

Міністерство аграрної політики та
продовольства України



ПРАЦІ
Таврійського державного
агротехнологічного університету

Випуск 13
Том 4

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. 4. – 218 с.

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,
протокол № 9 від 26 березня 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» (№ державної реєстрації 0107 U 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.

Укладач – к.т.н., доц. Нестерчук Д.М.

Адреса редакції: ТДАТУ

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

ISSN 2078-0877

© Таврійський державний
агротехнологічний університет, 2013

УДК 621.311.502

ДИАГНОСТИКА ВОДОГРЕЙНОГО АГРЕГАТА ПИРОЛИЗНОГО ТИПА

Братута Э.Г., д.т.н.,

Семеней А.Р., аспірант.*

*Национальный технический университет «Харьковский
политехнический институт»*

Тел.(057)707-63-59

Аннотация – в работе представлены результаты комплексной диагностики водогрейного агрегата на основе теплогенератора пиролизного типа мощностью 900 кВт, использующего в качестве топлива древесные отходы. Установлено, что энерготехнологические и экологические характеристики агрегата соответствуют современным требованиям, а использование агрегата в коммунальной сфере позволяет существенно снизить тариф за горячее водо- и теплоснабжение.

Ключевые слова – водогрейный агрегат, пиролиз, водоснабжение.

Постановка проблемы. В последние годы формирование топливно-энергетического баланса Украины, который соответствовал бы собственным энергозапасам страны, приобрел особую значимость по ряду достаточно известных и широко обсуждаемых причин.

Анализ последних исследований. Наряду с другими видами топлива ресурс возобновляемых источников энергии Украины составляет порядка 78,2 млн. т у.т в год, при этом на долю биоэнергетики приходится около 27%, [1, 2].

Формулирование цели статьи. Для Украины с ее развитым сельским хозяйством значительный объем органических отходов и биомассы различного происхождения может стать существенным источником энергоресурсов. Одним из направлений энергетического использования биомассы является производство топливного газа, полученного путем пиролиза.

Основная часть. Предприятием «Глобалтехнолоджи» разработана и запатентована [3] «Установка для пиролизной переработки углеродосодержащего сырья», предназначенная для энергетической конверсии биологических отходов любой природы, а также легких пла-

* Научный руководитель – д.т.н. Братута Э.Г.

© д.т.н. Братута Э.Г., аспірант Семеней А.Р.

стиков, отходов нефтешламов, целлюлозных производств, автомобильных покрышек и т.д.

Непосредственному использованию теплогенератора пиролизного типа (ТПТ) в теплотехнологических промышленных схемах различного назначения предшествовали официальные экспертизы на предмет целесообразности применения установки (как альтернативы существующим теплогенераторам), а также экспертизы в части экологической и пожарной безопасности. Имеющиеся официальные заключения Национального центра поведения с опасными отходами Министерства охраны окружающей природной среды Украины (Министерство экологии и природных ресурсов Украины) свидетельствуют, что агрегат полностью соответствует нормам экологической и санитарной безопасности и может быть использован для термической утилизации органических отходов любой природы. Положительное заключение имеется и от Государственного департамента пожарной безопасности.

В наших предыдущих работах [4-7] были рассмотрены как перспективы использования топочных агрегатов пиролизного типа, так и результаты экспериментального и теоретического исследования процессов в ТПТ.

Конструкция ТПТ, принцип его работы и основные технические характеристики достаточно подробно представлены в нашей работе [4]. В рамках этой статьи освещаются результаты промышленных испытаний теплогенератора в составе некоторых теплотехнологических схем.

На рис. 1 и 2 показаны соответственно схема и фотография водогрейного теплоутилизатора на базе ТПТ, установленного в фермерском хозяйстве с. Джулинка Винницкой области. В качестве топлива были использованы дрова смешанных пород дерева, солома, отходы резины.

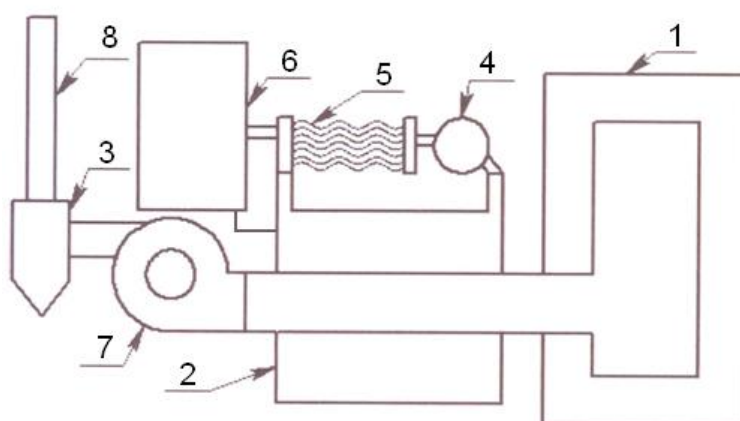


Рис. 1. Схема установки: 1 – ТПТ; 2 – водогрейный теплоутилизатор; 3 – циклон для улавливания твердых продуктов горения; 4 – циркуляционный насос; 5 – блок охлаждения теплоносителя; 6 – емкость для теплоносителя; 7 – дымосос; 8 – дымовая труба.



Рис. 2. Водогрейный теплоутилизатор.

Установка была оснащена измерительной аппаратурой, позволяющей определять:

- расход генерируемой теплоты по калориметрическим замерам в потоке нагреваемой воды (с помощью тепломера марки Supercal-531; относительная погрешность $\pm 4\%$);
- расход продуктов сгорания (по расходомеру с интегрирующей термопарой марки MP200; относительная погрешность $\pm 3\%$);
- температуру теплоносителя и продуктов горения (с помощью термопреобразователя сопротивления и платинового ТСП1199; погрешность измерения $\pm 0,3$ °C);
- расход топлива (по дискретным загрузкам, весы KCS300s «MettlerToledo», погрешность измерения 0,1 кг);
- состав продуктов сгорания определялся газоанализатором TESTO-435; погрешность: O_2 - $\pm 0,2\%$; CO , NO_x - $\pm 5\%$).

Испытания проводились в летнее время. ТПТ запускался на сухих дровах с влажностью порядка 20%. При массе нагреваемой в системе воды 15 тонн, динамика ее нагрева иллюстрируется рис. 3, свидетельствующим о приемлемой оперативности выхода установки на режим.

Параллельно с испытаниями промышленного характера представлялось возможным провести калориметрические измерения, подтверждающие энергетическую эффективность водогрейного агрегата на базе ТПТ.

В качестве топлива использовалась древесина (сосна) с влажностью менее 30% , для которой рабочая низшая теплотворная способность $Q_{н}^p$ [8] составляла от 11,9 до 12,4 мДж/кг. В соответствии с протоколом испытаний за один час 15 тонн воды были нагреты от 29,2 до 79°С и при этом (по данным весовых измерений) израсходовано 310 кг топлива.

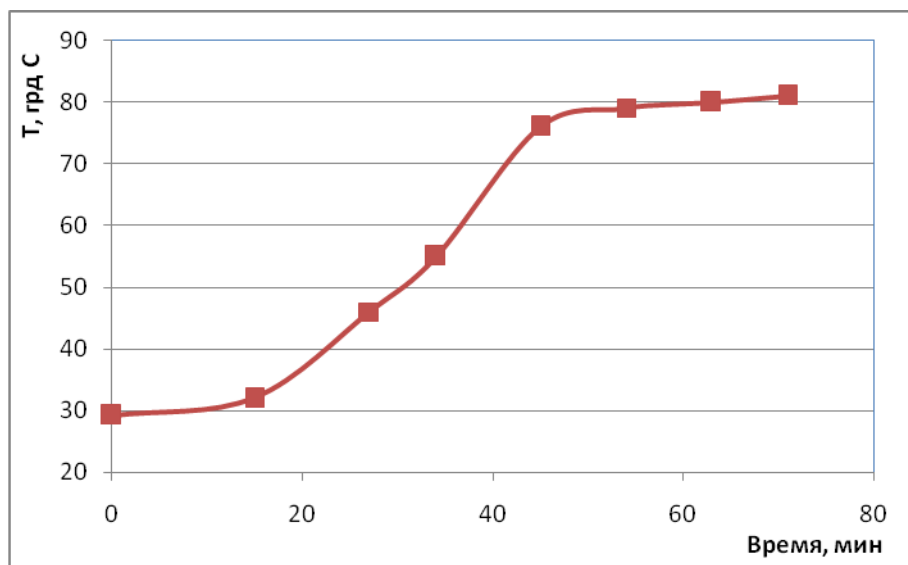


Рис. 3. Темп нагріву води в теплоутилізаторі (с холодного стану ТПТ).

В стаціонарному режимі експлуатації температура гарячої води, подаваної споживачеві, склала 90-92°C при температурі входу в теплоутилізатор 58-60 °С. По даним вимірювань витрата гарячої води була на рівні від 23,6 до 25,2 м³/год. Ці вимірювання дозволили визначити коефіцієнт корисної дії теплоутилізатора як

$$\eta = \frac{M_s \cdot C_{ps} \cdot \Delta t_s}{Q_n^p \cdot M_m},$$

де M_s і M_m – витрата гарячої води і палива, кг/год; C_{ps} – ізобарна теплоємність води, кДж/(кг·К).

При середніх значеннях Q_n^p , Δt_s і M_s величина η лежала в межах від 0,88 до 0,91, а теплова потужність утилізатора складала від 880 до 920 кВт.

Такий результат слід визнати задовільним за наступними міркуваннями.

В якості інструмента для забезпечення енергозбереження при експлуатації водонагрівних котлів відповідним департаментом Євросоюзу були розроблені так звані «директиви про КПД» (Директиви 92/42 EWG DES RATES). Ці директиви встановлюють допустимий мінімальний рівень КПД для стандартних, низкотемпературних і конденсатних котлів. Під конденсатним котлом розуміють агрегат, в якому використовується теплота конденсації водяного пару продуктів спалення. В відповідності з цією директивою встановлено регламентований діапазон зміни КПД для вказаних котлів в функції теплової навантаження котла, показаний в таблиці 1.

Таблица 1 – КПД водогрейных котлов

Тип котла	Нагрузка 30%	Нагрузка 100%
	Диапазон КПД	Диапазон КПД
Конденсатный	0,975 – 0,995	0,915 – 0,935
Стандартный	0,885 – 0,915	0,895 – 0,915
Низкотемпературный	0,820 – 0,88	0,855 – 0,865

Как следует из результатов испытаний водогрейного агрегата на базе ТПТ, его экономичность хорошо согласовывается с требованиями Директивы Евросоюза.

Результаты анализа продуктов сгорания позволили определить уровень вредных выбросов за агрегатом в сопоставлении с этими показателями для широко используемых современных водогрейных котлов серийного производства.

В качестве объекта для сравнения по уровню вредных выбросов был выбран водогрейный котел «ДАР-0,5/1», разработанный ГКБ «Южное» с учетом современных экологических требований и применения передовых технологий в области котлостроения. Котел изготовлен специализированным предприятием ООО «Унипромэнерго-сервис» и по своей производительности и теплотехнологическому назначению близок к водогрейному агрегату на основе ТПТ.

Кроме этого в табл. 2 на основе работы [9] представлены обобщенные результаты выполненного в Австрии исследования по оценке уровней выбросов различных установок мощностью от 0,5 до 10 МВт, работающих на биомассе и использующих в качестве топлива отходы древесно-стружечных панелей, древесные щепу и кору.

Таблица 2 – Экологические характеристики агрегатов

Удельные выбросы, мг/нм ³	Теплоутилизатор на базе ТПТ	Водогрейный котел «ДАР-05/1»	По данным [9]
CO ₂	135-140	не более 150	120-190
NO _x	210-230	не более 250	162-337

Представленные в табл. 2 результаты свидетельствуют о вполне приемлемых уровнях вредных выбросов при эксплуатации водогрейного агрегата на базе ТПТ.

В настоящее время компанией «Глобалтехнолоджи», при научно-техническом сопровождении с участием автора статьи, ведется строительство и внедрение ряда водогрейных агрегатов на основе ТПТ мощностью от 1,0 до 3,5 МВт, подобных вышерассмотренному, и работающих в системе автономного отопления и горячего водоснабжения.

Так, в 2011 г. ООО «Альтернативная теплоэнергия» для Городской больницы №3 г. Краматорска был осуществлен проект модернизации котельной с установкой водогрейного котла пиролизного типа на основе ТПТ мощностью 2,5 МВт. В качестве топлива использовались обрезки деревьев, листья, щепа и прочие органические отходы.

Для оказания услуг по поставке тепловой энергии ООО «Альтернативная теплоэнергия» исполкомом Краматорского городского совета был утвержден тариф в размере 680 грн. (с НДС) за 1 Гкал, что на 200 грн. меньше, чем тариф, по которому энергия отпускалась предыдущим поставщиком – «Краматорсктеплоэнерго».

За период работы котельной с 01.12.2011 по 15.04.2012 объем поставки тепловой энергии потребителям составил 1800 Гкал, что обеспечило экономию бюджетных средств порядка 360 тыс. грн. Измерениями установлено, что за счет размещения водогрейного котла в непосредственной близости от Городской больницы №3 температура теплоносителя (при прочих практически равных условиях) была на 8 – 10°C выше, чем при подачи от котельной «Краматорсктеплоэнерго».

С помощью измерительного комплекса была проведена соответствующая диагностика работы агрегата, результаты которой показали, что энергоэкологические характеристики этого объекта находились в пределах, указанных в табл. 1 и табл. 2.

Помимо этого, ТПТ получил перспективное применение в обеспечении процесса сушки зерна. Так в с. В. Каротуль Переяславского района Киевской области была использована установка для тепловой подготовки сушильного агрегата, показанная на рис. 4.

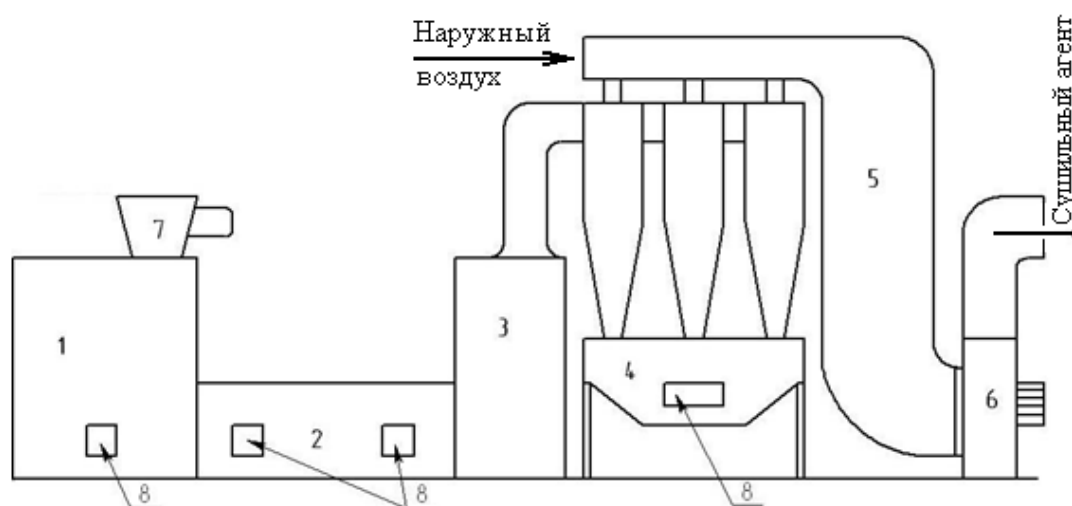


Рис. 4. Схема зерносушилки: 1 – теплогенератор пиролизного типа; 2 – камера дожигания пиропродуктов; 3 – охладитель; 4 – система аспирации сушильного агента; 5 – камера смешения; 6 – рабочий вентилятор; 7 – система автоматической загрузки; 8 – чистки.

Теплогенератор пиролизного типа мощностью 2,5 МВт теплоты обеспечивал подачу $60 \cdot 10^3$ м³/час сушильного агента с температурой на входе в зерносушилку 110 – 160 °С. При сжигании древесных отходов с влажностью менее 40% расход этого топлива составлял, в среднем, 750 кг/час, что позволило обеспечить производительность зерносушилки порядка 8 – 10 т/час. В период проведения испытаний сушке подверглись зерна кукурузы с начальной влажностью 20% и конечной влажностью 14 % при насыпном весе зерна 740 – 800 кг/м³.

