулювання мети статті. Метою даної роботи є встановлення залежностей втрат енергії від напруги і частоти струму в перехідних режимах в асинхронних електроприводах.

Основна частина. Якщо знехтувати постійними втратами, як незначними при перехідних процесах, то втрати енергії у перехідних режимах в асинхронному електроприводі при роботі без навантаження, коли $M_c=0$, складуть [1]

$$\Delta A_{v,0} = \frac{J\omega_0^2}{2} \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) (s_{noc}^2 - s_{кин}^2), \quad (1)$$

де J – зведений момент інерції електропривода, кг·м²; ω_0 – синхронна кутова швидкість, с⁻¹; R_1 – опір обмотки статора, Ом; R_2' – зведений до обмотки статора опір обмотки ротора, Ом; s_{noc} – початкове ковзання; $s_{кин}$ – кінцеве ковзання.

Отже, втрати енергії в асинхронному електродвигуні при перехідних процесах без навантаження не залежать від форми механічної характеристики, тривалості перехідного процесу, а також напруги.

При відхиленні частоти струму від номінального значення втрати енергії в асинхронному електродвигуні при перехідних процесах визначаються за формулою

$$\Delta A_{v,0} = \frac{2\pi^2 Jf^2}{p^2} \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) (s_{noc}^2 - s_{кин}^2), \quad (2)$$

де f – частота струму, Гц; p – число пар полюсів.

При пуску двигуна без навантаження $s_{noc}=1$, $s_{кин}\approx 0$, тому втрати енергії

$$\Delta A_{n0} = \frac{2\pi^2 Jf^2}{p^2} \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right). \quad (3)$$

При гальмуванні електродвигуна противмиканням без навантаження $s_{noc}\approx 2$, $s_{кин}=1$ і втрати енергії визначаються за формулою

$$\Delta A_{zn0} = \frac{6\pi^2 Jf^2}{p^2} \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right). \quad (4)$$

При динамічному гальмуванні втрати енергії в обмотках ротора

$$\Delta A_{dn0} = \frac{2\pi^2 Jf^2}{p^2}, \quad (5)$$

а втрати енергії в обмотках статора не залежать від частоти струму.

Отже, втрати енергії в асинхронному електроприводі в перехідних режимах без навантаження прямо пропорційні квадрату частоти струму.

Для визначення втрат енергії в асинхронному електроприводі при наявності навантаження скористаємося формулою [1, 3]

$$\Delta A_{vc} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \left[\int_0^{t_n} M_c (\omega_0 - \omega) dt + J \left((\omega_0 (\omega_{кин} - \omega_{noc}) + \frac{\omega_{кин}^2 - \omega_{noc}^2}{2}) \right) \right], \quad (6)$$

де M_c – момент статичних опорів робочої машини, Н·м, $\omega_{кин}$ – кінцеве значення кутової швидкості, с⁻¹; ω_{noc} – початкове значення кутової швидкості, с⁻¹.

Якщо $M_c = const$, то втрати енергії при пуску двигуна визначаються за виразом

$$\Delta A_{nc} = J \left(1 + \frac{R_1}{R_2'} \right) \left[\left(\omega_0 \omega_c - \frac{\omega_c^2}{2} \right) + M_c \omega_0 t_n - M_c \int_0^{t_n} \omega dt \right]. \quad (7)$$

Оскільки робочу ділянку механічної характеристики асинхронного двигуна можна вважати лінійною [2], то в усталеному режимі роботи

$$M_\delta = M_c = \beta_\delta U_*^2 (\omega_0 - \omega), \quad (8)$$

де β_δ – жорсткість механічної характеристики двигуна, Н·м·с; U_* – напруга на статорі у відносних одиницях.

Звідси

$$\omega_c = \omega_0 - \frac{M_c}{\beta_\delta U_*^2}. \quad (9)$$

З урахуванням (9) вираз для втрати енергії при пуску двигуна при відхиленні напруги матиме вигляд

$$\Delta A_{nc} = J \left(1 + \frac{R_1}{R_2'} \right) \left[\left(\frac{\omega_0^2}{2} - \frac{M_c^2}{2\beta_\delta^2 U_*^4} \right) + M_c \omega_0 t_n(U) - M_c \int_0^{t_n} \omega dt \right]. \quad (10)$$

Втрати енергії при пуску двигуна при несиметрії напруги визначаються за виразом

$$\Delta A_{nc} = J \left(1 + \frac{R_1}{R_2'} \right) \left[\left(\frac{\omega_0^2}{2} - \frac{M_c^2}{2\beta_{\delta nc}^2} \right) + M_c \omega_0 t_n(U_a) - M_c \int_0^{t_n} \omega dt \right], \quad (11)$$

де $\beta_{\delta nc}$ – жорсткість механічної характеристики двигуна при несиметрії напруги, Н·м·с.

Отже, зниження і несиметрія напруги викликає зменшення моменту двигуна і, відповідно, зростання часу пуску, тоді як кутова швидкість двигуна неістотно відрізняється від синхронної, тому при зниженні і несиметрії напруги втрати енергії в асинхронному електроприводі зростають.

При пуску двигуна при відхиленні частоти струму втрати енергії визначаються за формулою

$$\Delta A_{nc} = J \left(1 + \frac{R_1}{R_2'} \right) \left[\left(\frac{2\pi^2 f^2}{p^2} - \frac{M_c^2}{2\beta_\delta^2} \right) + M_c \omega_0 t_n(f) - M_c \int_0^{t_n} \omega dt \right]. \quad (12)$$

При підвищенні частоти струму в асинхронному електроприводі зростають кутова швидкість двигуна і час пуску, тому втрати енергії зростають, а при зниженні частоти струму – зменшуються.

При гальмуванні електродвигуна противмиканням втрати енергії визначаються залежністю [1]

$$\Delta A_{enc} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \left[J \left(\omega_0 \omega_c + \frac{\omega_c^2}{2} \right) - M_c \omega_0 t_z - M_c \int_0^{t_z} \omega dt \right]. \quad (13)$$

При відхиленні напруги втрати енергії при гальмуванні двигуна противмиканням описуються формулою

$$\Delta A_{enc} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \left[J \left(\frac{3}{2} \omega_0^2 - 2\omega_0 \frac{M_c}{\beta_0 U_*^2} + \frac{M_c^2}{2\beta_0^2 U_*^4} \right) - M_c \omega_0 t_z(U) - M_c \int_0^{t_z} \omega dt \right], \quad (14)$$

а при несиметрії напруги

$$\Delta A_{enc} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \left[J \left(\frac{3}{2} \omega_0^2 - 2\omega_0 \frac{M_c}{\beta_{\text{днс}}} + \frac{M_c^2}{2\beta_{\text{днс}}^2} \right) - M_c \omega_0 t_z(U_{\text{нс}}) - M_c \int_0^{t_z} \omega dt \right]. \quad (15)$$

При гальмуванні двигуна противмиканням зниження і несиметрія напруги викликають зменшення втрат енергії.

При відхиленні частоти струму втрати енергії при гальмуванні двигуна противмиканням знаходять за виразом

$$\Delta A_{enc} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \left[J \left(\frac{6\pi^2 f^2}{p^2} - \frac{4\pi f M_c}{p\beta_0} + \frac{M_c^2}{2\beta_0^2} \right) - \frac{2\pi f M_c t_z(f)}{p} - M_c \int_0^{t_z} \omega dt \right]. \quad (16)$$

При підвищенні частоти струму втрати енергії в обмотках двигуна при гальмуванні противмиканням зростають, а при зниженні – зменшуються.

При динамічному гальмуванні втрати енергії в обмотках ротора визначаються залежністю [1]

$$\Delta A_{\text{дс}} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \left(\frac{J\omega_c^2}{2} - M_c \int_0^{t_z} \omega dt \right). \quad (17)$$

При відхиленні напруги втрати енергії в обмотках ротора при динамічному гальмуванні двигуна описуються формулою

$$\Delta A_{\text{дс}} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \left(\frac{J}{2} \left(\omega_0 - \frac{M_c}{\beta_0 U_*^2} \right)^2 - M_c \int_0^{t_z} \omega dt \right), \quad (18)$$

а при несиметрії напруги

$$\Delta A_{\text{дс}} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \left(\frac{J}{2} \left(\omega_0 - \frac{M_c}{\beta_{\text{днс}}} \right)^2 - M_c \int_0^{t_z} \omega dt \right). \quad (19)$$

Аналіз формул (18) і (19) показує, що втрати енергії в обмотках ротора при зниженні і несиметрії напруги зменшуються, а при їх підвищенні – зростають.

При відхиленні частоти струму втрати енергії в обмотках ротора при динамічному гальмуванні двигуна визначаються залежністю

$$\Delta A_{\text{дс}} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \left(\frac{J}{2} \left(\frac{2\pi f}{p} - \frac{M_c}{\beta_0} \right)^2 - M_c \int_0^{t_z} \omega dt \right). \quad (20)$$

Як впливає із виразу (20), при підвищенні частоти струму втрати енергії в обмотках ротора зростають, а при зниженні – зменшуються.

Висновки. Втрати енергії в асинхронному електродвигуні при перехідних процесах без навантаження не залежать від напруги і прямо пропорційні квадрату частоти струму.

При наявності навантаження зниження і несиметрія напруги викликають зростання втрат енергії при пуску і їх зменшення при гальмуванні противмиканням і динамічному гальмуванні. При підвищенні частоти струму втрати енергії в асинхронному електроприводі в перехідних режимах зростають, а при зниженні – зменшуються.

Література

1. Електропривод / [Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Савченко П.І. та ін.]; за ред. Ю.М. Лавріненка. – К. : Ліра. – К.: 2009. – 504 с.
2. Ключев В.И. Теория электропривода / В.И. Ключев. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 560 с.
3. Чиликин М.Г. Теория автоматизированного электропривода / М.Г. Чиликин, В.И. Ключев, А.С. Сандлер. – М.: Энергия, 1979. – 616 с.

ЭНЕРГЕТИКА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ ПРИ ОТКЛОНЕНИЯХ НАПРЯЖЕНИЯ И ЧАСТОТЫ ТОКА

Синявский А.Ю., Савченко В.В.

Аннотация

Проведены исследования энергетических показателей работы асинхронного электропривода в переходных режимах при отклонении напряжения и частоты тока. Установлены зависимости потерь энергии от напряжения и частоты тока в пусковой период, при торможении двигателя противовключением и динамическом торможении.

POWER TRANSIENT IN ASYNCHRONOUS DRIVES AT VOLTAGE AND FREQUENCY DEVIATIONS

A. Sinyavsky, V. Savchenko

Summary

The investigation of the energy performance of asynchronous electric drive are conducted intransients at the deviates of voltage and frequency. Dependences of the energy losses are set on the voltage and frequency in the starting period, at the motor braking with opposition and dynamic braking.

УДК. 621.316.91

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ПРИ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГ У ПЕРЕХІДНИХ РЕЖИМАХ

Стьопін Ю.О., к.т.н.,

Попова І.О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. 8(06192) 42-23-41

Анотація – робота присвячена дослідженню роботи асинхронних електродвигунів при несиметрії напруг у сільськогосподарських електричних мережах. Приведена математична модель електромагнітного розрахунку параметрів електродвигунів у перехідних режимах при несиметрії напруг.

Ключові слова – асинхронний електродвигун, несиметрія напруг, математична модель, перехідний режим.

Постановка проблеми. Дослідження режимів роботи сільських розподільних мереж 0,38/0,22 кВ, до яких приєднано електрообладнання господарств, свідчить про те, що в наслідок значної протяжності низьковольтних мереж, а також змішаного підключення однофазних та трифазних споживачів (де загальна потужність однофазних споживачів часто перевищує потужність трифазних) має місце недопустима несиметрія струмів та напруг. В реальних умовах експлуатації електроспоживачів України несиметричний режим є звичайним робочим режимом сільських мереж 0,38/0,22 кВ [1].

Несиметрія виявляється у різкому погіршенні техніко-економічних характеристик елементів мережі (зниженні експлуатаційної надійності і терміну роботи електродвигунів, виникненні ряду негативних явищ у мережах та ін.). Додаткові втрати у лініях 0,38 кВ, розподільних і споживчих трансформаторах тільки із-за нерівномірного навантаження по фазам складають 4% від всієї електроенергії, що споживає сільське господарство.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження [3] показали, що відхилення напруги у сільських споживачів значно перевищують норми, що встановленні ГОСТ 13109-97. В господарствах, найбільш віддалених від джерел живлення, відхилення напруги знаходиться у допустимих межах тільки 54% часу, а нерівномірність навантаження фаз ко-

ливається в межах 16-22%. Математичне очікування величини несиметрії напруг по даним [2] складає 7,3%, що значно перевищує вимоги ГОСТ 13109-97. Напряга прямої послідовності складає 89% від номінальної, що на 3,5% нижче мінімально допустимої на затискачах електродвигунів по умовам їх пуску у симетричному режимі.

Формулювання мети статті. Теоретично (на основі комплексного дослідження електромагнітних процесів) визначити допустимі параметри експлуатації асинхронних електродвигунів при несиметрії напруг.

Основна частина. Аналіз електромагнітних процесів в асинхронних електродвигунах можна провести на основі математичної моделі. Запишемо систему рівнянь електричної рівноваги кіл статора і ротора трифазного симетричного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором у вигляді:

$$\begin{aligned} u_A &= i_A r_1 + \frac{d\Psi_A}{dt}; \\ u_B &= i_B r_1 + \frac{d\Psi_B}{dt}; \\ u_C &= i_C r_1 + \frac{d\Psi_C}{dt}; \\ 0 &= i_a r_2 + \frac{d\Psi_a}{dt}; \\ 0 &= i_b r_2 + \frac{d\Psi_b}{dt}; \\ 0 &= i_c r_2 + \frac{d\Psi_c}{dt}, \end{aligned} \quad (1)$$

де r_1, r_2 – активні опори обмоток статора і ротора;

Ψ_A, \dots, Ψ_c – потокозчеплення відповідних фаз двигуна.

Так як взаємне положення фаз статора і ротора при обертанні ротора двигуна зі швидкістю ω безперервно змінюється і кут між осями фаз статора та ротора дорівнює

$$\gamma = \int_t \omega dt, \quad (2)$$

то взаємна індуктивність між обмотками однойменних фаз статора та ротора змінюється за законом

$$M_{Aa} = M_{\bar{\varphi}} \cos \gamma, \quad (3)$$

а різнойменних фаз

$$M_{Ab(c)} = M_{\bar{\varphi}} \cos(\gamma \pm \gamma), \quad (4)$$

де $M_{\bar{\varphi}}$ – максимальна величина взаємної індуктивності між обмотками фаз при збігу їх осей;

$\gamma = 120^\circ$ – просторовий кут зсуву фаз обмоток трифазного статора та ротора.

Для симетричної приведенної трифазної машини прийнято, що взаємна індуктивність між обмотками фаз статора та ротора:

$$M_{\bar{\varphi}s} = M_{\bar{\varphi}} \cos 120^\circ = -0,5M_{\bar{\varphi}};$$

$$M_{\phi r} = M_{\phi} \cos 120^{\circ} = -0,5M_{\phi}. \quad (5)$$

- власна індуктивність фази статора та ротора

$$\begin{aligned} L_{\phi S} &= L_1 + M_{\phi}, \\ L_{\phi r} &= L_2 + M_{\phi}. \end{aligned} \quad (6)$$

Потокозчеплення фаз статора і ротора ідеалізованої лінійної машини визначаються сукупністю дій усіх струмів її як

$$\begin{aligned} \Psi_A &= L_{\phi S} i_A + M_{\phi S} i_B + M_{\phi S} i_C + M_{\phi} \cos \gamma i_a + M_{\phi} \cos(\gamma + \rho) i_b + \\ &M_{\phi} \cos(\gamma - \rho) i_c \quad ; \\ \Psi_B &= M_{\phi S} i_A + L_{\phi S} i_B + M_{\phi S} i_C + M_{\phi} \cos(\gamma - \rho) i_a + M_{\phi} \cos \gamma i_b + \\ &M_{\phi} \cos(\gamma + \rho) i_c \quad ; \\ \Psi_C &= M_{\phi S} i_A + M_{\phi S} i_B + L_{\phi S} i_C + M_{\phi} \cos(\gamma + \rho) i_a + M_{\phi} \cos(\gamma - \rho) i_b + \\ &M_{\phi} \cos \gamma i_c \quad ; \\ \Psi_a &= L_{\phi r} i_A + M_{\phi r} i_B + M_{\phi r} i_C + M_{\phi} \cos \gamma i_a + M_{\phi} \cos(\gamma - \rho) i_b + \\ &M_{\phi} \cos(\gamma + \rho) i_c \quad ; \\ \Psi_b &= M_{\phi r} i_A + L_{\phi r} i_B + M_{\phi r} i_C + M_{\phi} \cos(\gamma + \rho) i_a + M_{\phi} \cos \gamma i_b + \\ &M_{\phi} \cos(\gamma - \rho) i_c \quad ; \\ \Psi_c &= M_{\phi r} i_A + M_{\phi r} i_B + L_{\phi r} i_C + M_{\phi} \cos(\gamma - \rho) i_a + M_{\phi} \cos(\gamma + \rho) i_b + \\ &M_{\phi} \cos \gamma i_c \quad . \end{aligned} \quad (7)$$

З метою вилучення з рівнянь періодичних коефіцієнтів систему рівнянь (1,7) трифазної машини, що обертається приводять до системи рівнянь двохфазної еквівалентної нерухомої машини [3].

Сутність перетворення системи рівнянь полягає у еквівалентній за м.р.с. зміні вісей координат. При цьому перетворення струмів ротора до нерухомих осей фаз статора здійснюється як

$$\bar{i}_2 = \Pi \bar{i}_2, \quad (8)$$

а зворотне перетворення

$$\bar{i}_2 = \Pi^{-1} \bar{i}_2, \quad (9)$$

де Π – матриця перетворення.

$$\Pi = \frac{2}{3} \begin{vmatrix} \cos \gamma & \cos(\gamma + \rho) & \cos(\gamma - \rho) \\ \cos(\gamma - \rho) & \cos \gamma & \cos(\gamma + \rho) \\ \cos(\gamma + \rho) & \cos(\gamma - \rho) & \cos \gamma \end{vmatrix}, \quad (10)$$

а зворотна матриця, що дорівнює транспонованій

$$\Pi^{-1} = \frac{2}{3} \begin{vmatrix} \cos \gamma & \cos(\gamma - \rho) & \cos(\gamma + \rho) \\ \cos(\gamma + \rho) & \cos \gamma & \cos(\gamma - \rho) \\ \cos(\gamma - \rho) & \cos(\gamma + \rho) & \cos \gamma \end{vmatrix}. \quad (11)$$

Так, еквівалентні за м.р.с. струми фаз ротора, що приведені до нерухомих осей фаз статора визначаються як:

$$\begin{aligned}i'_a &= \frac{2}{3}[i_a \cos \gamma + i_b \cos(\gamma + \rho) + i_c \cos(\gamma - \rho)]; \\i'_b &= \frac{2}{3}[i_a \cos(\gamma - \rho) + i_b \cos \gamma + i_c \cos(\gamma + \rho)]; \\i'_c &= \frac{2}{3}[i_a \cos(\gamma + \rho) + i_b \cos(\gamma - \rho) + i_c \cos \gamma].\end{aligned}\quad (12)$$

При перетворенні (12) та аналогічних перетвореннях для струмів статора у рівняння (7) отримуємо:

$$\begin{aligned}\Psi_A &= i_A L_S + i'_a M; \\ \Psi_B &= i_B L_S + i'_b M; \\ \Psi_C &= i_C L_S + i'_c M; \\ \Psi_a &= i_a L_r + i'_A M; \\ \Psi_b &= i_b L_r + i'_B M; \\ \Psi_c &= i_c L_r + i'_C M,\end{aligned}\quad (13)$$

де L_S, L_r – синхронні індуктивності фаз статора та ротора

$\begin{aligned}L_S &= L_{\phi S} - M_{\phi S} = L_1 + \frac{3}{2} M_{\phi} = L_1 + M; \\ L_r &= L_{\phi r} - M_{\phi r} = L_2 + \frac{3}{2} M_{\phi} = L_2 + M\end{aligned}$	(14)
---	------

де M – повна взаємна індуктивність між обмотками фаз статора та ротора.

Якщо знайти добутки поточкозчеплення фаз ротора із (13) на матрицю перетворення, то отримуємо їх значення, приведені вісей нерухомих фаз статора:

$$\left\{ \begin{aligned}u_A &= i_A r_1 + L_S \frac{di_A}{dt} + M \frac{di'_a}{dt} \\ u_B &= i_B r_1 + L_S \frac{di_B}{dt} + M \frac{di'_b}{dt} \\ u_C &= i_C r_1 + L_S \frac{di_C}{dt} + M \frac{di'_c}{dt} \\ 0 &= i'_a r_2 + L_r \frac{di'_a}{dt} + M \frac{di_A}{dt} + \frac{w}{\sqrt{3}} [L_r (i'_b - i'_c) + M(i_B - i_C)] \\ 0 &= i'_b r_2 + L_r \frac{di'_b}{dt} + M \frac{di_B}{dt} + \frac{w}{\sqrt{3}} [L_r (i'_c - i'_a) + M(i_C - i_A)] \\ 0 &= i'_c r_2 + L_r \frac{di'_c}{dt} + M \frac{di_C}{dt} + \frac{w}{\sqrt{3}} [L_r (i'_a - i'_b) + M(i_A - i_B)]\end{aligned}\right. \quad (15)$$

Система рівнянь (15) вирішена відносно реальних струмів статора i_A, i_B, i_C приведених струмів ротора i'_a, i'_b, i'_c в перехідних та встановлених режимах.

Висновки. За допомогою математичної моделі можна визначити параметри асинхронних електродвигунів при заданих напругах фаз статора, частоти обертання ротора w і параметрах машини. Напруги джерел живлення можуть бути несиметричними і несинусоїдальними,

задані фазними або лінійними величинами, у фази статора або ротора можуть бути включені додаткові опори, що знайде відображення у рівняннях (16) введенням в них відповідних падінь напруг.

Література

1. *Бакумов Ю.В.* Влияние температуры окружающей среды на тепловое состояние обреченных асинхронных двигателей / *Ю.В. Бакумов*//Электротехника. – 1974. – №3. – С.31-33.
2. *Деменин В.Н.* Анализ несимметрии в сельских сетях Новосибирской области / *В.Н. Деменин* // Механизация и электрификация сельского хозяйства Сибири. – 1978. – №3. – С.21-24.
3. *Нарожный В.Б.* Отключение напряжения в электрических сетях / *В.Б. Нарожный* // Электрические станции. - 1970. - №1. - С.55-59.
4. *Рожавский С.М.* Проблемы несимметрии в сельскохозяйственных электрических сетях / *С.М. Рожавский* // Энергетика и электрификация. – 1981. – Вып. 1. – С.14-16.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ НЕСИММЕТРИИ НАПРЯЖЕНИЙ В ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ

Стёпин Ю.А., Попова И.А.

Аннотация

Работа посвящена исследованию работы асинхронных электродвигателей при несимметрии напряжений в сельскохозяйственных электрических сетях. Приведена математическая модель электромагнитного расчета параметров электродвигателей в переходных режимах при несимметрии напряжений.

RESEARCH OF ASYNCHRONOUS MOTORS' WORK UNDER TENSION ASYMMETRY IN TRANSIENT CONDITIONS

Yu. Styopin, I. Popova

Summary

The given papers are devoted to research of the work of asynchronous motors under asymmetry tension in agricultural electrical system. The rewash shown the mathematical model of electromagnetic calculation of motors parameters in transient conditions under asymmetry tension.

УДК 63:535.21

РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО СВІТЛОДІОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ ПТАШНИКА ПРОМИСЛОВОЇ ЧЕРЕДИ КУРЕЙ-НЕСУЧОК

Ковальчук І. М., інж.,

Бархатов О.М., к.т.н.,

Синкевич В.П., асп.*,

Скрипка В.С., асп.*

*Харківський національний технічний університет сільського
господарства ім. Петра Василенка*

Тел. (057)712-28-33

Анотація - запропоновані рекомендації щодо інженерних розрахунків параметрів та конструюванню світлодіодних світильників для освітлення багатоярусних клітинних батарей пташників промислової череди курей-несучок.

Ключові слова - енергоефективність, освітлення пташників, круглосиметричний світлорозподіл, світлодіоди, точково-спрямовані джерела.

Постановка проблеми. Птахівництво – динамічна галузь сільського господарства України, що розвивається. Обсяг виробництва курячих яєць постійно зростає, при цьому більшість яєць була вироблена в пташниках закритого утримання з використанням ламп розжарювання для технологічного освітлення. Очевидно, що з боку птахофабрик, з'явився виразний попит на модернізацію системи освітлення пташників.

Аналіз останніх досліджень. Існуючі системи технологічного освітлення пташників промислової череди курей-несучок не забезпечують оптимальної освітленості годівниць ярусів клітинної батареї. Дотепер існують різні думки в оцінці ефективності застосування ламп розжарювання, люмінесцентних ламп і світлодіодів для технологічного освітлення пташників промислової череди курей-несучок, в оцінці оптимальної освітленості годівниць клітинних батарей в період продуктивності птаха. Залишаються недостатньо з'ясованими питання впливу рівня середньої освітленості годівниць у період яйцєносності на продуктивність курей-несучок різних кросів [1].

* Науковий керівник – інж. Ковальчук І.М., к.т.н., доц. Бархатов О.М.

© інж. Ковальчук І.М., к.т.н., доц., Бархатов О.М., асп. Синкевич В.П., асп. Скрипка В.С.

Світлодіодне освітлення, особливо тепло-білого кольору, найбільше близько по спектру випромінювання й по впливу на продуктивність курей-несучок до ламп розжарювання. Світлодіоди, незважаючи на високу вартість, за багатьма показниками перевершують лампи розжарювання й люмінесцентні лампи. У зв'язку із цим питання дослідження й обґрунтування ефективності технологічного світлодіодного освітлення пташників промислової череди курей-несучок є своєчасними та актуальними [2].

Формулювання мети статті. Дослідження та обґрунтування ефективності технологічного світлодіодного освітлення пташника промислової череди при закритому утриманні курей-несучок у багаторуричних клітинних батареях, що забезпечує оптимальну освітленість годівниць та підвищення продуктивності птаха.

Основна частина. Дослідження в пташниках промислової череди курей-несучок проводилися у двох типових пташниках промислової череди на 50 тисяч курей-несучок агрофірми "Борки", Харківської області за період 595 днів (з 1 березня 2011 року по 16 жовтня 2012 року), з однаковими чотирьохярусними клітинними батареями «Техна» ТБК-В (Україна). При цьому в пташниках-А, використовуються світильники НСП02 з лампами розжарювання БК60, у пташнику-В – світильники Comtech Fluorescent Line FL26/840 G13 з люмінесцентними лампами.

Проведені за весь період спостережень виміру освітленості годівниць ярусів клітинних батарей у пташниках -А і В показали, що:

– фактична середня освітленість годівниць відповідає рекомендованим значенням діапазону освітленості тільки на другому ярусі клітинної батареї;

– система технологічного освітлення з люмінесцентними лампами (пташник-В) забезпечує менший розкид відносної середньої освітленості першого й четвертого ярусів клітинної батареї ($E_{\text{сер.мін.}}=0,55$ і $E_{\text{сер.макс.}}=1,80$) у порівнянні з лампами розжарювання (пташник-А) – $E_{\text{сер.мін.}}=0,60$ і $E_{\text{сер.макс.}}=3,50$;

– середня нерівномірність освітлення годівниць по всіх ярусах клітинної батареї перевищує рекомендовані значення на 8,0 % для системи освітлення з лампами розжарювання (пташник-А) і на 6,0 % для системи висвітлення з люмінесцентними лампами (пташник-В).

Порівняльна оцінка ефективності застосування ламп розжарювання й люмінесцентних ламп проведена по пташниках-А і В. Реєструвалися два фактори: кількість знесених яєць та сумарні витрати на обслуговування й експлуатацію технологічного освітлення за період спостережень. За значеннями добових показників розраховувалися тижневі показники.

Отримані результати показали, що сумарні витрати на систему освітлення з лампами розжарювання більш ніж в 4,6 рази перевищують витрати на систему освітлення з люмінесцентними лампами, що підтверджує низьку енергоефективність ламп розжарювання в порівнянні з люмінесцентними лампами;

Оцінка впливу середньої освітленості годівниць по ярусах клітинної батареї в період яйценосності на тижневу продуктивність курей-несучок проведена в пташнику А протягом 63 тижнів: з початку яйцекладки (16 тиждень) до вибою (78 тиждень). Результати приведені на (рис. 1).

Отримані результати вимірів та їх обробка показали, що тижнева продуктивність курей-несучок у період яйценосності на кожному з ярусів клітинної батареї визначається в основному, віком птаха, а отримана залежність продуктивності курей-несучок від їхнього віку узгоджується з типовою кривою (рис.1).

Таким чином, обробка дослідних даних показує, що:

– добова продуктивність курей-несучок – незалежна випадкова величина, а сезонна продуктивність за період яйценосності по кожному ярусу клітинної батареї, як сума незалежних однаково розподілених випадкових величин, має закон розподілу, близький до нормального;

– оптимальною середньою освітленістю годівниць для існуючих умов утримання курей-несучок з імовірністю $P = 0,90$ слід рахувати, як середню освітленість другого ярусу клітинної батареї $10,00 \pm 1,05$ лк, що забезпечує максимальну середньо-сезонну продуктивність птаха за період яйценосності.

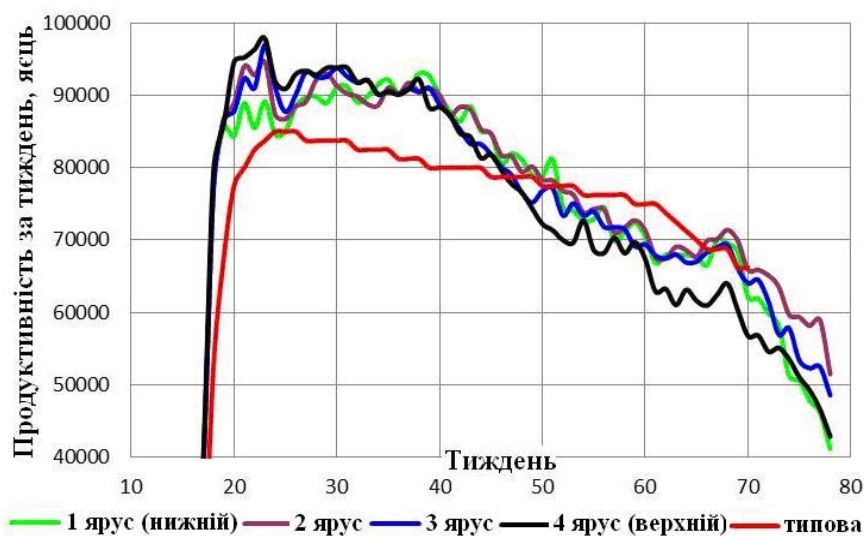


Рис. 1. Динаміка зміни тижневої продуктивності курей-несучок за період яйценосності.

Тому для створення необхідного світлового поля світлодіодного світильника з лінійками точково-спрямованих джерел світла були прийняті вихідні положення та основні допущення для параметрів даного світильника, а саме:

- світильник розташований паралельно годівницям над проходом у середині між клітинними батареями;
- світильник має довжину, рівну довжині клітинної батареї;
- світильник містить у собі кілька лінійок точково-спрямованих джерел світла;
- осьова сила світла кожної лінійки точково-спрямованих джерел світла направлена на годівниці освітлюваного ярусу клітинної батареї;
- кожне точково-спрямоване джерело світла має круглосиметричний світлорозподіл та криву сили світла, рівну

$$I_{\alpha} = I_0 \cdot (\cos \alpha)^m, \quad (1)$$

де I_0 – осьова сила світла точкового джерела світла, кд; α – кут між напрямком осової сили світла та напрямком на освітлювану точку робочої поверхні, град.; I_{α} – сила світла точкового джерела світла в напрямку кута α , кд; m – показник ступеня, в.о.

Теоретичні дослідження в поперечній площині симетрії показали, що обрана модель світильника з лінійками точково-спрямованих джерел світла дозволяє:

- визначити для кожного ярусу клітинної батареї кут напрямку сили світла лінійки, при якому оптимальній освітленості на годівниці клітинної батареї відповідає мінімальне значення сили світла;
- отримати узагальнену математичну формулу для знаходження оптимальної висоти H_{opt} підвісу світильника (у метрах) для багаторусної клітинної батареї, яка визначена методом найменших квадратів. Загальне вираження для ярусів $i = 2 \dots 5$ має вигляд

$$H_{opt} = [0,85 + (i - 2)] \cdot h_k + (0,783 - 0,093 \cdot i) \cdot \frac{a}{2}. \quad (2)$$

Теоретичні дослідження освітлення годівниць багаторусної клітинної батареї в поздовжній площині симетрії показали, що обрана модель світильника з лінійками точково-спрямованих джерел світла дозволяє:

- розрахувати максимальне E_{max} і мінімальне E_{min} значення освітленості (у люксах) на годівниці уздовж ярусу клітинної батареї, середню освітленість (у люксах) і нерівномірність освітлення (у в.о.) уздовж годівниці;
- визначити залежність світлотехнічно вигідної відстані між точковими джерелами світла в лінійці світильника від показника ступеня моделі кривої сили світла точкового джерела світла

$$\lambda_{\max} = 0,2 + \frac{1,43}{0,89 + 0,16 \cdot m}, \quad (3)$$

для будь-якого значення показника m , який забезпечує достатню точність і вірогідність розрахунків освітленості годівниць уздовж ярусу клітинної батареї при обліку найближчих до розрахункової точки шести точкових джерел світла.

Новим в запропонованій конструкції світильника є те, що профіль виконаний у формі напівциліндра, а зміна форми кривої сили світла світильника досягається зміною числа світлодіодних лінійок, зміною їх місця положення на профілі та зміною кількості світлодіодів, розташованих на них лінійно, рівномірно та паралельно осі напівциліндра. Дана конструкція світлодіодного світильника дозволяє забезпечити оптимальну середню освітленість годівниць на всіх ярусах клітинних батарей.

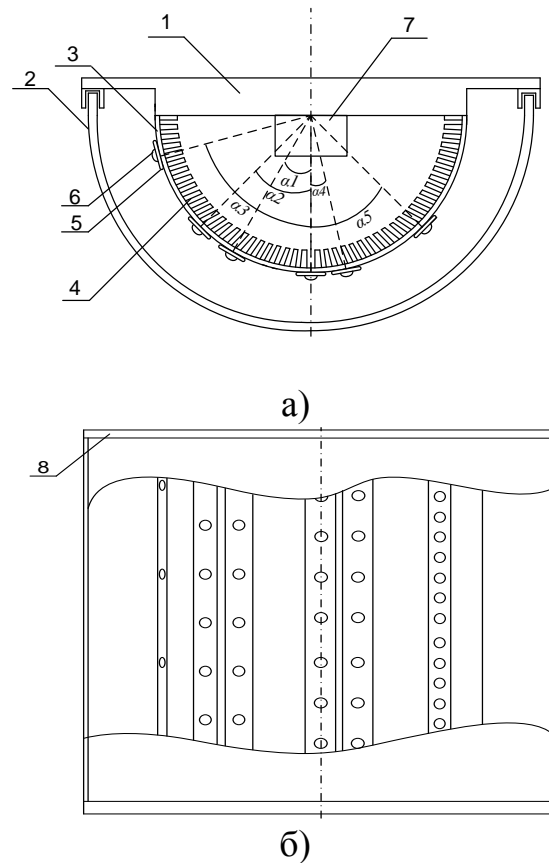


Рис. 2. Конструкція світлодіодного світильника: а – вид спереду; б – вид знизу; 1 – підставка основи; 2 – оптично прозора кришка; 3 – профіль світильника; 4 – радіаторні решітки; 5 – світлодіодна лінійка; 6 – світлодіод; 7 – блок живлення; 8 – торцева кришка.

На основі експериментальних і теоретичних досліджень запропоновані формули інженерних розрахунків для визначення параметрів системи технологічного світлодіодного освітлення багаторушних клі-

тинних батарей (довжина і кількість світлових магістралей; кількість світильників у магістралі та у залі пташника; оптимальна висота підвісу світильників над годівницею першого ярусу клітинної батареї; величина та напрямок сил світла світлодіодів).

Висновки. Запропонована конструкція світлодіодного світильника для освітлення багатоярусної клітинної батареї закритого утримання курей-несучок промислової череди, що дозволяє забезпечити оптимальну середню освітленість годівниць та необхідну нерівномірність освітлення уздовж годівниць на всіх ярусах клітинної батареї при цьому значно знизити енергозатрати.

Література

1. *Гришин К.М.* Экономическое обоснование эффективности применения компактных люминесцентных ламп и светодиодов в птицеводстве / *К.М. Гришин, А.К. Лямцов, В.В. Малышев* // Светотехника. – 2012. – №2. – С.62-63.

2. *Кочетков Н.П.* Исследование эффективности освещения птичника / *Н.П. Кочетков, И.М. Новосолов* // Техника в сельском хозяйстве. – 2011. – №5. – С.27-28.

РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПТИЧНИКА ПРОМЫШЛЕННОГО СТАДА КУР-НЕСУШЕК

Ковальчук И.М., Бархатов А.М., Синкевич В.П., Скрипка В.С.

Аннотация

Предложены рекомендации по инженерному расчету параметров и конструированию светодиодных светильников для освещения многоярусных клеточных батарей птичников промышленного стада кур-несушек.

DEVELOPMENT AND RATIONALE OF EFFICIENCY LED LIGHTING TECHNOLOGY PTICHNIKOV INDUSTRIAL STAGE LAYING HENS

I. Kovalchuk, A. Barhatov, V. Sinkevych, V. Skripka

Summary

The recommendations for engineering calculations and design parameters of LED lighting fixtures for multi-cell batteries industrial poultry flocks of laying hens.

УДК59.002

ФЕНОМЕНОЛОГИЯ РЕГИСТРАЦИИ ЗАПАХОВ МЛЕКОПИТАЮЩИМИ

Никифорова Л.Е., д.т.н.,

Гаевская И.В., инж.,

Орел И.А., асп. *

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-13-54

Аннотация – в статье освещаются новейшие данные молекулярной биофизики в изучении механизма проявления и идентификации объектов по запахам. Предложена гипотеза рекомбинантных радикалов пахучих веществ, проявляющихся в рецепторных механизмах нервных клеток слизистой ткани носа. Приведены величины энергии, выделяющейся при соединении свободных радикалов в молекулу. Рассмотрен вероятностный механизм формирования импульса биотока нервной клетки.

Ключевые слова – радикал, клетка, запах, рекомбинация.

Постановка проблемы. В организме млекопитающих, как известно, имеется целая популяция нервных клеток, в функцию которых входит восприятие запаховых раздражителей. Сейчас начинают выясняться специфические механизмы этих восприятий, физическая или химическая адсорбция свободных запаховых радикалов [1,2].

Анализ последних исследований. Известно также, что физическая адсорбция не чувствительна к структуре поверхности клетки, а химическая – весьма избирательна. Так, хемосорбция – это комплементарное взаимодействие молекул адсорбата и адсорбента: радикал RO_2 реагирует с другим радикалом R' как $RO_2 + R' \rightarrow ROOR$ (диолексилперекись). При ионизации молекулы воды $H_2O -e \rightarrow H_2O^+$ или $H_2O + e^- \rightarrow (OH)^- + H$, а также $H^+ + e^- \rightarrow H$ [3,4].

В классических работах по изучению передачи нервных импульсов установлено, что биопотенциалы в нервных клетках, как правило, связаны с изменением концентрации элементов и поэтому являются равными фазовыми потенциалами. Вместе с тем эксперименты зарубежных естествоиспытателей и наши данные показывают наличие в клетках повышенных (локальных) концентраций зарядов. Это, как и поддержание динамического равновесия зарядов внутри (в эндоцитоплазматической сетке) клетки при синтезе и ре-синтезе, заслуживает

* Научный руководитель – д.т.н., проф. Никифорова Л.Е.

© д.т.н., проф. Никифорова Л.Е., инж. Гаевская И.В., асп. Орел И.А.

новых гипотез и анализов.

Формулирование цели статьи. Определенно возможным остается исследование наследования нормы потенциалов и их прогностической значимости.

Основная часть. Процесс рекомбинации радикалов сопровождается выделением кванта энергии, величина которого прямо пропорционально зависит от типа пахучего вещества [5]. Чем больше доза, тем сильнее пахучее вещество воздействует на популяцию клеток слизистой носа, чем больше концентрация атомов пахучего вещества, тем больший импульс биотока достигает мозг (табл.1).

Таблица 1 – Энергия связи между радикалами в молекуле, эВ

$(C_6H_5)_3C - C$ $(C_6H_5)_3$	0,47	H – CH ₂	3,70	H – H	4,48
$(CH_3)_3CO - OC$ $(CH_3)_3$	1,55	H – OH ₂	3,83	O – H	4,77
C – O	2,25	H – CH	3,88	H – O ₂	5,03
HO – OH	2,20	H – C ₂ H ₅	4,12	C = O	5,10
C – C	2,72	C = C	4,40	O – O	5,12
H – C	3,47	H – CH ₃	4,40	N ≡ O	9,76

В специальных исследованиях установлено, что рост энергии связи между радикалами в молекуле коррелирует отрицательно с их концентрацией. Поэтому запах азота, например, воспринимается слабо, но и в зависимости от концентрации пахучего вещества плотность потока квантов на рецепторы достигает 10^6 Дж/м² [6]. Измерения свидетельствуют о том, что качественное восприятие запаха имеет место при $(1-4) \cdot 10^4$ актов рекомбинации свободных радикалов в 1 см³ воздуха. Вместе с тем реакция нервной клетки на синаптический передатчик зависит также и от её ионного состава, который связан с распространением импульсов в самой клетке и по её аксону. Находясь в состоянии покоя, нервная клетка не отличается по своей физиологии от остальных: её внутренняя среда, как известно, резко отличается от омывающей её тканевой жидкости. В клетке такая разница используется для выработки электрического импульса, разность потенциалов достигает $U=70$ мВ. Преобразование хемосорбционного процесса радикалов в импульс биотока имеет место в клетках слизистой ткани. Диэлектрическая проницаемость ϵ жидкости в них меняется от 3 до 80, а удельное электрическое сопротивление достигает $\rho=10^3$ Ом·м [7]. Вооружившись таким объяснением биоэнергетической природы импульса, можно проследить электрические процессы нюха. Взаимодействие продуктов рекомбинации радикалов с поверхностью рецепторов представляет собой и физико-химический процесс. Однако, обоснование цельной картины передачи запахового импульса требует фундаментальных исследований.

Сегодня специфического передатчика запаха неизвестно, кроме

ацетилхолина. Вместе с тем остается проблематичным вопрос о том, каким образом окончания аксона, подходящие к нервной клетке, генерируют нервный импульс через синапсис. В синаптических окончаниях находится много пузырьков, в которых содержится вещество-передатчик, обеспечивающее передачу импульса через синапсис. Передатчик выделяется порциями по несколько тысяч молекул. В состоянии покоя нервная клетка не отличается по своей биофизике от большинства других: её внутренняя среда резко отличается по составу от омывающего раствора. Именно за счёт последних вырабатывается и передается электрический импульс. Исходя из приблизительных данных, предполагается, что концентрация ионов натрия и хлора вне клетки выше, чем в клетке, как минимум, на порядок. А концентрация ионов калия внутри клетки почти в 30 раз выше, чем снаружи. Внутренний заряд клетки – отрицательный, наружный – положительный. Разность потенциалов около 70 мВ по обе стороны и определяет «потенциал равновесия для ионов хлора». Потенциал клетки равен 86 мВ.

Поскольку падение его происходит на стенке мембраны, то напряженность поля в ней достигает $E = (2-4) \cdot 10^5 \text{ В/см}$. После повышения потенциалов на мембране концентрация ионов в клетке растет, что способствует росту потенциалов (до 0,14 В). При этом увеличивается пропускная способность мембраны: натриевые каналы «работают» в зависимости от напряжения и экспозиции открытого состояния канала (0,1-1,0 мс). Последние приводят к тому, что разность потенциалов на мембране после резкого скачка (в 0,1 В) снова набирает потенциал покоя или импульс биотока.

Концентрация ионов внутри и за пределами клетки сопряжена с избирательной пенетрантностью молекул (табл.2). В состоянии покоя клеточная мембрана проницаема только для ионов калия; при кратковременном возбуждении ($\sim 10^{-3}$ с) клетка становится проницаемой и для многих других ионов.

Таблица 2 – Концентрация ионов в клетке, моль/л

	Внутри	Снаружи
Na ⁺	50	460
K ⁺	340	10,4
Cl ⁻	114	590
Ca ²⁺	0,4	5410
Mg ²⁺	10300	
Органич. анионы	300	–

При действии энергии кванта, образовавшегося при хемосорбции радикалов на поверхности нервной клетки, происходит изменение вязкости цитоплазмы. Мы рассматриваем клетку как коллоидную систему, в которой изменение вязкости цитоплазмы происходит по типу желатинизации. При повышении вязкости проникновение калия из клетки в окружающую среду (межклеточное пространство) повыша-

ется. Мы полагаем, что вследствие этого концентрация ионов натрия в 14 раз выше, а калия – в 35 раз ниже, чем в самой клетке.

Расчёты показывают, что для такого превращения калия необходима разница потенциалов между отрицательно заряженным содержимым клетки и «окружающей клетку средой» около 90 мВ (реально разность меньше 70 мВ). Дефицит составляет 20 мВ. Вероятно, что для статуса такой разности концентраций калия (со скоростью, равной скорости их свободной диффузии наружу) должны поступать дополнительные ионы калия в клетку. Аналогичная ситуация складывается и по натрию.

В силу законов электростатической диффузии разность в концентрации упомянутых ионов (в пределах и за пределами клетки), как показывает эксперимент, растёт. Однако гомеостазис достигается благодаря ферментативным процессам (биосинтезам) и реакциям мембран, непрерывно преодолевающим диффузионные силы. В момент возникновения импульса запахового радикала в мембране раскрываются «соты», через которые ионы натрия проникают внутрь клетки. Здесь заряд становится положительным и далее усиливается: первые ионы натрия облегчают путь другим. В резком изменении полярности внутри мембраны и состоит «запаховый импульс», который распространяется по всему аксону. После его возникновения натриевые ворота закрываются и открываются калиевые. Так восстанавливается, как свидетельствуют данные эксперимента, исходная полярность. Генетическая природа генерирования импульса, по-видимому, первична, поскольку в биосинтезе белка состоит потеря и приобретение потенциала. Окислитель обладает свойством электрофильности. Восстановитель – электронофобен, т.е. он легко теряет электрон. Покидая клетку, ионы калия частично уносят на поверхность положительные заряды. Так рассматривается один из путей положительного заряда поверхности клетки. В результате избыточного выхода ионов калия цитоплазма становится отрицательно заряженной. Для ее нейтральности необходимо, чтобы клетку покинуло определенное количество анионов. Переход ионов калия на поверхность клетки должен компенсироваться электронами во внешней среде, что приводит к смещению электронов и возникновению импульса биотока пахучего субстрата. Вместе с тем в нервной клетке как бы существует «запаховая память» или скрытый период действия пахучих веществ, который бывает тем длительнее, чем меньше доза запахового ингредиента.

Выводы. Собственно с этого биологического факта бионики был обустроен искусственный нос: датчик улавливает летающие молекулы пахучих веществ, передает данные в компьютер, который отбирает их по рецептам памяти и устанавливает действительный тип и концентрацию. Применение носов – более широкое: по оценке выдыхаемого воздуха у животных устанавливают возможные их заболевания, качество сыров и вин.

Литература

1. Кинетика электродных процессов / [Фрумкин А.Н. и др.]. – М.:

Изд-во. МГУ, 1952. – 319 с.

2. *Michaelis M.* Composite Pd-Ag Particles in Aqueous Solution I / *M. Michaelis, A. Henglein, P. Mulvaney* // *J. Phys.Chem.* – 1994, v.98. – P. 6212-6215.

3. *Соломонов А.С.* Насосы клетки. Структура и функции клетки / *А.С.Соломонов.* – М.: 1964. – С.143-152.

4. *Катц Б.О.* Как клетки общаются друг с другом. Живая клетка / *Б.О. Катц.* – М.: 1966. – С.33-40.

5. *Анохин П.К.* Очерки по физиологии функциональных систем / *П.К. Анохин.* – М.: Медицина, 1975. – 448с.

6. *Конюхов Б.В.* Генетический контроль онтогенеза. Вопросы медицинской генетики / *Б.В. Конюхов.* – М.: 1974. – №7. – С.40-49.

7. *Розен В.Б.* Центроорецепторы и чувствительность клетки к гормонам / *В.Б. Розен.* – М.: Изд-во МГУ, 1977. – №1. – С.25-32.

ФЕНОМЕНОЛОГІЯ РЕЄСТРАЦІЇ ЗАПАХІВ ССАВЦЯМИ

Никифорова Л.Є., Гаєвська І.В., Орел І.О.

Анотація

В статті висвітлюються найновіші дані молекулярної біофізики в вивченні механізму виявлення та ідентифікації об'єктів по запаху. Запропонована гіпотеза рекомбінантних радикалів пахучих речовин, які проявляються у рецепторних механізмах нервових клітин слизової тканини носа. Наведені величини енергії, яка виділяється при з'єднанні вільних радикалів в молекулу. Розглянутий імовірнісний механізм формування імпульсу біоструму нервової клітини.

Phenomenology of odors registration by mammals

L.Nikiforova, I.Gaievskaya, I. Orel

Summary

The molecular biophysics latest data in study of the mechanism of demonstration and identification of objects by their odorants was treated in the article. It was suggested the hypothesis of the odorous materials recombinant radicals, which become apparent in receptor mechanisms of the nerve cells of nose mucous tissue. The energy values, which liberates during the free radicals combination in the molecule, were presented. The probabilistic mechanism of nerve cell bio current impulse formation was considered.

УДК 621.317.38

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ АКТИВНИМИ ТА
РЕАКТИВНИМИ СКЛАДОВИМИ НАВАНТАЖЕННЯ В
СІЛЬСЬКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ
КОМУНАЛЬНО-ПОБУТОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Сотнік О.В., інж.,

Лисиченко М.Л., д.т.н.,

Вітренко М.М., інж.

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П.Василенка

Тел. (0572) 712-50-56

Анотація – на основі експериментальних даних, визначено кореляційний зв'язок між активною та реактивною складовими сільського комунально-побутового електронавантаження, який визначається за формулами лінійних регресій.

Ключові слова – активна складова навантаження, реактивна складова навантаження, втрати електричної енергії.

Постановка проблеми. В Україні майже 50 % всієї електроенергії використаної споживачами в сільському господарстві витрачається в житловому секторі і сфері культурно-побутового обслуговування населення. Споживання електроенергії у комунально-побутовому секторі села зростає з кожним роком і через появу приладів з великою споживаною потужністю, і, через інтенсивне впровадження в сільський побут індуктивних електроприймачів.

Тому, для уточнення визначення пропускної здатності, втрат напруги і електроенергії в сільських лініях, де відсутній облік реактивної енергії, в умовах збільшення споживання реактивної потужності, можна було б скористатись кореляційним зв'язком між активною та реактивною складовими електронавантаження, що можна визначити на основі експериментальних даних.

Аналіз останніх досліджень. Якісні зміни характеристик сільського комунально-побутового електронавантаження потребують перегляду існуючих положень, як в теорії розрахунку і проектування сільських мереж, так і в питаннях оптимізації експлуатаційних рішень. На даний час опублікована значна кількість праць з питань електронаван-

таження, аналізу режимів і прогнозування навантаження енергосистем.

Але для сільських мереж комунально-побутового призначення дані питання недостатньо відображені в науково-технічній літературі [1-3].

Так, протягом довгого часу не приділялось достатньої уваги рівню електронавантаження в сільських мережах комунально-побутового призначення та проблемам компенсації в них реактивної потужності. Пояснювалось це тим, що дане електронавантаження носить незначний за рівнем та переважно активний характер.

Сьогодні в сільських низьковольтних мережах суттєво зросли навантаження, в тому числі і реактивні, що пов'язано із перерозподілом електронавантаження між виробничим та комунально-побутовим сектором на селі у бік зростання останнього внаслідок більш широкого використання приладів активно-індуктивного навантаження та інтенсифікацією робіт в домашньому господарстві сільських мешканців. У зв'язку з чим, сільські мережі комунально-побутового призначення потребують особливої уваги у відношенні оптимізації режимів, уточнення розрахункових навантажень та методів прогнозування.

Формулювання мети статті. Встановлення кореляційного зв'язку між активною та реактивною складовими сільського комунально-побутового електронавантаження для використання при визначенні пропускної здатності та рівнів напруг мережі в тому числі на ділянках з відсутнім обліком реактивної енергії.

Основна частина. Для виявлення існуючого стану використання потужностей трансформаторів було зібрано і оброблено статистичні дані навантажень по 33 сільських ТП 10/0,4 кВ (92 лінії) потужністю від 63 до 160 кВ·А, які використовують для живлення побутових споживачів. На основі виявлення всіх можливих значень випадкової величини (використання трансформаторної потужності) і враховуючи імовірність отримання даних значень, одержано розподілення випадкової величини.

Виявлено, що більшість трансформаторів завантажені від 50 до 80% номінальної потужності і гістограма добре описується кривою нормального розподілення. Верхня межа завантаження трансформаторів – 1,3, а нижня – 0,1 номінальної потужності. При цьому, тільки 8% трансформаторів має завантаження менше 40% номінального і 2% – більше 110%.

Із досліджень роботи трансформаторних підстанцій виявлено, що споживання електроенергії протягом доби коливається в досить широкому діапазоні. Завантаження трансформаторів змінюється, в основному, в межах від 0,13 до 0,57 – влітку, взимку – від 0,22 до 0,68 від номінальної потужності.

Аналіз результатів вимірів показав, що величини, як активної, так і реактивної потужності змінюються в широких межах і є випадковими величинами (функціями часу).

Для встановлення форми зв'язку між активною та реактивною потужностями були оброблені одержані дані замірів при максимумі повного навантаження. Залежності двох випадкових величин розглядалися на прикладі обробки статистичних даних одночасних замірів активної і реактивної потужностей сільських трансформаторних підстанцій [4-6].

Кореляційну залежність виразили функціональною залежністю умовної середньої \bar{Q}_p від P . Як видно з рис. 1, залежність не функціональна, а статистична (кореляційна).

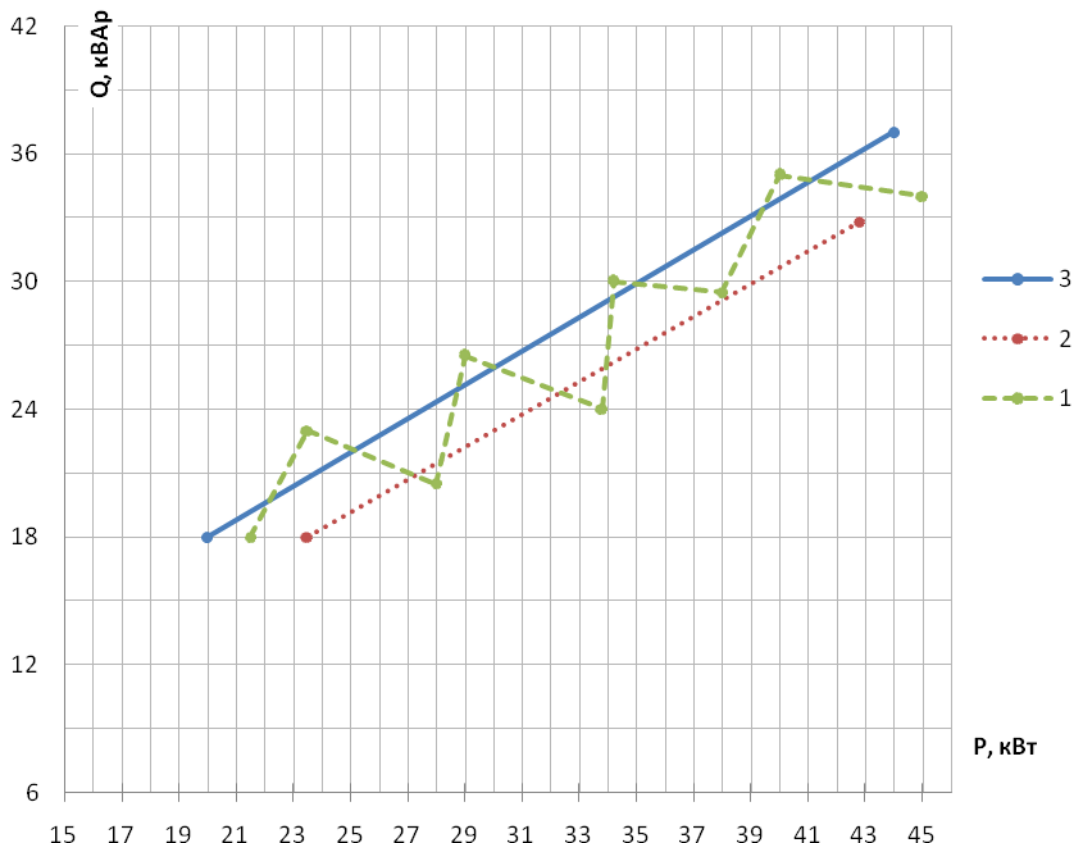


Рис. 1. Залежність між випадковими величинами активного та реактивного електронавантаження на полі кореляції: 1 – емпірична лінія регресії Q на P ; 2 – теоретична лінія регресії Q на P ; 3 – теоретична лінія регресії P на Q .

Одержали емпіричну лінію регресії реактивної потужності на активній потужності на полі кореляції.

Теоретичну лінію регресії можна вважати прямою [5]. Рівняння прямої лінії знаходили шляхом розв'язку системи нормальних рівнянь:

$$\begin{cases} N \cdot a_0 + a_1 \sum P \cdot n_p = \sum Q \cdot n_q; \\ a_0 \sum P \cdot n_p + a_1 \sum P^2 \cdot n_p = \sum Q \cdot P \cdot n_{qp}, \end{cases} \quad (1)$$

де N – число виконаних спостережень (число пар взаємопов'язаних величин Q і P);

$\sum P \cdot n_p$ – сума добутків відповідних P на їх частоти;

$\sum Q \cdot n_q$ – сума добутків відповідних Q на їх частоти;

$\sum Q \cdot P \cdot n_{qp}$ – сума добутків усіх P на Q і n_{qp} для тих клітинок кореляційною таблиці, в яких записані частоти.

Розв'язавши систему рівнянь, одержали рівняння прямої регресії P на Q та Q на P :

$$\bar{Q}_p = 3,42 + 0,752 \cdot P; \quad (2)$$

$$\bar{P}_q = 0,035 + 1,3 \cdot Q. \quad (3)$$

Побудовані теоретичні лінії прямих регресій Q на P та P на Q (рис. 1).

Висновки. Користуючись установленим кореляційним зв'язком між активною та реактивною складовими потужності можна точніше визначити пропускну здатність, втрати напруги і електроенергії в лініях, де відсутній облік реактивної енергії.

Література

1. Сотнік О.В. Питання прогнозування побутового електронавантаження / О.В. Сотнік // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2007. – Вип. 57: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України, т. 1. – С. 165-169.

2. Сотнік О.В. Компенсація реактивної потужності сільських низьковольтних мереж побутового призначення / О.В. Сотнік, М.Л. Лисиченко // Праці ТДАТУ, матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Актуальні питання енергетики і прикладної біофізики в агропромисловості». – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 11, т. 4. – С.120-124.

3. Статистичний щорічник України / За ред. О.Г. Осауленка; Державний комітет статистики України. – К.: Консультант, 2008. – 571 с.

4. Статистична обробка даних: монографія / В.П. Бабак, А.Я. Білецький, О.П. Приставка, П.О. Приставка.– К.: МІВВЦ, 2001. – 387 с.

5. Венецкий И. Г. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе / И. Г. Венецкий, В. М. Венецкая. – М.: Статистика, 1979. – 448 с.

6. Основні теорії ймовірності та математичної статистики : навч. посібник для інж.-тех. та приклад спец. Вузів / В.П. Бабак, А.Я. Білецький, О.П. Приставка, П.О. Приставка. – К.: КВІЦ, 2003. – 431 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗИ МЕЖДУ АКТИВНОЙ И РЕАКТИВНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НАГРУЗКИ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ КОММУНАЛЬНО-БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Сотник О.В., Лисиченко Н.Л., Витренко Н.М.

Аннотация

На основе экспериментальных данных определена корреляционная связь между активной и реактивной составляющими сельских коммунально-бытовых электронагрузок, что определяется по формулам линейных регрессий.

INVESTIGATION DEPENDENCE ACTIVE AND REACTIVE COMPONENTS OF RURAL MUNICIPAL AND DOMESTIC ELECTRICAL LOAD ON THE BASE OF LINEAR REGRESSION EQUATIONS HAS BEEN ESTABLISHED

O. Sotnik, N. Lysychenko, N. Vitrenko

Summary

The relation between active and reactive components of rural municipal and domestic electrical load on the base of linear regression equations has been established.

УДК 537.523.3:662.7

СПОСОБИ АКТИВАЦІЇ МОЛЕКУЛ-РЕАГЕНТІВ РЕАКЦІЇ ГОРІННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПАЛИВНИХ УСТАНОВОК

Ковалишин Б.М., к.т.н.,

Червінський Л.С., д.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тел.: (044) 527-87-35

Анотація – теоретично та експериментально обґрунтовано використання електроактивації молекул-реагентів реакції горіння для підвищення енергоефективності паливних установок на вуглеводневому паливі. Отримані експериментальні результати спалювання електроактивованих пропан-бутанової суміші і природного газу в повітрі показали відмінності в ефективності цього методу для обох видів газоподібного вуглеводневого палива. Менша ефективність спалювання активованого природного газу в активованому повітрі порівняно з електроактивованими пропан-бутановою сумішшю і повітрям пояснюється ступенем поляризованості молекул-реагентів.

Ключові слова – енергоефективність, паливо, молекула, активація, електричне поле, висока напруженість, поляризація.

Постановка проблеми. Питання економії енергоносіїв актуальні і своєчасні. В наш час вони пов'язані з прогнозованим швидким вичерпанням запасів природних вуглеводневих палив [1,2] і підвищеною конкуренцією за володіння цими ресурсами. Так як повністю відмовитись від традиційних енергоносіїв неможливо, тому важливим є подовження термінів їх використання. Подовження термінів використання вугілля, нафти і природного газу важливе з трьох причин: перша – отримання часу для проведення досліджень для обґрунтування принципово нових енергогенеруючих технологій та обладнання; друга – збільшення термінів використання невідновлюваних енергоносіїв в хімічній і харчовій промисловості; третя – зменшення шкідливих викидів в навколишнє середовище.

Одним із шляхів зменшення споживання традиційних невідновлюваних енергоносіїв є їх заміна нетрадиційними та альтернативними джерелами енергії. Розвиток нетрадиційної та альтернативної енерге-

тики поки що стримується інерційністю суб'єктів господарювання та економічними чинниками. За даними 2010 року на сонячну і вітрову енергетику припадало біля 0,1 % загального енергетичного балансу України [3]. Дещо вищими є показники використання нетрадиційних енергоресурсів – біологічної сировини, потужностей малої гідроенергетики, геотермальної енергетики, шахтного метану та енергії довкілля (на них припадає приблизно 5 % енергобалансу країни).

Отже, основними джерелами енергії на сьогодні залишаються традиційні невідновлювані енергетичні ресурси. Тому підвищення ефективності їх використання ще тривалий час буде актуальним як економічним, екологічним так і соціальним питанням.

В сучасних енергогенеруючих паливних технологіях в основному здійснюється первинне перетворення будь-якого виду первинної енергії у теплову. Теплова енергія в основному отримується в результаті спалювання традиційних і переважної більшості нетрадиційних енергоносіїв в окислювальному газовому середовищі. Тому, при використанні енергоносіїв для теплогенерації важливим завданням є оптимізація протікання окислювально-відновних хімічних реакцій.

Аналіз останніх досліджень. За основу у вирішенні проблеми підвищення енергоефективності паливних установок прийняли основне положення теорії хімічної кінетики – закон Арреніуса [4,5]. Цей закон зв'язує константу швидкості реакції k з енергією активації (E_A) і температурою, і записується у вигляді

$$k = k_0 \cdot e^{-\frac{E_A}{RT}}, \quad (1)$$

де k_0 – передекспоненційний множник (константа);

R – газова стала, рівна 1,987 кал/град·моль;

T – температура в градусах шкали Кельвіна;

e – основа натуральних логарифмів.

Закон Арреніуса характеризує можливість і швидкість протікання хімічних реакцій між молекулами-реагентами. За Арреніусом, хімічні реакції можливі лише між активованими атомами чи молекулами. Тому, способам активації молекул слід приділити підвищену увагу.

Теоретичне дослідження можливих процесів активації молекул-реагентів екзотермічної реакції горіння [6] показало можливість їх практичної реалізації.

Формулювання мети статті. Теоретичне та експериментальне обґрунтування застосування нерівномірного електричного поля високої напруженості для підвищення енергоефективності паливних установок на газоподібному вуглеводневому паливі.

Основна частина. Шляхом перетворення закону Арреніуса отримали формулу для визначення енергії термоактивації

$$E_A = (\lg k_0 - \lg k)4,575T \quad (2)$$

За виразом (2) енергія активації прямо пропорційно залежить від абсолютної температури. Термоактивація молекул є наслідком початкового штучного підвищення температури. В ході окислювально-відновної екзотермічної реакції горіння термоактивація молекул-реагентів здійснюється за рахунок частини теплової енергії, що виділяється її проходженні. Основною ж метою спалювання будь-якого виду палива є отримання якомога більшої теплопродуктивності. Так як частина теплової енергії витрачається на активацію молекул-реагентів реакції горіння, то недобирається частина вихідного продукту, заради якого іде процес спалювання. Цілком логічно замінити теплову енергію, що витрачається на активацію молекул, які беруть участь у реакції горіння, іншим видом енергії. Це, на нашу думку, призведе до підвищення енергоефективності паливних установок.

Активацію атомів і молекул – реагентів хімічних реакцій можна пояснити, виходячи з теорії зіткнень. За цією теорією, найбільша імовірність активації атомів і молекул спостерігається при непружних зіткненнях між ними або з іншими частинками [6].

До частинок, які здійснюють непружні зіткнення з молекулами і атомами і можуть перевести останні в активований (збуджений) стан, можна віднести: фотони; електрони; позитивні і негативні іони; поляризовані молекули; частинки, які придбали енергію за рахунок теплового руху; частинки, які придбали енергію за рахунок дії на них ультразвуку та інших чинників.

Електрони, іони і поляризовані молекули можуть набувати активуючої енергії у зовнішніх магнітному та електричному полях.

Активація молекул в магнітному полі високої напруженості полягає у наданні іонам в газі чи рідині певної кінетичної енергії. Цієї енергії повинно бути достатньо для того, щоб при непружному зіткненні з ними молекули переходили на вищий енергетичний рівень і набували властивості вступати в реакцію з іншими активованими молекулами.

Теоретично доведено підвищення енергоефективності паливних установок через дію на компоненти реакції горіння електричним полем високої напруженості [7,8]. Активацію молекул-реагентів найбільш доцільно проводити у нерівномірному електричному полі високої напруженості [9].

При аналізі ефективності паливних установок важливе значення має урахування виду палива, що застосовується для термогенерації. Різні види палива мають різні фізичні, хімічні і теплові характеристики. Основні паливні характеристики низькомолекулярних газоподібних алканів приведені в таблиці 1 [10].

Таблиця 1– Основні паливні характеристики низькомолекулярних газоподібних алканів

Газ	Формули реакцій з киснем	Густина, кг/м ³	Теплота згоряння, МДж/м ³		Витрата повітря для спалювання, м ³ /м ³	Температура займання, °С
			Вища	Нижча		
Метан	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	0,71	38,82	35,9	9,52	545
Етан	$\text{C}_2\text{H}_6 + 3,5\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$	1,359	70,3	64,4	16,66	530
Пропан	$\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 = 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	2,02	101,2	93,2	23,8	504
Бутан	$\text{C}_4\text{H}_{10} + 6,5\text{O}_2 = 4\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$	2,68	133,8	123,6	30,94	430

З таблиці видно, що збільшення молекулярної маси газоподібних вуглеводнів, прямо пропорційно пов'язане з основними їх характеристиками – густиною, теплопродуктивністю і питомою витратою повітря (кисню) для спалювання. В той же час спостерігається обернено пропорційна залежність між молекулярною масою і температурою займання (спалаху). Ця обернено пропорційна залежність може бути пояснена, на нашу думку, будовою молекул вказаних вуглеводнів та величиною їх поляризованості.