Сравнительные оценки показали, что при прочих равных условиях использование древесных отходов в ТПТ вместо природного газа (используемого в теплогенераторах другого типа), позволило сократить эксплуатационные расходы в восемь раз.

Выводы. Учитывая, что теплогенераторы малой и средней мощности являются одними из основных потребителей природного газа в Украине, следует считать перспективным применение в коммунальной и промышленной сфере теплогенераторов пиролизного типа, использующих в качестве топлива городские, промышленные, сельскохозяйственные и древесные отходы.

В процессе промышленных испытаний водогрейного агрегата ТПТ установлено, что по уровню экономичности и экологической безопасности агрегат полностью соответствует современным требованиям, предъявляемым к теплогенераторам малой и средней теплопроизводительности мощностью от 500 до 2000 кВт.

Установлено, что применение ТПТ для горячего водо- и теплоснабжения в коммунальной сфере позволило более, чем на 30% снизить тариф за отпуск тепла сравнительно с поставкой от котельной, использующей природный газ.

Литература

1. *Шидловський А.К.* Паливно-енергетичний комплекс України в контексті глобальних енергетичних перетворень / *А.К.Шидловський, Б.С. Стогній* // Українські енциклопедичні знання. – Київ, 2004. – 468 с.
2. *Толмачев В.Л.* Роль и перспектива отдельных энергоносителей в энергетике Украины / *В.Л.Толмачев* // *Економіст*. – 2006. – №8. – С.37-39.
3. Пат. 42719 Україна. Установка для піролізної переробки вугле-нівмісної сировини / *И.Ю.Цыганков, С.В.Люберцев, А.Р.Семеней*; опубл. 10.07.09.
4. *Братута Э.Г.* Перспективы использования топочных агрегатов пиролизного типа / *Э.Г.Братута, А.Р.Семеней*. – Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – №4. – 2010. С.8-13.
5. *Семеней А.Р.* Методика оценки эффективности теплогенератора пиролизного типа в нестационарном режиме эксплуатации / *А.Р. Семеней, Э.Г. Братута* // *Інтегровані технології та енергозбереження*. – 2010. – №4. – С.19-22.

6. *Братута Э.Г.* Оценка эффективности использования пиролизного теплогенератора в схемах тепло- и электроснабжения / *Э.Г.Братута, А.Р. Семеней.* – Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – №5. – 2011. С.23-28.

7. *Семеней А.Р.* Модель термодинамических процессов в теплогенераторе пиролизного типа / *А.Р.Семеней, А.И.Тарасов, Э.Г.Братута* // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2011. – №3. – С.44-47.

8. *Гелетуха Г.Г.* Обзор технологий сжигания древесины с целью выработки тепла и электроэнергии. Часть 1 / *Г.Г.Гелетуха*// Экотехнологии энергосбережение. – 2007. – №5. - С.3-12.

9. Применение энергии биомассы для отопления и горячего водоснабжения в республике Беларусь. Методические рекомендации по применению передовой практики. Часть А: Сжигание биомассы. – Электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы». – 2006. – №2.

ДІАГНОСТИКА ВОДОГРІЙНОГО АГРЕГАТУ ПІРОЛІЗНОГО ТИПУ

Братута Е.Г, Семеней А.Р.

Анотація

В роботі представлені результати комплексної діагностики водогрійного агрегату на основі теплогенератора пиролизного типу потужністю 900 кВт, з використанням в якості палива відходів деревини. Встановлено, що енерготехнологічні та екологічні характеристики агрегату відповідають сучасним вимогам, а використання агрегату в комунальній сфері дозволяє суттєво знизити тариф за гаряче водо- і теплопостачання.

RESULTS OF TESTS AND INDUSTRIAL APPLICATION OF PYROLYSIS HEAT GENERATORS

E.Bratuta, A.Semenei

Summary

Results of complex diagnostics of the water-heating unit on the basis of pyrolysis heat generator by capacity of 900 kW which uses wood waste as fuel are presented. It is established, that energy-technological and ecological characteristics of the unit conform to modern requirements, and use of the unit in municipal area allows to lower essentially the tariff for hot water and a heat supply.

УДК 621.313

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРОГРАММЫ СТРУКТУРНОЙ ЭВОЛЮЦИИ АНТРОПОГЕННЫХ СИСТЕМ (МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ АСПЕКТ)

Шинкаренко В.Ф., д.т.н.

*Национальный технический университет Украины «Киевский
политехнический институт»*

Тел. (044) 406-82-38

Аннотация – обобщены результаты структурно-системных исследований, подтверждающих наличие генетических программ структурообразования в системах антропогенного происхождения. Показана общность принципов структурной организации в порождающих периодических системах различной генетической природы.

Ключевые слова – порождающая система, генетическая программа, генетический код, вид, объект, антропогенная система, структурная эволюция.

Постановка проблемы. В последнее время благодаря широкому распространению системных идей, а также развитию представлений о принципах самоорганизации открытых систем, все настойчивее выдвигаются различные гипотезы и модели процессов эволюции охваченных исследованиями областей науки. Если всего лишь несколько десятилетий назад исследования эволюционных процессов в различных областях естествознания были довольно слабо связаны между собой, то сейчас положение изменилось радикальным образом: выявляются контуры единого (в многообразии своих конкретных проявлений) процесса развития (коэволюции), отражающего общесистемные и специфические закономерности развития не только в живой природе, земной коре, космологии, но и в системах антропогенного происхождения [1-4].

Истощение запасов природных энергоносителей, увеличивающееся и неконтролируемое техногенное давление на окружающую среду, стремительно расширяющееся разнообразие и сложность, создаваемых человеком технических систем, выдвигают новые, неотложные задачи в познании и понимании процессов, отображающих принципы структурной организации и закономерности развития антропогенных систем. В этой связи представляется актуальным определение системообразующих принципов, законов и понятий, связанных с организацией и эво-

люцией антропогенных систем. Актуальность проведения таких исследований обостряется растущими темпами научно-технического прогресса. Скорость техноэволюции в отличие от биоэволюции постоянно увеличивается. Наличие большой разницы в скоростях биоэволюции и техноэволюции (три десятых порядка) нарушает гармонизацию природы и общества, что ведет к необратимым последствиям [1].

Анализ последних исследований. Идея всеобщности системных законов наследственности и эволюции получила в последние годы логическое подтверждение и дальнейшее развитие со стороны структурной и генетической электромеханики [4]. Открытие генетической классификации (ГК) первичных источников электромагнитного поля и установление непосредственной связи периодической структуры ГК с принципами сохранения первичной электромагнитной структуры и ее генетическим кодом и закономерностями структурной эволюции, коренным образом изменили представления о принципах структурной организации и источниках разнообразия сложных систем в живой и неживой природе. Новая теоретическая парадигма объединила классическую электромеханику, генетическую теорию структурной организации ЭМПЭ (генетическую электромеханику), теорию макро- и микроэволюции видового разнообразия, геномику ЭМ-систем и научные основы геносистематики электромагнитных и электромеханических преобразователей энергии в единую систему знаний с общим теоретическим базисом и методологическим единством [4].

Результаты генетического и структурно-системного анализа показали, что исторически сложившееся, необозримое множество электромагнитных и электромеханических объектов и систем (ЭМ-систем), созданных многими поколениями специалистов, обладает высокоупорядоченными системными связями, разнообразие и свойства которых раскрывается через структуру и генетическую информацию исходного элементного базиса ГК.

В процессе научного познания установлено, что указанная закономерность определяется свойствами целостных структур, элементарного и субэлементарного уровней, определяющих структурную организацию объектов и систем более высокого уровня сложности. Фундаментальность таких целостных структур определяется их инвариантностью к уровню сложности систем-потомков, реализуемых ими функций и времени их эволюции. Такими свойствами наделены, прежде всего, электрические заряды (электромагнитные системы), атомы (химические соединения), гены (биологические системы) и др.

Полученные результаты эволюционных экспериментов, подтвердили корректность положений генетической теории структурной эволюции ЭМ-систем, при решении задач генетического анализа, структурного предвидения и инновационного синтеза

объектов электромеханики, электротехники и механики[5-7]. Можно с большой степенью вероятности предположить, что принципы наследственности с их непосредственными связями с процессами структурной эволюции относятся к категории общесистемных, т.е., обладающих универсальностью в масштабах всей системы развивающихся технических и гуманитарных наук.

Формулирование цели статьи. Обобщение результатов междисциплинарного анализа (на основе горизонтального переноса знаний) общесистемных принципов генетической организации в развивающихся системах антропогенного происхождения.

Основная часть. Анализ структуры и инвариантных свойств Порождающих систем (на примере периодических систем химических, электромагнитных и биологических структур) показал общность принципов структурной организации и законов эволюции в системах различной физической природы. Указанная закономерность проявляется на различных уровнях структурной организации и эволюции сложных систем в виде наблюдаемых межсистемных аналогий и гомологий. Наличие таких межсистемных аналогов обусловлено фундаментальными принципами, определяющими структуру и инвариантные свойства периодических порождающих систем.

Исходя из принципа сохранения симметрии, такое сходство должно иметь место также на уровне законов природы, которые действуют в различных системах (табл. 1). На эту закономерность первым обратил внимание Л. Фон Берталанфи, который указывал, что системные законы проявляются в виде аналогий, или «логических гомологий», - законов, представляющихся формально идентичными, но относящихся к совершенно различным явлениям или даже дисциплинам [8].

Наличие такой закономерности свидетельствует о существовании некоторого общесистемного закона, который на генетическом уровне представления знаний, должен иметь статус принципа сохранения. В конкретном случае (табл. 1) гомологические последовательности законов природы, открытых в разное время и в различных областях знаний, имеют общую генетическую основу – принцип сохранения симметрии (энантиоморфизм). Наиболее обобщенные формулировки системного закона принадлежат А.А. Богданову: «Системы, находящиеся в определенном равновесии, обнаруживают тенденцию сохранять его, оказывая внутреннее противодействие силам, его изменяющим» [9] и М.И. Сетрову: «Целое препятствует нарушению целостности» [10].

К категории системных законов природы относятся и Порождающие периодические системы, структуру которых необходимо рассматривать как форму представления определенной совокупности взаимосвязанных принципов сохранения и

интегральных законов [4]. Структура и инвариантные свойства Порождающих систем естественным образом интегрируют высокую степень структурной упорядоченности (систематику), наследственные принципы структурной организации (генетику) и закономерности развития структурного разнообразия (эволюцию). То, что было осознано научным сообществом (и только в рамках одной дисциплины – биологии) после 60 лет трагической междисциплинарной борьбы (от открытия генетических законов Менделя, до формирования синтетической теории эволюции), природа давно предусмотрела в своих периодических системах.

Таблица 1– Пример гомологии общесистемного закона природы (фрагмент)

Дата	Закон	Область знаний	Автор
1687	Третий закон Ньютона	Физика, механика	Исаак Ньютон
1834	Закон Ленца	Электротехника, электромеханика	Эмиль Ленц
1878	Закон единства и борьбы противоположностей	Философия	Ф. Энгельс
1884 - 1887	Принцип Ле-Шателье – Брауна	Химия, термодинамика	А. Ле-Шателье, К. Браун
1890	Закон соответствия спроса и предложения	Экономика	А. Маршалл
1894	Принцип диссимметризации П.Кюри	Физика, Кристаллография	Пьер Кюри
1912	Правило отрицательной обратной связи	Физиология, медицина	П.К. Анохин
1994	Закон экологического равновесия	Экология	Н.Ф. Реймерс

В ходе исследований было установлено, что генетически определенные совокупности порождающих структур элементного базиса ГК, а также хромосомные наборы видового уровня выполняют функцию типовых программ структурообразования по отношению к генетически допустимому разнообразию структур-потомков более высоких уровней генетической сложности. Наличие такой закономерности, стало основой для разработки технологии структурного предвидения и направленного синтеза новых видов и разновидностей ЭМ-систем, еще отсутствующих на данное время эволюции. Такие программы, по аналогии с аналогичными программами биологических систем, соответствуют статусу генетических [5,6].

Генетические программы – фундаментальное свойство эволюционирующих систем с наследственными принципами структурообразования. Они представлены упорядоченными

совокупностями целостных элементов определенной физической или абстрактной природы, генетическая информация которых, определяет структурную организацию и разнообразие объектов-потомков. Генетические программы имеют многоуровневую структуру и могут быть представлены на хромосомном (макрогеномы классов), объектном (генетические коды), видовом (геномы видов) и системном (гомологические ряды, геометрические классы) уровнях (табл. 2). Порождающие периодические системы выполняют в такой иерархии функцию глобальных генетических программ по отношению к функциональным и таксономическим классам определенной генетической природы.

Таблица 2 –Пример генетической программы макрогенетического уровня (видовое разнообразие функционального класса генераторов возвратно-поступательного движения)

Группа	Под-группа	Р о д	
		Цилиндрические	Плоские
0.0	у	–	ПЛ 0.0у
	х	ЦЛ 0.0х	ПЛ 0.0х
0.2	у	² ЦЛ 0.2у	ПЛ 0.2у; ¹ ПЛ 0.2у; ² ПЛ0.2у; ² ПЛ 0.2у;
2.0	х	ЦЛ 2.0х; ¹ ЦЛ 2.0х; ³ ЦЛ 2.0х;	ПЛ 2.0х; ¹ ПЛ 2.0х; ² ПЛ2.0х; ² ПЛ 2.0х;
2.2	у	–	ПЛ 2.2у; ¹ ПЛ 2.2у; ² ПЛ2.2у;
	х	ЦЛ 2.2х; ¹ ЦЛ 2.2х; ² ЦЛ 2.2х;	ПЛ 2.2х; ¹ ПЛ 2.2х; ² ПЛ2.2х;
Потенциал рода		8 Видов (33,3%), в т.ч. 5 Видов-близнецов	16 видів (66,7%), в т.ч. 10 Видов-близнецов
Потенциал класса		24 вида, в т.ч. 15 видов-близнецов	

Генетические программы являются системной основой для постановки и решения задач структурного предвидения, так как упорядочивают информацию как по отношению к разнообразию известных объектов, так и объектов еще не задействованных в процессе структурной эволюции. Если программы макроуровня определяют генетически допустимое разнообразие Видов ЭМПЭ, то прогностической информации программ микроуровня ставятся в соответствие структурное разнообразие объектного и популяционного уровней сложности (рис. 1).

Высокая степень устойчивости генетических программ в процессе эволюции определяется принципами сохранения генетической информации и общесистемными принципами структурной организации сложных систем. К числу системообразующих принципов, опре-

деляющих инвариантные свойства Порождающих периодических систем, относятся: принцип сохранения симметрии; принцип топологической инвариантности, самоподобие, гомология, принципы изо- и полиморфизма (изотопия, изомерия), принцип парности (дуальности, бинарности) и интегральный периодический закон [4]. До последнего времени, указанные принципы рассматривались наукой как самостоятельные закономерности, имеющие свое специфическое проявление в отдельных дисциплинах. Исследование глубокой взаимосвязи указанных принципов стало возможным только при совместном анализе Порождающих периодических систем.

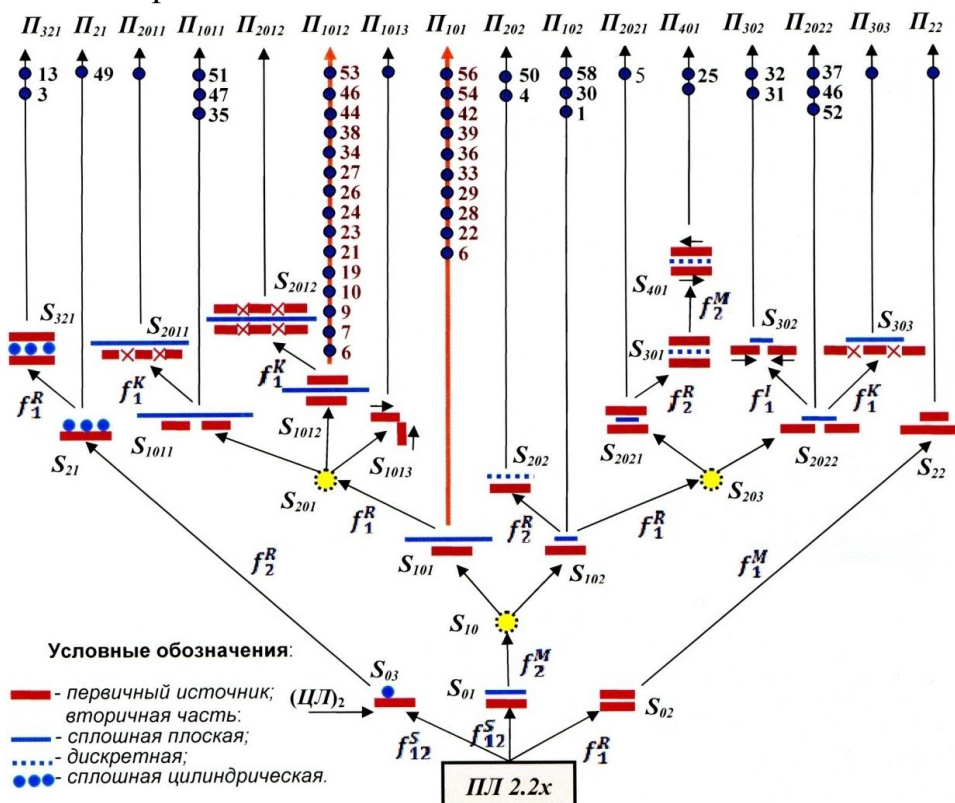


Рис. 1. Генетическая программа видового уровня (Вид плоских электромеханических преобразователей энергии) и ее экспериментальное подтверждение ($T_{\Sigma} = 185$ лет; 65 функциональных классов; 1460 эволюционных событий).

Рассмотрим в качестве примера свойство изотопии. В основе изотопии лежит принцип полиморфизма элементов произвольной физической или абстрактной природы, занимающих одно и то же место в периодической структуре порождающей системы. Вид полиморфизма и характерный изотопический параметр системы определяется генетической природой элементного базиса (табл. 3).

Для каждой генетической системы вид проявления изотопии специфичен. Например, в развивающихся ЭМ-системах изотопия выполняет функцию источника структурного разнообразия. Каждому

источнику-изотопу на хромосомном уровне, ставится в соответствие конкретный Вид-близнец на видовом.

Если изотопия является результатом проявления полиморфизма на элементном (хромосомном) уровне [4], то свойство изомерии отображает полиморфизм генетических программ внутривидового уровня [11]. Генетически запрограммированное многообразие форм на элементном и видовом уровнях (генетическая изменчивость) – необходимое условие обеспечения устойчивого развития системы в конкурентной борьбе.

Таблица 3– Междисциплинарный анализ свойства изотопии в генетически организованных системах (фрагмент).

Дисциплина	Вид полиморфизма	Изотопический параметр
Химия	Массовый	Атомный вес
Физика элементарных частиц	Зарядовый	Электрический заряд
Лингвистика	Семантический	Семантическая единица
Математика	Топологический	Гомотопия
	Числовой	Дробное число
Генетическая электромеханика	Геометрический	Пространственная форма

Результаты междисциплинарного анализа других системообразующих принципов (рис. 2), указывают на общность структурной организации генетически организованных систем природного и антропогенного типа, инвариантность свойств которой определяется периодическими порождающими системами. Отсутствие периодических систем в биологии и лингвистике явление временное, которое объясняется неравномерностью уровней познания общесистемных и специфических принципов их структурной организации. Подтверждением этому является открытие многомерной периодичности и универсального принципа кодирования в системе натуральных чисел [12].

В иерархически организованных системах, произвольные уровни связаны между собой генетической информацией. Структурная сложность и объем информации каждого вышестоящего уровня определяются структурой и информацией предыдущего. Наличие детерминированных связей между произвольным элементом, генетическим кодом и его положением в порождающей периодической системе, с одной стороны, эволюционным статусом и генетическим разнообразием объектов-потомков, с другой, позволяет установить фундаментальное свойство системности генетически организованных систем.

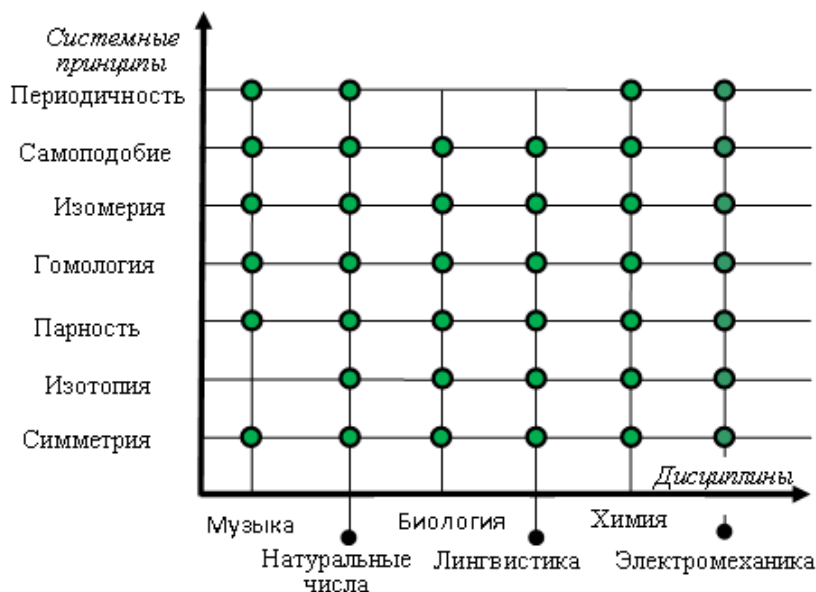


Рис. 2. Общность системных принципов структурной организации генетически организованных систем естественного (биология, химия) и антропогенного (музыка, натуральные числа, лингвистика, электромеханика) происхождения.

Системность представляет собой интегральное свойство, обеспечивающее возможность идентификации произвольного объекта системы по его генетической программе, с возможностью решения обратной задачи - восстановления порождающей системы по генетической информации произвольного единичного объекта (рис.3).



Рис. 3. Иллюстрация принципа системности на примере генетически взаимосвязанных ЭМ-объекта (первый трехфазный асинхронный двигатель М.О. Доливо-Добровольского) и генетической программы класса трехфазных асинхронных машин (Порождающая система).

Таким образом, произвольный объект системы обладает своего рода «генетической памятью». Являясь носителем генетической информации о своей порождающей системе, он одновременно входит в

состав ее генетически предсказуемого потомства. Практическая реализация принципа системности осуществляется через взаимосвязанные процедуры направленного синтеза (порождающая система → объект) и генетического анализа (объект → порождающая система), независимо от уровня сложности, функциональной принадлежности и эволюционного статуса объекта системы.

Выводы. Антропогенные системы, как и системы естественного происхождения, относятся к классу развивающихся систем, обладающих собственными генетическими программами структурного развития. Генетические программы необходимо рассматривать как неотъемлемое свойство Порождающих периодических систем, выполняющих форму представления взаимосвязанных общесистемных принципов и интегрального периодического закона.

Наличие генетических программ в развивающихся системах антропогенного происхождения является объективной реальностью, что обуславливает необходимость разработки новых подходов к методологии системных исследований и организации системы образования. Открытие и познание генетических программ в естественных и антропогенных системах обеспечивает переход на принципиально новый уровень системных знаний, основанных на стратегии генетического предвидения и управляемой эволюции.

Литература

1. *Моисеев Н.Н.* Человек и ноосфера /*Н.Н.Моисеев.* – М.: Мол.гвардия, 1990. – 351 с.
2. *Каганов Ю.Т.* Коэволюция биосферы и техносферы: проблемы и решения /*Ю.Т.Каганов.* – М.: «Прогресс-Традиция», 2002. – 685 с.
3. *Урманцев Ю.А.* Эволюционика, или общая теория развития систем природы, общества и мышления / *Ю.А. Урманцев.* – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 240 с.
4. *Шинкаренко В.Ф.* Основы теории эволюции электромеханических систем / *В.Ф. Шинкаренко.* – Киев: Наукова думка, 2002. – 288 с.
5. *Shinkarenko V.* Genetic Programs of Complex Evolutionary Systems (Part 1) /*V. Shinkarenko, Y. Kuznietsov*// 11th Anniversary International scientific Conference «Unitech'11», 18-19 November 2011.–Gabrovo, Bulgaria. Vol. I. P.– P.33-43.
6. *Шинкаренко В.Ф.* Генетические программы структурной эволюции функциональных классов электромеханических систем / *В.Ф. Шинкаренко, В.В. Лысак*// Електротехніка і електромеханіка.– 2012.– № 2. – С.56-62.
7. *Шинкаренко В.Ф.* Эволюционные эксперименты в структурной электромеханике. /*В.Ф. Шинкаренко, В.В. Котлярова* // Матеріали міжнар. наук.-техн. конф. «Проблеми підвищення ефективності елект-

ромеханічних перетворювачів в електроенергетичних системах», м. Севастополь, 17-20 вересня 2012. – Севастополь, 2012. – С.7-12.

8. *Берталанфи Л. фон.* История и статус общей теории систем. – В кн.: Системные исследования. Методол. проблемы. Ежегодник / *Л. фон Берталанфи.* – М.: «Наука», 1973. – С.20-37.

9. *Малиновский А.А.* Тектология. Теория систем. Теоретическая биология / *А.А. Малиновский.* – М.: «Эдиториал УРСС», 2000. – 488с.

10. *Сетров М.И.* Общие принципы организации систем и их методологическое значение / *М.И. Сетров.* – Л.: «Наука», 1971. – 132 с.

11. *Шинкаренко В.Ф.* Изомерия и ее моделирование в задачах генетического синтеза электромеханических структур / *В.Ф.Шинкаренко В.Ф., А.А. Августиневич А.А., В.В. Лысак В.В., М.А. Вахновецкая*// Електротехніка і електромеханіка. –2009, № 1. – С.33-36.

12. *Шинкаренко В.Ф.* Генетическое предвидение как системная основа в стратегии управления инновационным развитием технических систем / *В.Ф. Шинкаренко* // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – 2011. – Вип. 11, том 4. – С.3-19.

ГЕНЕТИЧНІ ПРОГРАМИ СТРУКТУРНОЇ ЕВОЛЮЦІЇ АНТРОПОГЕННИХ СИСТЕМ (МІЖДИСЦИПЛІНАРНИЙ АСПЕКТ)

Шинкаренко В.Ф.

Анотація

Узагальнено результати міждисциплінарних досліджень, що підтверджують наявність генетичних програм структур утворення в системах антропогенного походження. Показано спільність принципів структурної організації в породжуючих періодичних системах різної генетичної природи.

GENETIC PROGRAMS OF STRUCTURAL EVOLUTION OF ANTHROPOGENIC SYSTEMS (INTERDISCIPLINARY ASPECT)

V. Shynkarenko

Summary

The results of interdisciplinary researches which confirm the presence of structurization genetic programs in the systems of anthropogenic origin are generalized in the article. Similarity of principles of structural organization in generating periodic systems of different genetic nature is shown here.

УДК 631.372

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ В МОБИЛЬНЫХ АГРЕГАТАХ

Овчаров В.В., д.т.н.,

Вовк А.Ю., к.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел.: (0619) 42-32-63

Аннотация – предложены и проанализированы пути снижения энергозатрат в мобильных агрегатах.

Ключевые слова – энергозатраты, мобильный агрегат, комбинированный привод, ионистор, аккумулятор.

Постановка проблемы. Энергетическая проблема, которая сегодня является чрезвычайно актуальной практически для всех стран мира, особенно остро ощущается в Украине, которая лишь на 35-40% способна удовлетворить свои потребности собственными топливно-энергетическими ресурсами.

В агропромышленном комплексе существует народно-хозяйственная проблема снижения энергозатрат на производство продукции растениеводства.

Суть проблемы заключается в том, что в себестоимости продукции растениеводства стоимость энергетических затрат для разных видов продукции достигает десятков процентов. Например, за один час работы мобильного агрегата на базе трактора МТЗ-80 расходуется около 15 литров дизельного топлива, стоимость которого составляет порядка 150 грн. Среднее время работы в течении года такого агрегата составляет примерно 2000 часов, следовательно, стоимость дизельного топлива за этот период равна примерно 300 тыс.грн. [1]. Всё это ложится на себестоимость продукции растениеводства.

Анализ последних исследований. Причиной существования проблемы является то, что единственным видом двигателя в мобильных агрегатах является тепловой двигатель, коэффициент полезного действия, которого составляет около 45% [2].

Предварительные расчёты показывают, что применение электрической энергии для привода мобильных агрегатов на 30-40% снижают стоимость энергетических затрат на производство продукции растениеводства.

В направлении создания электрифицированной сельскохозяй-

ственной техники работает российская компания MOBEL (г. Москва), которая разработала, создала и провела презентацию электротрактора, сконструированного на основе модели «Беларус-920» с колесной формулой 4×4. На тракторе установлен итальянский электродвигатель мощностью 60 кВт, с крутящим моментом 250 Н·м, с частотой вращения 2200 оборотов в минуту и рабочим напряжением 300 В. Электродвигатель работает на электропитании от блока литий-ионных батарей емкостью 56 кВт·ч, производства компании ThunderSkyBatteries (Китай). В конструкции трактора сохранена синхронизированная коробка передач. Несмотря на свои достоинства, основным недостатком этого трактора является недостаточная длительность его работы после полной зарядки батарей, которая составляет 3-4 часа. После этого аккумуляторные батареи необходимо заряжать минимум 30 минут, для чего в поле нужен источник питания [3].

Формулирование цели статьи. Поэтому целью работы является разработка предложений по созданию эффективных комбинированных дизель-электрических приводов мобильных агрегатов.

Основная часть. Одним из вариантов решения проблемы является замена в мобильных агрегатах тепловых двигателей электрическими.

На указанном пути решения проблемы существует целый ряд трудностей:

- если применить для привода мобильных агрегатов электродвигатели переменного тока, то потребуются подвод линий электропитания, строительство трансформаторных подстанций, сооружение устройств электропитания агрегатов (например, гибких кабелей);

- если применить для привода мобильных агрегатов электродвигатели постоянного тока, то потребуются оборудование агрегатов аккумуляторными батареями, которые будут иметь значительный вес и объём, усложнять конструкцию, тратить энергию на собственное перемещение, требовать систематической зарядки аккумуляторных батарей с сооружением соответствующих источников.

В настоящее время для привода электрифицированных автотранспортных средств широко используются в основном литий-ионные аккумуляторы, которые имеют свои преимущества и недостатки [4].

К преимуществам таких аккумуляторов следует отнести:

- значительная плотность энергии (как весовая, так и объемная);
- напряжение на одном элементе батареи составляет 3,6 В, что в три раза выше, чем у других разновидностей аккумуляторов;
- быстрый заряд батареи (до 90-95% емкости за 30-40 минут);
- высокий ресурс жизни (более 1000 циклов разряда-заряда батареи);
- низкая степень саморазряда (4-5% в месяц);
- высокая экологичность (утилизируются без переработки).

Недостатками указанных аккумуляторов являются:

- возможность взрыва при зарядке или механическом повреждении аккумулятора;
- срок нормальной продуктивной работы составляет не более пяти лет;
- достаточно высокая стоимость аккумуляторов.

Поэтому нами высказана гипотеза о том, что для экономии топливно-энергетических ресурсов в мобильных агрегатах необходимо создание комбинированных дизель-электрических приводов с использованием для аккумуляции электрической энергии ионисторов (суперконденсаторов).

Ионисторы – это электрохимические приборы, которые предназначены для хранения электрической энергии. Они характеризуются большим числом заряда-разряда (до нескольких десятков тысяч раз), у них очень длительный срок службы в отличие от других элементов питания (аккумуляторных батарей и гальванических элементов), малый ток утечки, и главное – ионисторы имеют значительную емкость и очень маленькие размеры. По последним разработкам они достигают емкости в 10000 Ф при напряжении 1,5В[5].

К главным достоинствам ионисторов относятся:

- очень большое количество циклов заряда и разряда;
- большие токи отдачи;
- быстро заряжаются (практически моментально, в зависимости от того, какой ток может обеспечить зарядное устройство);
- отсутствие необходимости контроля режима зарядки;
- габариты намного меньше обычных конденсаторов при намного большей емкости;
- широкий рабочий диапазон температур (от -50 до + 60 °С);
- долговечны (свыше 10 лет и 100 000 циклов заряда-разряда);
- пожаробезопасны;
- не требуют специальной дорогостоящей утилизации (так как не содержат токсичных материалов).