Поляризація молекул полягає у розподілі в просторі спільної електронної хмари. Якщо має місце s-зв'язок двохатомної молекули з однаковими атомами, то електронна хмара розподіляється симетрично відносно ядер обох атомів [11]. Такий ковалентний зв'язок носить назву гомеоплярного або неполярного. При утворенні в молекулі зв'язку між атомами різних елементів заряд електронної хмари розподіляється між атомами асиметрично, тобто утворюється гетерополярний зв'язок.

Під впливом зовнішнього електромагнітного поля абополя сусідніх атомів проходить зміщення густини електронної хмари. Цей процес називається поляризацією молекул. Поляризовані молекули мають електронні хмари з різною просторовою густиною заряду. Полярність молекулярних зв'язків залежить від їх довжини і різниці електронегативностей атомів, які утворюють зв'язок. Чим більше ця різниця, тим більша полярність молекул. Полярні молекули, які містять два рівних за величиною заряди протилежного знаку, що розташовані на певній відстані один від одного, називаються диполями. Диполі характеризуються дипольними моментами. Дипольний момент молекули є векторною величиною і дорівнює векторній сумі всіх дипольних моментів окремих зв'язків і неподілених електронних пар в молекулі. Чисельно дипольний момент розраховується за добутком величини заряду на відстань між центрами протилежних зарядів. Дипольний момент вимірюється у дебаях (D); $1D = 3,33 \cdot 10^{-30}$ Кл·м. Для більшості молекул з простими ковалентними зв'язками величина дипольного момен-

ту знаходиться в межах $2...4 D$.

Загальна поляризованість молекули має три складові: атомну, електронну та орієнтаційну

$$P = P_{ат} + P_{ел} + P_{ор}. \quad (3)$$

У формулі (3) $P_{ат}$ характеризує зміщення атомних ядер у бік негативного кінця диполя, $P_{ел}$ – зміщення електронів до позитивного полюсу диполя, а $P_{ор}$ характеризує орієнтацію молекул в електричному полі. Орієнтаційна складова $P_{ор}$ суттєво зменшується з підвищенням температури і тому нею можна знехтувати.

Величину загальної поляризованості можна визначити за формулою Клаузіуса-Мосотті

$$P = \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \cdot \frac{M}{\rho} = \frac{4}{3} \pi N_A \alpha, \quad (4)$$

де ε – відносна діелектрична проникність речовини;

M – молекулярна маса речовини ($\text{г} \cdot \text{моль}^{-1}$);

ρ – густина речовини ($\text{г} \cdot \text{см}^{-3}$);

N_A – число Авогадро ($6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$),

α – поляризованість молекули (см^3).

Якщо речовина складається з декількох компонентів з поляризованостями α_i та об'ємними концентраціями N_i , формула Клаузіуса-Мосотті запишеться у вигляді

$$\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} = \frac{4}{3} \pi [N_1 \alpha_1 + N_2 \alpha_2 + \dots + N_k \alpha_k]. \quad (5)$$

Поляризованість P багатокомпонентної речовини можна визначити за формулою

$$P = \frac{4M}{3\rho} \pi [N_1 \alpha_1 + N_2 \alpha_2 + \dots + N_k \alpha_k]. \quad (6)$$

Поляризованість, як міра поляризації молекули, залежить від рухливості електронів. Так, p -електрони більш рухливі, ніж s -електрони. Тому молекули з π -зв'язком легше піддаються поляризації, ніж молекули з σ -зв'язком.

Чим більша ступінь полярності (несиметричності) молекул, тим більше вони піддаються впливу зовнішнього електричного поля, набувають в цьому полі відповідної кінетичної енергії і при непружних зіткненнях легше піддаються активації. І чим ближча будова молекули до уніполярної, тим важче вона активується зовнішніми енергетичними чинниками.

Експериментальні дослідження електроактивації молекул-реагентів реакції горіння пропану і природного газу в повітрі показали можливість практичної реалізації пропонованого способу в паливних

установках різних типів для газоподібних вуглеводневих енергоносіїв [12].

Проведено три серії експериментів спалювання пропан-бутанової суміші і природного газу в повітрі. У всіх експериментах ефективність електроактивації компонентів реакції горіння оцінювалась за перевищенням часу (Δt) нагрівання води без активації компонентів реакції горіння над часом її нагрівання при їх активації. Повторність всіх експериментів трикратна.

В першій серії експериментальних досліджень 1,0 л води нагрівався від 20 °С до 40 °С. Імпульси електричного поля змінювались в діапазоні частот 0÷140 Гц.

В другій і третій серіях експериментів досліджувався вплив електроактивації молекул-реагентів реакції горіння при спалюванні пропану і природного газу в повітрі. В обох експериментах імпульси електричного поля досліджувались в діапазоні частот 0÷200 Гц. Ефективність дії імпульсного електричного поля різної частоти при спалюванні пропану і природного газу оцінювалась за часом нагрівання 0,7 л води від 20 до 40 °С.

Результати найбільш ефективних варіантів кожного експерименту приведені на рис.1.

Результати першого і другого експериментів подібні і показують, що найбільша ефективність спалювання пропану в повітрі (зменшення часу нагрівання води, порівняно з контролем, склало 26,0-27,0%) спостерігається при електроактивації обох компонентів реакції горіння імпульсами високої напруженості з частотою 100÷120 Гц.

Результати третього експерименту показують, що внесок в загальну ефективність реакції горіння активованого природного газу був незначним. Можна також зробити висновок про те, що активація лише повітря дає ефект подібний до ефекту при активації газу і повітря одночасно (зменшення часу нагрівання води, порівняно з контролем, було на рівні 15,0%). Тобто параметри активуючого електричного поля не дозволили провести активацію молекул метану як основної складової природного газу. Вміст метану в природному газі складає 89÷98% [13]. Тому, необхідно продовжити дослідження дії нерівномірного електричного поля високої напруженості на молекули-реагенти реакції горіння природного газу в повітрі.

З нашої точки зору, різниця в ступені електроактивації молекул пропану і метану полягає у величині поляризованості і будові молекул.

Просторова будова молекули метану CH_4 має тетраедричну форму з валентними кутами Н-С-Н рівними 109°28'. Молекула метану є симетричною, а значить неполяризованою. Симетричність молекули

метану обумовлює її стійкість до переведення електронів на енергетичні рівні збудження.

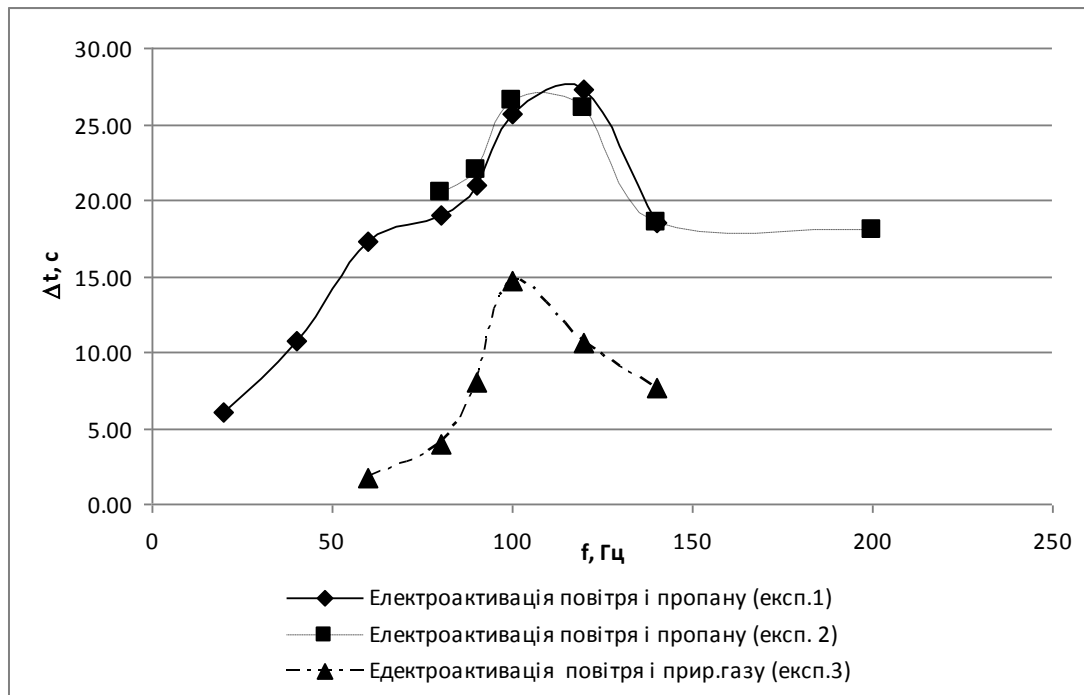


Рис. 1. Залежність скорочення часу нагрівання води від частоти електричних імпульсів високої напруженості.

Просторова будова молекули пропану C_3H_8 має зигзагоподібну форму і несиметричний розподіл електронних орбіталей. А це дозволяє з меншими енергетичними затратами переводити молекули пропану на рівні збудження.

Висновки. 1. Ефективність паливних установок на газоподібному вуглеводневому паливі може бути підвищена через електроактивацію молекул-реактивів реакції горіння в нерівномірному електричному полі високої напруженості.

2. Електроактивація нерівномірним електричним полем високої напруженості при частоті 100...120 Гц пропан-бутанової суміші і повітря призводить до зменшення часу нагрівання води на 19,0...22,1%.

3. При спалюванні активованого пропану в активованому повітрі відмічено аддитивний ефект впливу на ефективність процесу горіння.

4. Електроактивація нерівномірним електричним полем високої напруженості при частоті 100 Гц природного газу і повітря призводить до зменшення часу нагрівання на 12,0%. Електроактивація тільки повітря зменшує час нагріву на 11,1%. Так як $NP_{0,05}=2,46$, то це свідчить про несуттєвість відмінностей між варіантом електроактивації повітря і варіантом електроактивації повітря і природного газу.

5. Різницю в ефективності активації нерівномірним електричним полем високої напруженості пропан-бутанової суміші і природного газу можна пояснити відмінностями у величині поляризованостей молекул пропану-бутану і метану.

Література

1. *Гуков Я.С.* Використання відновлюваних джерел енергії в сільському господарстві (наукова доповідь) / *Я.С. Гуков.* – Глеваха: ННЦ „ІМЕСГ”, 2005. – 24 с.

2. *Енергетичний менеджмент: навчальний посібник* / [А.В.Праховник, В.П. Розен, О.В. Разумовський та ін.]. – К.: Київ. Нот. ф-ка, 1999. – 184 с.

3. *Перспективи енергозабезпечення України в контексті світових тенденцій* / [Н.Г. Земляний, А.З. Дорошкевич, Т.В. Рязова та ін.]. – Дніпропетровськ: НІСД, 2008. – 208 с.

4. *Физическая химия* / под ред. *К.С. Краснова.* - М. : Высшая школа, 2001. – Кн. 1. – 512 с; кн. 2. – 319 с.

5. *Ейрінг Г.* Основы химической кинетики / *Г.Ейрінг, С.Г.Лин, С.М.Лин.* – М.: Мир, 1983. – 528 с.

6. *Стромберг А.Г.* Физическая химия / *А.Г. Стромберг, Д.П. Семченко.* – М.: Высшая школа, 2001. – 530 с.

7. *Ковалишин Б.М.* Обґрунтування підвищення енергоефективності паливних установок через активацію молекул-реагентів реакції горіння / *Б.М.Ковалишин* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2012. – Вип.12, т.2. – С.157-164.

8. *Ковалишин Б.М.* Підвищення енергоефективності паливних установок через активацію молекул-реагентів реакції горіння / *Б.М. Ковалишин.* – Наукові вісті НТУУ "КПІ", 2011. – №1. – С.136-139.

9. *Капцов Н.А.* Электроника / *Н.А. Капцов.* – М.: «Гостехиздат», 1954. – 470 с.

10. *Мала гірнича енциклопедія.* В 3-х т. / За ред. *В.С. Білецького.* – Донецьк: Донбас, 2004. – 620 с.

11. *Бретшнайдер Ст.* Свойства газов и жидкостей. Инженерные методы расчета/ *Ст. Бретшнайдер.* – М.-Л.: Химия, 1966.–538 с.

12. *Ковалишин Б.М.* Застосування електричного поля високої напруги для підвищення енергоефективності паливних установок / *Б.М. Ковалишин* // Науковий вісник НУБіП України. Техніка та енергетика в АПК. – К.: 2011. – Вип. 161. – С.27-32.

13. ГОСТ 30319.2-96. Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение коэффициента сжимаемости. – Изд. офіц. – [Дата введения 1997-07-01]. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. – 71 с.

СПОСОБЫ АКТИВАЦИИ МОЛЕКУЛ-РЕАГЕНТОВ ГОРЕНИЯ РЕАКЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОПЛИВНЫХ УСТАНОВОК

Ковалышин Б.М., Червинский Л.С.

Аннотация

Теоретически и экспериментально обосновано использование электроактивации молекул-реагентов реакции горения для повышения энергоэффективности топливных установок на углеводородном топливе. Полученные экспериментальные результаты сжигания электроактивированные пропан-бутановой смеси и природного газа в воздухе показали различия в эффективности этого метода для обоих видов газообразного углеводородного топлива. Меньшая эффективность сжигания активированного газа в активированном воздухе по сравнению с электроактивированные пропан-бутановой смесью и воздухом объясняется степенью поляризуемости молекул-реагентов.

THE METHODS OF MOLECULES REAGENT ACTIVATING OF THE COMBUSTION REACTION TO IMPROVE EFFICIENCY OF FUEL EQUIPMENTS

B. Kovalyshyn, L. Chervinski

Summary

The using of electrical activation of molecules reagents of the combustion of fuel for energy efficiency installations on hydrocarbon fuels is proved theoretically and experimentally. The experimental results of the burning of electrically activated propane-butane mixtures and natural gas in the air showed differences in the efficiency of this method for both types of gaseous hydrocarbon fuels. The lower burning efficiency of activated natural gas in the activated air compared to the activated propane-butane mixture and air explained by the degree polarization of molecules reagents.

УДК 621.313.333

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ МАШИН БЕЗПЕРЕРВНОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ НА ЕЛЕВАТОРНИХ КОМПЛЕКСАХ

Середин М.Ю., асп.,*

Лисиченко М.Л., д.т.н.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Тел. (057) 712-50-56

Анотація – проведено аналіз можливого впливу якісних показників електричної енергії, що живить електроприводи машин безперервного транспортування, на ефективність їх роботи.

Ключові слова – машина безперервного транспортування, якість електричної енергії, автоматизований електропривод, нелінійне навантаження.

Постановка проблеми. За останні кілька років Україні вдалося не тільки стати успішним гравцем на світовому ринку зерна, а й почати активно конкурувати з провідними експортерами – США, Європейським Союзом, Австралією, Аргентиною та Росією. Такий успіх зовсім не дивний, враховуючи, що витрати виробництва для сільськогосподарських виробників, що працюють в Україні, в порівнянні з їх європейськими колегами значно вище.

На сучасних сільськогосподарських підприємствах в умовах науково-технічного прогресу створюються високоефективні технологічні процеси, впроваджуються нові прогресивні способи виробництва сільськогосподарської продукції, засоби автоматизації технологічних процесів, широко застосовуються обчислювальна техніка й автоматизовані системи керування. Внаслідок чого збільшується асортимент і якість переробляється продукції на об'єктах агропромислового комплексу України.

При цьому значне поширення набули навантаження з нелінійними вольт-амперними характеристиками. До їх числа належать, в першу чергу, різного роду перетворювачі частоти, головним чином тиристорні і транзисторні, які застосовуються для оптимізації технологічних процесів, установки дугового і контактного електрозварюван-

* Науковий керівник – д.т.н., проф. Лисиченко М.Л.

©асп. Середин М.Ю., д.т.н., проф. Лисиченко М.Л.

ня, газорозрядні лампи, силові трансформатори, магнітні підсилювачі та високотехнологічні напівпровідникові пристрої.

Перераховані навантаження споживають з мережі струм, крива якого виявляється несинусоїдальною, а в деяких випадках і неперіодичною. В результаті виникають нелінійні спотворення кривої напруги мережі або, іншими словами, несинусоїдальні режими. Також особливістю сільськогосподарських споживачів є їх значна віддаленість від електропостачальних об'єктів, що погіршує якість електроенергії.

Аналіз останніх досліджень. Несинусоїдальні режими несприятливо позначаються на роботі силового електрообладнання, систем релейного захисту, автоматики, телемеханіки та зв'язку. Виникаючі в результаті впливу економічні збитки обумовлені головним чином погіршенням енергетичних показників, зниженням надійності функціонування електричних мереж та скороченням терміну служби електроустаткування. Причому, іноді має місце погіршення якості і зменшення кількості випущеної продукції.

Враховуючи, що електропривод є основним споживачем електроенергії, прогресуюче впровадження вентильного електроприводу зумовило важливість і актуальність вирішення, як проблеми вищих гармонік, так і підтримання параметрів якості електричної енергії в електричних мережах в умовах АПК.

Формулювання мети статті. Метою даної статті є обґрунтування необхідності використання технічних засобів для підвищення ефективності використання електроприводу машин безперервного транспортування в умовах АПК.

Основна частина. Будь-яке обладнання може нормально функціонувати, якщо вплив зовнішніх факторів не перевищує допустимих значень. Останні зазвичай вказуються у технічних стандартах у вигляді постійних або довгостроково допустимих величин.

Вищі гармоніки (ВГ) в електричній мережі, як зазначалося раніше, небажані з ряду причин: з'являються додаткові втрати в електричній мережі, трансформаторах і мережах; ускладнюється компенсація реактивної потужності за допомогою конденсаторних батарей; скорочується термін служби ізоляції електричних машин і апаратів; погіршується робота пристроїв автоматики, телемеханіки і зв'язку.

При роботі машин безперервної дії з приводом від асинхронного електродвигуна, наприклад, спірально гвинтовий дозатор сипких речовин в умовах несинусоїдальної напруги знижуються його коефіцієнт потужності і швидкість обертання валу, а відповідно зменшується точність дозування. Якщо амплітуди 5-ї і 7-ї ВГ напруги становлять відповідно 20 і 15% амплітуди 1-ї гармоніки, то коефіцієнт потужності привода дозатора сипких речовин зменшується на 5,6% у порівнянні зі значенням його при синусоїдальній напрузі. В умовах сільськогоспо-

дарських підприємств спотворення напруги, як правило, бувають більшими внаслідок значної віддаленості від джерел живлення, тому вплив ВГ на коефіцієнт потужності асинхронного електродвигуна потрібно обов'язково враховувати.

Моменти, що розвиваються ВГ струму є дуже малими. Для асинхронного двигуна середньої потужності при питомій вазі 5-ї гармоніки напруги, рівній 20% основної, момент, обумовлений 5-ю гармонікою, складає 1,1% моменту, що розвивається струмом промислової частоти.

Значний вплив ВГ створюють на ізоляцію електричних машин і конденсаторів, які часто використовуються для підвищення коефіцієнта потужності, а також на вимірювальні прилади та пристрої автоматики. Спотворення форми кривої напруги помітно позначається на виникненні і протіканні іонізаційних процесів в ізоляції електричних машин і трансформаторів [1].

За наявності газових включень в ізоляції виникає іонізація, сутність якої полягає в утворенні об'ємних зарядів і подальшої їх нейтралізації. Нейтралізація зарядів пов'язана із розсіюванням енергії, наслідком якого є електричний, механічний та хімічний вплив на діелектрик. В результаті розвиваються місцеві дефекти в ізоляції, що призводить до збільшення діелектричних втрат і, в кінцевому рахунку, до скорочення терміну служби.

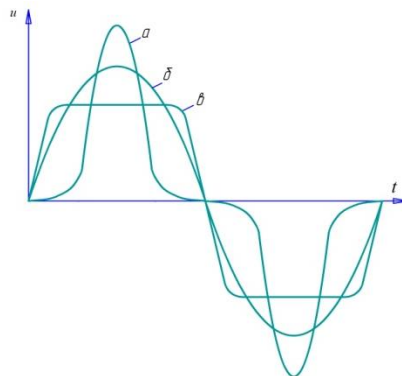


Рис. 1. Періодичні криві напруги різної форми: а – загострена форма синусоїди напруги; б – зразкова форма синусоїди напруги; в – плоска форма синусоїди напруги.

Дослідження показують, що при однакових амплітудах кривих а, б і в рис. 1 $\operatorname{tg} \delta$ буде більшим для кривої загостреної форми (а) і меншим для плоскої кривої (в) порівняно з синусоїдальною (б). На рис. 1 показані криві напруги, які описуються рівнянням виду

$$u = \sqrt{2}U_1 [\sin \omega t \pm \eta_3 \sin(3\omega t + \psi_3)], \quad (1)$$

де η_3 и ψ_3 – відповідно відносне значення амплітуди і початкова фаза 3-ї гармоніки напруги.

У трифазних мережах найчастіше зустрічаються непарні гармоніки, тому на практиці саме вони спричиняють найбільше зниження ефективності роботи електроприводу. Гармонійні струми вище 50-го порядку незначні і їх вимірюванням можна знехтувати. Достатня точність вимірювань досягається при аналізі гармонік до 30-го порядку.

Тому, компенсація гармонік до 13-го порядку обов'язкова. Однак, для забезпечення ефективної компенсації слід враховувати гармоніки до 25-го порядку. Загальне гармонійне спотворення сигналу визначається за формулою

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} y_h^2}}{y_1}. \quad (2)$$

Це поняття відповідає визначенню, даному в стандарті МЕК 61000-2-2. Слід зазначити, що його значення може перевищувати 1. Відповідно до стандарту, зазвичай можна обмежити h значенням 50. Вказана величина дозволяє оцінити за допомогою одного числа спотворення напруги або струму, що проходить через дану точку мережі [2].

Після аналізу використовуваних пристроїв для керування роботою машин безперервного транспортування виявилось, що найбільший вплив на якість електричної енергії здійснюють частотні перетворювачі, які використовуються для регулювання частоти обертання асинхронних електроприводів.

На рис. 1 показані миттєві значення фазних напруг в одній з мереж 0,38 кВ, що живить 12-імпульсні випрямлячі перетворювачів частоти потужністю 2,2 кВт. Високочастотні коливання напруги призводять до збоїв електронних приладів (комп'ютерів, цифрових реле та електролічильників), що знаходяться в мережі, і створюють телефонні перешкоди. Спектр напруг, розрахований до частоти 10 кГц ($f_{\text{вим}} = 20$ кГц), явно має гармоніки з частотою більше 200-й кратності.

При відносно малому навантаженні перетворювачів (близько 25%) для керування машинами безперервного транспортування спостерігаються близькі до нуля кути комутації та великі di/dt . Дванадцять разів за період виникають різкі зрізи зворотних струмів IGBT-транзисторів. В результаті чого спектр гармонійних збурень по струму не згасає і на 200-й гармоніці. Неприпустимі гармонійні збурення спостерігалися і при навантаженні, що наближається до номінального, незважаючи на збільшення кутів комутації [3].

Вимірювання показників рівня гармонік може здійснюватися або приладами, постійно встановленими в мережі, або експертом, виконуючим цю роботу на об'єкті протягом не менше половини дня (обмежений огляд). З кількох причин установка вимірювальних приладів в мережі на постійній основі є кращою, в наслідок того, що тривалість аналізу експерта, який наймається підприємством, обмежена. В той

час як вимірювання стаціонарно встановлених приладів в різних точках електроустановки за певний досить тривалий період часу (від 1 тижня до 1 місяця), дають загальну картину роботи установки. Крім того, позитивним моментом встановлення стаціонарного аналізатора мережі є врахування всіх випадків, які можуть мати місце в мережі: коливань напруги джерела живлення, коливань у роботі електроустановки, додавання нового обладнання в електроустановку.

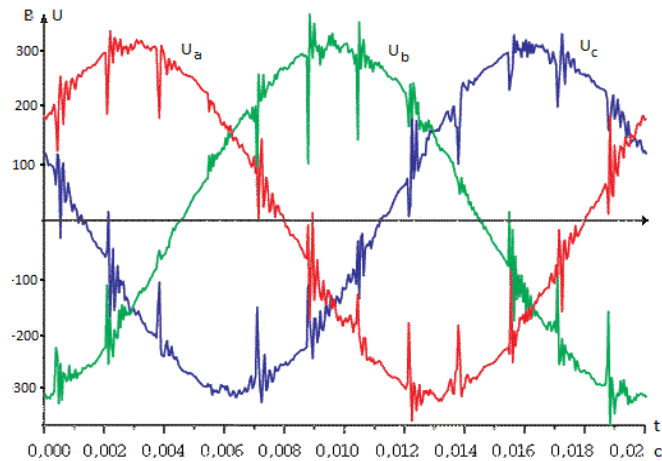


Рис. 2. Фазні напруги в мережі з навантаженням перетворювачів частоти та їх спектри.

Після аналізу асортименту існуючих на даний момент аналізаторів мережі стало видно, що оптимальним варіантом є використання системи Power Logic від компанії Schneider Electric.

Вимірювальна система включає в себе 1 вимірювальний пристрій PM820, що встановлюється на панелі управління виробничого приміщенн. Пристрій з'єднуються з оператором або допоміжними пристроями за допомогою фізичного середовища передачі даних RS485 і карти Ethernet. PM8ECC доповнює PM820 для забезпечення зв'язку з мережею Ethernet виробництва. Контроль здійснюється за допомогою програмного забезпечення PowerView [2].

Прилад служить для одночасної візуалізації поточних і довгострокових впливів гармонік.

Для правильного аналізу необхідні значення, виміряні за тимчасові проміжки від декількох секунд до декількох хвилин, при періодах спостереження в кілька днів.

Висновки. Силові статичні перетворювачі частоти, що використовуються для керування асинхронними електроприводами, установки дугового і контактного електрозварювання, газорозрядні лампи, силові магнітні підсилювачі та трансформатори та високотехнологічні напівпровідникові пристрої зустрічаються все частіше в сільських розподільних мережах. Всі ці споживачі є джерелами вищих гармонік і

негативно впливають на роботу як машин безперервного транспортування, так і інших споживачів електричної енергії. Успішна боротьба з «забрудненням» гармоніками починається з вимірювання. Обладнання Schneider Electric забезпечує різні рішення в залежності від конкретної електроустановки.

Література

1. *Жежеленко И.В.* Высшие гармоники в системах электропитания промпредприятий / *И.В. Жежеленко.* – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 331 с.
2. *Колломбет К.* Техническая коллекция Schneider Electric. Вып. № 22. Гармонические искажения в электрических сетях и их снижение / *К. Колломбет, Ж.М.Люпен.* – К.: 2008. – 32 с.
3. *Климов В.П.* Проблемы высших гармоник в современных системах электропитания / *В.П. Климов, А.Д.Москалев* // Практическая силовая электроника. Науч.-техн.сб. / Под ред. *Г.М. Мальшикова, А.В. Лукина.* – М.: АОЗТ "ММП-Ирбис", 2002. – Вып 5. – С.16-25.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ МАШИН НЕПРЕРЫВНОГО ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ НА ЭЛЕВАТОРНОМ КОМПЛЕКСЕ

Середин М.Ю., Лисиченко М.Л.

Аннотация

Проведён анализ возможного влияния качественных показателей электрической энергии, питающей электроприводы машин непрерывной транспортировки, на эффективность их работы.

ANALYSIS OF INFLUENCE ON THE QUALITY OF ELECTRICAL ENERGY EFFICIENCY MACHINES FOR CONTINUOUS TRANSPORTATION TO ELEVATOR COMPLEX

M.Seredin, M.Lysychenko

Summary

It is analyze the impact of quality indicators of the electrical energy delivered by the continuous transportation of electric cars on the effectiveness of their work.

УДК66.086.2

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕКТРОДНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОСЕПАРАТОРІВ

Назаренко І.П., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619)43-54-32

Анотація – на підставі співставлення результатів математичного моделювання електричного поля багатоелектродних систем з експериментальними даними отримані графічні залежності, що дозволяють розрахувати теплові втрати в системах циліндричних багатофазних електродів електросепараторів.

Ключові слова – електрод, електричне поле, електропровідність, електросепаратор

Постановка проблеми. В технологіях очищення та сепарації рідин можуть використовуватись пристрої, в принцип роботи яких покладена взаємодія електричного поля з частинками домішок, що підлягають видаленню. Найбільш ефективно такі пристрої працюють в рідинах з малою електропровідністю: рослинні олії, рідини для змащування та охолодження, інші нафтопродукти та вуглеводневі рідини [1]. В таких рідинах можливо створювати електричне поле значної напруженості, що є умовою високоякісного очищення або сепарації. Але при великій напруженості електричного поля в слабопровідній рідині виникають теплові втрати відповідно закону Джоуля - Ленца. Для врахування цих втрат потрібно визначити розподіл напруженості електричного поля в електродній області.

В складних багатоелектродних системах, які використовуються в електросепараторах, розрахунок електричного поля має певні труднощі, особливо у разі циліндричних багатофазних систем електродів.

Аналіз останніх досліджень. Для розрахунку електричного поля існує багато методів, кожний з яких підходить до певного класу задач електростатики [2]. В роботі [3] були порівняні результати моделювання електричного багаторядних систем циліндричних та пластинчастих електродів методом комплексного потенціалу та чисельним методом кінцевих елементів. Було показано, що поле циліндричної системи електродів може бути описане методом комплексного потенціалу для системи дворядних пластинчастих електродів. При цьому потрібно врахо-

увати похибку, пов'язану з прийнятим наближенням. Найбільша похибка виявилась в областях поблизу поверхні електродів.

Формулювання мети статті. Робота направлена на визначення теплових втрат в слабо провідній рідині, що знаходиться в електричному полі, створеному три та чотирифазними системами циліндричних електродів, розташованих рядами при різних співвідношеннях розмірів міжелектродної області та діаметрах електродів.

Основна частина. Питома електропровідність слабопровідних суспензій, що підлягають очищенню та сепарації, може знаходитись в досить широких межах – від 10^{-6} до 10^{-14} См/м. Тому в залежності від величини питомої електропровідності суспензії змінюються і енерговитрати, пов'язані з виділенням тепла, відповідно закону Джоуля - Ленца. Електропровідність електродних систем залежить від їх розмірів: відстані між електродами, діаметру та довжини електродів. Ці параметри, а також величина напруги та схема її подачі на електроди і визначають енерговитрати на проведення процесу очищення або сепарації суспензій в електричному полі.

Електропровідність пластинчастих систем може бути розрахована, якщо відомі їх геометричні параметри при нехтуванні крайовими ефектами, якщо розміри пластин перевищують відстань між ними. Більш значну складність викликає розрахунок електропровідності систем циліндричних електродів. Тому для визначення електропровідності цих систем проаналізовані результати вимірювання за стандартною методикою [4] та результатами математичного моделювання методом кінцевих елементів.

Для експериментального визначення електропровідності використовувались двоядні три- та чотирифазні системи циліндричних електродів з подачею напруги як з зсувом фаз між протилежними електродами, так і без зсуву в середовищі гліцерину, питома електропровідність якого складає $1,6 \cdot 10^{-7}$ См/м.

При проведенні досліджень на електроди подавалась трифазна та чотирифазна напруга, яка вимірювалась кіловольтметром С-196. Лінійний струм вимірювався мікроамперметром М265М.

Еквівалентна схема заміщення – це симетричний трикутник для трифазної системи та симетричний чотирикутник для чотирифазної. Фазна електропровідність для трифазної системи розраховувалась за формулою

$$Y = \frac{I}{\sqrt{3}U}, \quad (1)$$

а для чотирифазної – за формулою

$$Y = \frac{I}{\sqrt{4}U}, \quad (2)$$

де Y – фазна електропровідність, См;

I – лінійний струм, А;

U – напруга, В.

Для математичного моделювання електричного поля та визначення його параметрів використовувались програмні засоби «ELCUT». Програма дозволяє визначити потужність тепловиділення в об'ємі, якщо задані потенціали на відповідних поверхнях. Електропровідність розраховувалась за формулою

$$Y = \frac{P}{m \cdot U^2}, \quad (3)$$

де P – потужність тепловиділення в об'ємі, Вт;

m – кількість фаз.

В таблиці 1 порівняно результати експериментального вимірювання з результатами моделювання та визначення електропровідності трьох - та чотирьохфазних дворядних систем циліндричних електродів при відстані між електродами в ряду та відстані між рядами – 2,5 мм, активній довжині електродів – 20 мм, діаметрі електродів – 1 мм і кількості електродів – 32 шт.

Таблиця 1 – Порівняння експериментальних даних з результатами моделювання по визначенню електропровідності гліцерину в багатofазних системах циліндричних електродів

Система на- пруг	Експериментальні вимірювання			Імітаційне моделювання	
	Напруга, кВ	Лінійний струм, мкА	Електропро- відність, нСм	Поту- жність, Вт	Елект- ропро- відність, нСм
3 фази без зсуву	2,5	75	17,4	0,307	16,4
3 фази зі зсувом	2	75	21,7	0,252	21,0
4 фази без зсуву	3	63	14,9	0,51	14,2
4 фази зі зсувом	2	58	20,6	0,315	19,7

Результати свідчать про те, що розбіжність для всіх випадків не перевищує 6%, що дає підставу аналізувати енерговитрати різноманітних конфігурацій систем циліндричних електродів на основі імітаційного моделювання без додаткової експериментальної перевірки.

Незалежно від схеми подачі напруги на електроди електропровідність фази визначається формулою [5]

$$Y = \frac{P}{m \cdot U^2} = C \cdot \sigma, \quad (4)$$

де C – коефіцієнт, що залежить від параметрів системи електродів, м;

σ – питома електропровідність середовища, См/м.

Для двомірних електричних полів, які розглядаються в роботі, третє вимірювання поля (довжина електродів B) визначає тільки потужність і може не враховуватись при визначенні коефіцієнту C

$$Y = C \cdot \sigma = K \cdot B \cdot \sigma, \quad (5)$$

де K – геометричний коефіцієнт системи електродів.

Геометричний коефіцієнт K циліндричних багаторядних систем електродів залежить від діаметру електродів, відстані між рядами та між електродами в ряду (або відстані між електродами в ряду та співвідношення розмірів), кількості фаз та схеми подачі напруги на електроди. Залежності геометричного коефіцієнту від діаметру електродів для різних співвідношень розмірів міжелектродної області трифазних та чотирифазних багаторядних систем електродів (рис. 1 – рис.4).

Очевидно, що при збільшенні електродної області (область визначається відстанями між електродами та кількістю електродів) в n разів площа області та об'єм збільшуються в n^2 разів, електричне поле зменшується в таку ж кількість разів, а щільність енергії поля та потужності тепловиділення зменшується в n^2 .

В результаті загальна потужність тепловиділення та фазна електропровідність не змінюються. Це дає підстави на основі графічних залежностей геометричного коефіцієнту електродної області від діаметру електродів при різних співвідношеннях розмірів міжелектродної області визначати електропровідність будь-якої системи циліндричних електродів, що розташовані рядами. Базовий розмір – відстань між електродами в ряду H для зручності розрахунків був прийнятий таким, що дорівнює 1 м.

Із співвідношення

$$\frac{d}{D} = \frac{h}{H},$$

де d – діаметр електроду, м,

D – діаметр електроду приведений до області з розміром $H = 1$ м, для якої отримані залежності рис. 1 – рис.4, м,
витає

$$D = \frac{d}{h}. \quad (6)$$

Геометричні коефіцієнти, що визначаються залежностями на рис. 1 – рис. 4, приведені у перерахунку до одного електроду.

Таким чином, для визначення фазної електропровідності систем електродів визначається приведений діаметр за формулою (6), за величиною якого та співвідношенням розмірів міжелектродної області за графіками рис. 1 – рис.4 визначається геометричний коефіцієнт K . Фазна електропровідність розраховується за формулою

$$Y = K \cdot B \cdot \sigma \cdot N, \tag{7}$$

де N – кількість електродів.

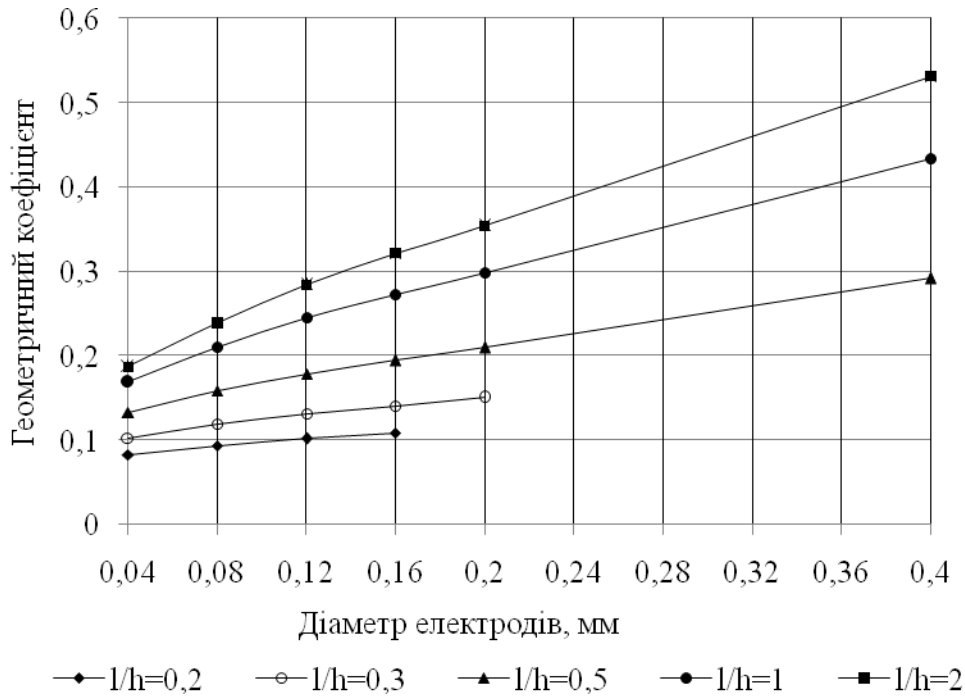


Рис. 1. Залежності геометричного коефіцієнту трифазної системи електродів без зсуву фаз між протилежними електродами.

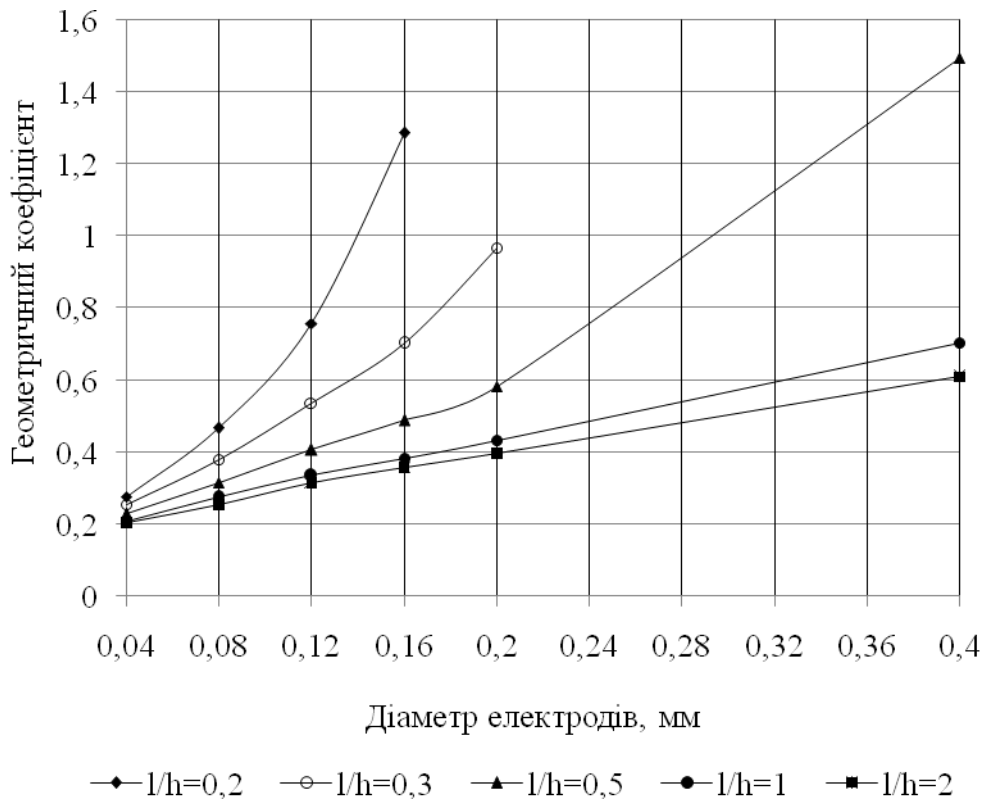


Рис. 2. Залежності геометричного коефіцієнту системи електродів зі зсувом фаз між протилежними електродами.

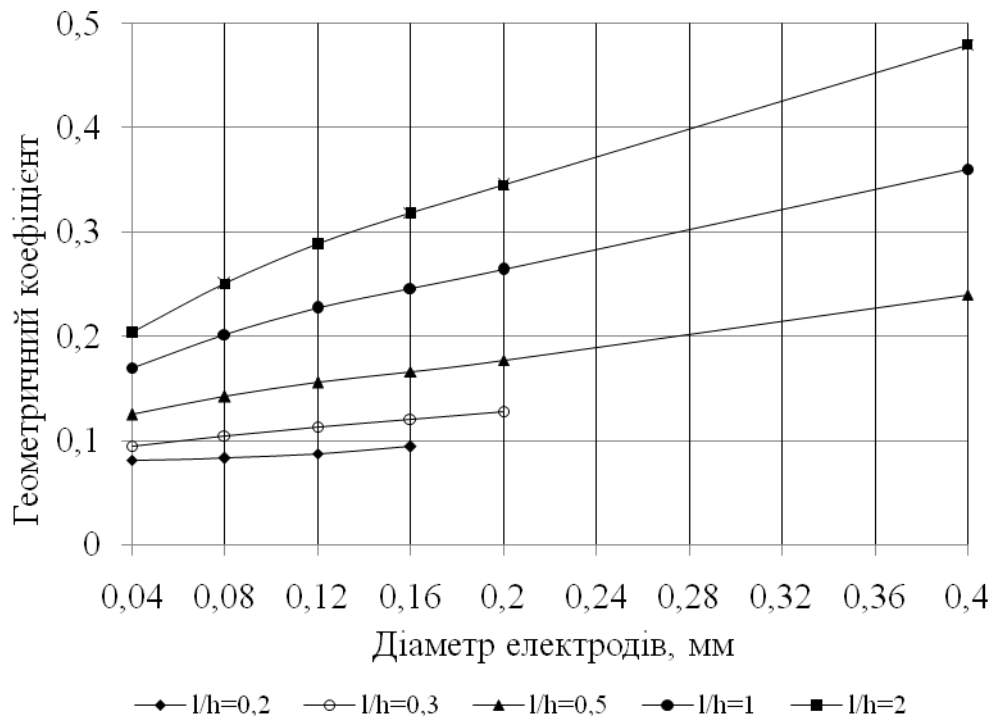


Рис. 3. Залежності геометричного коефіцієнту чотирифазної системи електродів без зсуву фаз між протилежними електродами.

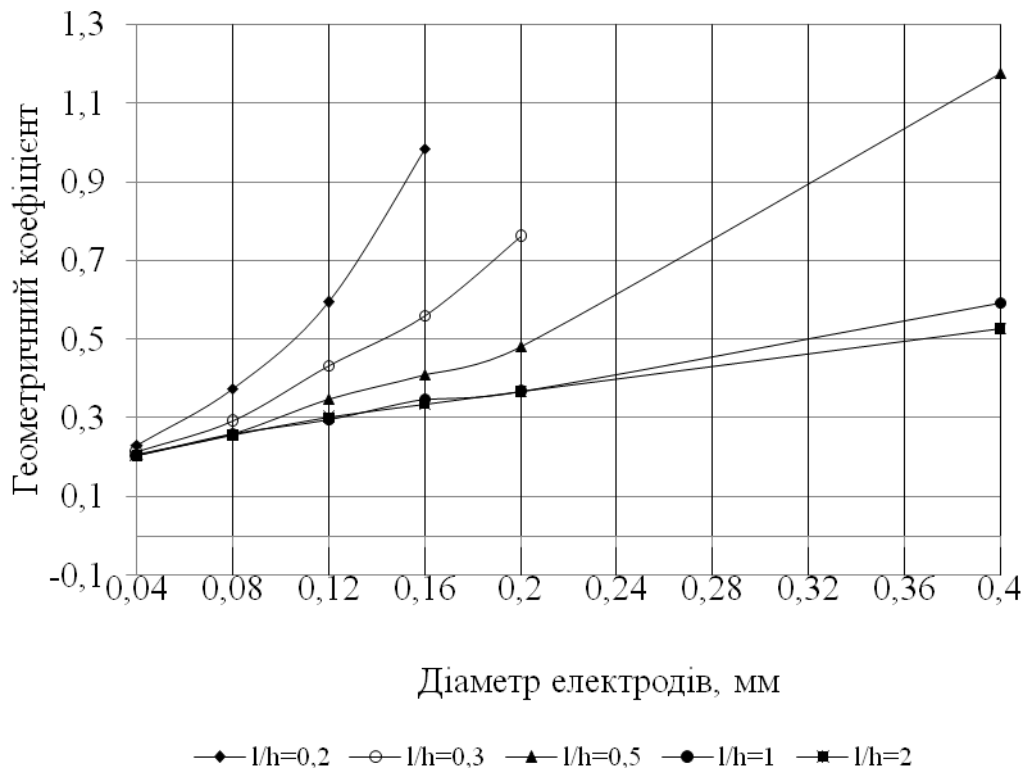


Рис. 4. Залежності геометричного коефіцієнту чотирифазної системи електродів зі зсувом фаз між протилежними електродами.

Висновки. Отримані результати дають змогу визначати електропровідність систем циліндричних електродів, теплові витрати та потужність пристроїв очищення та сепарації слабопровідних суспензій.

Література

1. *Эфендиев О.Ф.* Электроочистка жидкости в пищевой промышленности / *О.Ф. Эфендиев.* – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 149с.
2. Методы расчета электростатических полей / *Н. Н. Миролубов, М. В. Костенко, М. Л. Левинштейн, Н. Н. Тиходеев.* – М.: Высшая школа, 1963. – 415 с.
3. Моделювання електричного поля багатоелектродних систем пристроїв електричної очистки та сепараторації діелектричних суспензій / *І.П. Назаренко, В.Ф. Яковлев, О.І. Лобода, С.В. Петриченко* // Вісник Сумського національного аграрного університету. – Суми: СНАУ, 2012.– Вип.3(23): Механізація та автоматизація виробничих процесів.– С.117-122.
4. ГОСТ 6581-75. Материалы электроизоляционные жидкие. Методы электрических испытаний. – Введ. 01.01.77. – М.: Изд-во стандартов, 2008. – 16 с.
5. *Кудрявцев И.Ф.* Электрический нагрев и электротехнология / *И.Ф. Кудрявцев, В.А. Карасенко.*– М.: Колос, 1975. – 384 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОДНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСЕПАРАТОРОВ

Назаренко И.П.

Аннотация

На основании сопоставления результатов математического моделирования электрического поля многоэлектродных систем с экспериментальными данными получены графические зависимости, которые позволяют рассчитать тепловые потери в системах цилиндрических многофазных электродов электросепараторов.

RESEARCH OF POWER INDEXES OF SYSTEMS OF ELECTRODES OF ELECTROSEPARATORS

I. Nazarenko

Summary

On the basis of comparison of results of mathematical design of the electric field of the systems of multielectrodes with experimental information graphic dependences which allow to expect thermal losses in the systems of cylinder many phases electrodes of electro-separators are got.

УДК 631.436

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ИЗНОСА ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ МТА

Вороновский И.Б., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел/факс 8(0619)44-02-74

Аннотация – в работе обосновано влияние надежности топливной системы дизельного двигателя на эффективность (МТА) в зависимости от загрязненности дизельного топлива.

Ключевые слова – дизельное топливо, топливная система, МТА, граф состояний, интенсивность и вероятность событий, отказ, надежность, загрязнения.

Постановка проблемы. Мобильный машинно-тракторный агрегат (МТА) представляет собой систему, состоящую из ряда подсистем. К таким подсистемам, выполняющим самостоятельные функции, относится топливная система дизельного двигателя, которая, в свою очередь также может быть представлена, как система, состоящая из более мелких подсистем. Надежность машинно-тракторного агрегата зависит от надежности каждой из подсистем, а также от способа их соединения в общую систему.

В топливных системах дизельных двигателей предусмотрена многоступенчатая очистка топлива: предварительная – при заправке топливного бака; грубая – в фильтрах грубой очистки на двигателе; окончательная (тонкая) – в фильтрах тонкой очистки на двигателе. Иногда применяется дополнительная очистка в предохранительных фильтрах форсунок.

Анализ последних исследований. Важные методические аспекты обоснования увеличения сроков службы деталей и узлов, работающих в среде ТСМ, предложили А.А. Гуреев, Г.Ф. Большаков, К.В. Рыбаков, Г.П. Лышко, Н.К. Итинская, и др. Эксплуатационная надежность узлов сельскохозяйственной техники, работающих в среде ТСМ, рассматривалась в работах М.А. Григорьева, Е.Н. Жулдыбина, А.В. Кузнецова, А.И. Селиванова, В.А. Дидура [2] и других.

Формулирование цели статьи. Целью статьи является обоснование влияния надежности топливной системы дизельного двигателя на функциональные характеристики работы МТА в зависимости от

износа плунжерных пар ТНВД и загрязненности дизельного топлива механическими примесями и водой.

Основная часть. В зависимости от условий эксплуатации МТА концентрация пыли в воздухе колеблется в широких пределах и в некоторых районах юга Украины достигает 5 г/м^3 . Это отрицательно влияет на работоспособность систем двигателя, в том числе на работоспособность топливной аппаратуры. При работе МТА при запыленности воздуха $1,1 \dots 2,5 \text{ г/м}^3$ содержание загрязняющих примесей в топливе к моменту его выработки в 2-3 раза больше, чем при заправке. Топливные фильтры тракторных дизелей не обеспечивают достаточной степени очистки топлива от механических примесей, которые проникают к прецизионным деталям топливной аппаратуры [1, 3, 4].

По количеству и расположению средств очистки топливные системы дизелей с/х техники можно разделить на три группы: с последовательным расположением фильтрующих элементов, с параллельным расположением и комбинированным расположением.

Для моделирования надежности топливных систем различных типов с помощью графов их состояния (рис. 1, а-в), использована математическая модель марковского случайного процесса с дискретными состояниями и непрерывным временем, согласно которой: S_0 – исправное состояние топливной системы; S_1 – выход из строя фильтра грубой очистки; S_2, S_3 – выход из строя фильтров тонкой очистки.

Примем, что поток отказов фильтров простейший и время между отказами в этом потоке распределяется по показательному закону и определяется параметрами интенсивности отказов

$$\lambda = \frac{1}{t_{\delta}}, \quad (1)$$

где t_{δ} – среднее время безотказной работы фильтра.

По стрелкам вправо систему из состояния в состояние переводят отказы, а по стрелкам влево – ремонты с интенсивностью восстановления

$$\mu = \frac{1}{t_p}, \quad (2)$$

где t_p – среднее время восстановления исправного состояния заменой фильтра.

Применяя правило Колмогорова [5], запишем систему дифференциальных уравнений вероятностей состояний для рис. 1 а-в:

$$\begin{cases} \frac{dp_0}{dt} = -\lambda_{01}p_0 + \mu_{10}p_1; \\ \frac{dp_1}{dt} = \lambda_{01}p_0 - \lambda_{12}p_1 + \mu_{12}p_2 - \mu_{10}p_1; \\ \frac{dp_2}{dt} = \lambda_{12}p_1 - \mu_{21}p_2 - \lambda_{23}p_2 + \mu_{32}p_3; \\ \frac{dp_3}{dt} = \lambda_{23}p_2 - \mu_{32}p_3. \end{cases} \quad (3)$$

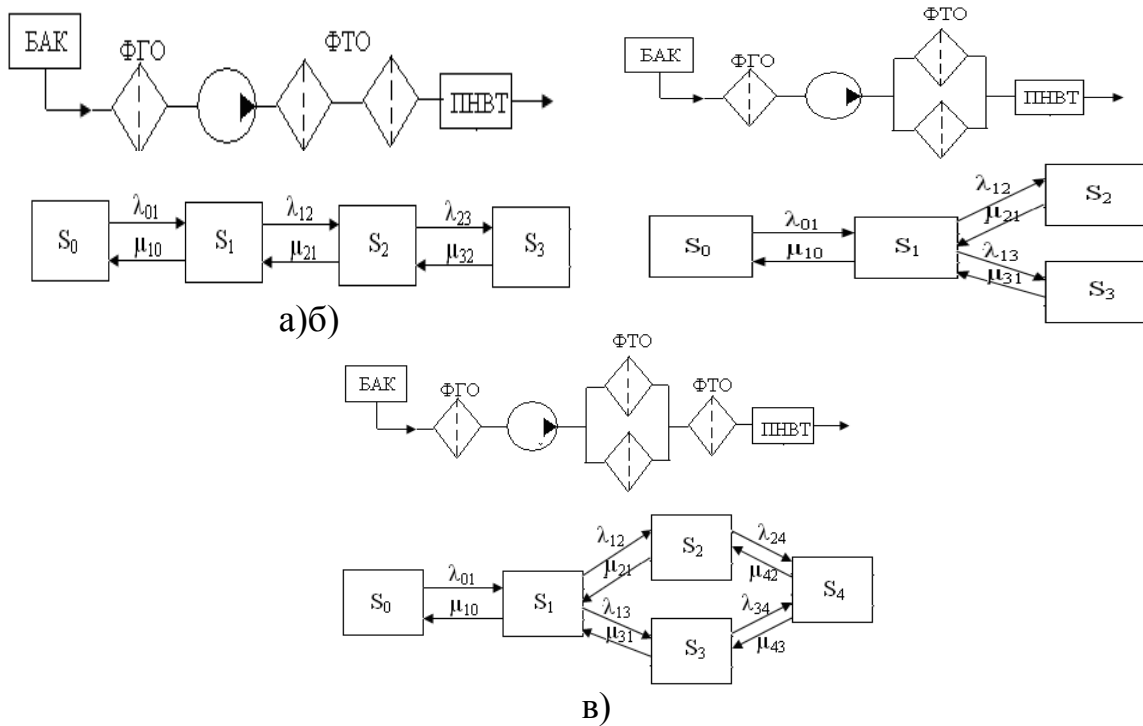


Рис.1. Схема соединения элементов топливных систем и графы их состояния: а – последовательным соединением фильтров тонкой очистки; б – с параллельным соединением фильтров тонкой очистки; в – с комбинированным соединением фильтров тонкой очистки ФГО – фильтр грубой очистки; ФТО – фильтр тонкой очистки.

Полагая левые части равными нулю, получим систему алгебраических уравнений предельных состояний. Используя нормировочное условие: $p_0 + p_1 + p_2 + p_3 = 1$, а также условие, что при $t = 0, p_0 = 1$, получим выражения для определения вероятности нахождения топливных систем в исправном состоянии:

$$p_{0п} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} + \frac{\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{21}\mu_{10}} + \frac{\lambda_{23}\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{32}\mu_{21}\mu_{10}}} \quad (4)$$

Вероятность отказа фильтра грубой очистки

$$p_{1п} = \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} p_{0п}; \quad (5)$$

вероятность отказа фильтра тонкой очистки, фильтр №2

$$p_{2П} = \frac{\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{21}\mu_{10}} p_{0П}; \quad (6)$$

вероятность отказа фильтра тонкой очистки, фильтр №3

$$p_{3П} = \frac{\lambda_{23}\lambda_{12}\lambda_{10}}{\mu_{32}\mu_{21}\mu_{10}} p_{0П}. \quad (7)$$

Применяя аналогичный математический аппарат, получим формулы для определения вероятностей состояний топливной системы с параллельным и комбинированным соединением фильтрующих элементов (рис. 1, б и 1, в).

Опустив математические преобразования, запишем окончательные формулы для определения вероятности нахождения системы в исправном состоянии рис. 1, б:

$$p_{0ПР} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} + \frac{\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{21}\mu_{10}} + \frac{\lambda_{13}\lambda_{01}}{\mu_{31}\mu_{10}}}; \quad (8)$$

вероятность отказа фильтра грубой очистки

$$p_{1ПР} = \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} p_{0ПР}; \quad (9)$$

вероятность отказа фильтров тонкой очистки:

$$p_{2ПР} = \frac{\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{21}\mu_{10}} p_{0ПР}; \quad (10)$$

$$p_{3ПР} = \frac{\lambda_{13}\lambda_{01}}{\mu_{31}\mu_{10}} p_{0ПР}. \quad (11)$$

Окончательные формулы для определения вероятностей имеют вид для схемы расположения рис. 2, в.

Вероятность нахождения в исправном состоянии:

$$p_{0К} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} + \frac{\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{21}\mu_{10}} + \frac{\lambda_{13}\lambda_{01}}{\mu_{31}\mu_{10}} + \frac{\lambda_{24}\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{42}\mu_{21}\mu_{10}}}; \quad (12)$$

вероятность отказа фильтра грубой очистки

$$p_{1К} = \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} p_{0К}; \quad (13)$$

вероятность отказа фильтров тонкой очистки соединенных параллельно, №2 и №3

$$p_{2К} = \frac{\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{21}\mu_{10}} p_{0К}; \quad (14)$$

$$p_{3К} = \frac{\lambda_{13}\lambda_{01}}{\mu_{31}\mu_{10}} p_{0К}; \quad (15)$$

вероятность отказа фильтра тонкой очистки соединенного последовательно, №4

$$p_{4K} = \frac{\lambda_{24}\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{42}\mu_{21}\mu_{10}} p_{0K}. \quad (16)$$

В качестве альтернативы рассмотрим разветвленную схему соединения дополнительных фильтров тонкой очистки включенных параллельно, которая представлена на рис. 2.

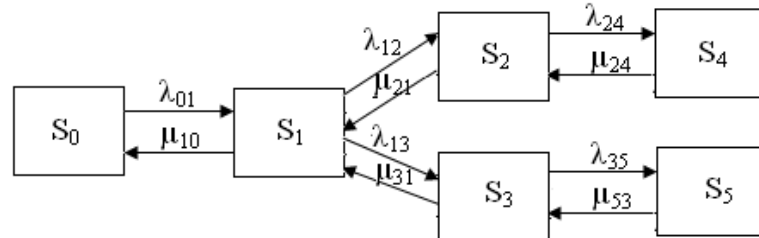


Рис. 2. Граф состояний разветвленной топливной системы с дополнительными фильтрами соединенными параллельно.

Согласно приведенного графа состояний топливной системы на рис. 2 получим следующие формулы.

Вероятность нахождения системы в исправном состоянии:

$$p_{0P} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} + \frac{\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{21}\mu_{10}} + \frac{\lambda_{13}\lambda_{01}}{\mu_{31}\mu_{10}} + \frac{\lambda_{24}\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{42}\mu_{21}\mu_{10}} + \frac{\lambda_{35}\lambda_{13}\lambda_{01}}{\mu_{53}\mu_{31}\mu_{10}}}; \quad (17)$$

вероятность отказа фильтра грубой очистки

$$p_{1P} = \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} p_{0P}; \quad (18)$$

вероятность отказа фильтров тонкой очистки №2 и №3

$$p_{2P} = \frac{\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{21}\mu_{10}} p_{0P}; \quad (19)$$

$$p_{3P} = \frac{\lambda_{13}\lambda_{01}}{\mu_{31}\mu_{10}} p_{0P}; \quad (20)$$

вероятность отказа фильтра тонкой очистки №4 и №5

$$p_{4P} = \frac{\lambda_{24}\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{42}\mu_{21}\mu_{10}} p_{0P}; \quad (22)$$

$$p_{5P} = \frac{\lambda_{35}\lambda_{13}\lambda_{01}}{\mu_{53}\mu_{31}\mu_{10}} p_{0P}. \quad (23)$$

Выполним теоретический расчет вероятностей различных схем топливных систем по формулам (1...23) при единых начальных условиях: - сроки замены фильтров один раз в сезон (шесть месяцев), т.е. $\lambda=1/6$, при этом интенсивность воздействия на фильтры распределяется неравномерно. Например, для топливной системы на рис. 2.а, фильтр грубой очистки подвергается максимальному воздействию загрязнения, т.е. $\lambda_{01}=3/6$, а последующие два фильтра тонкой очистки с интенсивностью $\lambda_{12}=2/6$, $\lambda_{23}=1/6$.

Интенсивность восстановления распределяется аналогично: $\mu_{32}=1/1=1$; $\mu_{21}=2/1=2$; $\mu_{10}=3/1=3$, из расчета, что время на замену одного фильтра составляет один час.

Подставляя приведенные интенсивности λ и μ в формулы (1...23), получим вероятности нахождения топливных систем различных схем соединения фильтров, рис. 2 и рис. 3 в исправном состоянии p_0 и вероятности выхода из строя фильтров $p_{1...5}$.

Результаты расчета представим таблично (табл. 1).

Таблица 1– Результаты расчета вероятностей исправного состояния p_0 и вероятностей отказов фильтров $p_{1...5}$

Схема соединения фильтров в топливной системе	Вероятность состояния системы p_0	Вероятность отказа ФГО, p_1	Вероятность отказа ФГО №1, p_2	Вероятность отказа ФГО №2, p_3	Вероятность отказа ФГО №3, p_4	Вероятность отказа ФГО №4, p_5
Последовательное соединение фильтров, рис. 2.1	0,835	0,139	0,023	0,0038	-	-
Параллельное соединение фильтров, рис. 2.2	0,7	0,175	0,058	0,058	-	-
Комбинированное соединение фильтров, рис. 2.3	0,816	0,136	0,022	0,022	0,0036	-
Разветвленное соединение с дополнительными ФГО, рис. 2.7	0,813	0,135	0,022	0,022	0,0036	0,0036

Выводы. 1. Максимальной вероятностью нахождения фильтров в исправном состоянии обладает система с последовательным соединением фильтров, ($p_0=0,835$).

2. Увеличение количества фильтров тонкой очистки и включение их в схему топливоподачи параллельно, не увеличивает вероятности исправного состояния системы, такой путь является мало эффективным.

3. Максимальную вероятность отказа из всех фильтров имеет фильтр грубой очистки, особенно при параллельном соединении фильтров тонкой очистки ($p_1=0,175$), а затем, на порядок меньше, фильтры тонкой очистки.

Исходя из полученных теоретических данных следует, что наиболее эффективной системой соединения фильтров следует считать последовательное соединение, состоящее из фильтра грубой очистки и двух фильтров тонкой очистки.

Литература

1. Григорьев М.А. Обеспечение надежности двигателей /М.А. Григорьев, В.А. Донецкий. –М.: Стандарты, 1978. –324 с.
2. Дідур В.А. Вплив забрудненості дизельного палива на ефективність використання машинно-тракторних агрегатів (МТА) / В.А. Дідур, В.В. Дідур, І.Б. Вороновський // Праці ТДАТА. – 2005. – Вип. 33. – С.3-13.
3. Григорьев М.А. Очистка масла и топлива в автотракторных двигателях /М.А. Григорьев. –М.: Машиностроение, 1970. –270 с.
4. Кацук А.С. Практикум по техническому обслуживанию трактора / А.С. Кацук. –Глеваха: ИМЭСХ, 2002.–109 с.
5. Венцель Е.С. Исследование операций / Е.С.Венцель.– М.: Советское радио, 1972.– 552 с.

МОДЕЛЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЗНОСУ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА МТА

Вороновський І.Б.

Анотація

В роботі обґрунтований вплив надійності паливної системи дизельного двигуна на ефективність роботи (МТА) залежно від забрудненості дизельного палива.

DESIGN OF RELIABILITY AND WEAR OF FUEL SYSTEM OF DIESEL ENGINE OF MTA

I.Voronovski

Summary

Influence of reliability of the fuel system of diesel engine is in-process grounded on efficiency (MTA) depending on muddiness of fuel-oil.

УДК 621.311.664.72

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ОБЛАДНАННІ ПОТОКОВИХ ЛІНІЙ ЗЕРНООЧИСНИХ АГРЕГАТІВ

Постнікова М.В., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-31-59

Анотація – проаналізовано використання електроенергії в обладнанні поточкових ліній зерноочисних агрегатів.

Ключові слова – втрати активної потужності, корисна активна потужність, спожита потужність, енергетичний ККД, раціональне використання електроенергії.

Постановка проблеми. Створення і експлуатація поточкових ліній очищення зерна надзвичайно гостро висуває завдання ефективного використання обладнання, збільшення його продуктивності, зниження витрат енергії і засобів на одиницю оброблюваної продукції.

Аналіз останніх досліджень. Проаналізовані шляхи зниження енергетичних витрат при обробці зерна. В результаті вивчення літературних даних проведено аналіз принципів організації обробки зерна на зернопунктах, на підставі чого встановлені технологічні операції обробки зерна, розподілення витрат електроенергії на них. При аналізі перетворення та використання електричної енергії, що споживається з електричної мережі силовим приводним електрообладнанням робочих машин поточкових ліній зерноочисних агрегатів в режимах роботи близьких до номінальних, встановлено, що головні витрати електричної енергії пов'язані з виконанням машинами технологічних операцій.

Більша частина споживаної електричної енергії витрачається на робочий процес технологічного зерноочисного агрегату, а решта витрачається на втрати в електродвигуні. Ефективність перетворення та використання електричної енергії визначається співвідношенням цих потужностей і залежить від коефіцієнта завантаження двигуна. Встановлено, що максимальна ефективність перетворення при мінімальних втратах у двигуні в сталому режимі відповідає режимам роботи, при яких постійні втрати у двигуні рівні змінним [1, 4, 5].

Формулювання мети статті. В роботі поставлена задача проаналізувати використання електроенергії в обладнанні поточкових ліній зерноочисних агрегатів.

Основна частина. Споживана з мережі струмоприймачами по-

тужність P_1 витрачається на подолання сил тертя ΔP_{mp} , губиться в передачах $\Delta P_{пер.}$ і перетворювачах електроенергії – електродвигунах ΔP_m , використовується для здійснення корисної роботи ΔP_n [1]

$$P_1 = \Delta P_{mp} + \Delta P_{пер.} + \Delta P_m + P_n. \quad (1)$$

Так як швидкість обертання електроприводів при зміні продуктивності зерноочисних агрегатів змінюється незначно, то можна прийняти [1]

$$\Delta P_{mp} + \Delta P_{пер.} = \text{const}. \quad (2)$$

Ці втрати можна визначити з умови холостого ходу робочих машин [1]

$$P_{1ixx} \cdot \eta_{ixx} = \Delta P_{mp} + \Delta P_{пер.} \quad (3)$$

Для потокової лінії очищення зерна [1]

$$\sum_{i=1}^n P_{1i} \cdot \eta_i = \sum_{i=1}^n P_{1ixx} \cdot \eta_{ixx} + \sum_{i=1}^n P_{ni}. \quad (4)$$

Величина енергетичного ККД процесу [1]

$$\eta_{\text{э}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ni}}{\sum_{i=1}^n P_{1i}} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{1i} \cdot \eta_i - P_{1ixx} \cdot \eta_{ixx})}{\sum_{i=1}^n P_{1i}}. \quad (5)$$

Для електрифікованої машини енергетичний ККД [1]

$$\eta_{\text{э}} = \frac{P_n}{P_1}. \quad (6)$$

На рисунку 1 показаний розподіл енергетичного ККД машин і зерноочисного агрегату ЗАВ-20 [1].

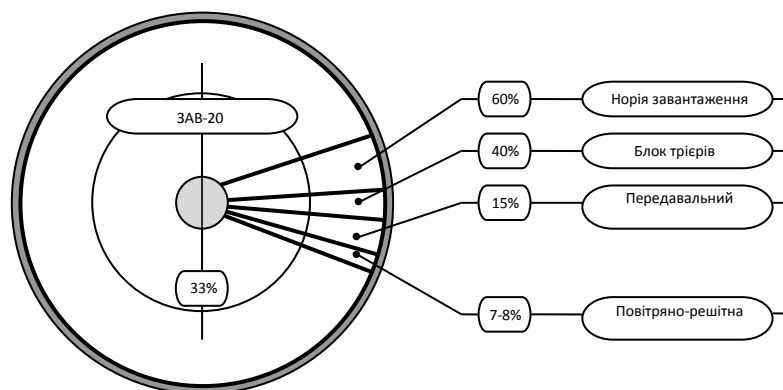


Рис. 1. Розподіл енергетичного ККД машин і зерноочисного агрегату ЗАВ-20 при $Q = 10$ т/год.