В то же время ионисторы имеют и свои недостатки, основные из которых:

- напряжение на их зажимах во время всего цикла разрядки падает, поэтому для устройств, которые требуют постоянного напряжения, они не применимы;
- значительная стоимость, которая пока не позволяет им конкурировать с аккумуляторами.

Один из выходов – это использовать ионисторы как дополнительный источник питания, то есть заряжать их в то время, когда сеть не нагружена и полностью отдавать их энергию в нужные моменты, после чего подключать аккумуляторную батарею, когда энергия уже исчерпана. Следовательно, эффективно эти суперконденсаторы можно использовать в системах рекуперации энергии.

Нами висказана гіпотеза о том, что эффективное использование ионисторов возможно при параллельной работе теплового и электрического двигателей на общий вал привода мобильного агрегата.

Такая система позволяет полностью использовать энергию, накопленную в ионисторах, независимо от уровня их напряжения. В этой системе скорость вращения общего вала задаёт тепловой двигатель, а электрический двигатель, питающийся энергией от ионисторов, помогает тепловому двигателю выполнять работу, величина которой зависит от скорости вращения общего вала.

Проанализируем режим совместной работы теплового и электрического двигателей, работающих на общий вал. Составим принципиальную электрическую схему включения двигателя постоянного тока (рис.1).

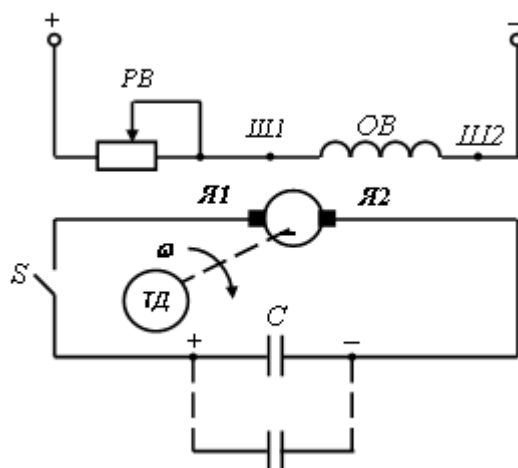


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема включения двигателя постоянного тока.

На схеме обозначены: *OB* – обмотка возбуждения электродвигателя, *PB* – реостат возбуждения, *Я* – якорь электродвигателя, *ТД* – тепловой двигатель, *S* – коммутирующее устройство, *C* – батарея ионисторов.

Составим расчётную схему якорной цепи (рис.2).

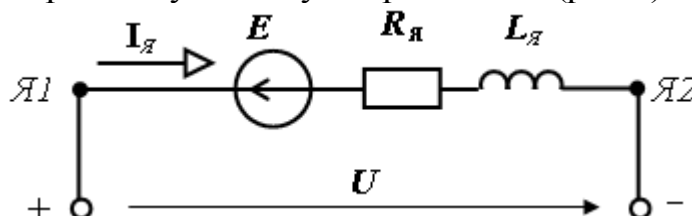


Рис. 2. Расчётная схема якорной цепи электродвигателя.

На схеме обозначено: *E* – электродвижущая сила в обмотке якоря, наводимая при вращении; *R_я* – сопротивление якорной цепи; *L_я* – индуктивность обмотки якоря; *U* – напряжение на зажимах якорной цепи; *I_я* – сила тока в якорной цепи.

Момент, розвиваемый электродвигателем, равен

$$M_{\varepsilon\delta} = k\Phi I_{\text{я}}, \quad (1)$$

где Φ – магнитный поток электродвигателя, Вб.

Запишем уравнение скоростной характеристики

$$\omega = \frac{U - R_{\text{я}} I_{\text{я}}}{k\Phi}, \quad (2)$$

где ω – угловая скорость вращения якоря, рад/с.

Из уравнения (2) находим силу тока якорной цепи

$$I_{\text{я}} = \frac{U - k\Phi\omega}{R_{\text{я}}}. \quad (3)$$

Подставив (3) в (1), получаем уравнение вращающего момента

$$M_{\varepsilon\delta} = k\Phi \frac{U - k\Phi\omega}{R_{\text{я}}}. \quad (4)$$

Принимаем $R_{\text{я}} = 0,5$ Ом; $k\Phi = 0,8$ Вб; $U = 220$ В, 110 В, 55 В и рассчитываем зависимости $M_{\varepsilon\delta} = f(\omega)$. Результаты расчётов представлены на рис. 3.

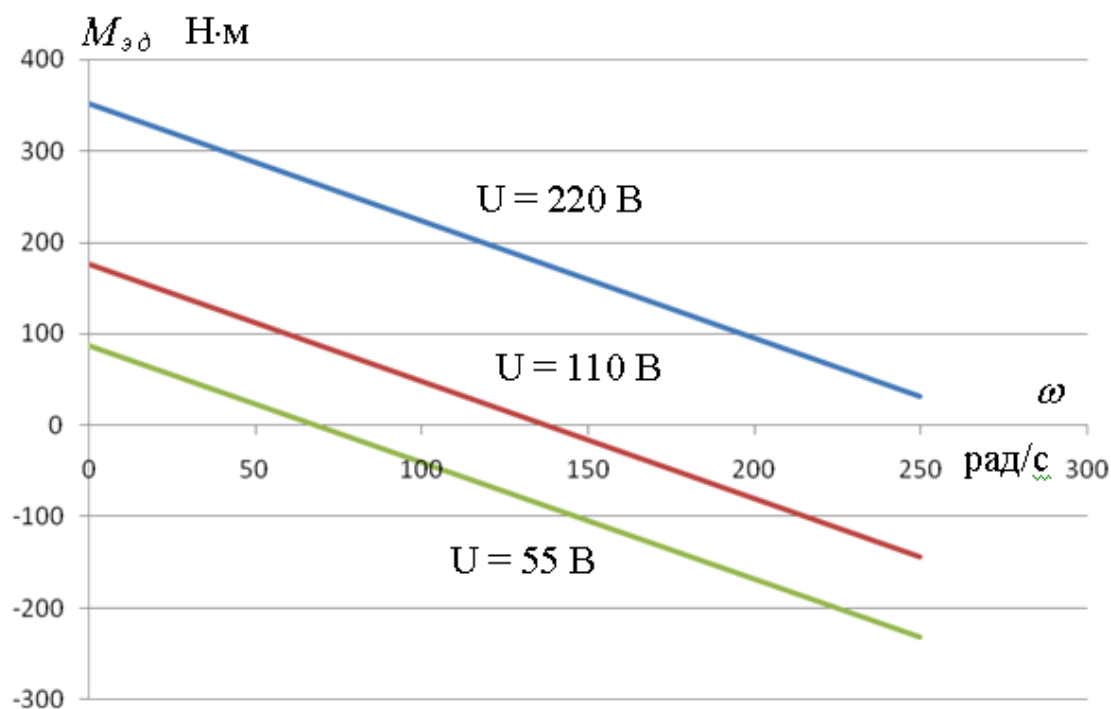


Рис. 3. Зависимости $M_{\varepsilon\delta} = f(\omega)$ при разных значениях питающего напряжения.

Выводы. Анализ зависимостей момента, развиваемого электродвигателем при разных значениях питающего напряжения в функции угловой скорости, показывает, что электрическую энергию, накопленную в ионисторах, можно практически полностью использовать в зависимости от угловой скорости вращения вала.

Литература.

1. *Корчемний М.* Енергозбереження в агропромисловому комплексі / *М.Корчемний, В.Федорейко, В.Щербань.*– Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984с.
2. *Хорош А.И.* Дизельные двигатели транспортных технологических машин / *А.И. Хорош, И.А. Хорош.* – Спб.: Лань, 2012. – 704с.
3. Презентация электротрактора «Беларус-920» с колесной формулой 4x4 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.excavator.com.ua/index.php/Статьи/1-920г-4t4.html>.
4. *Хрусталев Д.А.* Аккумуляторы / *Д.А. Хрусталев.* – М.: Изумруд, 2003. – 222с.
5. *Балыкишов А.* Ионисторы / *А. Балыкишов* // Электронные компоненты. Украина. – 2005. – №11/12. – С.91-97.

ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ У МОБІЛЬНИХ АГРЕГАТАХ

Овчаров В.В., Вовк О.Ю.

Анотація – запропоновані і проаналізовані шляхи зниження енерговитрат у мобільних агрегатах.

WAYS OF DECREASE IN ENERGY CONSUMPTION IN MOBILE UNITS

V. Ovcharov, A. Vovk

Summary

Ways of decrease in energy consumption in mobile units are offered and analyses.

УДК 631.59

ВОДА – ОСНОВНОЙ ИСТОЧНИК БУДУЩЕЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Никифорова Л.Е., д.т.н.,

Гаевская И.В., инженер.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-13-54

Аннотация – Предлагается практический метод использования воды в качестве неиссякаемого источника дешёвой тепловой энергии, в основу которого положены процессы фотосинтеза в растениях.

Ключевые слова – тепловая энергия, фотосинтез, электролиз, эфир.

Постановка проблемы. Украина относится к энергодефицитным странам, так как обеспечивает свои потребности в собственных топливно-энергетических ресурсах всего лишь на ~53%, и поэтому вынуждена импортировать ~75% потребляемого в стране газа, ~85% нефти и нефтепродуктов. Зависимость от импорта традиционных широко используемых энергоносителей рассматривается большинством развитых стран как вопрос национальной и энергетической безопасности, а использование их как источников энергии несёт в себе, кроме всего прочего, существенную экологическую опасность.

Анализ последних исследований. Таким образом, безусловная исчерпаемость природных энергоносителей в будущем и значительное ухудшение экологической ситуации от использования их, а также зависимость населения многих стран от импорта энергоносителей, цены на которые стремительно растут, вызвали необходимость поиска неисчерпаемого и экологически чистого энергоносителя. Этим требованиям удовлетворяет водород, входящий в состав огромного объёма воды на Земле, т.к. при сжигании водорода вновь образуется вода, и таким образом этот экологически чистый энергоноситель можно использовать многократно.

По неисчерпаемости и экологической безопасности у водорода нет конкурентов. Науке уже известно достаточно точно, что в состав Вселенной, в т.ч. и Солнечной системы, входит ~73% водорода, ~24% гелия и ~3% всех остальных химических элементов.

Формулирование цели статьи. Исходя из этих значений, можно утверждать, что водород будет лидирующим энергоносителем будущей энергетики, и человечеству необходимо знать все возможности получения свободного водорода и генерирования его энергии в нужных видах и в требуемом количестве.

Основная часть. Наиболее перспективным способом получения водорода в необходимых объёмах пока остаётся электролиз воды. Вода – самое распространённое вещество на Земле, она занимает значительную часть поверхности Земного шара, вода – повсюду. Ещё древнегреческий философ Фалес Милетский, живший в VII-VI вв. до н.э., справедливо считал воду началом всех начал. На молекулярном уровне вода представляет собой химическое соединение двух элементов, или, говоря языком древних, двух начал. Но, уточняя, развивая или опровергая воззрение древних, мы соглашаемся с ними в оценке воды. Вода – это жизнь, она является неременной составной частью живых организмов и растений. По своему химическому составу вода относится к числу простейших соединений, известных человеку. Во все времена существования человечества такое привычное и, кажется, до мелочей изученное вещество, как вода, изучалась весьма подробно. Ни одно из химических соединений не подвергалось такому тщательному и всестороннему исследованию, как вода: в некоторые годы число научных публикаций, содержащих результаты исследований её свойств, превышало тысячу. И, тем не менее, в Природе нет, пожалуй, вещества, более загадочного, чем вода: не известна даже структурная модель молекулы воды, не имеет объяснения факт нахождения воды в трёх агрегатных состояниях одновременно (!), вызывает удивление экстремально высокое значение теплоёмкости воды и др. Поэтому вода представляется объектом самого тщательного исследования на многие годы в будущем. Но уже и теперь не приходится сомневаться в том, что вода станет основным источником энергии для человечества. В связи с этим в США, Европе, России стали уделять огромное внимание водородной энергетике. Процесс её освоения будет чрезвычайно длительным. Имея в виду также непрерывно растущий спрос на воду для удовлетворения человеческих потребностей, можно уверенно утверждать, что вода в ближайшее время станет самой ходовой и самой надёжной валютой мира. Это предсказание уже начинает сбываться. В июне 2009 г. в г. Киль (ФРГ) прошёл коллоквиум с обсуждением мер против глобального потепления климата, организованный Институтом океанологии им. Лейбница (IFMGEOMAR) и Институтом мировой экономики (IfW), на котором впервые заострили серьёзное внимание на проблему питьевой воды. Впервые в жизни человечества учёные в 2010 г. собрали в Монреале Всемирный водный конгресс, на котором об-

суждались вопросы обеспечения питьевой водой населения планеты в условиях глобального потепления. Ведущие экономисты мира уверены в том, что самое важное в стремительно растущем мире – контроль над ресурсами: пресной водой и полезными ископаемыми (кстати, Таможенный союз обладает самыми мощными в мире такими ресурсами). В Перечне проблем национальной безопасности Украины Вода – вопрос №1. На программу «Питьевая вода» выделено ~9,5 млрд грн. Поэтому совершенно не случайно ООН объявила день 22 марта – Всемирным Днём защиты водных ресурсов.

Пока ещё развитие водородной энергетики многие специалисты считают бесперспективным из-за трудностей и высокой стоимости процесса получения свободного водорода. Однако у водородной энергетики большое будущее. Но ещё лет 30 назад по Харькову ездил автомобиль с табличкой «Водород», а уже в 2007 г. в Исландии открыли первую в мире АЗС на водороде. В наше время Конгресс США запланировал в ближайшие 3-4 года вложить более \$3 млрд в водородную энергетику с тем, чтобы в 2020 г. начать серийное производство автомобилей (пока что!) на водородном топливе. С этой целью в 2002 г. в США были разработаны конструкции топливных элементов мощностью 250-280 МВт.

Водородная энергетика началась с попытки объяснения причин появления избыточной тепловой энергии при различных способах обработки воды. Действительно, при некоторых режимах обычного электролиза тяжёлой воды и плазменного электролиза лёгкой воды, а также при явлениях её кавитации и электродинамического воздействия на молекулы и ионы энергии выделяется больше, чем затрачивается на эти процессы. Уже сейчас действуют топливные элементы, работа которых основана на явлении кавитации молекул воды. Они представляют собой ёмкость с двумя электродами, разделёнными мембраной с нанесённым на её поверхность катализатором (платина). К одному электроду подаётся водород, к другому – кислород. Катализатор разделяет молекулы водорода на атомы, а затем «дробит» атомы на протоны и электроны. Протоны проникают через мембрану в ту половину ёмкости, где находится кислород, а электроны через «кислородный» электрод поступают в электрическую сеть. Здесь протоны и электроны вновь «объединяются» в атомы водорода, которые, соединяясь с атомами кислорода, образуют молекулу воды.

Несмотря на столь, казалось бы, впечатляющие достижения, опыты показали, что процесс получения водорода из воды достаточно сложный: электролизёры, работающие по данной технологии, расходуют на получение водорода из воды на 10-20% энергии больше, чем получается её при сжигании водорода. Данный процесс достаточно

енергоёмок ($4 \text{ кВт} \cdot \text{ч на } 1 \text{ м}^3$). К тому же в этом процессе участвуют лишь половина всех атомов водорода, причём при этом, к сожалению, неизбежны потери 10-20% его объёма, это способствует разрушению озонового слоя и охлаждению атмосферы Земли. Приведенные факты сдерживают развитие водородной энергетики. Поэтому работы по освоению водорода, к сожалению, застопорились. Более перспективной может быть разработка способов самогенерации тепла водой. Водород может стать самым дешёвым энергоносителем только при существенном уменьшении затрат энергии на его получение из воды. Следует, однако, заметить, что перспективной энергетикой остаётся водородная составляющая. Вода в сочетании с солнечным излучением обязательно должна стать главным источником неиссякаемой энергии, столь необходимой человечеству. Поэтому освоение водородной энергетики идёт ускоренными темпами. И уже получены обнадеживающие результаты. Россия уже владеет, в частности, лабораторной технологией, уменьшающей затраты на водородную энергетику в 10-12 раз!