Таким чином, застосування енергетичного ККД в якості показника роботи електроприводів поточкових ліній дозволяє оцінити ефективність використання електроприводних машин, указати, за рахунок яких показників η_{pm} , η_i , $\eta_{пер}$ електроприводні машини мають недостат-

ню ефективність використання електроенергії в даному процесі.

Зниження загальної витрати енергії, поліпшення експлуатаційних показників робочих машин і всього зерноочисного агрегату можливо за рахунок зниження втрат холостого ходу, зменшення загальної витрати енергії (НЗ-20, БТ), а також за рахунок подальшого вдосконалення конструкції машин (ЗВС, транспортери передатні) [1].

Один зі шляхів раціональної витрати електроенергії при обробці зерна на потокових лініях зернопунктів сільськогосподарських підприємств є забезпечення номінального завантаження приводних електродвигунів потокових ліній, що забезпечує обробку зерна з мінімальною питомою витратою електроенергії, що служить критерієм в оцінці раціонального електроспоживання.

Питомі витрати електроспоживання дозволяють не тільки планувати, але й економічно стимулювати ефективне використання електроенергії. Питома витрата електроенергії має галузеву специфіку, тому що залежить від факторів, що характеризують дану галузь сільського господарства. Науково обґрунтовані питомі витрати електроспоживання є не тільки рушійною силою технічного прогресу, але й фактором, що сприяє вдосконаленню технологічних процесів, підвищенню продуктивності устаткування та праці робітників.

Так як потокові лінії зерноочисних пунктів проектуються без належного обґрунтування продуктивності устаткування, то в більшості випадків, при складанні потокових ліній керуються тільки паспортною продуктивністю машин. Поєднання робочих машин в поточної лінії не завжди буває вдалим, тобто потокова лінія працює не в номінальному режимі, отже, питома витрата електроенергії не може бути мінімальною.

Основною й обов'язковою умовою найбільш економічної роботи потокової лінії є однакова номінальна продуктивність всіх машин, з'єднаних послідовно. У протилежному випадку, продуктивність потокової лінії буде визначатися тією машиною, що має найменшу номінальну продуктивність.

В потокових лініях ЗАВ-20, ЗАР-5, ЗАВ-40, ЗАВ-25 можуть бути машини, що лімітують і визначають продуктивність всієї потокової лінії. Наприклад, якщо лінія працює з трієрами, то трієра є машинами, що лімітують та задають продуктивність всієї потокової лінії. Якщо лінія працює без трієрів, то машинами, що лімітують, є транспортери, які задають продуктивність всієї потокової лінії. Це визначає питому витрату електроенергії на обробку 1 т зерна [2, 3].

При оцінці раціонального електроспоживання для визначення мінімальної питомої витрати електроенергії були проведені оптимізаційні розрахунки питомої витрати електроенергії електромеханічних систем зерноочисних агрегатів методом планування математичного експерименту [4]. В результаті розрахунків були отримані мінімально можливі зна-

чення питомих витрат електроенергії потокових ліній очистки зерна на зернопунктах з агрегатом ЗАВ-20 з урахуванням зміни продуктивності, приєднаної потужності $P_{\text{прієд.}}$ і коефіцієнта завантаження K_z [6].

Межі відхилення питомої витрати електроенергії також визначалися методом планування математичного експерименту. Для цього для кожного електродвигуна потокової лінії по формулам для визначення потужності електродвигунів [4] були встановлені відхилення величин, що входять до формули. При цьому враховувалися похибки в виготовленні технологічного обладнання, наявність розкиду фізико-механічних властивостей зерна, що оброблюється, різний ступінь зносу технологічного обладнання.

При розрахунку меж відхилення питомої витрати електроенергії враховувалося участь кожної робочої машини в потоці. Визначався коефіцієнт вагомості по потужності для кожного електродвигуна потокової лінії, так як ступінь участі по потужності кожного електродвигуна в отриманні питомої витрати електроенергії різна.

$$K_{vi} = \frac{P_{\text{дв.і.прієд.}}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{дв.прієд.н.л.}}}, \quad (7)$$

де $P_{\text{дв.і.прієд.}}$ – приєднана потужність i -го електродвигуна потокової лінії, кВт;

$\sum_{i=1}^n P_{\text{дв.прієд.н.л.}}$ – сумарна приєднана потужність електродвигунів, кВт.

Таким чином, маючи розрахункові значення мінімально можливого значення питомої витрати електроенергії потокових ліній очищення зерна і межі відхилення питомої витрати електроенергії, отримуємо реально можливу питому витрату електроенергії (таблиця 1).

Таблиця 1 – Питома витрата електроенергії (для пшениці)

Тип потокової лінії	Технологічна схема	Продуктивність, т/год.	Розрахунковий $W_{\text{num. min}}$, кВт·год./т	$W_{\text{num. opt.}}$, кВт·год./т
ЗАВ-20	1 Одна лінія з трієром	7,5	2,393	2,393+0,082
	2 Одна лінія без трієра	10	1,623	1,623+0,103
	3 Дві лінії з трієрами	15	1,464	1,464+0,098
	4 Дві лінії без трієрів	20	0,933	0,933+0,136

Висновки. Отримані значення питомої витрати електроенергії були прийняті в якості оптимальних науково-обґрунтованих реально досяжних питомих витрат електроенергії для потокових ліній зерночисного агрегату, які змінюються в межах 1,069-2,475 кВт·год./т.

Література

1. *Гончаров А.А.* Энергетические характеристики зерноочистительных агрегатов / *А.А. Гончаров* // Механизация и электрификация сельского хозяйства Узбекистана. – Ташкент: 1975. – Вып. 77. – С.28-31.
2. *Постникова М.В.* Обоснование норм расхода электроэнергии на поточных линиях зернопунктов методом суммарных мощностей / *М.В. Постникова, А.П. Карпова* // Энергосберегающие технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции. – Симферополь: КАТУ, 2006. – Вып. 93. – С.60-64.
3. *Карпова О.П.* Наукове обґрунтування питомих витрат електроенергії при обробці зерна на зернопунктах методом математичного моделювання / *О.П. Карпова, М.В. Постнікова* // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків: 2008. – Вип. 73, т.1. – С.111-113.
4. *Постнікова М.В.* Енергозберігаючі режими роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах: автореф. дис. канд. техн. наук / *М.В. Постнікова*. – Мелітополь:ТДАТУ, 2011. – 22 с.
5. *Постникова М.В.* Исследование потерь активной мощности в системе “электродвигатель – рабочая машина” / *М.В. Постникова, Р.В. Телюта* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2011. – Вип. 11, т. 3. – С. 165-172.
6. *Дидур В.А.* Научное обоснование удельных расходов электроэнергии при очистке зерна методом математического планирования эксперимента / *В.А. Дидур, Е.П. Масюткин, М.В. Постникова, В.А. Масловский* // Праці інституту електродинаміки НАН України. – Київ, 2008. – Вип. 19. – С. 94-98.

**АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
В ОБОРУДОВАНИИ ПОТОЧНЫХ ЛИНИЙ
ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ**

Постникова М.В.

Аннотация

Проанализировано использование электроэнергии в оборудовании поточных линий зерноочистительных агрегатов.

**ANALYSIS OF THE USE TO ELECTRIC ENERGY
IN EQUIPMENT OF GRAIN CLEANING PRODUCTION LINES**

M. Postnikova

Summary

There was analyzed an electric energy usage in equipment of grain cleaning production lines.

УДК 632.985.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОТРОПНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭМП ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СПЕРМИЕВ ЖИВОТНЫХ ПРИ КРИОКОНСЕРВАЦИИ

Сорокин М.С., к.т.н.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко

Тел. (057)712-50-56

Аннотация – определены параметры импульсного информационного ЭМП миллиметрового диапазона для повышения оплодотворенности спермы животных после ее криоконсервации.

Ключевые слова – животные, сперма, электромагнитные импульсы, информация, криоконсервация.

Постановка проблемы. Несмотря на то, что вопрос криоконсервации спермы животных достаточно изучен, все же задача повышения оплодотворяемости и устойчивости спермиев к низким температурам остается до конца нерешенной. Решение проблемы в животноводстве в настоящее время на основе технологий криоконсервации спермы животных исчерпало свои возможности. Установлено что существующие технологии криоконсервации спермы быков приводит к гибели 50-70% спермиев на клеточном уровне, что снижает качественные показатели спермы после размораживания.

Научные исследования показывают, что для воспроизводства животных в сельском хозяйстве можно применять информационные импульсные ЭМП миллиметрового диапазона. При этом электромагнитное излучение может служить, как в качестве первичного сигнала, запускающего внутренние регуляторные механизмы биологического объекта, так и в качестве непосредственного регулятора метаболических процессов протекающих в биологическом объекте [1,2].

Определение биотропных параметров импульсного ЭМП для воздействия на спермии животных связано как с теоретическими работами, исследующих процесс взаимодействия информационных ЭМП с разбавленной спермой, с учетом её морфологического строения и электрофизических свойств, так и системами импульсного характера в миллиметровом диапазоне длин волн.

Таким образом, исследование и разработка способов и устройств повышения оплодотворяемости спермы после её криоконсервации является актуальной проблемой.

Анализ последних исследований. Проведенный анализ большого числа работ отечественных и зарубежных исследований показывает, что в них отсутствуют разработки методических принципов изучения влияния информационных импульсных ЭМП на метаболические процессы в микробиологических объектах животноводства, нет теоретического обоснования по определению численных значений биотропных параметров ЭМП [3-5].

Формулирование цели статьи. Целью исследований является теоретическое определение параметров импульсного ЭМП для повышения оплодотворяемости спермы животных.

Основная часть. Для определения параметров импульсного излучения для воздействия на сперму животных была рассмотрена такая характеристика электрического поля, как интеграл квадрата средней величины напряженности поля по периоду повторяемости импульсов

$$E^2 = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} (E_z^{cp})^2 dt, \quad (1)$$

где E_z^{cp} – напряженность электрического поля в установившемся режиме, усредненная по области занимаемой биологической средой; T – период повторения импульсов.

Средняя величина электрической напряженности поля в установившемся режиме определяется выражением

$$E_z^{cp} = -\frac{4}{a_2^2} \begin{cases} \sum_{n=1}^{\infty} \left[\operatorname{Re} \left(F_m F_2 \left(i \frac{2\pi m}{T} \right) \right) \cos \frac{2\pi m}{T} t + \right. \\ \left. + I_m \left(F_m F_2 \left(i \frac{2\pi m}{T} \right) \right) \sin \frac{2\pi m}{T} t \right], & t > t_0 \\ 0, & t < 0 \end{cases} \quad (2)$$

где a_2 – радиус цилиндрической кюветы с разбавленной спермой; $F_m F_2$ – коэффициенты Фурье для импульса тока, определяемого формулой

$$F(t) = A \begin{cases} \sin^2(2\pi f t), & 0 \leq t < \tau, \\ 0, & \tau \leq t \leq T. \end{cases} \quad (3)$$

где A – максимальная амплитуда импульса, τ и T – соответственно длительность и период повторения импульсов; f – частота заполнения импульса.

Для коэффициентов Фурье F_m в уравнении (2) было получено следующее выражение

$$F_m = A \begin{cases} \frac{2 e^{-i \frac{\pi m \tau}{T}} \sin \left(\frac{\pi m}{T} \tau \right) f^2}{\pi m \left[4 f^2 - \left(\frac{m}{T} \right)^2 \right]}, & 2 f T \neq |m|, \\ -\frac{\tau}{4 T}, & 2 f T = |m|, \end{cases} \quad (4)$$

где $m = \pm 1, \pm 2, \dots$.

Из (4) следует, что поскольку частота заполнения импульса связана с его длительностью формулой

$$f = \frac{N}{\tau}, \quad (5)$$

то, можно доказать что максимальное значение $|F_m|^2$ достигается при $|m| \cong 2fT$. В формуле (5) N – целое положительное число. Используя соотношение между частотой заполнения f и периодом повторения T импульсов

$$\frac{|m|}{2T} = f, \quad (6)$$

было получено выражение для коэффициента F_2 . Из (7) следует, что

$$F_2 \left(i \frac{2\pi m}{T} \right) \cong \frac{e^{i\bar{x} \left(1 - \frac{r_0}{a_2} \right)}}{i 4\pi f \sqrt{\tilde{\varepsilon}_2 \tilde{\varepsilon}_0} \left(\sqrt{\frac{\tilde{\varepsilon}_2}{\tilde{\varepsilon}_0}} + \operatorname{ctg} \left(\bar{y} - \frac{\pi}{4} \right) \right)}, \quad (7)$$

$$\text{где } \bar{x} = \frac{4\pi f}{c} \sqrt{\tilde{\varepsilon}_0} a_2, \quad \bar{y} = \frac{4\pi f}{c} \sqrt{\tilde{\varepsilon}_2} a_2.$$

Здесь через x_2 обозначена мнимая часть \bar{x} .

Расчеты показали, что величина $|F_m|^2$ зависит от частоты заполнения f импульса резонансным образом. Максимальное значение $|F_m|^2$ достигается на частоте при которой знаменатель (7) принимает минимальное значение.

Если потери в биологической среде пренебрежимо малы, то значение резонансной частоты близко к следующей величине

$$f_{res} \cong \frac{c}{4\pi \sqrt{\tilde{\varepsilon}_2} a_2} \left[\frac{5\pi}{4} - \operatorname{arcctg} \left(\sqrt{\frac{\tilde{\varepsilon}_2}{\tilde{\varepsilon}_0}} \right) \right]. \quad (8)$$

Численные расчеты показали, что при значениях параметров: $a_2 = 1 \text{ мм}$; $\tilde{\varepsilon}_2 = 4,0 + i24$; $\tilde{\varepsilon}_0 = 2,08$ резонансная частота составляет 36,7 ГГц, длительность импульсов $10^{-7} \text{ с} \leq \tau_u \leq 2 \cdot 10^{-7} \text{ с}$; период следования импульсов $10^{-5} \text{ с} \leq T \leq 2 \cdot 10^{-5} \text{ с}$, амплитуда импульсов 39 В.

Выводы. Таким образом, проведя данные расчеты, теоретически были определены основные биотропные параметры импульсного

электромагнитного поля для воздействия на микробиологические объекты животноводства при криоконсервации. Так, было установлено, что для повышения жизнеспособности спермиев животных КРС их следует облучать импульсным ЭМП в диапазоне изменений полученных математически параметрах.

Литература

1. *Девятков В.Г.* Миллиметровые волны и их роль в процессе жизнедеятельности / *В.Г. Девятков, М.Б. Голонт, О.В. Бескин.* – М.: Радио и связь, 1991. – 169 с.

2. *Эйди У.Р.* Частотные и энергетические окна при воздействии слабых электромагнитных полей на живую ткань / *У.Р. Эйди* // Труды ИИЭР. – 1980. – Т.68, №1. – С.128-147.

3. Применение низкоинтенсивных электромагнитных миллиметровых волн в медицине и биологии / *Н.Д. Девятков, Ю.Л. Арзуманов, О.В. Бецкий, Н.Н. Лебедев.* – М.: ИРЭ РАН, 1995. – 8 с.

4. *Webb S.I.* Genetic continuity and metabolic regulation as seen by the effects various microwave and black light frequencies on these phenomena / *S.I. Webb, Ann. N. Acad. Seb.* – 1975. – №247. – P.327-351.

5. *Андреанов С.О.* Математическая модель средней диэлектрической проницаемости биологической среды клеточной структуры, находящейся под воздействием переменного электрического поля / [*С.О. Андреанов, А.Г. Леонов, С.Ю. Семенов* и др.] // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2007. – № 1, т. 12. – С.14-23.

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ БІОТРОПІВ ЕМП ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ СПЕРМІЇВ ТВАРИН ПРИ КРИОКОНСЕРВАЦІЇ

Сорокін М.С.

Анотація

Визначені параметри імпульсного інформаційного ЕМП міліметрового діапазону для підвищення запліднювальності сперми тварин після її криоконсервації.

DETERMINATION OF BIOTROPE PARAMETERS OF EMF FOR INCREASE OF STABILITY OF ANIMALS SPERMATOZOA AT CRYOPRESERVATION

M. Sorokin

Summary

The parameters of pulsed electromagnetic fields of millimeter range of information to improve the spermatozoa fertilized animals after cryopreservation.

УДК 541.311: 614.84

ОСОБЕННОСТИ РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

Гулевский В.Б., к.т.н.,

Кузнецов И.О., к.т.н.,

Кузнецова А.В., инж.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (06192) 42-23-41

Аннотация – работа посвящена вопросам ремонта и восстановления деталей транспортной техники.

Ключевые слова – механическая обработка, смазочно-охлаждающая жидкость, ремонт.

Постановка проблемы. В связи с тем, что до 80% отказов в работе двигателей транспортных средств происходят вследствие различных факторов: физического износа, коррозии, эрозии, кавитации, старения материала и др., поэтому каждый вид повреждений можно оценить определёнными критериями [1]. Однако, в реальных условиях выход из строя деталей двигателей транспортной техники при нормальных условиях эксплуатации в основном происходит вследствие отклонения размеров детали от номинального размера поверхности, отклонения от правильной геометрической формы детали, отклонения по шероховатости поверхности и т.д. Поэтому, трудно решить задачу определения достоверности влияния некоторых параметров на качество ремонта деталей с помощью различных комплексных критериев, представляющих различные комбинации из неинформационных критериев.

Анализ последних исследований. Из анализа причин отказов и малого ресурса деталей после ремонта установлено, что большинство отказов произошло по причине наличия дефектов механической обработки, что оказывает существенное влияние на все эксплуатационные свойства деталей (рис. 1).

Неправильный выбор методов механической обработки деталей может затруднить обеспечение заданных параметров микро - и макрогеометрии и волнистости обработанных поверхностей деталей средств транспорта. Вследствие чего поверхности, подвергнутые механической обработке с грубой шероховатостью, изнашиваются быстрее, сокращая ресурс работы детали до допустимого износа, так как ресурс

работы детали определяется величиной допустимого износа и для конкретной детали и интенсивностью изнашивания, особенно в период приработки, когда “съедается” большая часть металла

$$i = f(i_{don}, i_U), \quad (1)$$

где i_{don} – допустимый износ параметра детали мкм;
 i_U – интенсивность изнашивания, б/р.

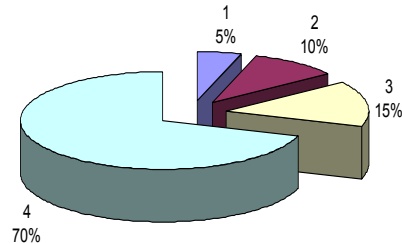


Рис. 1. Причины отказов и малого ресурса деталей, %: 1 – нарушения монтажа и эксплуатации и др.; 2 – абразивный износ деталей; 3 – скрытые дефекты при восстановлении; 4 – дефекты механической обработки деталей.

Таким образом, механическая обработка существенно влияет на качество и свойства поверхностного слоя восстановленных деталей, от которого зависит, в основном, уровень эксплуатации автомобилей, а, следовательно, и срок службы транспортной техники.

Наиболее распространенным высокопроизводительным способом механической обработки является абразивная обработка восстанавливаемых деталей шлифовальными кругами. При этом абразивные инструменты при шлифовании подвергаются периодическим и перманентным силовым, тепловым и физико-химическим воздействиям, в результате которых их рабочие поверхности изнашиваются, затупляются и засаливаются, что приводит к снижению режущей способности инструмента (стойкости) и влияет на параметры механической обработки [2].

Одним из важнейших факторов, обеспечивающих производительность шлифования и заданные характеристики качества восстановленных деталей автомобилей, является рациональное применение смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), которые коренным образом изменяют характер протекания контактных взаимодействий при шлифовании, оказывают позитивное влияние на стойкость шлифовальных кругов, формирование поверхностных слоев материала ремонтируемых деталей [3].

Формулирование цели статьи. Целью данной работы является определение зависимости качества абразивной обработки деталей от наличия технических жидкостей.

Основная часть. Эффективность ремонта автомобилей обуславливается способностью ремонтного производства обеспечивать качественное восстановление деталей при оптимальных затратах времени труда и средств. Качество полученной после обработки детали характеризуется, в основном, точностью ее размеров и шероховатостью поверхностей. От того, насколько точно выдержан при обработке размер, форма и шероховатость поверхности детали, будет зависеть правильность сопряжения деталей в сборочной единице и, как следствие, надежность машины в целом.

Для изучения влияния СОЖ на качество шлифованной поверхности восстановленных деталей средств транспорта, исследовались коленчатые валы из стали 45 и из высокопрочного чугуна ВЧ50.

Производили шлифование образцов коленчатых валов с применением СОЖ различной чистоты. При этом СОЖ загрязняли принудительно. Концентрация загрязнений составляла от 0,2 г/л до 1,0 г/л.

Производительная абразивная обработка восстановленных поверхностей деталей, в основном, определяется параметрами режима резания. Известно, что при шлифовании абразивный круг, вращаясь с высокой скоростью, срезает часть металла поверхности восстановленной детали огромным числом беспорядочно расположенных режущих абразивных зерен, при этом производительность Π (кг/мин) операции шлифования оценивают количеством съема металла в единицу времени с одной детали

$$\Pi = \frac{m_m}{\tau_{\text{маш}}}, \quad (2)$$

где m_m – масса снятого материала за период обработки детали, кг;

$\tau_{\text{маш}}$ – машинное время на технологическую операцию, мин.

Оценку эффективности абразивной обработки определяли по следующим основным критериям: стойкость шлифовального круга и уровень шероховатости восстановленной поверхности, параметр. Качество шлифованной поверхности и оценка состояния поверхности круга производилась визуально с помощью микроскопа МИМ-6 оснащенный цифровой камерой.

В результате проведенного эксперимента установлено: при обработке коленчатых валов с загрязненной СОЖ, шлам, состоящий из стружки, металлической окалины и осколков шлифовального круга, вместе с СОЖ попадает в зону шлифования и вступает в контакт с абразивными зёрнами, связкой и рельефом поверхности шлифуемой детали, при этом происходит снижение стойкости шлифовального круга (рис. 2), искажение исходной (правильной) геометрической формы шлифовального круга, что, в свою очередь,

интенсифицирует вибрации технологической системы и приводит к увеличению погрешностей формы детали (рис.3, 1).

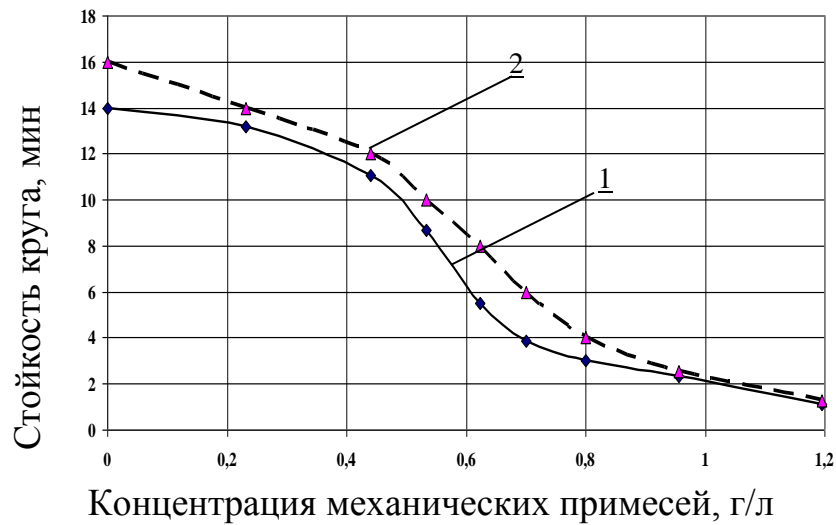
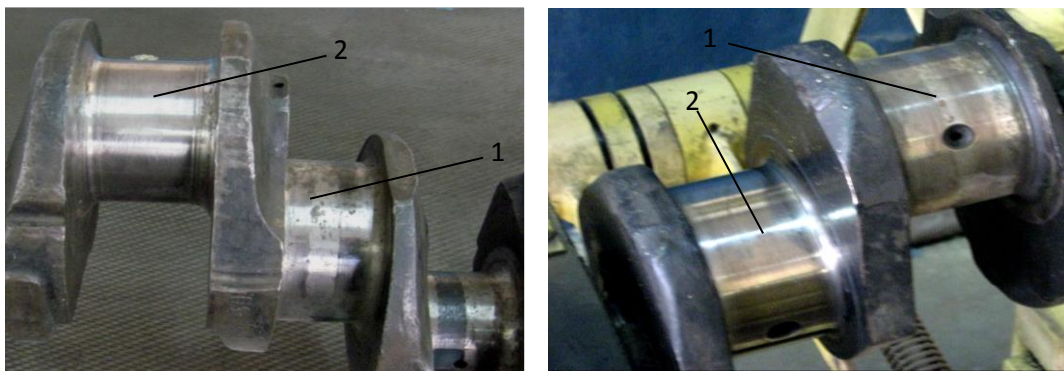


Рис. 2. Влияние концентрации механических примесей в СОЖ на стойкость шлифовального круга: 1) сталь 45; 2) высокопрочный чугун ВЧ 50.



а)

б)

Рис. 3. Шейки коленчатых валов: а) сталь 45; б) высокопрочный чугун ВЧ 50, обработанные с применением: 1 – загрязненной СОЖ; 2 – чистой СОЖ.

Фотографии поверхностей коленчатых валов шлифованных с применением СОЖ представлены на рисунке 3, 2. На фотографиях видно снижение уровня шероховатости, округлость канавок резания абразивным зерном, отсутствие задигов и прижогов.

Выводы. Таким образом, проблема увеличения долговечности работы отремонтированных автомобилей и агрегатов предъявляет повышенные требования к качеству поверхностей восстановленных деталей, при этом интенсификация технологических процессов механи-

ческой обработки деталей, внедрение высокопроизводительного оборудования, автоматизированных процессов приводят к тому, что абразивная обработка механической обработки деталей автомобилей становится невозможной без применения эффективных смазочно-охлаждающих жидкостей.

Литература

1. *Тельнов Н.Ф.* Ремонт машин / *Н.Ф. Тельнов, А.А. Очкасов, Е.И. Бадаров.* – М.: Агропромиздат, 1992. – 558 с.
2. *Синайлов В.А.* Тепловые процессы при шлифовании и управление качеством поверхности / *В.А. Синайлов.* – М.: Машиностроение, 1978. - 168 с.
3. *Рыкунов Н.С.* Совершенствование техники применения СОЖ при глубинном шлифовании / *Н.С. Рыкунов, Д.И. Волков, В.В. Михрютин* // Смазочно-охлаждающие жидкости в процессах абразивной обработки. – Ульяновск: УлПи. – 1992. – С.49-53.
4. *Белов М.А.* Влияние параметров состояния СОЖ на выходные показатели процесса шлифования / *М.А. Белов, Е.М. Булыжнев*// Совершенствование процессов финишной обработки в машиностроении и приборостроении. Экология и защита окружающей среды. - Мн.: 1995.– С.11-13.

ОСОБЛИВОСТІ РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ

Гулевський В.Б., Кузнецов І.О., Кузнецова А.В.

Анотація

Робота присвячена питанням ремонту і відновлення деталей транспортної техніки.

FEATURES OF REPAIR OF CAR PARTS

V. Gulevskiy, I. Kuznetsov, A. Kuznetsova

Summary

Work is devoted to the repair and restoration of parts of the transport equipment.

УДК 621.771А22

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТЕПЛОВОЮ РОБОТОЮ КАМЕРНОЇ ПЕЧІ

Скоробогатова І.В., асп.*

Донецький національний технічний університет

E-mail: kitagea@rambler.ru

Анотація – проаналізовано особливості технологічного процесу нагріву матеріалу. Розглянуті основні проблеми при створенні системи автоматичного управління тепловою роботою печі.

Ключові слова – камерна піч, стабілізація, режимні параметри, модель, динамічні рівняння.

Постановка проблеми. Відомо, що друге місце по витраті палива займають нагрівальні печі [1]. Основними проблемами створення ефективної системи автоматичного управління роботою печі є визначення раціональних теплових і температурних режимів, автоматична підтримка цих режимів і попередження аварійних ситуацій при нагріві металу в камерній печі.

Отже, економія природного газу і якість готової продукції можуть бути досягнуті за рахунок впровадження системи автоматичного управління ресурсо-енергозберігаючими режимами камерної печі.

Аналіз останніх досліджень. Якісний нагрів металу визначається мінімально заданим перепадом температур по перетину заготівки при вибраній технології нагріву металу і залежить від теплового режиму печі. Коефіцієнт використання тепла при спалюванні природного газу залежить від способу подачі теплоносія в камерну піч. Застосування імпульсного способу опалювання дозволить збільшити продуктивність печі, підвищити рівномірність прогрівання металу і понизити витрату палива на 15% [2].

Таким чином, інтенсифікація теплообміну є ефективною шляхом раціонального використання теплоносія. Доведено, що при резонансних коливаннях теплоносія коефіцієнт тепловіддачі збільшується в 2-3 рази в порівнянні із стаціонарною течією, як в ламінарному, так і в турбулентних режимах течії [3]. Для інтенсифікації змішення в струменях застосовуються збуджуючі амплітудні періодичні пульсації за допомогою різного роду пульсаторів [2].

* Науковий керівник – к.т.н., доц. Гавриленко Б.В.

© аспірант Скоробогатова І. В.

Проте відомостей про настройку режимних параметрів при управлінні тепловою роботою камерної печі з використанням збурюючого способу опалювання недостатньо. Таким чином, не маючи відомостей про параметри для вибору найкращих технологічних режимів не можна побудувати адекватну систему управління ресурсо-енергосберегаючими режимами камерної печі.

Формулювання мети статті. Метою роботи є аналіз особливостей технологічного процесу нагріву металу і рівня автоматизації камерної печі, а також розробка математичної моделі теплової обробки заготовок в камерній печі.

Основна частина. В період нагріву металу витрата палива знаходиться в широкому динамічному діапазоні. Це вимагає установки на камерних печах пальників із діапазоном регулювання співвідношення газ-повітря 1:10 і вище [4].

В більшості випадків на камерних печах відсутнє автоматичне управління тиском газу і повітря.

Стадійний режим спалювання газоподібного палива неодноразово випробовували в термічних печах традиційних конструкцій. Проте технологія імпульсного спалювання палива не набула поширення із-за недосконалості систем автоматичного управління режимом тиску в печі. Камерна піч є складним багатозв'язковим об'єктом управління [1].

В камерній печі обробка матеріалу здійснюється за режимними температурними картами, що передбачають інтенсивний нагрів і витримку в печі. Таким чином, проведемо декомпозицію камерної печі з урахуванням процесів в рекуператорі на періоди нагріву та витримки заготовки [6].

Необхідна якість перехідного процесу по встановленню температури димових газів в пічному просторі забезпечується раціональним вибором управляючих, збурюючих і регульованих параметрів. Період нагріву описується наступними змінними: управляючі – витрата газу B_g , витрата повітря B_v ; керовані – температура в період нагріву t_n , температура диму t_d , температура металу в цей період t_m ; контрольовані – витрата продуктів горіння B_d , температура повітря t_v ; збурюючі – температура навколишнього повітря t_{os} (рис. 1).

Отримані динамічні рівняння в період основного нагріву. Температура в камерній печі в період нагріву

$$V_{kam} \cdot Cd^{t_d} \cdot \frac{dt_d}{d\tau_n} = Bg(\tau_n) \cdot Qnr - Bg(\tau_n) \cdot Vd \cdot Cd^{t_d} \cdot td(\tau_n) \cdot (1 - k_r) - q(\tau_n) \cdot Fm - \alpha \cdot F \cdot (td(\tau_n) - tos) - Qpot(\tau_n). \quad (1)$$

Витрата продуктів горіння при спалюванні природного газу в період нагріву

$$Tn \cdot \frac{dB_d(\tau_n)}{d\tau_n} + B_d(\tau_n) = Bg(\tau_n) + Bv(\tau_n). \quad (2)$$

Період витримки характеризується змінними: управляючі – витрата газу B_g , витрата повітря B_v , керовані – температура t_{sv} , температура диму t_d , температура металу t_m ; контрольовані – витрата продуктів горіння в період витримки B_d , температура повітря t_v ; збурюючі – температура повітря t_{os} , залишок продуктів горіння з періоду нагріву ΔB_d і Δt_d (рис. 2).

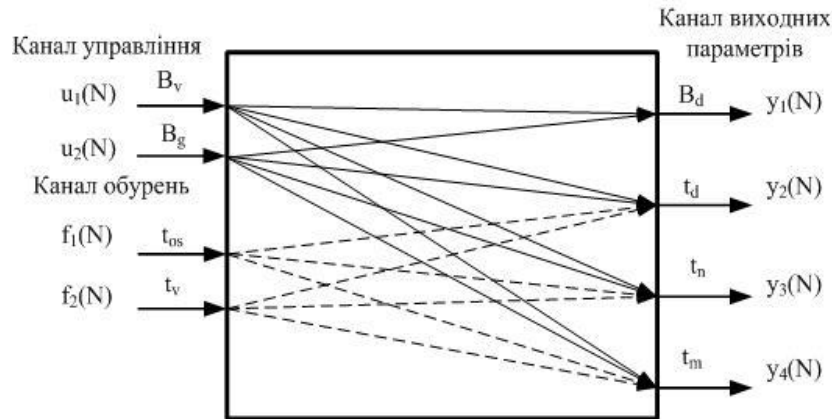


Рис. 1. Декомпозиція термообробки заготовок в період нагріву.

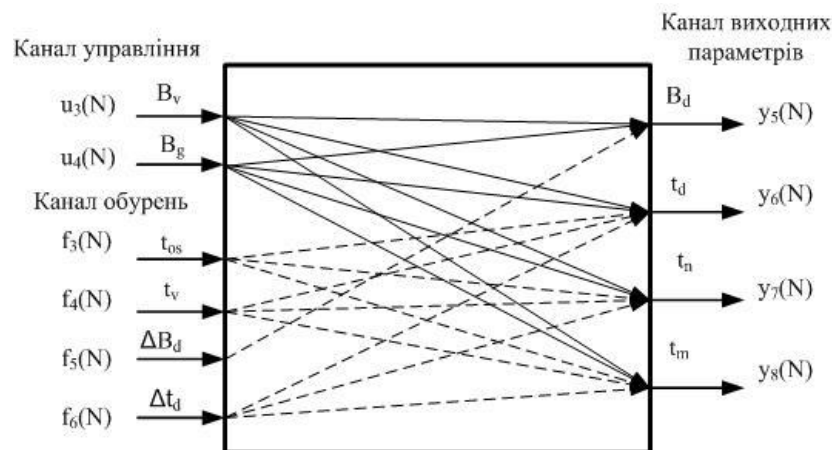


Рис. 2. Декомпозиція термообробки заготовок в період витримки.

Отримані динамічні рівняння для періоду витримки. Температура в період витримки

$$V_{kam} \cdot Cd^{td} \cdot \frac{dt_d}{d\tau_v} = Bd(\tau_n) \cdot Cd^{td} \cdot td(\tau_n) + Bg(\tau_v) \cdot Qnr - \alpha \cdot F \cdot (td(\tau_v) - tos) - Bg(\tau_v) \cdot Vd \cdot Cd^{td} \cdot td(\tau_v) \cdot (1 - k_r) - q(\tau_v) \cdot Fm - Qpot(\tau_v). \quad (3)$$

Витрата продуктів горіння в період витримки

$$Tv \cdot \frac{dB_d(\tau_v)}{d\tau_v} + B_d(\tau_v) - B_d(\tau_n) = Bg(\tau_v) + Bv(\tau_v). \quad (4)$$

Температура кладки в період нагріву визначається згідно законам акумуляції та передачі тепла. Динамічні характеристики системи по встановленню заданої температури у робочому просторі печі представлені на рис. 3.

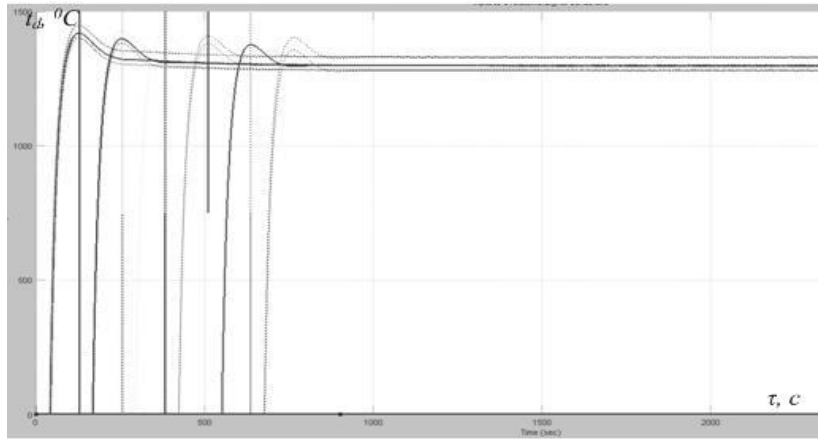


Рис. 3. Динамічні характеристики по встановленню температури димових газів у робочому просторі камерної печі в пакеті MATLAB.

В зоні основного нагріву критерієм регулювання температури димових газів є висока точність за відсутності перехідного процесу з перерегулюванням, яке може привести до перегріву матеріалу і до порушення режиму термообробки. Тобто необхідно застосовувати ПД-регулятор [1].

Так, при двохпозиційному регулюванні характерна наявність великих коливань температури металу близько заданого значення. Це викликано зміною параметрів завантаження матеріалів в печі. Поліпшення якості позиційного регулювання досягається зменшенням часу запізнювання системи і зони нечутливості регулятора [4]. Таким чином, для витримки заданого температурного режиму нагріву заготовок в камерній печі необхідно використовувати програмне регулювання.

Висновки. Розроблена математична модель теплової обробки заготовок в камерній печі і представлені динамічні характеристики по встановленню температури в робочому просторі печі.

Огляд особливостей побудови системи автоматичного управління теплової роботи камерної печі показав, що залишаються невирішеними наступний ряд завдань: відсутня динамічна математична модель технологічного процесу нагріву матеріалів в камерній печі; функціонування камерної печі погіршується внаслідок некомпенсованих дій обурень об'єкту управління, викликаних невизначеністю надходження партії заготовок металу; параметри регуляторів температури і тиску в робочому просторі печі настроєні для статичних режимів, що приводить до низької якості перехідних процесів по встановленню температури продуктів згорання в робочому просторі камерної печі.

Відсутність автоматичного управління тиском і витратою палива, програмного управління по температурі димових газів призводить до виникнення проблеми створення ефективної системи програмного управління для визначення раціональних режимів нагріву металу.

Таким чином, основними проблемами створення ефективної системи програмного управління є визначення раціональних режимів

нагріву металу, автоматична підтримка теплових режимів і попередження аварійних ситуацій.

Література

1. *Скоробогатова И.В.* Анализ эффективности управления термической обработкой металла в камерной печи / *И.В. Скоробогатова, Б.В. Гавриленко*//Наукові праці Донецького національного технічного університету. – Донецьк: ДонНТУ. – 2012. – Випуск 2012 (22): Обчислювальна техніка та автоматизація. – С.35-40.

2. *Кравцов В.В.* Оптимизация режима нагрева в проходных нагревательных печах/ *В.В. Кравцов, А.Б. Бирюков, И.И. Демин*//Наукові праці Донецького національного технічного університету. – Донецьк: ДонНТУ. – 2010. – Випуск 177(12):Металургія. – С.206-212.

3. *Жукаускас А.А.* Интенсификация теплообмена. Успехи теплопередачи / *А. А. Жукаускас, О.Г. Мартыненко.* – Вильнюс: Мокслас, 1988.–188 с.

4. *Беленький А.М.* Автоматическое управление металлургическими процессами/ *А.М.Беленький, В.Ф.Бердышев, О.М.Блинов.* – М.: Металлургия, 1989. – 384 с.

5. *Ткаченко В.Н.* Математическое моделирование, идентификация и управление технологическими процессами тепловой обработки материалов / *В.Н.Ткаченко.* – Киев: Наукова думка, 2008. – 244 с.

6. *Изерман Р.* Цифровые системы управления / *Р.Изерман*; Пер с англ. *И. М. Макарова.* – М.: Мир, 1984. – 541с.

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОЙ РАБОТОЙ КАМЕРНОЙ ПЕЧИ

Скоробогатова І. В.

Аннотация

Проанализированы особенности технологического процесса нагрева материала. Рассмотрены основные проблемы при создании системы автоматического управления тепловой работой печи.

ANALYSIS OF PROBLEMS OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF HEAT WORK CHAMBER FURNACE

I. Skorobogatova

Summary

The features analyzes of the process of heating the material. The main problems in establishing a automatic control system of thermal operation of the furnace.

УДК 621.313.333

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Гончарова Н.В., аспирант.*

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-32-63

Аннотация – работа посвящена разработке модуля диагностики и прогнозирования эксплуатационных режимов работы асинхронных электродвигателей.

Ключевые слова – диагностика, прогнозирование, аварийный режим, надежность асинхронного электродвигателя, дополнительный износ изоляции.

Постановка проблемы. Надежность асинхронных электродвигателей при эксплуатации зависит от ряда факторов. Эксплуатация должна быть организована таким образом, чтобы надежность двигателей, заложенная при их проектировании и обеспеченная при изготовлении, была сохранена при эксплуатации. Правильно организованная, с точки зрения обеспечения заданной надежности, эксплуатация зависит от следующих основных факторов: правильности выбора и применения асинхронных электродвигателей, защиты их от аварийных режимов и диагностики в процессе эксплуатации, позволяющей определять остаточный ресурс двигателей и их узлов, а также своевременно проводить планово-предупредительные ремонты.

Анализ последних исследований. Вследствие актуальности проблемы защиты электродвигателей от аварийных режимов было предложено много аппаратов диагностики и прогнозирования эксплуатационных режимов работы последних.

Наиболее распространенным устройством защиты асинхронного электродвигателя являются тепловые реле. Они обеспечивают защиту электродвигателей от длительных перегрузок при токах на 15...25% превышающих номинальные, при несимметрии напряжений и обрыве фазы сети трехфазного переменного тока. [1]. Однако они обладают следующими недостатками:

- старение биметаллической пластины в процессе эксплуатации;

*Научный руководитель – д.т.н., проф. Овчаров В.В.

© аспирант Гончарова Н.В.

– зависимость порога срабатывания от температуры окружающей среды;

– реле не рассчитаны для работы во взрывоопасной среде, а также среде, содержащей значительное количество пыли, агрессивные газы и пары в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию, так как они производятся в открытом исполнении.

В [1] получена зависимость допустимого времени работы электродвигателя с заданным коэффициентом перегрузки

$$t = T \ln \frac{\tau_{нач} (1 + a - \alpha \tau_n k^2) - \tau_n (a + k^2 (1 + \alpha (\mathcal{G}_{cp} - \mathcal{G}_p)))}{(\mathcal{G}_n - \mathcal{G}_{cp}) (1 + a - \alpha \tau_n k^2) - \tau_n (a + k^2 (1 + \alpha (\mathcal{G}_{cp} - \mathcal{G}_p)))}, \quad (1)$$

где T – эквивалентная постоянная времени нагрева обмотки электродвигателя, с;

$\tau_{нач}$ – начальное превышение температуры обмотки над температурой окружающей среды, °С;

a – коэффициент потерь;

α – температурный коэффициент сопротивления материала обмотки, 1/°С;

τ_n – номинальное превышение температуры обмотки над температурой окружающей среды, °С;

k – кратность тока перегрузки;

\mathcal{G}_{cp} – температура окружающей среды, °С;

\mathcal{G}_p – расчетная температура обмотки, °С;

\mathcal{G}_n – номинальная температура данного класса изоляции, °С.

Таким образом, время допустимой работы электродвигателя t зависит от квадрата кратности тока перегрузки k^2 , от конструктивных параметров: эквивалентной постоянной времени нагрева электродвигателя T , коэффициента потерь a , класса изоляционной конструкции, определяющей номинальное превышение температуры обмотки τ_n , расчетной температуры обмотки \mathcal{G}_p и режимных параметров: начального значения превышения температуры обмотки над температурой окружающей среды $\tau_{нач}$ и значения температуры окружающей среды \mathcal{G}_{cp} .

В [1] также получено выражение для определения времени t , за которое нагревательный элемент теплового реле достигнет пограничной температуры

$$t = T_{нэ} \ln \frac{\tau_{э.нач} (1 - \alpha \tau_{э.ногр} (k^2 - 1)) - \tau_{э.ногр} k^2}{(\mathcal{G}_{э.ногр} - \mathcal{G}_{cp}) (1 - \alpha \tau_{э.ногр} (k^2 - 1)) - \tau_{э.ногр} k^2}, \quad (2)$$

где $T_{нэ}$ – постоянная времени нагрева нагревательного элемента, с;

$\tau_{э.нач}$ – начальное превышение температуры нагревательного элемента, °С;

α – температурный коэффициент сопротивления материала нагревательного элемента, $1/^\circ\text{C}$;

$\tau_{\text{э.погр}}$ – пограничное значение превышения температуры нагревательного элемента, $^\circ\text{C}$;

k – кратность тока перегрузки;

$\mathcal{G}_{\text{э.погр}}$ – пограничная температура нагревательного элемента, $^\circ\text{C}$;

$\mathcal{G}_{\text{ср}}$ – температура окружающей среды, $^\circ\text{C}$.

Таким образом, время срабатывания теплового реле t зависит от квадрата кратности тока перегрузки k^2 , конструктивных параметров теплового реле: постоянной времени нагрева нагревательного элемента $T_{\text{нэ}}$, температурного коэффициента сопротивления материала нагревательного элемента α , пограничной температуры $\mathcal{G}_{\text{э.погр}}$ и пограничного превышения температуры нагревательного элемента $\tau_{\text{э.погр}}$ и режимных параметров: начального превышения температуры нагревательного элемента $\tau_{\text{э.нач}}$ и температуры окружающей среды $\mathcal{G}_{\text{ср}}$.

Сравнение между собой выражений (1) и (2) показывает, что перегрузочная характеристика асинхронного электродвигателя и защитная характеристика теплового реле отличаются между собой по следующим причинам:

- неравенство эквивалентных постоянных времени нагрева обмотки и нагревательного элемента теплового реле;

- неравенство температурных коэффициентов сопротивления материала проводников обмотки и нагревательного элемента теплового реле;

- неравенство номинальной температуры обмотки и пограничной температуры нагревательного элемента;

- неравенство температур окружающей среды, в которых работают электродвигатель и тепловое реле;

- неравенство начальных превышений температур обмотки и нагревательного элемента теплового реле;

- отсутствие постоянных потерь в тепловом реле.

Выше перечисленные обстоятельства требуют внедрения новых подходов к принципам построения устройств диагностики и прогнозирования эксплуатационных режимов работы асинхронных двигателей, а также разработки моделей и методов управления процессами защиты электродвигателя.

Формулирование цели статьи. Целью статьи является разработка структурной схемы модуля диагностики и прогнозирования эксплуатационных режимов работы асинхронных электродвигателей.

Основная часть. Предлагаемая структурная схема модуля диагностики и прогнозирования эксплуатационных режимов работы асинхронных электродвигателей приведена на рисунке 1.

Модуль состоит из следующих основных блоков:

- ПИП I_A , ПИП I_B , ПИП I_C – первичные измерительные преобразователи токов фаз А, В и С соответственно;
- БИ $t_{пер.}$ – блок измерения времени перегрузки асинхронного электродвигателя;
- БСОИ – блок сбора и обработки информации;
- БУ АД – блок управления асинхронным двигателем;
- КППИ – канал “прием – передача информации”;
- МК – микроконтроллер;
- БВП – блок ввода параметров;
- БИ $u_{ср.}$ – блок измерения температуры окружающей среды;
- БЦИ – блок цифровой индикации;
- БСИ – блок световой индикации;
- БП – блок питания.

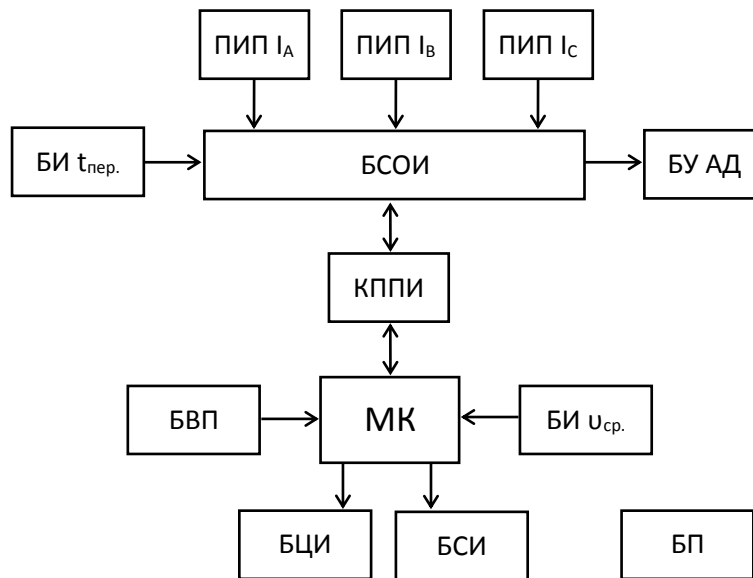


Рис. 1. Структурная схема модуля диагностики и прогнозирования эксплуатационных режимов работы асинхронных электродвигателей.

В процессе функционирования между модулем диагностики и прогнозирования и асинхронным электродвигателем существует функциональная связь. Модуль получает информацию с объекта о состоянии параметров диагностирования, обрабатывает ее и формирует сигналы управления.

В качестве первичных измерительных преобразователей токов фаз А, В и С (ПИП I_A , ПИП I_B , ПИП I_C) используются датчики Холла. Главным достоинством датчиков Холла являются очень малые собственные потери энергии, гальваническая развязка с электрической прочностью изоляции до нескольких киловольт [2].

ПИП I_A , ПИП I_B , ПИП I_C устанавливаются около проводов, по которым протекают измеряемые токи. Проходящие через проводники

токи создают магнитные поля, воздействующие на интегральные схемы датчиков Холла, выходные сигналы которых затем усиливаются и поступают на аналоговые выходы ПИП I_A, ПИП I_B, ПИП I_C соответственно. Электрический сигнал на выходе датчика Холла – это напряжение, которое прямо пропорционально величине тока, протекающего через контролируемый проводник.

Блок измерения времени перегрузки асинхронного электродвигателя (БИ $t_{пер.}$) предназначен для подсчета времени перегрузки асинхронного двигателя в аварийном режиме.

Аналоговые сигналы с датчиков Холла и информация с БИ $t_{пер.}$ поступают в блок сбора и обработки информации (БСОИ). БСОИ представляет собой микропроцессор, который формирует электрические сигналы, поступающие на блок управления двигателем (БУ АД).

Канал “прием-передача информации” (КППИ) осуществляет связь между блоком сбора и обработки информации (БСОИ) и микроконтроллером (МК).

На микроконтроллер (МК) поступает информация о температуре окружающей среды с блока БИ $v_{ср.}$

При эксплуатационных режимах работы асинхронного двигателя микроконтроллер (МК) определяет дополнительный тепловой износ изоляции обмотки по следующему выражению [3]

$$E_{\partial on} = \Delta E_{\partial.n} + \Delta E_{\partial.o}, \quad (3)$$

где $\Delta E_{\partial.n}$ – дополнительный тепловой износ изоляции обмотки в период перегрузки асинхронного двигателя, бч;

$\Delta E_{\partial.o}$ – дополнительный тепловой износ изоляции обмотки в период охлаждения, бч.

$\Delta E_{\partial.n}$ и $\Delta E_{\partial.o}$ рассчитываются по определенному алгоритму, заложенному в микроконтроллер (МК).

Обоснование величины допустимого дополнительного теплового износа изоляции обмотки асинхронного двигателя приведено в [4].

Окончательный вывод о техническом состоянии асинхронного двигателя ставится по результатам полученных экспериментальных значений допустимого дополнительного теплового износа изоляции обмотки. При этом микроконтроллер (МК) формирует соответствующие сигналы на блок световой и цифровой индикации (БСИ, БЦИ).

Блок ввода параметров (БВП) – это клавиатура, предназначена для управления модулем диагностики и прогнозирования, а также для ручного ввода входных параметров.

Питание модуля осуществляется от блока питания (БП).

Выводы. Разработанный модуль диагностики и прогнозирования эксплуатационных режимов асинхронных двигателей позволит внед-

рять технологію контролю обладнання по стану, реалізувати неперервний контроль параметрів діагностування, а також забезпечити раннє (преварійне) визначення потенціальних пошкоджень, дефектів, які розвиваються в асинхронному двигателі.

Література

1. *Овчаров В.В.* Експлуатаційні режими роботи і неперервна діагностика електричних машин в сільськогосподарському виробництві / *В.В. Овчаров.* – К.: Изд-во УСХА, 1990. – 168 с.
2. *Данилов А.* Сучасні промислові датчики струму / *А. Данилов* // Сучасна електроніка. – 2004. – №10. – С.26-35
3. *Гончарова Н.В.* Аналітичне дослідження перевантажувальних характеристик асинхронних електродвигунів / *Н.В. Гончарова, С.В. Овчаров* // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 12, т. 2. – С.16-22.
4. *Гончарова Н.В.* Алгоритм розрахунку додаткового теплого износу ізоляції при перевантаженнях асинхронного електродвигуна / *Н.В. Гончарова* // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 2, т. 4. – С.89-94 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://archive.nbu.gov.ua/e-journals/nvtdau/2012_4/index.html.

ДІАГНОСТУВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ АСИНХРОНИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Гончарова Н.В.

Анотація

Робота присвячена розробці модуля діагностування і прогнозування експлуатаційних режимів роботи асинхронних електродвигунів.

DIAGNOSTICATING AND PROGNOSTICATION OPERATING OFFICE HOURS ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS

N.Goncharova

Summary

Work is sanctified to development of the module of diagnostics and prognostication of the operating modes of operations of asynchronous electric motors.

УДК 631.363

ОБЛЕГЧЕНИЕ ПУСКОВЫХ РЕЖИМОВ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ СОИЗМЕРИМОЙ МОЩНОСТИ

Стойчев Д.В., аспирант.*

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-32-63

Аннотация – предложен метод облегчения пускового режима асинхронного электродвигателя в условиях соизмеримой мощности.

Ключевые слова – пусковой, минимальный, критический моменты электродвигателя, дополнительный тепловой износ изоляции, симметричные составляющие напряжения прямой и обратной последовательностей, вольтодобавочный трансформатор.

Постановка проблемы. В условиях соизмеримой мощности самым неблагоприятным режимом работы асинхронного электродвигателя является пусковой, сопровождающийся затяжным пуском и, как следствие, повышенными температурными режимами.

Анализ последних исследований. Установлено, что в послепусковой период наблюдается значительный дополнительный тепловой износ изоляции в период охлаждения асинхронного электродвигателя до номинального превышения температуры его обмотки[1,2]. Критерием оценки пускового режима электродвигателя предложено значение дополнительного теплового износа изоляции, который является функцией импульса квадрата пускового тока. Отключение электродвигателя в случае, если дополнительный тепловой износ изоляции превышает допустимое значение не желателен, так как при повторном пуске ситуация еще более усугубится.

Формулирование цели статьи. Поэтому в задачу исследования входит обоснование метода облегчения пускового режима асинхронного электродвигателя в условиях соизмеримой мощности.

Основная часть. Для успешного запуска электродвигателя привода рабочей машины предусмотрим однофазный вольтодобавочный трансформатор, вторичная обмотка которого будет включаться в цепь одной фазы электродвигателя, если импульс квадрата кратности пускового тока превысит заданную уставку.

Рассмотрим пусковой режим асинхронного электродвигателя, облегченный с помощью вольтодобавочного трансформатора.

* Научный руководитель – д.т.н., проф. Овчаров В.В.

© аспирант Стойчев Д.В.

Проаналізуємо декілька випадків таких пускових режимів.

Случай 1: кратность приложенного симметричного напряжения по фазам равна 0,8; вольтодобавочный трансформатор в фазе **a** увеличивает напряжение до 330 В, то есть:

$$\dot{U}_a = 0,8 \cdot U_{ан} + U_\delta = 330В; \quad (1)$$

$$\dot{U}_\epsilon = 0,8 \cdot U_{\epsilonн} e^{-j120} = 176 \cdot e^{-j120}В; \quad (2)$$

$$\dot{U}_c = 0,8 \cdot U_{сн} e^{+j120} = 176 \cdot e^{+j120}В. \quad (3)$$

Найдем симметричные составляющие нулевой, прямой и обратной последовательностей описанного несимметричного напряжения:

$$\dot{U}_{a0} = \frac{1}{3} \left(\dot{U}_a + \dot{U}_\epsilon + \dot{U}_c \right); \quad (4)$$

$$\dot{U}_{a1} = \frac{1}{3} \left(\dot{U}_a + a \cdot \dot{U}_\epsilon + a^2 \cdot \dot{U}_c \right); \quad (5)$$

$$\dot{U}_{a2} = \frac{1}{3} \left(\dot{U}_a + a^2 \cdot \dot{U}_\epsilon + a \cdot \dot{U}_c \right). \quad (6)$$

Операторы поворота запишем в алгебраической форме:

$$a = -\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2}; \quad (7)$$

$$a^2 = -\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2}. \quad (8)$$

Перепишем комплексы фазных напряжений в алгебраической-форме:

$$\dot{U}_a = 330В; (9)$$

$$\dot{U}_\epsilon = 176 \cdot \left(-\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right); (10)$$

$$\dot{U}_c = 176 \cdot \left(-\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right). (11)$$

Подставляем (7), (8), (9), (10), (11) в (4), (5), (6) и получаем

$$U_{a0} = 51,3В;$$

$$U_{a1} = 226,6В;$$

$$U_{a2} = 52В.$$

Находим кратность напряжения симметричной составляющей прямой последовательности

$$K_{u1} = 226,6 / 220 = 1,03.$$

Находим кратность напряжения симметричной составляющей обратной последовательности

$$K_{u1} = 52 / 220 = 0,24.$$

Находим кратность пускового момента

$$(\kappa_{u1}^2 - \kappa_{u2}^2) \cdot \kappa_n = (1,03^2 - 0,24^2) \cdot \kappa_n = 1 \cdot \kappa_n,$$

что больше $\kappa_u^2 \cdot \kappa_n = 0,8^2 \cdot \kappa_n = 0,64 \cdot \kappa_n$.

Случай 2: кратность приложенного симметричного напряжения по фазам равна 0,85; вольтодобавочный трансформатор в фазе **a** увеличивает напряжение до 330 В, то есть:

$$\dot{U}_a = 0,85 \cdot U_{ан} + U_\delta = 330B; \quad (12)$$

$$\dot{U}_b = 0,85 \cdot U_{бн} e^{-j120} = 187 \cdot e^{-j120} B; \quad (13)$$

$$\dot{U}_c = 0,85 \cdot U_{сн} e^{+j120} = 187 \cdot e^{+j120} B. \quad (14)$$

Подставляем (7), (8), (12), (13), (14) в (4), (5), (6) и получаем:

$$U_{a0} = 47B;$$

$$U_{a1} = 235B;$$

$$U_{a2} = 48B.$$

Находим кратность напряжения симметричной составляющей прямой последовательности

$$\kappa_{u1} = 235 / 220 = 1,07.$$

Находим кратность напряжения симметричной составляющей обратной последовательности

$$\kappa_{u2} = 48 / 220 = 0,22.$$

Находим кратность пускового момента

$$(\kappa_{u1}^2 - \kappa_{u2}^2) \cdot \kappa_n = (1,07^2 - 0,22^2) \cdot \kappa_n = 1,1 \cdot \kappa_n,$$

что больше $\kappa_u^2 \cdot \kappa_n = 0,85^2 \cdot \kappa_n = 0,72 \cdot \kappa_n$.

Случай 3: кратность приложенного симметричного напряжения по фазам равна 0,9; вольтодобавочный трансформатор в фазе **a** увеличивает напряжение до 330 В, то есть:

$$\dot{U}_a = 0,9 \cdot U_{ан} + U_\delta = 330B; \quad (15)$$

$$\dot{U}_b = 0,9 \cdot U_{бн} e^{-j120} = 198 \cdot e^{-j120} B; \quad (16)$$

$$\dot{U}_c = 0,9 \cdot U_{сн} e^{+j120} = 198 \cdot e^{+j120} B. \quad (17)$$

Подставляем (7), (8), (15), (16), (17) в (4), (5), (6) и получаем:

$$U_{a0} = 44B.$$

$$U_{a1} = 242B.$$

$$U_{a2} = 44B.$$

Находим кратность напряжения симметричной составляющей прямой последовательности

$$\kappa_{u1} = 242 / 220 = 1,1.$$

Находим кратность напряжения симметричной составляющей обратной последовательности

$$\kappa_{u2} = 44 / 220 = 0,2.$$

Находим кратность пускового момента

$$(\kappa_{u1}^2 - \kappa_{u2}^2) \cdot \kappa_n = (1,1^2 - 0,2^2) \cdot \kappa_n = 1,17 \cdot \kappa_n,$$

что больше $\kappa_u^2 \cdot \kappa_n = 0,9^2 \cdot \kappa_n = 0,81 \cdot \kappa_n$.

Выводы. 1. Использование однофазного вольтодобавочного трансформатора увеличивает пусковой, минимальный и критический моменты запускаемого электродвигателя, тем самым облегчая запуск электродвигателя при пониженном напряжении сети.

2. Параметром управления устройством, облегчающим пуск электродвигателя, является заданный допустимый дополнительный тепловой износ изоляции в послепусковой период, приходящийся на один пуск, определяемый импульсом квадрата пускового тока.

Литература

1. *Овчаров С.В.* Методика аналитического исследования пусковых режимов асинхронных электродвигателей в условиях соизмеримой мощности / *С.В.Овчаров, Д.В. Стойчев, В.А. Витер*// Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – Вип. 8, т.10. – С.147-155.

2. *Овчаров В.В.* Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / *В.В.Овчаров.* – К.: УСХА, 1990. – 168 с.

ПОЛЕГШЕННЯ ПУСКОВИХ РЕЖИМІВ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ В УМОВАХ СУМІРНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Стойчев Д.В.

Анотація

Запропоновано метод полегшення пускового режиму асинхронного електродвигуна в умовах сумірною потужності.

SIMPLIFICATION OF STARTING MODES ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS IN THE CONDITIONS OF COMMENSURABLE CAPACITY

D. Stoychev

Summary

The method of simplification of a starting mode of the asynchronous electric motor in the conditions of commensurable capacity is offered.

УДК 628.81:621.314

ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ЭЛЕКТРООТОПЛЕНИИ ПОМЕЩЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ТИПА

Тищенко А.О., аспирант,*

Буряк А.В., аспирант.*

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-32-63

Аннотация – приведены результаты аналитического исследования тепловых процессов при электрическом отоплении помещений с использованием электронагревателей трансформаторного типа.

Ключевые слова – тепловой процесс, электронагреватель, электрическое отопление, трансформатор, тепловые проводимости, тепловые сопротивления, установившиеся превышения температуры.

Постановка проблемы. В настоящее время все чаще для отопления и горячего водоснабжения жилых зданий и помещений используется электрическая энергия. В качестве преобразователей электрической энергии в тепловую используются трубчатые электронагреватели. Последние в течение эксплуатации покрываются шламом, ухудшается их теплоотдача и по этой причине они часто выходят из строя. Поэтому требуется разработка электронагревателей более надежной конструкции.

Анализ последних достижений. В этом направлении разрабатываются электронагреватели различных типов. Например, преобразователь электрической энергии в тепловую типа “катушка в стали”, преобразователь с низкотемпературным нагревом [1, 2] и другие.

Формулировка целей статьи. Поэтому целью данной статьи является разработка электронагревателя трансформаторного типа, обладающего рядом преимуществ по сравнению с известными, и исследование его работы в электроотопительной системе.

Основная часть. С определенным допущением принимаем электроотопительную систему, состоящую из трех тел:

- тело 1 – электронагреватель трансформаторного типа, активным элементом которого является короткозамкнутая труба определенного сечения, через которую проходит теплоноситель (вода);
- тело 2 – водяная отопительная система, активным элементом которой являются отопительные батареи;
- тело 3 – отапливаемое помещение, приемником тепловой энергии которого являются воздух внутри помещения, мебель, стены.

* Научный руководитель – д.т.н., проф. Овчаров В.В.

© аспирант Тищенко А.А., аспирант Буряк А.В.

Каждое из тел обладает соответствующей теплоемкостью: C_1 , C_2 , C_3 . Между телами существуют тепловые проводимости: L_{12} , L_{23} , L_3 . В первом теле выделяется активная мощность P_1 . Каждое тело по отношению к температуре наружного воздуха имеет соответствующее превышение температуры: τ_1 , τ_2 , τ_3 . Температура окружающей среды принята постоянной, а теплоемкость окружающей среды принята равной бесконечности. Тепловая схема замещения описанной отопительной системы приведена на рис.1.

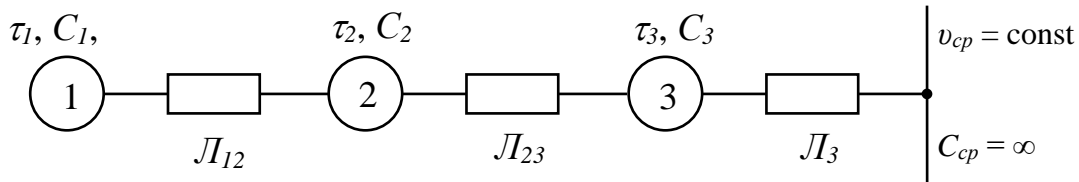


Рис.1. Тепловая схема замещения электроотопительной системы.