Проблема получения свободного водорода действительно сложна и дорога. Современный уровень знаний предоставляет возможность упростить процесс получения водорода из воды. Для начала обратим внимание на энергетическую деятельность нашего светила. Оно снабжает нас теплом и светом. Расчёты показывают, что за время существования Солнца электроны атомов его химических элементов излучили световые фотоны, масса которых равна массе самого нашего светила, т.е. Солнце должно было бы исчезнуть, но оно не исчезло! Очевидно, электроны восстанавливают свою массу (и энергию), но каким образом это происходит? Остаётся сделать предположение о том, что источником пополнения массы электронов является физический вакуум, заполненный субстанцией, которую называют *эфиром*. Он же является и источником, пополняющим массу электронов нашего светила, всех планет и звёзд Вселенной. Попытки некоторых учёных ввести в оборот загадочные понятия таинственных форм тёмной материи и тёмной энергии, которые не имеют абсолютно никакого физического смысла, не нашли последователей. Конечно, понять этот механизм можно лишь при знании структуры атомов и молекул, а также процессов, которые в них происходят [1]. Российские энергетические фирмы «Юсмар», «Термовихрь», «Нотека» и др. реализуют кавитационное нагревательное оборудование подобного типа.

Поэтому пока проще «заставить» воду самогенерировать тепло. Известно, например, что в случае кавитационных процессов в воде генерируется дополнительная энергия в виде тепла. Наиболее вероятным источником этой энергии является физический вакуум, из которого берут энергию валентные электроны распавшихся молекул и за-

тем выделяют её при повторном их синтезе. При кавитации молекулы воды разрушаются механически, и на это требуется меньшая энергия, чем при их термическом разрыве. Если же молекулы воды диссоциировать электродинамическим воздействием, эффективность теплового преобразователя будет ещё выше.

В поисках решения проблемы аэрокосмической агротехнологии мы обратили внимание на фотосинтез, при котором процесс получения водорода и кислорода идёт наиболее эффективно и экономно [2]. Фотосинтез вызывает любопытство и восхищение красотой инженерного решения Природы, которое не потребовало ни финансовых вложений, ни больших человеческих ресурсов, разве что огромного терпения и настойчивости человечества. Ежегодно растения выделяют из воды огромный объём водорода, атомы которого выполняют функции соединительных звеньев при формировании органических молекул. Принято считать, что при фотосинтезе в растениях поглощается углекислый газ, причём углерод из молекулы CO_2 идёт на построение клеток растений, а кислород выделяется в окружающее пространство. Однако результаты позднейших исследований механизма фотосинтеза дают основания предположить, что молекула углекислого газа целиком используется на построение клеток растений. Кислород же выделяют молекулы воды, а атомы водорода молекул воды используются в качестве соединительных звеньев молекул, из которых строятся клетки растений. Доказательством данной гипотезы является тот факт, что фотосинтез в растениях в отсутствие воды не происходит [3]. Поэтому учёные смоделировали электролитический процесс разложения воды на водород и кислород, подобный тому, который идёт при фотосинтезе. Таким образом, была доказана возможность воды быть главным источником тепловой энергии для бытовых нужд. Но этим её возможности не ограничиваются. Она является также главным источником водорода и кислорода, как носителей энергии. Уже удалось смоделировать этот процесс в лабораторных условиях.

Прежде чем научиться использовать энергию водорода, рассмотрим модель атома водорода, а также модели молекул водорода, кислорода и воды. При разработке моделей будем иметь в виду тот факт, что электрон имеет форму тороида (рис.1), у него отсутствует орбитальная составляющая движения, он вращается относительно собственной оси.

Модель атома водорода ярко демонстрирует его активность: с одной стороны – «голый» стержень, где расположен протон, а с другой – свободный электрон, готовый вступить в связь с протоном или электроном [4].

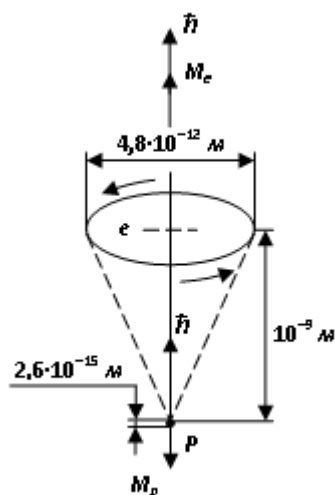


Рис. 1. Теоретическая модель атома водорода.

Поэтому водород в атомарном состоянии находится при высоких температурах 5-10 тыс. град., когда связь электрона с протоном чрезвычайно слаба. Энергия E_c связи с ядром электрона, находящегося на любом энергетическом уровне n , определяется как $E_c = E_1/n^2$, где E_1 – энергия связи электрона с протоном, соответствующая первому энергетическому уровню и равная энергии ионизации атома $E_1 = E_i = 13,6 \text{ эВ}$. По мере понижения температуры создаются условия для образования молекулы водорода: электроны атомов водорода переходят на нижние энергетические уровни (приближаются к протонам). Их связь с протонами становится прочнее, возникают условия для соединения их в единую молекулу (рис.2) с энергией синтеза 436 кДж/моль или 4,53 эВ на одну молекулу. Для того чтобы разорвать эту связь, необходимо оба электрона перевести на более высокие энергетические уровни, затратив на это энергию в 4,53 эВ. Но для образования двух молекул воды необходимо разрушить на атомы две молекулы водорода, затратив при этом энергию 14,19 эВ.

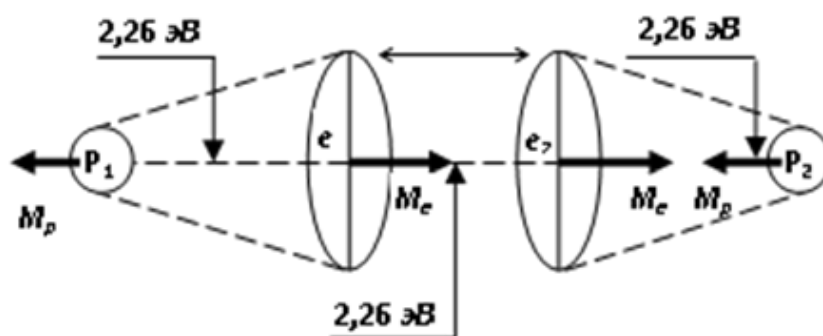


Рис.2. Схема энергетических связей между электронами в молекуле водорода.

Рассмотрим процесс образования молекулы кислорода. Два атома кислорода, находясь в состоянии возбуждения, соединяются в молекулу (рис.3). Состоянием возбуждения считается такое состояние атома, при котором его валентные электроны удалены от ядер на такие расстояния, когда энергия связи между ними уменьшается до тысячных долей электрон-вольта. В таком состоянии атом может потерять электрон и стать ионом. Или, не теряя электроны, он соединяется валентными электронами с электронами соседнего атома, и начинается процесс формирования молекулы кислорода. Это – экзотермический процесс, при котором валентные электроны, излучая фотоны в окружающее пространство и опускаясь на более низкие энергетические уровни, выделяют энергию $2,565 \times 2 = 5,13$ эВ.

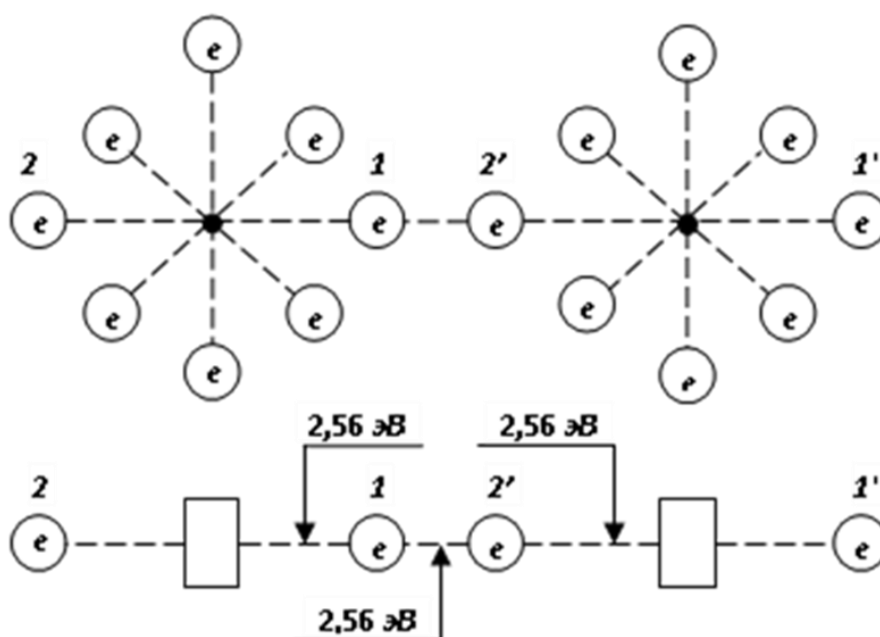


Рис. 3. Схема энергетических связей между электронами в молекуле кислорода.

Эта энергия в 5,13 эВ распределяется между двумя электронами, формирующими связь с энергией 2,56 эВ. Эта связь называется ковалентной. Для разрушения данной связи достаточно затратить 2,56 эВ механической энергии. Для термического разрыва этой связи энергии требуется в два раза больше, т. е. 5,13 эВ. Полученное несоответствие объясняется тем, что энергия фотона 5,13 эВ поглощается одновременно двумя электронами. Только в этом случае оба электрона будут переведены на самые высокие энергетические уровни с минимальной энергией связи, при которой они разъединяются, и каждый атом кислорода становится свободным.

Практическая реализация описанного процесса выполняется следующим образом. Кислород облучается потоком фотонов ультрафиолета с энергией не менее 5,13 эВ. При этом происходит ионизация

молекул кислорода с последующим образованием молекул озона согласно реакции $2\text{O}_2 + \text{O} + \text{O} \rightarrow 2\text{O}_3$, т.е. для образования двух молекул озона нужно «разрушить» одну молекулу O_2 . Таким образом, энергия $5,13 - 2,99 = 2,14$ эВ будет израсходована на формирование связи в двух молекулах озона, имеющих четыре валентных электрона с энергией каждого $2,14 / 4 = 0,535$ эВ.

Молекула озона весьма неустойчива: при её распаде выделяется энергия 2,99 эВ. Разрушение отдельной молекулы озона происходит с затратой энергии $0,535 \times 4 = 2,14$ эВ. Этот процесс способствует образованию молекул кислорода с излучением фотонов с суммарной энергией 5,13 эВ. Разность энергий $5,13 - 2,14 = 2,99$ эВ равна энергии диссоциации одной молекулы озона в 288 кДж/моль, которая может быть использована. Следовательно, на разрушение двух молекул водорода и одной молекулы кислорода израсходовано 14,19 эВ, а в результате синтеза двух молекул воды выделится 5,98 эВ. В чем причина такого дисбаланса? Ответ прост. При переходе из газообразного в жидкое состояние атом кислорода в молекуле воды, должен уменьшить свой объём. Это произойдет, если кольцевые электроны атома кислорода опустятся на более низкие энергетические уровни (ближе к ядру). При этом они обязательно излучат фотоны, и мы уже знаем их общую энергию. Она равна энергии 14,19 эВ, затраченной на разрушение двух молекул водорода и одной молекулы кислорода. Поскольку у двух молекул воды 12 кольцевых электронов, то каждый из них излучит энергию по 1,18 эВ. Это больше энергии (0,74 эВ) связи с ядром осевых электронов и указывает на то, что кольцевые электроны расположены ближе к ядру, чем осевые [4].

Таким образом, энергия $5,13 - 2,99 = 2,14$ эВ будет израсходована на формирование связи в двух молекулах озона, имеющих четыре валентных электрона с энергией каждого $2,14 / 4 = 0,535$ эВ. Разрушение отдельной молекулы озона происходит с затратой энергии $0,535 \times 4 = 2,14$ эВ. Этот процесс способствует образованию молекул кислорода с излучением фотонов с суммарной энергией 5,13 эВ. Разность энергий $5,13 - 2,14 = 2,99$ эВ равна энергии диссоциации одной молекулы озона, или 288 кДж/моль, которая может быть использована.

Известно, что при синтезе одного моля воды выделяется 285,8 кДж или 2,96 эВ на одну молекулу. Так как молекула воды состоит из одного атома кислорода и двух атомов водорода, то на одну связь приходится 1,48 эВ (рис.4). Из этого следует, что электроны атомов водорода и кислорода в молекуле воды обладают энергией по 0,74 эВ и находятся при обычной температуре между четвертыми и пятыми энергетическими уровнями. Опытные устройства для получения водорода с использованием процесса фотосинтеза устойчиво работает при напряжении $U = 1,5-2\text{В}$ и силе тока $I = 2$ мА [5].

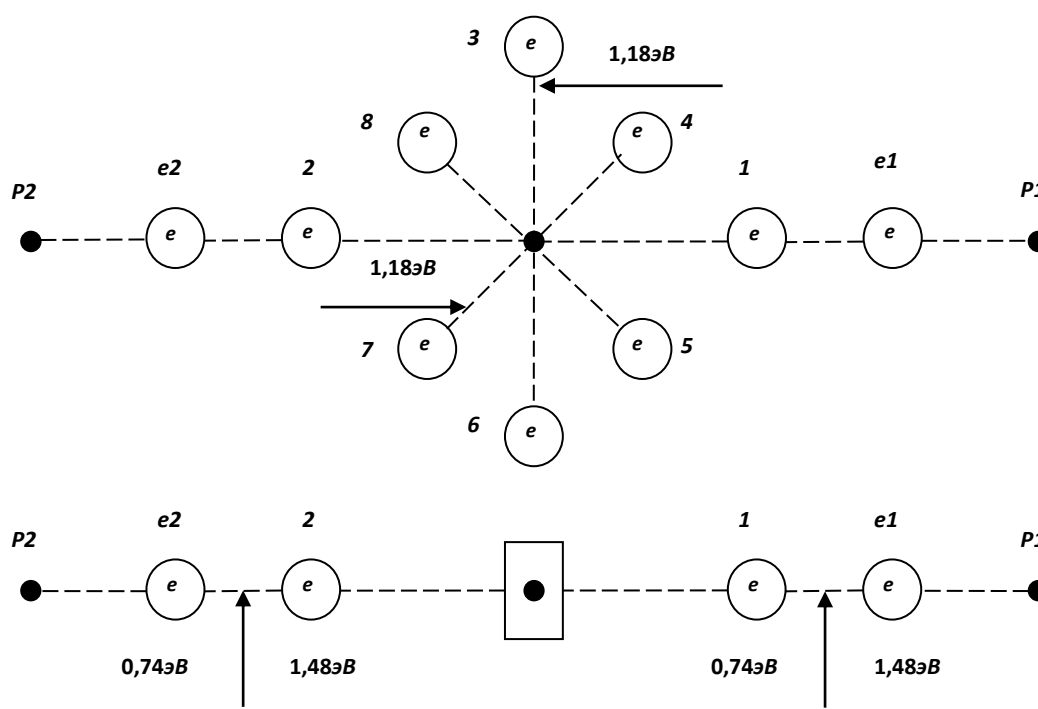


Рис. 4. Энергетическая схема молекулы воды: 1...8 – электроны атома кислорода; P_1 , P_2 – ядра атомов водорода (протоны); e_1 и e_2 – электроны атомов водорода.

В последнее время ведётся активная разработка фототепловых аккумуляторов. Солнечную энергию, превратив в электрическую, можно хранить в аккумуляторах, чтобы затем, в случае необходимости, перевести её, например, в тепло, – процесс крайне трудоёмкий и дорогостоящий. Проще и выгоднее забирать тепло напрямую, химическим путём, изменяя энергетическое состояние молекулы теплоносителя. В таком, «законсервированном» виде тепло можно бы хранить неограниченное время, и в любой момент можно было бы легко взять в необходимом количестве. Для этого заставить молекулу войти в химическое общение с химическим катализатором, после чего она вернётся в прежнее энергетическое состояние, и окажется вновь способна аккумулировать энергию солнечных лучей. Молекулу, работающую в режиме теплоаккумулятора, нашли, она получила название фульваленттетракарбонилдирутен. Эта молекула содержит рутений – чрезвычайно редкий и поэтому очень дорогой химический элемент. С точки зрения квантовой химии механизм запасания тепла молекулой объясняется следующим образом. Любая молекула, в принципе, может находиться в разных энергетических состояниях, но, как правило, только одно из этих состояний стабильным. Способность фульвалена сколь угодно долго находиться в одном из

двух стабильных состояний и делает его идеальным аккумулятором солнечного тепла.

Выводы. Приведенные цифры свидетельствуют о том, что сегодня доступ к дешёвым и надёжным источникам энергии является ключевым вопросом жизнедеятельности человечества. Однако неизвестно, как изменятся свойства воды при многократных её превращениях, т.к. никто не исследует последствия этого круговорота воды. Увеличивающийся кругооборот воды отрицательно влияет на Природу и окружающую среду.

Литература

1. *Кучин В.Д.* Очередной шаг вглубь материи / *В.Д.Кучин, И.В.Теодорович* // Винахідник і раціоналізатор. –2005. – №10. – С.29-34.
2. *Кучин В.Д.* Определяющая роль магнитного поля в космической агротехнологии / *В.Д.Кучин, И.В.Теодорович* //Електрифікація та автоматизація сільського господарства. –2008. – №1(22). – С.35-40.
3. *Кучин В.Д.* Квантовая природа фотосинтеза в растительном мире Земли / *В.Д. Кучин, И.В. Гаевская.* – Режим доступа: <http://www.nbu.gov.ua/e-journals/eia>. – «Енергетика і автоматика». – №2(4). – 2010.
4. *Полинг Л.* Общая химия / *Л. Полинг.* –М.: МИР, 1974. – 845 с.
5. *Канарёв Ф.М.* Начала физхимии микромира / *Ф.М. Канарёв.* – Краснодар: Кубанский гос. аграрный университет, 2009. – 687 с.

ВОДА – ОСНОВНЕ ДЖЕРЕЛЮ МАЙБУТНЬОЇ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ

Никифорова Л.Є., Гаєвська І.В.

Анотація

В роботі пропонується практичний метод використання води в якості невичерпного джерела дешевої теплової енергії, в основу якого покладені процеси фотосинтезу в рослинах.

WATER – THE MAIN SOURCE OF THE FUTURE HEAT POWER INDUSTRY

L.Nikiforova, I.Gaievska

Summary

The practical method of using water as an inexhaustible source of the cheap heat energy is proposed, the method based on the photosynthesis processes in the plants.

УДК631.362-546

МОДЕЛЮВАННЯ СТРУМУ ВИТОКУ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМУ РОБОТИ ТА ОПОРУ ІЗОЛЯЦІЇ

Козирський В.В., д.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Герасименко В.П., інженер,

Майбородіна Н.В., к.ф.-м.н.

ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

Тел. (097)358-94-01

Анотація – запропоновано для моделювання струму витoku взяти за основу Т-подібну схему заміщення асинхронного електродвигуна, яка доповнена вітками із струмом витoku та ємнісним струмом зміщення через ізоляцію.

Ключові слова– струм, захист, ізоляція, математична модель.

Постановка проблеми. У процесі експлуатації електродвигуна на ізоляцію діють: електричне поле, механічні і теплові навантаження, вологе повітря, хімічно активні реагенти оточуючого середовища, зрештою у результаті цих впливів ізоляція поступово змінює свої властивості [1, 2, 3].

Аналіз останніх досліджень. Струми витoku залежать від перенавантаження двигуна, збільшення напруги живлення, зменшення опору ізоляції та інших факторів. На даний час основним методом контролю стану ізоляції залишається метод вимірювання опору ізоляції за допомогою мегомметра. Головний недолік цього методу полягає в періодичності контролю опору ізоляції. Також слід зазначити, що вимірювана мегомметром величина опору ізоляції не відповідає дійсному значенню при змінній напрузі 220В[3,4].

Вкрай негативно впливає на стан ізоляції електродвигуна вологе повітря, оскільки практично всі конструктивні елементи електродвигуна контактують з оточуючим повітрям, яке містить вологу. У результаті такого контакту відбувається вологообмін між ізоляцією і оточуючим повітрям, ізоляція зволожується і втрачає електричний опір та електричну міцність, швидше старіє при теплових навантаженнях.

Зволоження ізоляції електродвигунів виявляють шляхом вимірювання електричного опору корпусної ізоляції і визначення числового значення коефіцієнта абсорбції. Якщо $R_{is} < 0.5$ МОм, а $\kappa_{abc} < 1.3$, то роблять висновок, що ізоляція зволожена і її необхідно підсушити чи висушити [5].

Формулювання мети статті. Т-подібна схема заміщення асинхронного електродвигуна, яка доповнена вітками із струмом витoku та ємнісним струмом зміщення через ізоляцію.

Основна частина. Для моделювання струмів витoku пропонується Т-подібна схема заміщення асинхронного електродвигуна [6] (рис.1), яка доповнена вітками із струмом витoku та ємнісним струмом зміщення через ізоляцію.

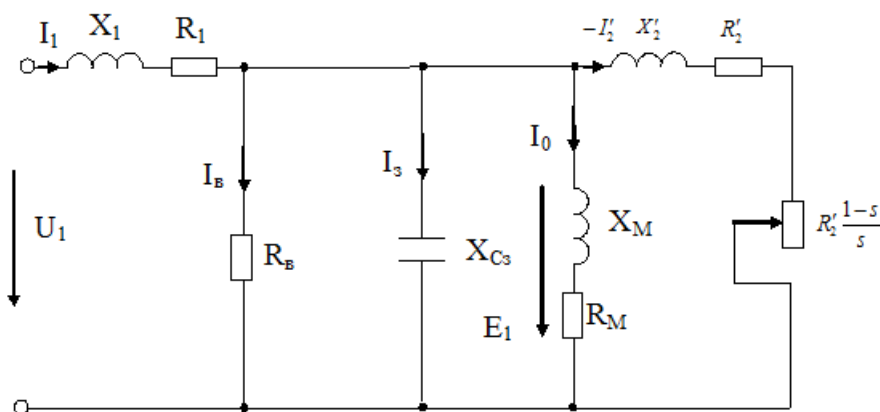


Рис. 1. Т-подібна схема заміщення асинхронного електродвигуна.

В схемі заміщення позначені наступні елементи, їх параметри та електричні величини:

R_1, X_1 – активний та реактивний опір розсіювання обмотки статора;

R_2', X_2' – активний та реактивний опір розсіювання обмотки ротора, які приведені до обмотки статора;

R_M, X_M – активний та реактивний опори намагнічуючого контуру;

$R_2' \frac{(1-s)}{s}$ – опір, який враховує навантаження двигуна і залежить від ковзання s ;

R_B – опір витoku струму через ізоляцію;

X_{C3} – ємнісний опір струму зміщення;

U_1 – напруга живлення;

E_1 – ЕРС намагнічуючого контуру.

Повні комплексні опори віток кола:

$$\begin{aligned}
 i &= \sqrt{-1}; \\
 Z_1 &= R_1 + i \cdot X_1; \\
 Z_M &= R_M + i \cdot X_M; \\
 Z_2 &= R_2 + i \cdot X_2 + R_2' \cdot \frac{1-s}{s}; (1) \\
 Z_3 &= \frac{-i}{\omega \cdot X_{C3}}.
 \end{aligned}$$

Для наведеної схеми запишемо систему за законами Кірхгофа відносно невідомих струмів I_1, I_2, I_0, I_B, I_3 та ЕРС E_1 та розв'яжемо її за допомогою символної математики в середовищі Mathcad. Вирази для величин, що визначаються, мають загальний вигляд:

$$\begin{aligned}
 U_1 + E_1 &= I_1 + Z_1; \\
 E_1 &= -I_0 \cdot Z_0; \\
 E_1 &= I_2 \cdot k \cdot Z_2; \\
 E_1 &= -I_3 \cdot Z_3; (2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_1 &= I_0 + I_3 + I_B - \frac{I_2}{k}; \\
 E_1 &= -I_B \cdot R_B.
 \end{aligned}$$

Величина опору ізоляції залежить від конструктивного виконання електродвигуна, завантаження, вологості і температури повітря. При поглинанні або конденсації води змінюються електричні властивості ізоляції: зменшується об'ємний і поверхневий опір, зростає кут діелектричних втрат, збільшується діелектрична проникливість. Внаслідок перерозподілу електричного поля всередині ізоляційного матеріалу знижується електрична міцність. Насичені вологою ділянки ізоляції мають більшу діелектричну проникливість, а у менш зволужених різко зростає напруженість електричного поля.

При зволоженні ізоляції спостерігається збільшення коефіцієнта імпульсної міцності.

При роботі електроприводу із навантаженням струм підсушує ізоляцію і її опір збільшується. Із збільшенням струму навантаження тривалість сушіння зменшується, а швидкість відновлення опору зростає. Зміна опору R_B в процесі роботи електроприводу задовольняє нелінійному диференціальному рівнянню:

$$\frac{d}{dt} R_B = \frac{1}{T_C} \cdot (R_C - R_B). \quad (3)$$

де T_C – постійна часу зміни опору в процесі роботи електродвигуна із навантаженням, с.

Постійна часу T_C залежить від коефіцієнту завантаження, вологості і температури повітря [7].

Для двигуна серії 4А при навантаженні $I = I_H$, температурі повітря 20°C залежність $T_c = f(w_n)$ описується графічно – рис. 2.

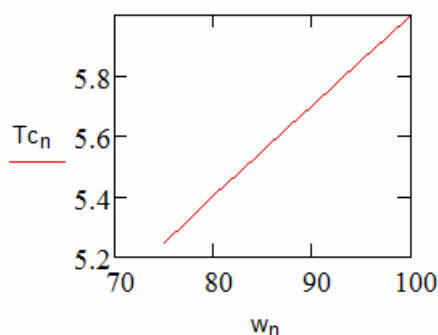


Рис. 2. Залежність постійної часу T_c від відносної вологості w_n .

Графік залежності R_B від t зображений на рис. 3.

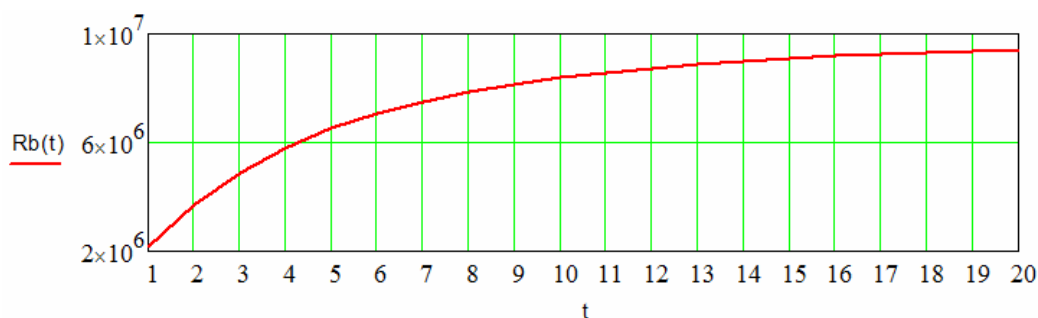


Рис. 3. Залежність зміни опору ізоляції двигуна при сушінні.

При зменшенні зволоженості ізоляції зменшується її діелектрична проникливість δ_e і зростає реактивний ємнісний опір X_3 струму зміщення. Графік залежності I_B від R_B зображений на рис.4.

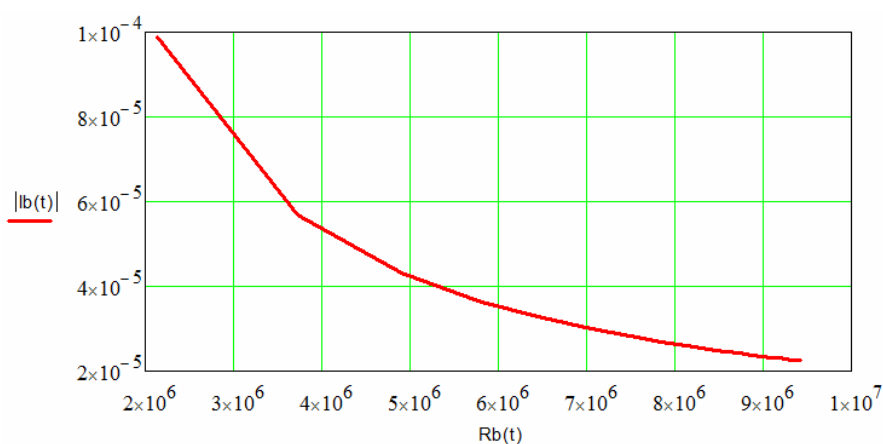
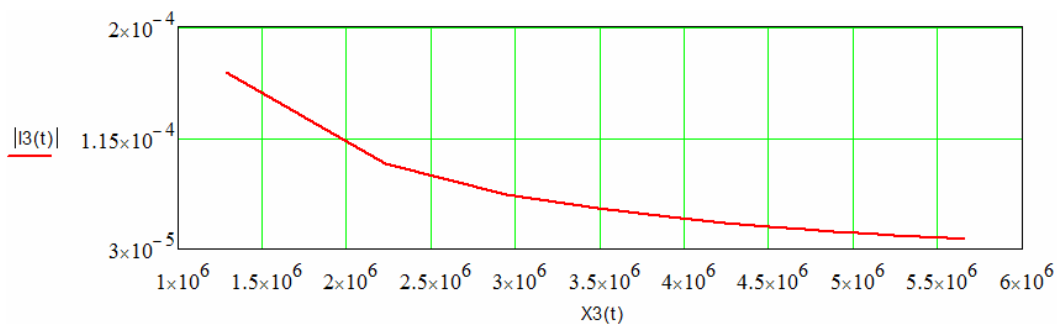
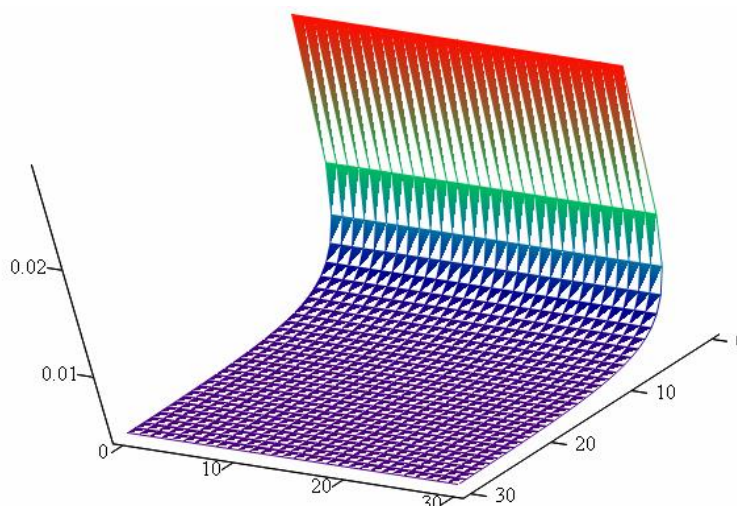


Рис. 4. Залежність I_B від R_B .

Знайдемо залежність ємнісного струму зміщення від реактивного опору зміщення ізоляції із розв'язання наведеної вище системи рівнянь. Графік залежності I_3 від X_{C3} зображений на рис.5.

Рис. 5. Залежність I_3 від X_3 .

Просторовий графік поверхні (залежність активних втрат в ізоляції від струму та опору витоку) $M_{m,n} = P_B(|I_{Bm}|, P_{Bm})$ наведений на рис. 6.

Рис. 6. Залежність активних втрат в ізоляції від струму та R_B .

Із наведеної вище системи графічно наведемо залежність струму статора електродвигуна від ковзання, яка подана на рис. 7.

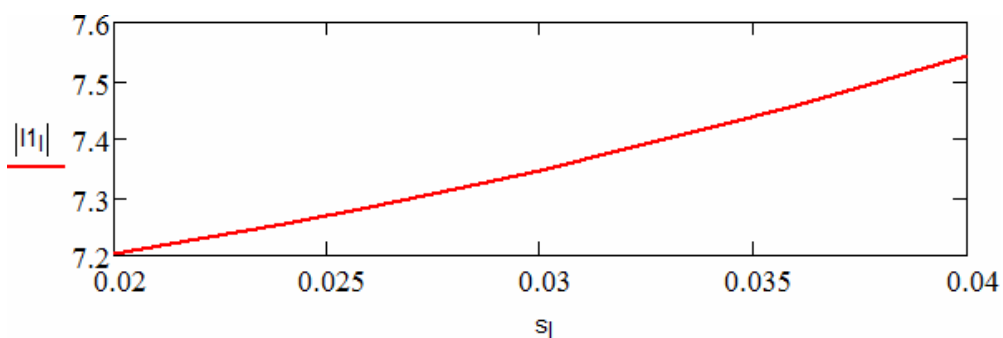


Рис. 7. Залежність струму статора електродвигуна від ковзання.