Составляем уравнения теплового баланса для каждого из трех тел:

$$C_1 \frac{d\tau_1}{dt} + L_{12}(\tau_1 - \tau_2) = P_1; \quad (1)$$

$$C_2 \frac{d\tau_2}{dt} + L_{23}(\tau_2 - \tau_3) = L_{12}(\tau_1 - \tau_2); \quad (2)$$

$$C_3 \frac{d\tau_3}{dt} + L_3 \tau_3 = L_{23}(\tau_2 - \tau_3). \quad (3)$$

Запишем уравнения (1)–(3) в установившемся режиме:

$$L_{12}(\tau_{1y} - \tau_{2y}) = P_1; \quad (4)$$

$$-L_{12}(\tau_{1y} - \tau_{2y}) + L_{23}(\tau_{2y} - \tau_{3y}) = 0; \quad (5)$$

$$-L_{23}(\tau_{2y} - \tau_{3y}) + L_3 \tau_{3y} = 0. \quad (6)$$

Преобразуем уравнения (4)–(6):

$$L_{12}\tau_{1y} - L_{12}\tau_{2y} + 0 = P_1; \quad (7)$$

$$-L_{12}\tau_{1y} + (L_{12} + L_{23})\tau_{2y} - L_{23}\tau_{3y} = 0; \quad (8)$$

$$0 - L_{23}\tau_{2y} + (L_{23} + L_3)\tau_{3y} = 0. \quad (9)$$

Для решения уравнений (7)–(9) воспользуемся методом определителей, для чего найдем главный и частные определители:

$$\Delta = \begin{vmatrix} L_{12} & -L_{12} & 0 \\ -L_{12} & (L_{12} + L_{23}) & -L_{23} \\ 0 & -L_{23} & (L_{23} + L_3) \end{vmatrix} =$$

$$= L_{12} \cdot (L_{12} + L_{23}) \cdot (L_{23} + L_3) -$$

$$- L_{12}^2 \cdot (L_{23} + L_3) - L_{23}^2 \cdot L_{12} = L_{12} \cdot L_{23} \cdot L_3; \quad (10)$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} P_1 & -L_{12} & 0 \\ 0 & (L_{12} + L_{23}) & -L_{23} \\ 0 & -L_{23} & (L_{23} + L_3) \end{vmatrix} =$$

$$= P_1 \cdot (L_{12} + L_{23}) \cdot (L_{23} + L_3) -$$

$$- P_1 \cdot L_{23}^2 = P_1 \cdot (L_{12} \cdot L_{23} + L_3 \cdot L_{12} + L_3 \cdot L_{23});$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} L_{12} & P_1 & 0 \\ -L_{12} & 0 & -L_{12} \\ 0 & 0 & (L_{23} + L_3) \end{vmatrix} =$$

$$= P_1 \cdot L_{12} \cdot (L_{23} + L_3) =$$

$$= P_1 \cdot (L_{12} \cdot L_{23} + L_3 \cdot L_{12});$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} L_{12} & -L_{12} & P_1 \\ -L_{12} & (L_{12} + L_{23}) & 0 \\ 0 & -L_{23} & 0 \end{vmatrix} = P_1 \cdot L_{12} \cdot L_{23};$$

$$\tau_{1y} = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{P_1(L_{12} \cdot L_{23} + L_3 \cdot L_{12} + L_3 \cdot L_{23})}{L_{12} \cdot L_{23} \cdot L_3} =$$

$$= P_1 \left(\frac{1}{L_3} + \frac{1}{L_{23}} + \frac{1}{L_{12}} \right);$$

$$\tau_{2y} = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{P_1(L_{12} \cdot L_{23} + L_3 \cdot L_{12})}{L_{12} \cdot L_{23} \cdot L_3} = P_1 \left(\frac{1}{L_3} + \frac{1}{L_{23}} \right);$$

$$\tau_{3y} = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{P_1 \cdot L_{12} \cdot L_{23}}{L_{12} \cdot L_{23} \cdot L_3} = P_1 \frac{1}{L_3}.$$

Введем понятие термического сопротивления, под которым будем понимать величину обратно пропорциональную тепловой проводимости

$$r = \frac{1}{L}. \quad (17)$$

Перепишем уравнения (14) – (16) с учетом введенного понятия:

$$\tau_{1y} = P_1(r_3 + r_{23} + r_{12}); \quad (18)$$

$$\tau_{2y} = P_1(r_3 + r_{23}); \quad (19)$$

$$\tau_{3y} = P_1 \cdot r_3. \quad (20)$$

Преобразуем уравнения (18)–(20) к следующему виду:

$$r_3 + r_{23} + r_{12} = \frac{\tau_{1y}}{P_1}; \quad (21)$$

$$r_3 + r_{23} = \frac{\tau_{2y}}{P_1}; \quad (22)$$

$$r_3 = \frac{\tau_{3y}}{P_1}. \quad (23)$$

Введем обозначение:

$$\frac{\tau_{1y}}{P_1} = r_1; \quad (24)$$

$$\frac{\tau_{2y}}{P_1} = r_2; \quad (25)$$

$$\frac{\tau_{3y}}{P_1} = r_3. \quad (26)$$

Тогда окончательно получим:

$$r_{12} + r_{23} + r_3 = r_1; \quad (27)$$

$$0 + r_{23} + r_3 = r_2; \quad (28)$$

$$0 + 0 + r_3 = r_3. \quad (29)$$

Решив уравнения (27), (28) и (29) находим

$$r_3 = \frac{\tau_{3y}}{P_1}; \quad (30)$$

$$r_{23} = \frac{\tau_{2y}}{P_1} - \frac{\tau_{3y}}{P_1}; \quad (31)$$

$$r_{12} = \frac{\tau_{1y}}{P_1} - \frac{\tau_{2y}}{P_1}. \quad (32)$$

Анализ уравнений (30)–(32) показывает, что проводя эксперимент нагрева электроотопительной системы в установившемся режиме и замеряв величины τ_{1y} , τ_{2y} , τ_{3y} и P_1 , можно определить термические сопротивления r_{12} , r_{23} и r_3 , а следовательно, проводимости:

$$L_{12} = \frac{1}{r_{12}}; \quad (33)$$

$$L_{23} = \frac{1}{r_{23}}; \quad (34)$$

$$L_3 = \frac{1}{r_3}. \quad (35)$$

Исследуем переходный процесс нагрева электроотопительной системы, описанный уравнениями (1)–(3). Для этого запишем указанные уравнения в операторной форме:

$$(pC_1 + L_{12})\tau_1 - L_{12}\tau_2 = \frac{P_1}{p}; \quad (36)$$

$$-L_{12}\tau_1 + (pC_2 + L_{23} + L_{12})\tau_2 - L_{23}\tau_3 = 0; \quad (37)$$

$$-L_{23}\tau_2 + (pC_3 + L_{23} + L_3) = 0. \quad (38)$$

Находим превышения температуры в операторной форме:

$$\Delta = \begin{vmatrix} (pC_1 + L_{12}) & -L_{12} & P_1 \\ -L_{12} & (pC_2 + L_{23} + L_{12}) & -L_{23} \\ 0 & -L_{23} & (pC_3 + L_{23} + L_3) \end{vmatrix} = \quad (39)$$

$$= p^3m + p^2n + pk + l,$$

где $m = C_1C_2C_3, \quad (40)$

$$n = (C_1C_3L_{23} + C_1C_3L_{12} + C_2C_3L_{12} + C_1C_2L_{23} + C_1C_2L_3); \quad (41)$$

$$k = (C_3L_{12}L_{23} + C_1L_{12}L_{23} + C_2L_{12}L_{23} + C_1L_{23}L_3 + C_1L_{12}L_3 + C_2L_{12}L_3); \quad (42)$$

$$l = L_{12}L_{23}L_3. \quad (43)$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} \frac{P_1}{p} & -L_{12} & 0 \\ 0 & (pC_2 + L_{23} + L_{12}) & -L_{23} \\ 0 & -L_{23} & (pC_3 + L_{23} + L_3) \end{vmatrix} = \frac{p^2u + po + r}{p}; \quad (44)$$

где $u = P_1C_2C_3; \quad (45)$

$$o = (P_1C_3L_{23} + P_1C_3L_{12} + P_1C_2L_{23} + P_1C_2L_3); \quad (46)$$

$$r = (P_1L_{12}L_{23} + P_1L_{23}L_3 + P_1L_{12}L_3); \quad (47)$$

$$\tau_1(p) = \frac{p^2u + po + r}{p(p^3m + p^2n + pk + l)}; \quad (48)$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} (pC_1 + L_{12}) & \frac{P_1}{p} & 0 \\ -L_{12} & 0 & -L_{23} \\ 0 & 0 & (pC_3 + L_{23} + L_3) \end{vmatrix} = \frac{pt + g}{p}; \quad (49)$$

где $t = P_1C_3L_{12}; \quad (50)$

$$g = P_1L_{23}L_{12} + P_1L_3L_{12}; \quad (51)$$

$$\tau_2(p) = \frac{pt + g}{p(p^3m + p^2n + pk + l)}; \quad (52)$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} (pC_1 + L_{12}) & -L_{12} & \frac{P_1}{p} \\ -L_{12} & (pC_2 + L_{23} + L_{12}) & 0 \\ 0 & -L_{23} & 0 \end{vmatrix} = \frac{e}{p}; \quad (53)$$

где $e = P_1 L_{12} L_{23}$; (54)

$$\tau_3(p) = \frac{e}{p(p^3m + p^2n + pk + l)}; \quad (55)$$

Выводы. Полученные аналитические выражения позволяют проводить анализ тепловых процессов в электроотопительных системах с целью их оптимизации.

Литература

1. *Расстригин В.Н.* Электронагревательные установки в сельскохозяйственном производстве / *В.Н. Расстригин, И.И. Дацков, Л.И. Сухарева, В.М. Голубев.* – М.: Агропромиздат, 1985. – 304 с.

2. *Белавин Ю.А.* Трубчатые электрические нагреватели и установки с их применением / *Ю.А. Белавин, М.А. Евстигнеев, А.Н. Чернявский.* – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 160 с.

ТЕПЛОВІ ПРОЦЕСИ ПРИ ЕЛЕКТРООПАЛЕННІ ПРИМІЩЕНЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЕЛЕКТРОНАГРІВАЧІВ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ТИПУ

Тіщенко О.О., Буряк О.В.

Анотація

Приведені результати аналітичного дослідження теплових процесів при електричному опаленні приміщень із застосуванням електронагрівачів трансформаторного типу.

INDORETHERMAL PROCESSES BY ELECTRICAL HEATING WITH TRANSFORMER TYPE ELECTRIC HEATER

A. Tishchenko, A. Buryak

Summary

There have been done the results of the analytical research of thermal processes in the electric space heating by transformer type electric heating.

УДК 631.354:631.3072:876.5

МЕХАНІКО-МАТЕМАТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДНОСНОГО РУХУ ПРИЧІПНОЇ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

Леженкін О.М., д.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-24-36

Анотація – у статті дається аналіз сил, діючих на причіпну збиральну машину, складені диференційні рівняння та отриманий їх розв’язок.

Ключові слова – обчісування рослин, зернозбиральна машина, диференційні рівняння, розрахункова схема, узагальнені сили, узагальнені координати, відносний рух.

Постановка проблеми. Україна є зерновироблячою країною, її внесок у світовий експорт зерна складає 12%.

Але, не дивлячись на це, технічне оснащення – незадовільне. Загальна кількість комбайнів за останні двадцять років зменшилось більш, як в 2,5 рази.

Виробництво нових зернозбиральних комбайнів рухається дуже повільним кроком, і тому більшість комбайнового парку країни складають або застарілі вітчизняні, або імпортні комбайни.

Вийти з цього кола можна шляхом розробки нових технологій збирання врожаю. Найбільш ефективною є технологія збирання методом обчісування рослин на корені, яка зародилась ще до нашої ери, і відродилась знову у Мелітопольському інституті механізації сільськогосподарства (нині ТДАТУ) у 70-ті роки минулого століття.

Теоретичною базою розробки даного методу є роботи Шабанова П.А. [1], Голубєва І.К. [2], Данченко М.М. [3], Гончарова Б.І. [4], Повіляя В.М. [5] та інших вчених. Але роботи цих вчених були спрямовані на обґрунтування конструктивних параметрів та кінематичних режимів обчісуючого пристрою. Дослідження динаміки руху ними не проводилися.

Тому для обґрунтування стійкого руху агрегату необхідно провести дослідження його динаміки.

Аналіз останніх досліджень. Першим почав дослідження руху сільськогосподарських агрегатів академік Горячкін В.П. Він запропонував теорію мас і швидкостей сільськогосподарських машин [6].

Продовжив цю роботу академік Василенко П.М. [7]. Питання динаміки причіпних сільськогосподарських агрегатів розглянуті у роботах [8, 9].

Динаміка причіпного зернозбирального агрегату розглянута у роботі [10]. У роботі [11] наведені диференційні рівняння руху причіпного зернозбирального агрегату.

Невирішені питання. Загальні основи стійкості руху викладені у роботах [12, 13]. Теоретична база для складання диференційних рівнянь закладена у роботі [14]. Але разом з цим виникає задача побудови математичної моделі відносного руху збиральної машини.

Формулювання мети статті. Скласти диференційне рівняння відносного руху збиральної машини та отримати їх розв'язок.

Основна частина. Розглянемо рух причіпного зернозбирального агрегату. Його розрахункова схема наведена у роботі [10]. Збиральний агрегат має п'ять ступенів вільності і тому його положення визначається п'ятьма узагальненими координатами.

Збиральний агрегат представляє собою трьохмасову механічну систему, яка складається з трактору, збиральної машини обчісуючого типу та причепа-возика 2ПТС-4.0.

Трактор має два ступеня вільності і його положення визначається двома узагальненими координатами: поворотом навколо вісі, що проходить крізь центр ваги – φ_1 та переміщення центра мас трактора вздовж вісі O_1X_1 визначається узагальненою координатою X_{S_1} .

Поворот збиральної машини навколо точки причепа позначимо узагальненою координатою φ_2 .

Причіп 2ПТС-4.0 має два ступеня вільності. Узагальненими координатами будуть кути φ_3 та φ_4 .

Для складання диференційних рівнянь руху використовуємо рівняння Лагранжу II роду в узагальнених координатах [14]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dt} \left[\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_1} \right] - \frac{\partial T}{\partial \varphi_1} &= Q_1 \\ \frac{d}{dt} \left[\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_2} \right] - \frac{\partial T}{\partial \varphi_2} &= Q_2 \\ \frac{d}{dt} \left[\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3} \right] - \frac{\partial T}{\partial \varphi_3} &= Q_3 \\ \frac{d}{dt} \left[\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_4} \right] - \frac{\partial T}{\partial \varphi_4} &= Q_4 \\ \frac{d}{dt} \left[\frac{\partial T}{\partial \dot{X}_{S_1}} \right] - \frac{\partial T}{\partial X_{S_1}} &= Q_5 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де T – кінетична енергія агрегату у відносному русі;

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, X_{S_1}$ – узагальнені координати;

$\dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2, \dot{\varphi}_3, \dot{\varphi}_4, \dot{X}_{S_1}$ – узагальнені швидкості;

Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5 – узагальнені сили.

Визначаємо кінетичну енергію відносного руху збирального агрегату та узагальнені сили і підставимо у систему рівнянь (1). В результаті ми отримаємо систему диференційних рівнянь:

$$I_{S_1} \ddot{\phi}_1 + \ddot{X}_{S_1} \cdot a(m_{y.m.} + m_{np}) + \ddot{\phi}_1 a^2(m_{y.m.} + m_{np}) + \ddot{\phi}_2 abm_{y.m.} + \ddot{\phi}_2 anm_{np} + \ddot{\phi}_3 ad_1 m_{np} + \ddot{\phi}_4 ar_2 m_{np} = T_A \cdot h_1 - T_B \cdot h_2 - M_A - M_B + F_B \cdot \psi_B \cdot h_2 - 2T_L \cdot a + 2S_L \cdot a \cdot (\phi_2 - \phi_1 - \psi_L) + R \cdot a \cdot (\phi_2 - \phi_1 - \gamma_M) - T_N \cdot a - T_K \cdot a + S_N \cdot a \cdot (\phi_3 - \phi_1 - \psi_N) + S_K \cdot a \cdot (\phi_3 + \phi_4 - \phi_1 - \psi_K), \quad (2)$$

$$I_{S_2} \ddot{\phi}_2 + \ddot{X}_{S_1} \cdot nm_{np} + \ddot{\phi}_1 abm_{y.m.} + \ddot{\phi}_1 anm_{np} + \ddot{\phi}_2 b^2 m_{y.m.} + \ddot{\phi}_2 n^2 m_{np} + \ddot{\phi}_3 nd_1 m_{np} + \ddot{\phi}_4 nr_2 m_{np} = -T_L \cdot l - S_L \cdot l \cdot \psi_L - M_L - T_N \cdot n \cdot \sqrt{1 - \frac{r_1^2}{b^2}} - T_K \cdot n \cdot \sqrt{1 - \frac{r_1^2}{b^2}} - S_N \cdot n \cdot (\phi_3 - \phi_2 - \psi_N) \cdot \sqrt{1 - \frac{r_1^2}{b^2}} - S_K \cdot n \cdot (\phi_3 + \phi_4 - \phi_2 - \psi_K) * \sqrt{1 - \frac{r_1^2}{b^2}} - S_L \left(l \cdot \psi_L \sin \left(\arccos \frac{p}{l} \right) + (p + l\phi_2) \right) - T_L \cdot l \cdot \sqrt{1 - \frac{p^2}{l^2}} - R \cdot \gamma_M \cdot c, \quad (3)$$

$$I_{S_3} \ddot{\phi}_3 + \ddot{X}_{S_1} \cdot d_1 m_{np} + \ddot{\phi}_1 ad_1 m_{np} + \ddot{\phi}_2 nd_1 m_{np} + \ddot{\phi}_3 d_1 m_{np} = -T_N d_1 - S_N d_1 \psi_N - T_K d_1 - M_N - S_K d_1 \psi_K, \quad (4)$$

$$I_{S_4} \ddot{\phi}_4 + \ddot{X}_{S_1} \cdot r_2 m_{np} + \ddot{\phi}_1 ar_2 m_{np} + \ddot{\phi}_2 nr_2 m_{np} = -T_K d_2 - S_K \psi_K d_2 - M_K, \quad (5)$$

$$\ddot{X}_{S_1} (m_{mp} + m_{y.m.} + m_{np}) + \ddot{\phi}_1 a (m_{y.m.} + m_{np}) + \ddot{\phi}_2 b m_{y.m.} + \ddot{\phi}_2 n m_{np} + \ddot{\phi}_4 r_2 m_{np} + \ddot{\phi}_3 d_1 m_{np} = -T_A - T_B - 2T_L - T_N - T_K + S_A (\phi_1 - \psi_A) + 2S_L (\phi_2 - \psi_L) + S_N (\phi_3 - \psi_N) - (S_A + S_L + S_N + S_K + R) (\phi_1 - \psi_B) - R \cdot \gamma_V, \quad (6)$$

де T_A – головний вектор сил пружності шин передніх коліс трактора, що виникає при їх поперечному зсуві, прикладений у точці A ;

T_B – головний вектор сил пружності шин задніх коліс трактора, що виникає при їх поперечному зсуві, прикладений у точці B ;

T_N – головний вектор сил пружності шин передніх коліс причепа, прикладений у точці N ;

T_K – головний вектор сил пружності шин задніх коліс причепа, прикладений у точці K ;

M_A – головний момент сил пружності шин передніх коліс трактора;

M_B – головний момент сил пружності шин задніх коліс трактора;

M_N – головний момент сил пружності шин передніх коліс причепа;

M_K – головний момент сил пружності шин задніх коліс причепа;

\overline{S}_A – головний вектор сил опору перекочування передніх коліс трактора, прикладений у точці A ;

\overline{S}_N – головний вектор сил опору перекочування передніх коліс причепа, прикладений у точці N ;

\overline{F}_B – головний вектор рушійних сил задніх коліс трактора, прикладений у точці B ;

\overline{S}_K – головний вектор сил опору перекочування задніх коліс причепа, прикладений у точці K .

Для спрощення подальшого аналізу рівнянь (2) – (6) розглянемо окремо трактор, збиральну машину та причеп. При цьому, в'язі замінюємо їх реакціями. Диференційні рівняння окремих елементів агрегату наведені у роботах [15, 16, 17]. Збиральна машина має одну ступінь вільності і тому її відносний рух визначається однією узагальненою координатою і описується одним диференційним рівнянням

$$\frac{I_{C_1} \cdot \ddot{\varphi}_2 + \frac{R_D \cdot C_R}{V_0} (V_0 \cdot \dot{\varphi}_2 + C_R \cdot \ddot{\varphi}_2) + R_{C_2} \cdot n}{L} =$$

$$= V_0 \cdot \varphi_2 + l \cdot \varphi_2 - V_0 \cdot k_L \cdot \frac{I_{C_1} \cdot \ddot{\varphi}_2 + \frac{R_D \cdot C_R}{V_0} (V_0 \cdot \dot{\varphi}_2 + C_R \cdot \ddot{\varphi}_2) - R_{C_2} \cdot \varphi_2}{L}. \quad (7)$$

Перетворимо рівняння (7)

$$I_{C_1} \cdot \ddot{\varphi}_2 + \frac{R_D \cdot C_R}{V_0} \cdot (V_0 \cdot \dot{\varphi}_2 + C_R \cdot \ddot{\varphi}_2) =$$

$$= V_0 \cdot \varphi_2 \cdot L + \dot{\varphi}_2 \cdot l \cdot L - V_0 \cdot k_L \cdot (I_{C_1} \cdot \varphi_2 +$$

$$+ \frac{R_D \cdot C_R}{V_0} \cdot (V_0 \cdot \varphi_2 + C_R \cdot \dot{\varphi}_2) - R_{C_2} \cdot \varphi_2 \cdot n), \quad (8)$$

де I_{C_1} – момент інерції збиральної машини;

V_0 – швидкість переносного руху агрегату;

R_D – сила опору обчисуванню;

R_{C_2} – реакція причепа-візка;

l, C_R, n – розміри збиральної машини.

У кінцевому вигляді диференційне рівняння має вигляд:

$$C_0 \cdot \ddot{\varphi}_2 + C_1 \cdot \dot{\varphi}_2 + C_2 \cdot \varphi_2 + C_3 \cdot \varphi_2 = 0, \quad (9)$$

де

$$C_0 = I_{C_1},$$

$$C_1 = \frac{R_D \cdot C_R^2}{V_0} + V_0 \cdot k_L \cdot I_{C_1},$$

$$C_2 = R_D \cdot C_R + R_{C_2} \cdot n - l \cdot L + R_D \cdot C_R^2 \cdot k_L, \quad (10)$$

$$C_3 = -V_0 \cdot L + V_0 \cdot k_L \cdot R_{C_2} \cdot n + R_D \cdot C_R \cdot V_0 \cdot k_L.$$

Вирази (10) є коефіцієнти диференційного рівняння (9).

Розв'яжемо диференційне рівняння (9). Його рішення має вигляд

$$\varphi_2 = C_1 \cdot e^{(A+B) \cdot t} + e^{\left(-\frac{A+B}{2}\right) \cdot t} \cdot \left[C_2 \cdot \cos\left(\frac{A-B}{2}\right) \cdot \sqrt{3} \cdot t + C_3 \cdot \sin\left(\frac{A-B}{2}\right) \cdot \sqrt{3} \cdot t \right] \quad (11)$$

де C_1, C_2, C_3 – сталі інтегрування визначаються за початковими умовами.

Висновки. В результаті проведеного аналізу динаміки відносно руху збиральної машини знайдено залежність зміни кута відхилення збиральної машини від прямолінійного руху в залежності від конструктивних параметрів та швидкості руху машини.

Література

1. *Шабанов П.А.* Механико-технологические основы обмолота зерновых культур на корню: Дис. докт.техн.наук / *П.А.Шабанов.* – Мелитополь: МИМСХ, 1988. – 336 с.

2. *Голубев И.К.* Обоснование основных параметров и режимов работы двухбарабанного устройства для очеса риса на корню: Дис. канд.техн.наук / *И.К. Голубев.* – М.: ВСХИЗО, 1989. – 201 с.

3. *Данченко Н.Н.* Обоснование параметров щеточного устройства для очесывания метелок риса на корню: Автореф. дис. канд.техн.наук / *Н.Н.Данченко* – Челябинск: ЧИМЭСХ, 1983. – 15 с.

4. *Гончаров Б.И.* Исследование рабочего процесса очесывающего устройства для обмолота риса на корню с целью уменьшения потерь зерна: Дис. канд.техн.наук. / *Б.И.Гончаров.* – М.: 1982. – 217 с.

5. *Повиляй В.М.* Исследование процесса уборки селекционных посевов риса методом очесывания метелок на корню и обоснование параметров очесывающего устройства: Дис. канд.техн.наук. / *В.М.Повиляй.* – Краснодар: 1980. – 165 с.

6. *Горячкин В.П.* Теория масс и скоростей сельскохозяйственных машин и орудий / *В.П.Горячкин* // Собрание починений. – Т.1. – М.: Колос, 1965. – С.431-465.

7. *Василенко П.М.* Элементы теории устойчивости движения прицепных сельскохозяйственных машин и орудий / *П.М.Василенко* // Сборник трудов по земледельческой механике. – М.: 1954. – С.73-92.

8. *Гячев Л.В.* Динамика машинно-тракторных и автомобильных агрегатов / *Л.В.Гячев.* – Ростов на Дону: Изд-во Ростовского университета. – 1976. – 192 с.

9. *Гячев Л.В.* Устойчивость движения сельскохозяйственных машин и агрегатов / *Л.В.Гячев.* – М.: Машиностроение, 1981. – 206 с.

10. *Леженкин А.Н.* Динамика очесывающего агрегата при уборке зерновых культур / *А.Н.Леженкин* // Механизация и элект-

триф.сел.х-ва. – 2004. – №12. – С.24-35.

11. *Леженкин А.Н.* Дифференциальные уравнения движения уборочного агрегата / *А.Н.Леженкин* // Актуальные проблемы инженерного обеспечения АПК: Междунар.науч.конф. Сб.науч.тр. – Ярославль: 2004. – Ч.III. – С.107-117.

12. *Ляпунов А.М.* Общая задача об устойчивости движения / *А.М.Ляпунов.* – М.: Гостехиздат, 1950. – 479 с.

13. *Малкин И.Г.* Теория устойчивости движения / *И.Г.Малкин.* – М.: Наука, 1966. – 530 с.

14. *Булгаков В.М.* Инженерна механіка: підручник / *В.М.Булгаков, О.І.Литвинов, Д.Г.Войтюк; за ред. В.М.Булгакова.* – Вінниця: Нова книга, 2006. – Ч.1. Теоретична механіка. – 504 с.

15. *Леженкин О.М.* Диференційні рівняння причіпної збиральної машини / *О.М.Леженкин* // Конструювання, виробництво та експлуатація с-г. машин: загальнодерж. Міжвідомчий науково-техніч.зб. – Кіровоград: 2010. – Вип.10, ч.II. – С.12-17.

16. *Леженкин О.М.* Аналіз стійкості руху причепа-візка для збирання обчесаного вороху / *О.М.Леженкин* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – Вип.10, т.2. – С.91-98.

17. *Леженкин О.М.* Стійкість руху трактора при агрегуванні причіпного збирального агрегату / *О.М.Леженкин* // Праці ТДАТА. – Мелітополь, ТДАТА, 2005. – Вип.31. – С.89-102.

МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИЦЕПНОЙ ЗЕРНОУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

Леженкин А.Н.

Аннотация

В статье дается анализ сил, действующих на прицепную уборочную машину, составлены дифференциальные уравнения относительного движения и получено их решение.

МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИЦЕПНОЙ ЗЕРНОУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

A. Lezhenkin

Summary

In the article there was given an analysis of forces, operating on the towed harvester, worked out differential equations of relative motion and their decision have been rooted.

УДК 621.311

COMMON APPROACHES ANALYSIS OF WIND POWER INTEGRATING INTO THE GRID

Lysenko O.V., candidate of technical science,
Adamova S.V., engineer.
Tavria State Agrotechnological University
Phone (0619) 42-11-74

Summary – the basic problems of the integration of wind power into the grid was revealed, a number of requirements for wind power plants was proposed for their stable operation in the grid.

Keywords – grid, wind power plant (WPP), integration, transmission network, grid connection requirements.

Problem formulation. Grid integration of wind power plants (WPPs) could be defined as the technical and economic ability of WPP/wind farms to connect and operate within the electric power supply network in a manner which is compatible with the day-to-day operation and short-term security of the electric supply system as a whole [1].

Most wind farms are connected to rural, overhead distribution lines. The design of these circuits tends to be limited by consideration of voltage drop rather than the thermal constraints and this severely limits their ability to accept wind generation [2].

Usually, the grid operator is ready to accept the WPPs' feed when their amount is quite less, but when the wind power penetration crosses 10% of the total load, some form of grid adaptation needs to be done at least in some parts of the grid, before the WPPs can be connected. But when the WPP penetration crosses the 20% mark, strengthening of the existing grid becomes quite necessary [1].

Recent research analysis. In the past, the WPPs were of smaller capacity and their contribution to the grid was insignificant, hence the rules governing grid connection were more relaxed to encourage development of this renewable energy source. But as the amount of wind generation increased, the lack of rules, standards, and regulations for grid connection has proven to be an increasing threat to the stability of the interconnected electric power system. Therefore, new electrical norms are coming into force in several countries, thereby bringing about changes in the application of electrical generating systems for optimization of the WPPs. *Wind power pene-*

tration of a country can be defined as ‘the ratio of installed wind capacity in MW to peak generation in MW, expressed as a percentage’ [1].

At present, few grid systems have penetration of wind energy above 5%: Denmark (~ 18%), Spain and Portugal (~ 9%), Germany and the Republic of Ireland (~ 6%). Fig. 1 provides a bird’s eye view of the generalized WPP system and the grid. The blocks enclosed in the dashed line with regard to grid integration will be discussed here. The other blocks have already been discussed earlier. [1]

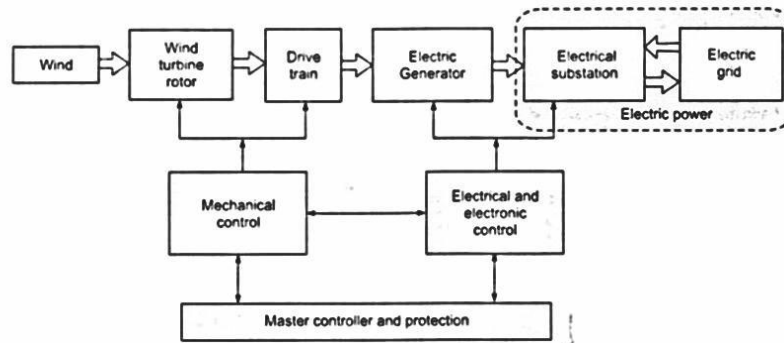


Fig. 1. WPP control overview [1].

Wind power connected to the transmission network consists of many tens to hundreds of individual WPPs spread out over a significant geographic expanse. Each of these WPPs is quite small relative to conventional power plants, but collectively in several places their contribution to the grid has become significant, thus affecting the power quality and stability of the grid network. In various places around the world the amount of wind power generation has surpassed the capability of the infrastructure for which it was originally designed [1].

Since the output power of the WPPs to the electric power system is also not steady as against the feeds from the conventional power plants like thermal, nuclear and others, how the WPP(s) should be integrated into the power system are issues that are discussed here. Hence, having an overview of the broad functions of a typical electric power system, the concept of embedded generation and other related concepts would help in understanding the peculiarities related to wind energy integration [1].

Article purpose formulation. To show the basic problems of the integration of wind power into the grid and to offer a number of requirements for wind power plants for their stable operation in the grid.

Hard core. The conventional function of an electrical distribution network is to transport electrical energy from a transmission system to customers’ loads. This is to be done with minimal electrical losses and with the quality of the electrical power maintained. The voltage drop is directly proportional to the current, while the series loss in an electrical circuit is proportional to the square of the current. Therefore the currents must be kept low which, for con-

stant power transmitted, implies that the network voltage level must be high. However, high-voltage plants (e.g. lines, cables and transformers) are expensive due to the cost of insulation, and so the selection of appropriate distribution network voltage level is an economic choice [2].

Table 1 gives some indications of the maximum capacities which, experience has indicated, may be connected.

Table 1 – Indication of possible connection of wind farms [2]

<i>Location of connection</i>	<i>Maximum capacity of wind farm(MW)</i>
Out on 11 kV network	1-2
At 11 kV bus bars	8-10
Out on 33 kV network	12-15
At 33 kV bus bar	25-30
On 132 kV network	30-60

It assumes that the wind farms are made up of a number of turbines and so the connection assessment is driven by voltage rise effects and not by power quality issues due to individual large machines[2].

The effect on the voltage magnitude depends on the ‘strength’ of the utility distribution network at the point of coupling as well as on the active and reactive power of the wind generator(s). At the point of connection, as illustrated in Fig. 3 (a), an equivalent ideal voltage source in series with an impedance Z_s may be assumed to replace the power system. Thus, the higher the fault current, the lower the source impedance. The wind farm with induction generators receives reactive power from the network and delivers real power to it [3].

The fault level at the point of connection near the wind farm without contribution from the wind generator, is

$$M = I_f V_s, \tag{1}$$

where

$$I_f = \frac{V_s}{Z_s}. \tag{2}$$

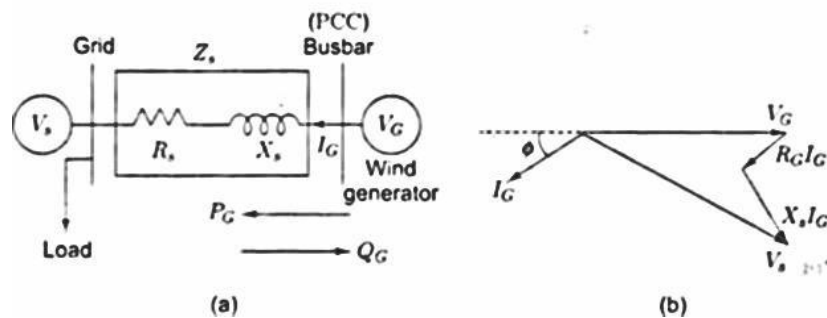


Fig. 2.(a) Schematic diagram of generator connection and distribution; (b) phasor diagram [3].

Thus the fault level and hence the network strength are indicative of

the source impedance. Areas of high wind velocity are suitable locations for wind farms. These areas are usually sparsely populated. Long transmission and distribution lines are normally required for connecting wind farms with the power system network. As a result, fault levels at the wind farms are generally low, making them weak electrical systems.[3]

With reference to Fig. 3 (b), if the phase difference between V_s and V_G is not large, the voltage at the point of common coupling (PCC) will be close to [3]

$$V_G = V_s + R_s I_G \cos \varphi - X_s I_G \sin \varphi = V_s + \frac{P_G R_s}{V_G} - \frac{Q_G X_s}{V_G}. \quad (3)$$

Soft-start systems are usually employed to minimize the transient inrush current. However, at very high wind speeds, sudden disconnection of the wind generator from the distribution network may cause the voltage to dip, which cannot be avoided[3].

In a grid network, electrical power normally flows from the *interconnection level* to the *transmission level* and then to the *distributions level*. At the WPP/wind farm level, the reverse happens. Grid operators want that grid-connected wind turbines should have a built-in capacity to actively support the grid in order to avoid a worst-case scenario, whereby instantly switching off a large chunk of wind generating capacity during an emergency could cause catastrophic grid failure and a widespread blackout. In spite of this, the transmission system operators want that WPPs should also perform the following basic functions effectively and efficiently[1]:

- generate electric power at all times;
- maintain grid stability during short-circuit situations;
- regulate the voltage so that the node voltages in the grid do not exceed their nominal values;
- prevent high voltages in case of load loss;
- remain connected to the grid without power reduction even if considerable voltage and frequency deviations occur;
- after a fault has been remedied, WPPs must resume their power feed as quickly as possible and within the specified maximum times;
- wind farms must make a contribution to the reserve power in the grid. WPPs must be able to be operated with reduced power output without any time restrictions. If the grid frequency increases, the power output of a wind farm must be reduced;
- perform short-term balancing;
- perform long-term balancing;
- transient/dynamic state condition-wind farms must be able to be integrated in the grid control centre/remote-monitoring and remote control of all systems in the grid;
- respond to wind forecasting plans for efficient power dispatch [1].

Conclusions. Grid connection requirements of WPPs differ from country to country and in some countries, they differ from state to state. The grid connection requirements have been developed to permit the development, maintenance and operation of an efficient, safe, secure, coordinated and economical transmission and/or distribution system.[1]

Since the output power of the WPPs to the electric power system is also not steady as against the feeds from the conventional power plants like thermal, nuclear and others, how the WPP(s) should be integrated into the power system are issues. Hence, having an overview of the broad functions of a typical electric power system, the concept of embedded generation and other related concepts would help in understanding the peculiarities related to wind energy integration [1].

Bibliography

1. *Earnest J.* Wind Power Plants And Project Development / *J.Earnest, T.Wizelius* // PHI Learning Private Limited. – New Delhi. – Vol. 110 001, 2011. – 484 p.

2. *Ahmed S.* WIND ENERGY: Theory and Practice, Second Edition/*S.Ahmed* // PHI Learning Private Limited. – New Delhi. – Vol.110 001, 2011. – 335 p.