Зобразимо графік залежності струму витоку від струму статора (рис. 8).

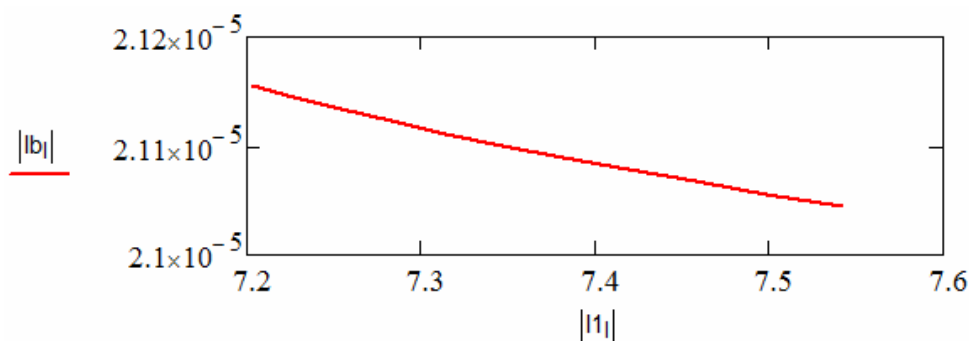


Рис. 8. Залежності струму витоків від струму статора.

Зобразимо графік залежності струму витоків від напруги електродвигуна (рис. 9).

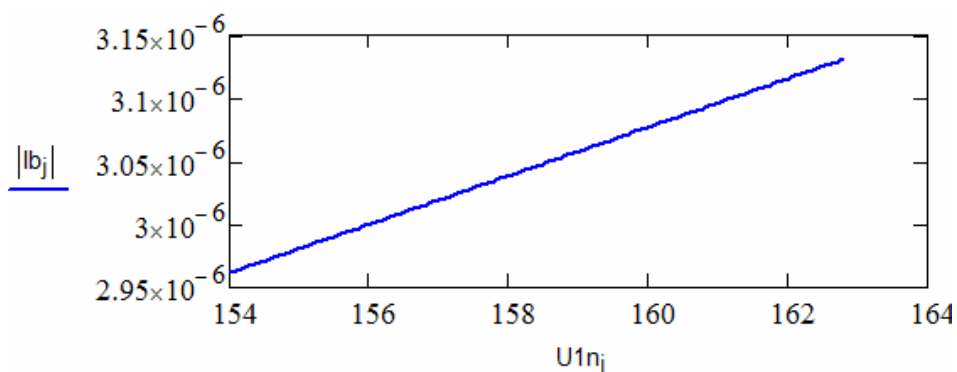


Рис. 9. Залежності струму витоків від напруги електродвигуна.

Висновки. За допомогою розробленої математичної моделі аналізу режимів роботи асинхронного двигуна із врахуванням струмів витоків та зміщення через ізоляцію можна дослідити:

1. Залежність відповідно струму витоків через активний опір витоків та реактивний опір зміщення ізоляції електродвигунів різних марок та конструктивних виконань.

2. Залежність струмів витоків від навантаження та напруги електродвигуна при різних параметрах ізоляції електродвигуна.

3. Залежність струму витоків при одночасній зміні напруги і ковзання електродвигуна (швидкий процес), або зміні вологості і температури ізоляції спільно в різних взаємоп'єднаннях (повільний процес).

4. Залежність струмів витоків від окремих факторів режиму роботи електродвигуна та параметрів ізоляції.

Література

1. Козирський В.В. Способи і засоби підвищення надійності захисту та попередження появи небезпечних струмів в мережах 0,38 кВ /В.В. Козирський, В.П. Герасименко, О.В. Ковальов // Праці ТДАТУ.– Мелітополь, 2012. – Т. 2, № 12. – С.59-65.

2. *Козирський В.В.* Підвищення надійності захисту від струмів витоку в мережах 0,38 кВ/ *В.В. Козирський, В.П. Герасименко, Н.В. Майбородина* // Техніка і технології АПК.– 2012, № 2(29). – С.22-24.

3. *Масорский В.И.* Контроль изоляции в сетях с заземленной нейтралью / *В.И. Масорский* // Автоматизация и электрификация предприятий.– М.: Энергоатомиздат, 1983. – 185 с.

4. Охрана труда в электроустановках: учебник для вузов / Под ред. *Б.А. Князевского*.– 3-е. изд. – М.: Энергоатомиздат, 1983.–226 с.

5. *Якобс А.И.* Электробезопасность в сельском хозяйстве / *А.И.Якобс, А.В.Луковников*. – М.: Колос. 1981. –239с.

6. *Брускин Д.Э.* Электрические машины. Ч.1: учебник для вузов / *Д.Э. Брускин*. – М.: Высш. школа, 1979.–288 с.

7. *Корчемный Н.А.* Повышение надежности электрооборудования в сельском хозяйстве / *Н.А.Корчемный, В.П.Машевский*. – К.: Урожай, 1988.–176 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОКА УТЕЧКИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА РАБОТЫ И СОПРО ТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ

Козирский В.В., Герасименко В.П., Майбородина Н.В.

Аннотация

Предложено для моделирования тока утечки взять за основу Т-образную схему замещения асинхронного электродвигателя, которая дополнена ветками с током утечки и емкостным током смещения через изоляцию.

MODELING LEAKAGE CURRENT INDUCTION MOTOR DEPENDING ON THE PARAMETERS MODE AND INSULATION RESISTANCE

V.Kozyrsky, V.Gerasimenko, N.Mayborodina

Summary

It is a proposed for modeling leakage current to base the T-shaped equivalent circuit of induction motor, which is supplemented by branches of the leakage current and capacitive displacement current through the insulation.

УДК 621.316

ФОРМУВАННЯ ПОКРИТТЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ КОНТАКТ-ДЕТАЛЕЙ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ НА МІЦНІСТЬ ЗЧЕПЛЕННЯ В ПРОЦЕСІ НАПИЛЮВАННЯ

Радько І.П., к.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тел.: (044) 527-87-35

Анотація – розглянуто вплив на якість покриття контакт-деталей величини теплової і кінетичної енергії часток порошку, який наноситься на поверхню, розмірів часток, їх форми та хімічного складу.

Ключові слова – напилення, плазмотрон, електричний апарат, пускач, вимикач, контактор, контакт-деталь.

Постановка проблеми. Існує проблема відновлення контактів комутаційних апаратів, що експлуатуються в електроустановках тваринницьких ферм і комплексів. Серед методів відновлення контактів комутаційних апаратів набув поширення метод газоплазмового напилення.

Аналіз останніх досліджень. На процес формування покриття при газоплазмовому напилюванні і на його якість безпосередньо впливає значна кількість факторів. За оцінками різних дослідників їх кількість складає від 20 до 60 [1, 2, 3, 4]. В цих умовах важливим є, з однієї сторони, вибір показників процесу формування покриття, а з іншої – виділення із загальної маси найбільш суттєвих, лімітуючих факторів.

Формулювання мети статті. Метою статті є розробка наукових принципів відновлення робочої поверхні контактів методом газоплазмового напилення з використанням композиційних контактних матеріалів, які дозволяють продовжити тривалість роботи апарату, в цілому, й підвищити економічну ефективність його використання.

Основна частина. У процесі проведення досліджень формування покриття при газоплазмовому напилюванні використовувалися різні технологічні процеси напилення, металографічні та рентгеноспектральні аналізи робочого шару напилення. Застосовувалися принципи аналізу просторово-часової структури розвитку теплових і динамічних процесів, що супроводжують удар, розтікання і кристалізацію напилених частинок при формуванні покриттів.

Всі основні фактори впливу на процес формування покриття при газоплазмовому напилюванні можуть бути розділені на декілька основних груп:

1) Фактори, які пов'язані з конструкцією плазмотрону і різних пристроїв для напилювання (конфігурація і довжина каналу, вихідний діаметр сопла; розміщення точки подавання і кут вводу в плазмовий струмінь порошку; діаметр каналу подавання порошку; тиск і витрата охолоджуючої води; режим роботи системи газового охолодження напиленої контакт-деталі тощо).

2) Фактори, які пов'язані з напиленим матеріалом (вид матеріалу – порошок або провід; хімічний склад, розмір і форма проводу або часток порошку; фізико-хімічні і теплофізичні властивості матеріалу тощо).

3) Фактори, які пов'язані з конфігурацією контакт-деталі і властивостями матеріалу контактотримача (товщина, кривизна напиленої поверхні; наявність кромки, пазів тощо; хімічний склад, механічні і теплофізичні властивості основи тощо).

4) Фактори, які пов'язані з попередньою підготовкою контактотримача до нанесення покриттів (шорсткість поверхні; попереднє підігрівання основи тощо).

Фактори, що характеризують режим роботи плазмотрону (сила струму і напруга; вид і витрата плазмоутворюючого і транспортуючого газів; витрата порошку або швидкість подавання проводу тощо).

Фактори, що характеризують процес взаємного переміщення плазмотрону і напиленого контакту (дистанція напилювання; кут нахилу плазмотрону до напиленої поверхні; характер і швидкість відносного переміщення плазмотрону та контактотримача; кількість проходів плазмотрону тощо).

Багатофакторність процесу ще ускладнюється можливістю різноманітних випадкових збурень, неконтрольованою зміною окремих факторів особливо в умовах газоплазмового напилювання ручним способом. Наприклад, ерозія каналу аноду і зношування катоду змінюють конструктивні характеристики горілки, нестабільність електричних параметрів джерела живлення, пульсація в подаванні порошку впливають на умови нагрівання і руху часток тощо.

Дослідження впливу різноманітних факторів на якість та товщину покриття показали, що залежності в багатьох випадках носять екстремальний характер (рис. 1). В зв'язку з цим оптимізація процесу газоплазмового напилювання – це складна задача.

Якість покриття загалом визначається режимами напилювання. Розроблені за останні роки математичні моделі руху і нагрівання часток при напилюванні газоплазмових покриттів [6, 7] дали можливість аналітично оцінити вплив параметрів напилювання на якість покриття.

Однією з найбільш важливих експлуатаційних характеристик, що відноситься до якості покриття є міцність зчеплення. Численні дослідження працездатності виробів з покриттям впевнено показали, що не дивлячись на те, що зовнішнє середовище впливає на поверхні покриття (особливо контакти апаратів в тваринництві), основною причиною їх руйнування є недостатній зв'язок між матеріалами покриття і основи [8, 9].

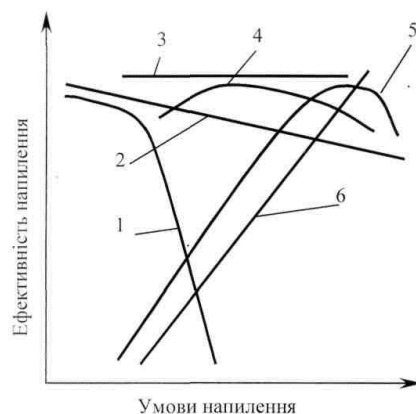


Рис. 1. Залежність ефективності напилювання від умов напилювання: 1 – віддаль напилювання; 2 – витрати порошку; 3 – швидкість переміщення контакт-деталі; 4 – витрати газу, що транспортує порошок; 5 – витрата робочого газу; 6 – підведена потужність.

Отримані значення сили зчеплення не відображають величини адгезії, а є скоріше технічною характеристикою. Руйнування носять загалом змішаний когезійно-адгезійний або чисто когезійний характер. Для всіх методик, що застосовуються, характерне розсіювання отримуваних експериментальних даних, причому в деяких діапазонах товщини покриттів воно дуже значне. В зв'язку з вищенаведеним, показник міцності зчеплення, загалом не може бути використаний одноосібно, для поточного контролю процесу формування покриття і його якості особливо в тих випадках, коли необхідно використання неруйнуючих методів. Проведений нами аналіз теоретичних моделей і наших експериментальних досліджень процесу газоплазмового напилювання показує, що його критеріями можуть бути також коефіцієнт використання порошку (КВП) та пористість [10, 11, 12].

Однією з основних характеристик процесу формування покриття є температура, яка виникає в зоні контакту напиленої частки з поверхнею. Звичайно, чим вище температура, тиск в контакт і більший час їх дії, тим, в більш повній мірі, відбувається активація основи і хімічна взаємодія матеріалів. Але збільшення температури і швидкості часток не обов'язково призводить до інтенсифікації взаємодії. Це відбувається внаслідок розвитку процесів струменевого розтікання і руйнування розплавлених часток при співударі. За критерієм відсутності

розвитку процесів струменевого розтікання часток оптимізують режим газоплазмового напилювання.

Перегрівання напилених часток вище температури плавлення $T_{пл}$ підвищує міцність їх з'єднання з основою (рис. 2, криві 1, 2) і збільшує площу плями хімічної взаємодії. Зростання міцності пояснюється тим, що при перегріванні часток підвищується контактна температура і процес хімічної взаємодії різко прискорюється. Тому покриття слід наносити розплавленими частками і, за можливістю, нагрітими до високої температури.

Задача кількісного розрахунку температури контакту T_k може бути вирішена як задача контактної теплопровідності з урахуванням фазового переходу [13]

$$T_k = \frac{T_{пл} K_\varepsilon}{K_\varepsilon + \Phi_{(\alpha)}}, \quad (1)$$

де $T_{пл}$ – температура плавлення частки;

$K_\varepsilon = b_q/b_n$ – коефіцієнт теплової активності частки;

b_q, b_n – коефіцієнти акумуляції тепла частки і поверхні відповідно;

$\Phi_{(\alpha)}$ – таблична функція інтегралу імовірності.

Розрахунки показують, що температура T_k при плазмовому напилюванні відповідає твердому стану частки і підкладки. Глибина зони термічного впливу під часткою не перевищує декількох десятків мікрометрів. Тому процеси фізико-хімічної взаємодії при напилюванні, мабуть, не зачіпають основного матеріалу підкладки, а проходять в приповерхневому шарі.

Другим важливим засобом підвищення якості покриття є збільшення швидкості напилених часток, яка сприяє прискоренню і інтенсифікації фізико-хімічних процесів в контакті, а отже, підвищенню міцності та поліпшенню інших характеристик покриття.

Існує межа швидкості часток. При напилюванні зі швидкістю нижче цієї межі міцність їх зчеплення різко знижується. "Повільні" частки мало деформуються і майже не розтікаються при ударі, в результаті чого контактні процеси взаємодії матеріалів частки і основи порушуються. Встановлено, що при швидкості часток $V_1=5\text{м/с}$ зростання їх міцності зчеплення з основою уповільнюється, одночасно дуже слабо збільшується відносний діаметр плями хімічної взаємодії і за абсолютною величиною не перевищує $D_x/D < 0,5$, навіть коли і основа достатньо підігріта.

Таким чином, для розплавлених часток необхідно узгоджувати їх температуру і швидкість. Це основна задача, яку потрібно вирішити при оптимізації режимів напилювання. Активізація основи термосиловою дією розплавлених часток має фізичну межу.

Подібного недоліку не має процес напилювання твердими пластифікованими частками. Збільшення їх швидкості супроводжується збільшення міцності зчеплення покриттів з виходом на насичення, що обумовлене розплавленням порошкового матеріалу при ударі. При цьому міцність зчеплення досягає декількох сотень МПа, тобто вона подібна до міцності самих матеріалів. Але при невеликих швидкостях часток, міцність зчеплення розплавлених часток завжди вище, ніж твердих.