3. *Bhadra S.N.* Wind Electrical System /*S.N.Bhadra, D.Kastha, S.Banerjee* // Oxford University Press. - New Delhi. – Vol.110 001, 2005. – 317 p.

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПОДХОДОВ ИНТЕГРАЦИИ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМУ

Лысенко О.В., Адамова С.В.

Аннотация

Представлены основные проблемы интеграции ветроэнергетики в энергосистему, предложен ряд требований для ветроэлектростанций с целью их стабильной работы в энергосистеме.

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПІДХОДІВ ІНТЕГРАЦІЇ ВЕТРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ У ЕНЕРГОСИСТЕМУ

Лисенко О.В., Адамова С.В.

Анотація

Представлені основні проблеми інтеграції вітроенергетики в енергосистему, запропоновано ряд вимог для вітроелектростанцій з метою їх стабільної роботи в енергосистемі.

УДК 621.313.333.004.58

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ПІД ДІЄЮ СТРУМОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ЗАХИСТУ ВІД АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ

Квітка С.О., к.т.н.,

Нестерчук Д.М., к.т.н.,

Квітка О.С., інж.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-31-59

Анотація – робота присвячена дослідженню впливу струмового навантаження на теплові процеси в асинхронних електродвигунах та розробці пристрою захисту їх від аварійних режимів роботи.

Ключові слова – асинхронний електродвигун, струмове навантаження, тепловий знос ізоляції, пристрій захисту.

Постановка проблеми. Експлуатаційна надійність асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором залишається невисокою. В аварійних режимах роботи струми, які протікають в обмотках статора та ротора електродвигуна, перевищують номінальні значення. В результаті чого перегріваються обмотки й зношується їх ізоляція, стан якої визначається не тільки значенням струму, але і його тривалістю. Всі основні аварійні режими роботи призводять до виходу електродвигунів з ладу, так як призводять до недопустимого нагрівання обмоток. Одна з головних причин відмов електродвигунів – це незадовільний їх захист від аварійних режимів роботи [1-3]. Тому, одним із способів підвищення експлуатаційної надійності асинхронних електродвигунів є розробка і застосування універсальних технічних засобів захисту електродвигунів в процесі їх експлуатації.

Формулювання мети статті. Дослідження теплових процесів в асинхронних електродвигунах під дією струмового навантаження та розробка пристрою захисту трифазних асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи в процесі їх експлуатації з метою підвищення їх експлуатаційної надійності.

Основна частина. В процесі тривалої експлуатації асинхронних електродвигунів вони піддаються різноманітним експлуатаційним впливам [1].

Однією з експлуатаційних дій є сила струму електродвигуна, яка в процесі його роботи може змінюватись в залежності від завантаження робочої машини, яке внаслідок відсутності пристроїв регулювання має випадковий характер.

Здійснено дослідження теплових процесів під дією струмового навантаження, для чого проаналізуємо вплив струмового навантаження на електродвигун АИР100L4У3 при кратностях напруг $k_U = 0,9$ і $k_U = 0,8$.

Результати аналізу у вигляді залежностей $I = f(k_3)$ та $\varepsilon = f(k_3)$ наведено на рис. 1 та рис. 2.

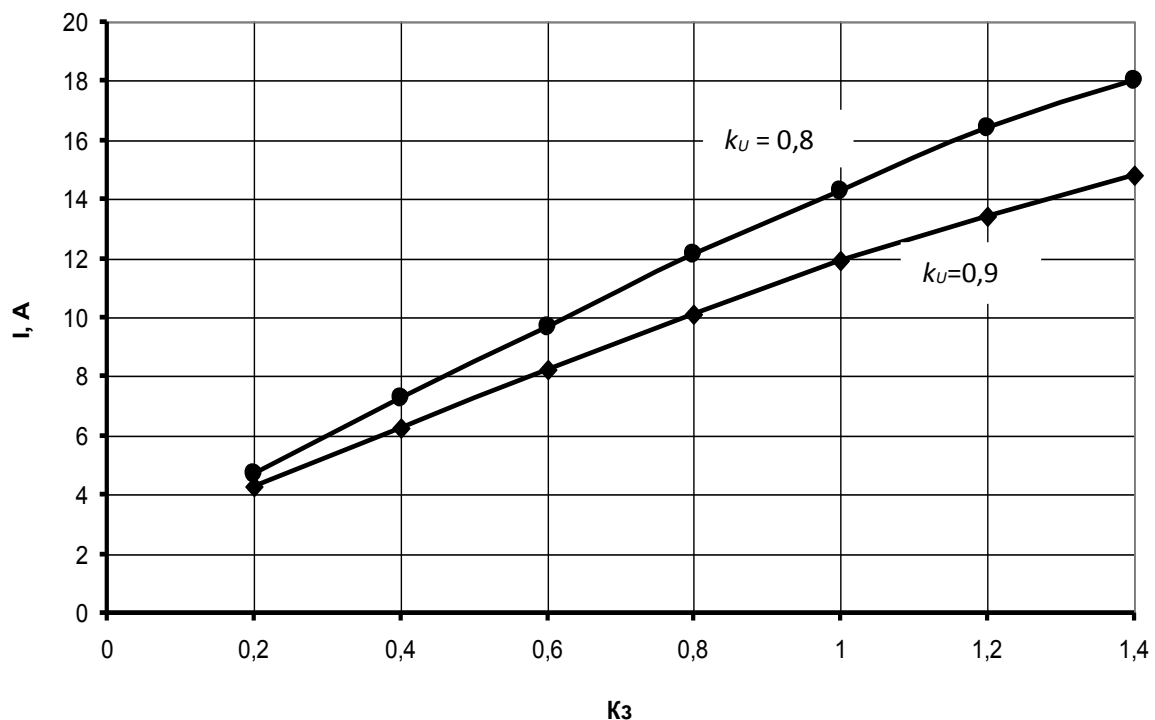


Рис. 1. Залежності сили струму в обмотці статора асинхронного електродвигуна в функції коефіцієнта завантаження при кратностях напруг $k_U = 0,8$ і $k_U = 0,9$.

Таким чином, асинхронні електродвигуни досить чутливі до відхилення напруги на затискачах. У завантажених на повну потужність електродвигунів при зниженні напруги різко збільшується швидкість теплового зносу ізоляції.

Внаслідок аналізу умов експлуатації електродвигунів та роботи захисних пристроїв були сформульовані вимоги до пристрою захисту асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи, в якому необхідно передбачити контроль наступних діагностичних параметрів:

- споживаного електродвигуном струму по фазах;
- фазної напруги в мережі;
- температури ізоляції обмотки статора електродвигуна.

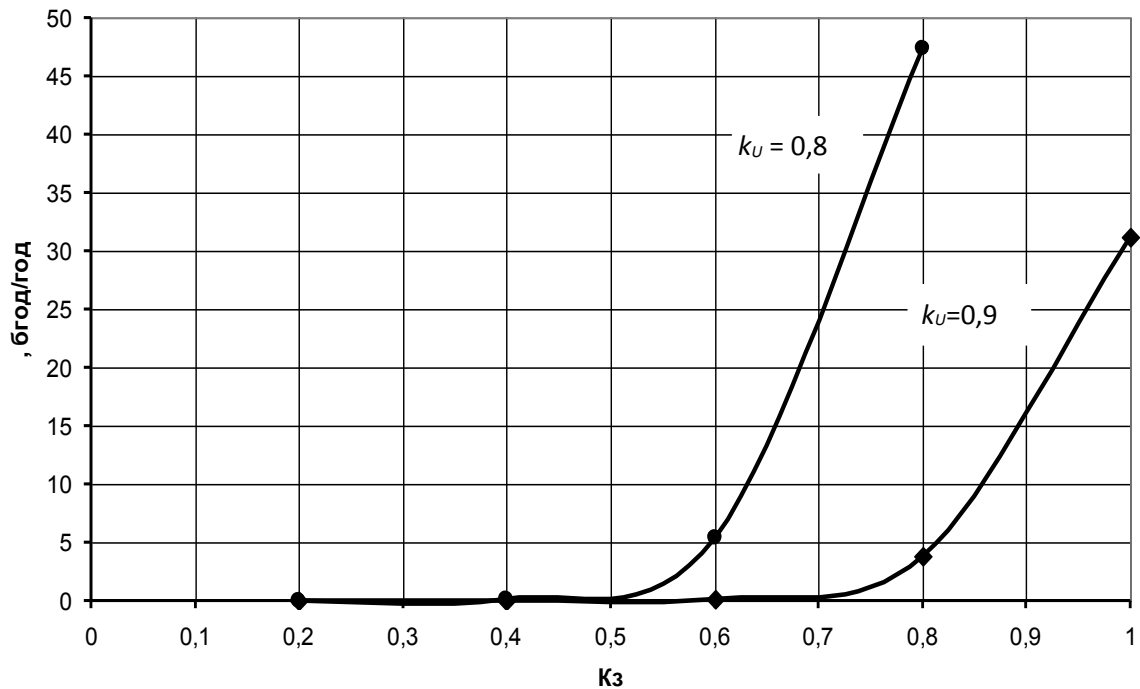


Рис. 2. Залежності зміни швидкості теплового зносу ізоляції обмотки асинхронного електродвигуна в функції коефіцієнта завантаження при кратностях напруг $k_U = 0,8$ і $k_U = 0,9$.

Крім того пристрій повинен:

- мати достатню швидкодію відключення захищеного електродвигуна;
- мати можливість постійного моніторингу напруги мережі, споживаного електродвигуном струму, температури ізоляції обмотки статора та відображення результатів на цифровому індикаторі;
- мати мале енергоспоживання;
- мати високу заводозахисність;
- мати можливість автоматичного відключення і включення електродвигуна, який захищається;
- бути реалізований на сучасній елементній базі;
- стабільно і надійно працювати в умовах сільських електричних мереж та при зміні температури навколишнього середовища в широких межах.

Даним вимогам відповідає пропонуваній пристрій захисту групи асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи (рис. 3) [5]. Пристрій призначений для захисту та відключення електродвигунів від мережі змінного струму у випадках зниження або зростання напруги в мережі нижче або вище заданих значень, при небезпечному зростанні споживаного електродвигуном струму та небезпечному перевищенні температури ізоляції обмотки статора електродвигуна. Пристрій реалізований на сучасній елементній базі, а його основою є мікроконтролер.

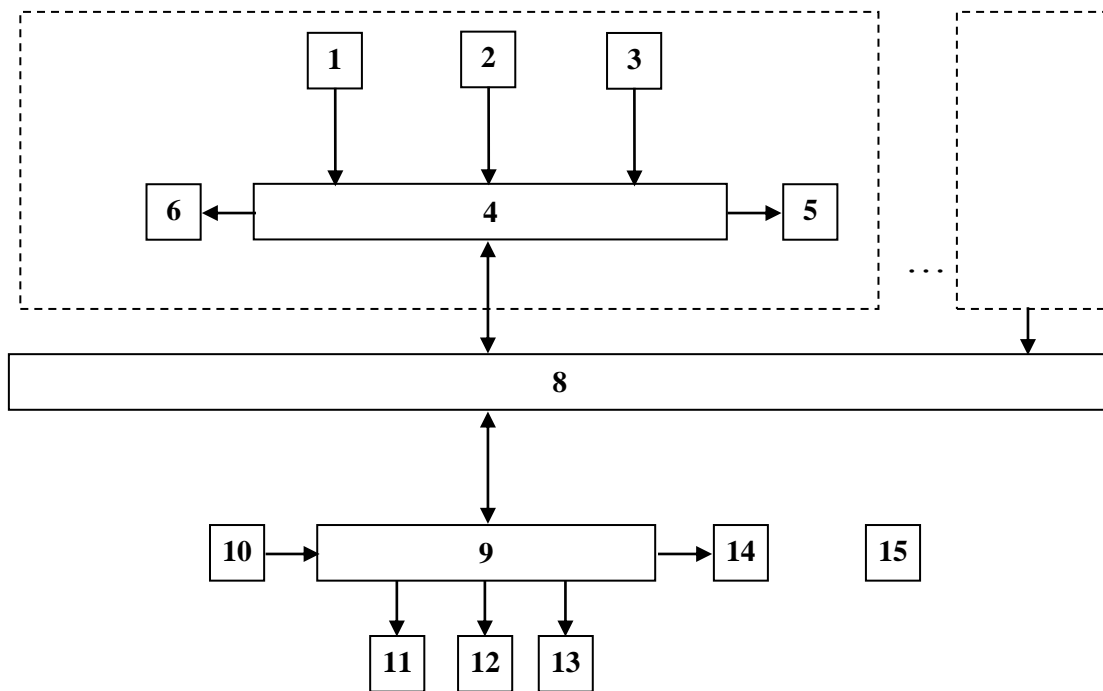


Рис. 3. Пристрій захисту групи асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи.

Пристрій захисту групи асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи побудований на мікроконтролері 9 типу ATmega16, який є ведучим (master) пристроєм, та декількох мікроконтролерах 4 типу ATmega8, які є веденими (slave) пристроями. Зв'язок між мікроконтролерами здійснюється за допомогою двонаправленої двопровідної шини I²C 8.

Пристрій складається з наступних блоків: блоків контролю електродвигунів 7, кожен з яких складається з веденого мікроконтролера 4, блоку контролю температури ізоляції обмотки статора електродвигуна 1, блоку контролю споживаного струму 2 і фазної напруги 3, блоку світлової сигналізації 5 і блоку реле 6.

Крім того, до складу пристрою входять ведучий мікроконтролер 9, клавіатура 10, блок цифрової індикації 11 та світлової сигналізації 12, пристрій пам'яті 13, комунікаційний порт 14 і блок живлення 15.

Обмін даними між ведучим master-пристроєм та веденими slave-пристроями здійснюється за допомогою шини I²C. Всі операції по шині I²C здійснюються за допомогою тільки 2 проводів (2 ліній) – послідовної лінії даних (SDA) і послідовної лінії синхронізації (SCL). При цьому кожний елемент визначається своїм унікальним адресом, до якого входить група приладів та номер конкретного приладу.

Блоки контролю електродвигунів 7 призначені для контролю температури ізоляції обмотки статора, струму, який споживається

електродвигуном, напруги живлення та управління електродвигуном.

Призначенням блоків контролю температури 1 і струму 2 є вимірювання і перетворення таких діагностичних параметрів, як температура ізоляції обмотки статора і струм, який споживається обмоткою статора електродвигуна, в інформативний електричний сигнал, який для подальшої обробки поступає на відповідні порти мікроконтролера 4.

Блок контролю напруги 3 призначений для вимірювання фазних значень напруги живлення і перетворення її в інформативний сигнал, який для подальшої обробки також поступає на відповідні порти мікроконтролера 4. Відомий мікроконтролер здійснює порівняння вхідних параметрів діагностування з величинами уставок. Залежно від величини вхідних параметрів (після їх порівняння із значенням уставок) мікроконтролер 4 видає сигнал на блок сигналізації 5 або сигнал на відключення електродвигуна за допомогою блоку реле 6.

Ведучий master-мікроконтролер 9 задає основний потік даних на шині, формує необхідні часові інтервали, здійснює керування веденими slave-мікроконтролерами 4 та обробку даних, що надходять від них.

В залежності від стану master-мікроконтролер видає сигнал на блок цифрової індикації 11 та блок світлової сигналізації 12. В пристрої пам'яті 13 накопичується інформація.

Для вводу даних і керування пристроєм в схемі передбачена клавіатура 10. Для спостереження оператором за поточним значенням величини діагностичних параметрів в пристрої передбачений блок цифрової індикації 11.

Визначення вхідних параметрів діагностування, порівняння їх з уставками, приймання та видача сигналів керування виконується за програмою.

Програмою передбачений ввід даних щодо конструктивних, режимних та експлуатаційних чинників. Для цього в пристрої передбачений роз'єм для підключення програматора (призначений для запису програми в мікроконтролер) та комунікаційний порт 14 (призначений для обміну даними між пристроєм та персональним комп'ютером). Електричне живлення блоків пристрою здійснюється від блоку живлення 15.

Висновки. Пропонований пристрій захисту групи трифазних асинхронних електродвигунів дозволяє контролювати температуру ізоляції обмотки статора, струм споживаний електродвигуном, фазну напругу (наявність і рівень) і, при небезпечному їх відхиленні від заданих значень, автоматично відключати електродвигун, що дозволяє захистити його від основних аварійних режимів роботи і зменшити вихід електродвигунів з ладу до 5...7%.

Література

1. *Овчаров В.В.* Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / *В.В.Овчаров.* – К.: УСХА, 1990. – 168с.
2. *Грундулис А.О.* Защита электродвигателей в сельском хозяйстве / *А.О. Грундулис.* – М.: Колос, 1982. – 104 с.
3. *Мусин А.М.* Аварийные режимы асинхронных электродвигателей и способы их защиты / *А.М. Мусин.* – М.: Колос, 1979. – 112 с.
4. Пат. 48876 Україна, МПК H02H 7/09 (2006.01). Пристрій для захисту трифазного асинхронного електродвигуна від аварійних режимів роботи / *С.О. Квітка, Д.М. Нестерчук, О.С. Квітка* (Україна). – № u200909849; заявл. 28.09.2009; опубл. 12.04.2010, Бюл. № 7. – 4 с.
5. Пат. 67971 Україна, МПК H02H 7/09 (2006.01). Пристрій автоматичного захисту групи електродвигунів від аварійних режимів роботи / *С.О. Квітка, О.Ю. Вовк, О.С. Квітка* (Україна). – № u201110072; заявл. 15.08.2011; опубл. 12.03.2012, Бюл. № 5. – 4 с.

**ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ
АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ
ТОКОВОЙ НАГРУЗКИ И РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА
ЗАЩИТЫ ОТ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ**

Квитка С.А., Нестерчук Д.Н., Квитка А.С.

Аннотация

Работа посвящена исследованию влияния токовой нагрузки на тепловые процессы в асинхронных электродвигателях и разработке устройства защиты их от аварийных режимов работы.

**STUDY OF THERMAL PROCESSES IN ASYNCHRONOUS
ELECTROMOTORS UNDER THE CURRENT LOAD AND THE
DEVELOPMENT OF SURGE EMERGENCY OPERATION**

S.Kvitka, D.Nesterchuk, A.Kvitka

Summary

The work is devoted to the influence of the current load on the thermal processes in the induction motor and developing of devices to protect them from emergency operation.

УДК 621.31:621.398

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В АПК

Курашкин С.Ф., к.т.н.,

Овчаров В.В., д.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-32-63

Аннотация – в статье рассмотрена проблема надежности электроснабжения и качества электрической энергии в АПК, предложен способ решения проблемы с помощью применения централизованной системы удаленного контроля на базе GSM сети.

Ключевые слова – качество электроэнергии, диагностирование, удаленный контроль, GSMсеть.

Постановка проблемы. В электроснабжении сельскохозяйственных потребителей существует народнохозяйственная проблема повышения бесперебойности и качества электроснабжения.

Суть проблемы состоит в том, что сегодня аварийность силовых трансформаторов потребительских трансформаторных подстанций в агропромышленном комплексе остается высокой. Уровни напряжений на вводах потребителей часто не соответствуют нормам.

Причины существования проблемы являются расположение трансформаторных подстанций на большом расстоянии от центров обслуживания, эти трансформаторы регулярно практически не обслуживаются, отсутствует информация о текущих режимах их работы, несвоевременно и в недостаточных объемах проводится реконструкция подстанций и сетей.

Негативные последствия нерешенности проблемы заключается, как было показано выше, в нарушении бесперебойности электроснабжения и недостаточном качестве питающего напряжения.

Анализ последних исследований. В настоящее время мероприятия, связанные с повышением надежности электроснабжения разделяются на две группы – организационно-технические и технические, которые, в том числе предусматривают рациональную организацию отыскания и ликвидации повреждений, совершенствование поиска повреждений, в частности с использованием специальной аппаратуры, средств радиосвязи и прочее [1].

Качество электроэнергии в АПК может резко отличаться от норматива [2] по разным причинам. Наиболее частой является несимметрия напряжения питания, отклонение уровня напряжения питания от нормы, что предусматривает устройства для регулирования напряжения – регуляторы напряжения, конденсаторы для продольной и поперечной компенсации. Однако мероприятия по улучшению качества электроэнергии в сельских электрических сетях, как правило, проводятся нерегулярно, имеют достаточно длительные сроки реализации, в связи с отсутствием оперативной информации о режимах работы потребительских подстанций.

Формулирование цели статьи. Одним из путей решения указанной проблемы является разработка и внедрение системы непрерывной информации о режимах работы силовых трансформаторов и питающих ими сетей. Нами высказана гипотеза о том, что для повышения оперативности обслуживания потребительских подстанций и питающих ими сетей возможно применение централизованной системы удаленного контроля на базе существующей GSM сети.

Основная часть. Для получения оперативной информации о работе удаленных электрифицированных объектов, к которым относятся потребительские подстанции, а также управления их работой в режиме реального времени, возможно использование существующей сети мобильной GSM связи, которой охвачено большинство территории Украины. При этом не требуется использования мощных передатчиков, получения разрешительных документов в Украинском государственном центре радиочастот.

Использование беспроводного канала передачи данных для получения текущей информации о режимах работы территориально распределенных потребительских подстанций позволит вести непрерывное диагностирование режимов работы электрооборудования, дистанционно управлять системой регулирования качества электрической энергии, контролировать состояние аппаратов защиты силового электрооборудования, а также выполнять охранные функции.

Таким образом, диагностирование состояния режимов работы потребительских подстанций позволит своевременно получать информацию о возникшей нештатной ситуации, что, в свою очередь сократит эксплуатационные расходы, обеспечит надежность и качество электроснабжения сельскохозяйственных потребителей.

Основой построения предлагаемой системы является модуль удаленного контроля ОКО-U (рис.1). Предлагаемое устройство может работать как отдельно, так и в составе системы диагностирования. Оно позволяет вести удаленное наблюдение за работой электрооборудования, дистанционно им управлять, имеет функции оповещения о несанкционированном доступе на подконтрольный объект с помощью

мобильного телефона или компьютера, подключенного к сети Internet. К устройству может быть подключен внешний ASK передатчик, работающий на частоте 433 МГц (например: YF-TX01, RT5-433 и др.) для управления радио-розетками типа Expertlight FHT-6868.

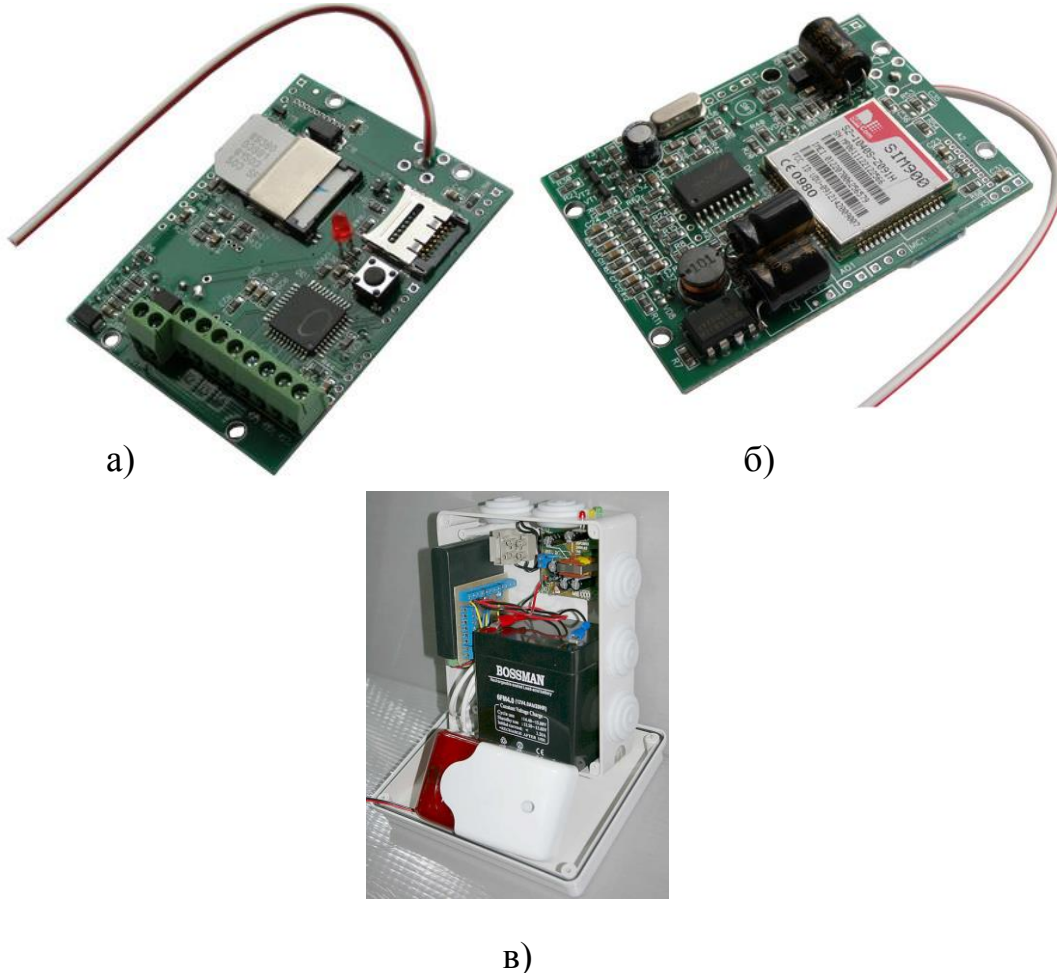


Рис. 1. Модуль OKO-U: а) вид со стороны картоприемника; б) вид со стороны модуля SIM900; в) общий вид устройства.

Для контроля цепей измерительных преобразователей предусмотрено четыре канала, количество выходов – 3. Дополнительно имеется возможность передавать шум с подконтрольного объекта с помощью встроенного микрофона.

Датчики, которые подключаются к устройству OKO-U могут быть различных типов – как контактные, так и логические. К устройству может быть подключены внешние измерительные преобразователи температуры, например, DS1820 до 5 шт.

Устройство OKO-U работает в дежурном режиме. Питание осуществляется от однофазной или трехфазной электрической сети, а также от автономного источника питания напряжения постоянного тока 12 В. Рабочий температурный диапазон устройства – от -30°C до $+80^{\circ}\text{C}$.

Оповещения оператора может осуществляться в трех режимах – с помощью звонка на мобильный телефон, с помощью SMS сообщения о состоянии измерительных преобразователей (одновременно до 8 номеров), или передачу данных через сеть internet на сервер, в котором эти данные хранятся в виде архива. В последнем случае оператор может обрабатывать данные, полученные от значительного количества подконтрольных объектов.

Комплектация состоит из устройства удаленного контроля, выносной антенны стандарта GSM 900/1800, внешних измерительных преобразователей температуры, блока бесперебойного питания.

Устройство поддерживает передачу данных через GPRS на WEB-сервер. Просмотр осуществляется на персональном компьютере с помощью WEB-браузера (рис. 2). Размер переданных данных для одной точки (одного объекта) составляет до 1 кБ.

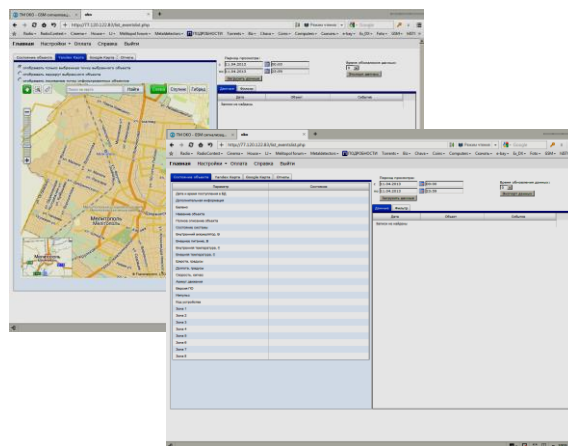


Рис. 2. Внешний вид WEB-сервера.

Во время входа в систему осуществляется идентификация пользователя. Система имеет возможность подключать неограниченное количество устройств удаленного диагностирования и просматривать состояние каждого объекта в соответствии с выбранным событием и временем, когда это событие случилось. Положение объектов контроля отображается на карте в режиме реального времени.

Данные на сервере хранятся неограниченно во времени в архиве и могут быть экспортированы в формат Excel для дальнейшей фильтрации, обработки или формирования отчетов.

Использование WEB мониторинга имеет большие преимущества во время управления устройствами диагностирования, которые расположены на потребительских подстанциях, т.к. имеют удобный простой визуальный интерфейс. Кроме того, GPRS/EDGE соединение имеет более дешевую (в десятки раз) тарификацию, чем стоимость SMS сообщений, что позволяет более экономно использовать средства на SIM карте устройства диагностирования. Информативность SMS

сообщения значительно меньшая и ограничена 160 латинскими символами. Скорость передачи данных и надежность в сравнении с SMS также на стороне протокола GPRS/EDGE. Стоимость обслуживания одной точки с помощью WEB мониторинга составляет 8 грн./месяц.

Выводы. Предлагаемая централизованная система удаленного диагностирования позволит получать текущую информацию о режимах работы большого количества потребительских подстанций, своевременно реагировать на возникшие неполадки в их работе. Это даст возможность оперативно вмешиваться в работу потребительских подстанций с целью поддержания качества электрической энергии и надежности электроснабжения потребителей АПК, а также сократит эксплуатационные расходы на их обслуживание.

Литература

1. Будзко И.А. Электроснабжение сельского хозяйства / И.А. Будзко, Т.Б. Лещинская, В.И. Сукманов. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
2. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: ГОСТ 13109-97. – [Введен в действие 1999-01-01]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 33 с. – (Межгосударственный стандарт).

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В АПК

Курашкін С.Ф., Овчаров В.В.

Анотація

У статті розглянуто проблему надійності електропостачання та якості електричної енергії в АПК, запропонований спосіб вирішення проблеми за допомогою застосування централізованої системи віддаленого контролю на базі GSM мережі.

WAYS TO IMPROVE THE QUALITY AND RELIABILITY OF SUPPLY OF ELECTRICITY IN AIC

S. Kurashkin, V. Ovcharov

Summary

There was considered the problem of power supply reliability and quality of electric energy in agriculture, a method of solving the problem through the use of centralized remote monitoring system based on GSM network.

ЗМІСТ

<i>Кучин В.Д., Никифорова Л.Е.</i> Последствия глобального потепления климата на Земле	3
<i>Болбот І.М.</i> Математична модель теплозабезпечення рослини в системі рослина-грунт-повітря	21
<i>Осинов С.М., Чапный Т.М., Кириченко М.В.</i> М-линейный спектрометр	28
<i>Мірошник О.О., Святобатько А.В.</i> Моделювання нейронної мережі для задач прогнозування фізичних параметрів	34
<i>Пальчик А.О., Бурега Н.В.</i> Використання фотобіореактора в альтернативних системах енергозабезпечення	41
<i>Тиховод С.М.</i> Использование универсальной компьютерной модели COLO для исследования динамических электромагнитных процессов в системе трансформатор-преобразователь	48
<i>Савченко О.А., Дудніков С.М.</i> Тактика поведінки персоналу електричних мереж в умовах утворення ожеледі на ПЛ	58
<i>Куценко Ю.Н.</i> Определение параметров полей, создаваемых системой намагниченных частиц	62
<i>Синявський О.Ю., Савченко В.В.</i> Енергетика перехідних процесів в асинхронних електроприводах при відхиленні напруги і частоти струму	71
<i>Стьопін Ю.О., Попова І.О.</i> Дослідження роботи асинхронних електродвигунів при несиметрії напруг у перехідних режимах	76
<i>Ковальчук І. М., Бархатов О.М., Синкевич В.П., Скрипка В.С.</i> Розробка та обґрунтування ефективності технологічного світлодіодного освітлення пташника промислової череди курей-несучок	81
<i>Никифорова Л.Е., Гаевская И.В., Орел И.А.</i> Феноменология регистрации запахов млекопитающими	87
<i>Сотнік О.В., Лисиченко М.Л., Вітренко М.М.</i> Дослідження зв'язку між активними та реактивними складовими навантаження в сільських електричних мережах комунально-побутового призначення	92
<i>Ковалишин Б.М., Червінський Л.С.</i> Способи активації молекул-реагентів реакції горіння для підвищення ефективності паливних установок	97

- Середин М.Ю., Лисиченко М.Л.* Аналіз впливу якості електричної енергії на ефективність роботи машин безперервного транспортування на елеваторних комплексах 106
- Назаренко І.П.* Дослідження енергетичних показників електродних систем електросепараторів 112
- Вороновский И.Б.* Моделирование надёжности и износа топливной системы дизельного двигателя МТА 119
- Постнікова М.В.* Аналіз використання електроенергії в обладнанні потокових ліній зерноочисних агрегатів 126
- Сорокин М.С.* Определение биотропных параметров ЭМП для повышения устойчивости спермиев животных при криоконсервации 131
- Гулевский В.Б., Кузнецов И.О., Кузнецова А.В.* Особенности ремонта деталей автомобилей 135
- Скоробогатова І.В.* Аналіз проблем побудови системи автоматичного управління тепловою роботою камерної печі 140
- Гончарова Н.В.* Диагностирование и прогнозирование эксплуатационных режимов работы асинхронных электродвигателей 145
- Стойчев Д.В.* Облегчение пусковых режимов асинхронных электродвигателей в условиях соизмеримой мощности 151
- Тищенко А.О., Буряк А.В.* Тепловые процессы при электроотоплении помещений с использованием электронагревателей трансформаторного типа 155
- Леженкін О.М.* Механіко-математичні дослідження відносного руху причіпної зернозбиральної машини 161
- Lysenko O.V., Adamova S.V.* Common approaches analysis of wind power integrating into the grid 167
- Квітка С.О., Нестерчук Д.М., Квітка О.С.* Дослідження теплових процесів асинхронних електродвигунів під дією струмового навантаження та розробка пристрою захисту від аварійних режимів роботи 172
- Курашкин С.Ф.* Пути повышения надежности электроснабжения и качества электрической энергии в АПК 178

Наукове фахове видання

Праці Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск 13, том 5.

Свідоцтво про державну реєстрацію – Міністерство юстиції
13503-2387 ПР від 03.12.2007 р.

Відповідальний за випуск – Никифорова Л.Є.

Підписано до друку 27.06.2013 р. друк. Rizo. Друкарня «Люкс».
7,7 умов. друк. арк. тираж 100 прим.

73312 ПП Верескун.
Запорізька обл., м. Мелітополь, вул. К. Маркса, 10
тел. (0619) 44-45-11