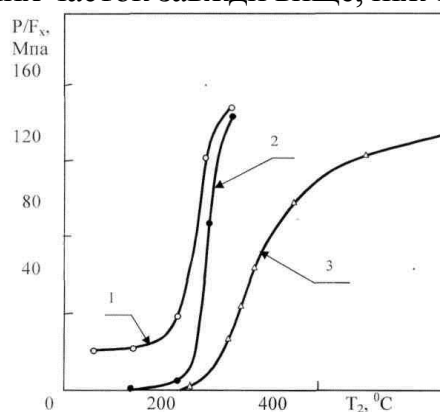


Рис. 2. Вплив перегрівання срібних часток і швидкості співударення V_1 , на міцність їх зчеплення P/F_x зі срібною основою: 1 – напилені частки мають температуру вище температури плавлення ($V_1 \approx 40$ м/с); 2 – частки розплавлені при температурі, що наближена до температури плавлення ($V_1 \approx 20-40$ м/с); 3 – розплавлені частки співударяються з основою при невеликій швидкості ($V < 5$ м/с); P – зусилля відривання; σ_{τ} – тимчасовий опір срібла при розтягу.

Спроби теоретичного розрахунку величини адгезії, що утворилася між покриттям і підкладкою на основі того чи іншого механізму, показали, що обрховані і виміряні значення відрізняються на один-два порядки. Цю невідповідність можна пояснити двома причинами: структурними дефектами межі розподілу і механічними напругами в системі покриття-основа. До структурних дефектів належать неповнота фізичного контакту покриття і основи та неповний розвиток міжатомних зв'язків в зонах контакту. З урахуванням наявності напругисила зчеплення покриття з основою може бути виражена залежністю [10]

$$F_{зч} = \frac{A}{r} - f(\tau), \quad (2)$$

де A – робота адгезії;

r – радіус дії міжатомних сил притягіння;

$f(\tau)$ – функція від величини напруги в шарі покриття.

В умовах газоплазмового напилювання реальні випадки, коли $f(\tau)$ перевищує за своєю величиною A/r і відбувається самовільне відшаровування покриття. Тому, питанню вивчення формування при плазмовому напилюванні залишкових напруг в покритті і підкладці приділяється велика увага.

При оптимізації процесу напилювання необхідно також врахувати вимоги мінімізації залишкової напруги. На основі результатів теоретичного аналізу і експериментальних даних запропонований ряд методів керування залишковою напругою в газоплазмових покриттях контактів. До них належать узгодження властивостей матеріалу покриття і основи; регулювання термічного впливу струменя плазми і потоку напилених часток; зниження модуля пружності матеріалу покриття, використання перехідних шарів між основою і покриттям, що забезпечують плавний перехід властивостей від покриття до основи; зміна форми напиленої поверхні. Зниження залишкової напруги також може бути забезпечено при рівномірному охолодженні покриття шляхом високої швидкості охолодження послідовно нанесених тонких шарів або повільним охолодженням покриття з використанням додаткового підігрівання. Найбільш ефективно охолодження формуючого покриття і контактотримача. Для цього збільшують відносну швидкість переміщення розпилювачу і основи, створюють газові екрани, які відхиляють газовий струмінь від деталі тощо. Ефективність тепловідводу підвищується в 15-20 разів при підведенні в стиснене повітря 3-5 мас.% дистильованої води, а ще більше при напилюванні у воді. Швидкість охолодження впливає також і на фазовий склад покриття, який визначає тип і параметри кристалічної решітки і питомий об'єм матеріалу. Питання зниження залишкової напруги в покритті має особливе значення при відновленні контакт-деталей комутаційних апаратів, що характеризуються складним полем напруги. Коли до цього додати те, що параметри напилювання повинні бути узгоджені зі станом (в першу чергу, з рівнем дефектності) і фізико-хімічними властивостями основи, тоді стає зрозумілою наскільки складна задача оптимізації режимів нанесення і якості газоплазмових покриттів.

Мінімальну електричну потужність, що необхідна для розплавлення часток дисперсного матеріалу при руху їх в об'ємі плазмового струменя, можна оцінити, виходячи з наступного виразу (для одинарної кулястої частки) [14]

$$\frac{T_G \lambda_G^2}{[1 + f(\text{Re})] V_G \mu_G (1 + x_D)(1 + x_i)} L_q^{\min} \geq \frac{d_q^2 i_{\text{пл}}^2 \rho}{273 * 4 \text{Nu}^2 \pi R_0^2} = D, \quad (3)$$

де L_q^{\min} – найменша довжина траєкторії частки;

T_G – температура;

λ_G – теплопровідність;

V_G – витрата порошку;

x_D – ступінь дисоціації;

x_i – ступінь іонізації;

μ_G – динамічна в'язкість газу;

d_q – діаметр частки;

ρ – густина матеріалу;
 i_{nl} – питома ентальпія розплаву при T_{nl} ;
 T_{nl} – температура плавлення частки;
 Re, Nu – критерії Рейнольдса і Нусельта;
 R_0 – радіус сопла аноду;
 D – параметр важкості плавлення [14]

$$D = (i_{пл} - n_q Q_{екз})^2 \rho (1 + 0,2Bi)^2, \quad (4)$$

де $Q_{екз}$ – питомий масовий екзотермічний ефект взаємодії;
 n_q – ступінь використання екзотермічного ефекту на ділянці нагрівання матеріалу до розплавлення;
 Bi – критерій Біо.

Коли $Bi < 0,2$ параметр важкості плавлення може бути розрахований за таким виразом [14]

$$D = i_{пл}^2 \rho = \frac{I_{пл}^2}{\rho} = c_e^2 \rho T_{пл}^2, \quad (5)$$

де $I_{пл}$ – об'ємна питома ентальпія розплаву матеріалу частки при $T_{пл}$;
 $c_e = i_{пл} / T_{пл}$ – еквівалентна теплоємність розплаву при $T_{пл}$.

Вважаючи для виразу (3) $f(Re) = 0$ і $Nu = 2$, у випадку аргонового плазмового струменю ($x_D = 0$) отримуємо вираз для оцінки необхідної електричної потужності P плазмотрону [10]

$$P = UI \geq 24,4 \frac{V_{\Gamma}^{1,5} d_q D^{0,5}}{\eta_{\Gamma} R_0 [I_{вн} + 6R_0(1-\varepsilon)]^{0,5}}, \quad (6)$$

де U, I – напруга та струм плазмотрону;
 ε – відносна віддаль траєкторії руху частки від осі струменю ($\varepsilon = R/R_0$);
 η_{Γ} – термічний коефіцієнт корисної дії плазмотрону.

Статистична оцінка зв'язку між комплексом $(UI/V_{\Gamma}^{1,5})(1/d_q) \cdot D^{0,5}$ по газоелектричному режиму напилювання 36 різноманітних матеріалів (металів, оксидів сплавів, тугоплавких з'єднань) показала наявність залежності, що наближена до лінійної, з коефіцієнтом парної кореляції 0,82.

В загальному вигляді вираз для попередньої інженерної оцінки режиму плазмового напилювання конкретного матеріалу може бути представлений в наступному вигляді [14]

$$I^n U \geq K_p V_{\Gamma}^m d_q D^{0,5}, \quad (7)$$

де K_p – постійна плазмотрону, що залежить від складу газу;
 n, m – степеневі показники при I та V_{Γ} , що обумовлені виглядом залежності $n_T = f(I, V_{\Gamma})$.

Оскільки напруга U загалом визначається конструкцією плазмотрону і складом плазмоутворюючого газу, то при наявності матеріалу визначеної дисперсності вибір режиму його напилювання полягає у

встановленні оптимальної комбінації сили струму і витрати плазмоутворюючого газу.

Висновки. Проведені теоретичні та експериментальні дослідження відновлення контактних вузлів дозволяють зробити такі основні висновки:

1. На якість покриття впливають величини теплової і кінетичної енергії часток порошку, якій наноситься на поверхню, розміри часток, їх форма та хімічний склад.

2. Основними факторами формування металопокриття є конструкція плазмотрону, хімічний склад, розмір і форма порошку, фізико-хімічні та теплофізичні властивості матеріалу порошку.

3. Однією з основних характеристик процесу формування покриття є температура, яка виникає в зоні контакту напиленої частки з поверхнею. Нагрівання часток вище температури плавлення підвищує міцність їх з'єднання з основою.

Література

1. *Коханівський С.П.* Вплив хімічного середовища на роботу комутаційних апаратів // Проблеми агропромислового комплексу: пошук, досягнення: Тези доп. наук. конф. проф.-викл. складу та аспірантів / *С.П.Коханівський, В.А.Наливайко, В.В.Коробський.* – К.: УДАУ, 1993. – С.75.

2. ГОСТ 2491-82 (СТ СЭВ 5535-86). Пускатели электромагнитные низковольтные. Общие технические условия.

3. ГОСТ 9.908-85 (СТ СЭВ 4815-84, СТ СЭВ 6445-88) Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости.

4. Ионно-плазменные технологии получения пленок и покрытий // Сб. тез. докл. Научно-техн. конф., 17-20 сентября 1991. г. Полтава / РДЭНТП; Научн. ред. *С.В.Денбновецкий.* – К.:1991. – 52 с.

5. *Хасуи А.* Наплавка и напыление (пер. с японского) / *А.Хасуи, О.Моригаки.* – М.: Машиностроение, 1985. – 239 с.

6. Получение покрытий высокотемпературным распылением (сб. статей) / под ред. *Л.К.Дружинина и В.В.Кудинова.* – М.:Атомиздат, 1973. – 312 с.

7. Разработка и применение технологии оборудования и материалов для газотермических процессов нанесения защитных покрытий // Тез. докл. научно-практ. конф. Минск, 5-6 июня 1990 г. / АН БССР. ФТИ [и др.]. – Мн, 1990. – 72 с.

8. *Антошин Е.В.* Нанесение металлических и неметаллических покрытий посредством газоплазменного напыления / *Е.В.Антошин.* – М., 1965. – 72 с.

9. Газотермическое напыление композиционных порошков / *А.Я.Кулик, Ю.С.Борисов, А.С.Мнухин.* – Л.: Машиностроение. Лен.отд., 1985. – 199 с.

10. *Кадыров В.Х.* Высокоэнергетические процессы газоплазменного напыления / *В.Х. Кадыров.* – К.: ИПМ, 1995. – 52 с.

11. *Кречмар Э.* Напыление металлов, керамики и пластмасс / *Э. Кречмар.* – М.: Машиностроение, 1966. – 432 с.

12. *Muller K.* The IRE Process for the Manufacture of Silverbased Composite Contact Materials / *K. Muller, D. Stockei, G. Rau//* Proceedings of the Twelfth International Conference on Electric Contact Phenomena and Thirtieth Annual Holm Conference on Electrical Contacts, sept. 17-21, 1984. –Chicago, Illinois. – 1984. –P.237-242.

13. *Сонин В.И.* Газотермическое напыление материалов в машиностроении / *В.И. Сонин.* – М.: Машиностроение, 1973. – 152 с.

14. *Кузнецов В.Д.* Фізико-хімічні основи створення покриттів: навчальний посібник для студентів спеціальності «Технологія і устаткування відновлення та підвищення зносостійкості машин і конструкцій». Нац. техн. ун-т «КПІ» / *В.Д.Кузнецов, В.М. Пащенко.* – К.: КПІ, 1999. – 176 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ПОКРЫТИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ КОНТАКТ-ДЕТАЛЕЙ И ИССЛЕДОВАНИЕ НА ПРОЧНОСТЬ СЦЕПЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ НАПЫЛЕНИЯ

Радько И.П.

Аннотация

Рассмотрено влияние на качество покрытия контакт-деталей величины тепловой и кинетической энергии частиц порошка, который наносится на поверхность, размеров частиц, их формы и химического состава.

FORMATION OF COMPOSITE COATING CONTACT DETAILS AND STUDY ON THE STRENGTH OF CLUTCH COATING PROCESS

I. Radko

Summary

The influence on the quality of coating the contact details of the value of thermal and kinetic energy of the particles of the powder that is applied to the surface, the size of the particles, their shape and chemical composition.

УДК 631.22.628.8

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЯХ С/Х ПРОИЗВОДСТВА ЗА СЧЁТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОЗОНОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

Ксенз Н.В., д.т.н.,

Леонтьев Н.Г. к.ф.-м.н.,

Сидорцов И.Г. к.т.н.

ФГБОУ ВПО Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия, г. Зерноград (Российская Федерация)

Тел. (86359) 38-4-06

Аннотация – в работе рассматриваются свойства озоноздушных смесей и вопросы их применения для сушки зерна. Представлены материалы по обработке зерна озоноздушной смесью с целью его сушки. Показано, что применение озоноздушных смесей позволяет повысить производительность, снизить энергозатраты при сушке.

Ключевые слова– озон, озоноздушная смесь, сушка зерна.

Постановка проблемы. В настоящее время озон (озоноздушная смесь) находит применение в промышленности, в медицине, сельскохозяйственном производстве как сильный универсальный окислитель и как основной источник образования уникального атомарного кислорода.

Анализ последних исследований. Сушка является одним из важнейших этапов подготовки зерна к хранению. В настоящее время широкое применение для сушки зерна различных культур нашёл конвективный способ сушки. Наряду с достоинством этот способ имеет и существенные недостатки, одним из которых является большая энергоёмкость. В связи с этим ведется интенсивный научный поиск по разработке методов снижения энергоёмкости конвективного способа сушки. Одним из таких методов является использование в качестве агента сушки озоноздушной смеси [1-5].

Формулирование цели статьи. Мы предлагаем вашему вниманию материалы по использованию озона в технологии сушки зерна. Для получения озоноздушной смеси мы использовали проточные электроозонаторы (рис.1) на основе коронного разряда [6].

Основная часть. Для определения необходимой скорости суш-

ки, концентрації озона, удельної подачі озоноздушної суміші були проведені експериментальні дослідження при різній концентрації озона, різному удельному расходе озоноздушної суміші, різній вологості агента сушки.



Рис.1. Проточний електроозонатор в воздуховоді сушилки.

На рис. 2 представлені кінетическіє залежності при подачі озоноздушної суміші, рівної $3,1 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{кг})$, но різній вологості озоноздушної суміші (60,8% і 82%) і різній концентрації озона ($2,4 \text{ мг}/\text{м}^3$ і $8,2 \text{ мг}/\text{м}^3$).

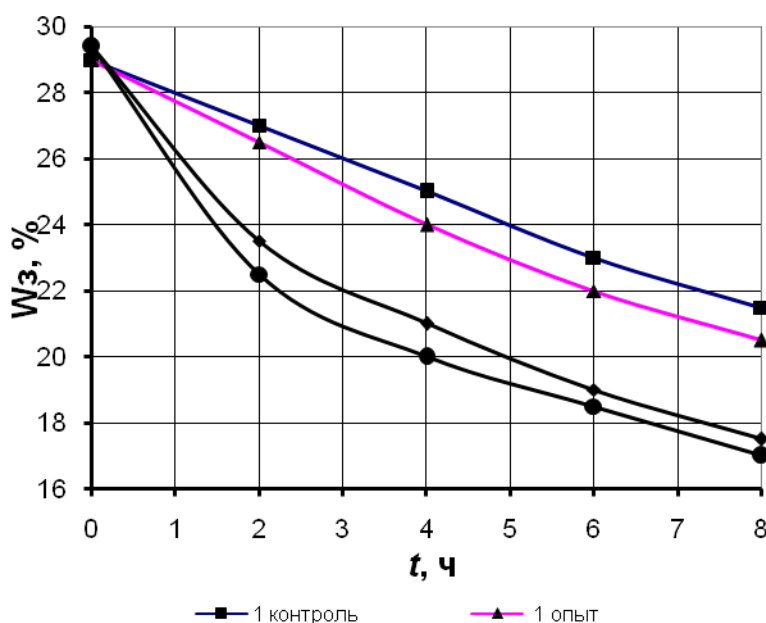


Рис.2. Кінетическіє криві сушки зерна (ячмень).

Опыт 1. $q=3,1 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{кг})$; $h=0,43 \text{ м}$; $v=0,25 \text{ м}/\text{с}$; $C_H=2,4 \text{ мг}/\text{м}^3$; $C_K=1,7 \text{ мг}/\text{м}^3$; $t_e=23^\circ\text{C}$.

Опыт 2. $q=3,1 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{кг})$; $h=0,43 \text{ м}$; $v=0,25 \text{ м/с}$; $C_n=8,2 \text{ мг/м}^3$; $C_k=5,5 \text{ мг/м}^3$; $t_e=28^\circ\text{C}$.

Анализ этих зависимостей показывает, что при концентрации озона в озоновоздушной смеси, равной $2,4 \text{ мг/м}^3$, влажность зерна за восемь часов сушки снизилась с 29% до 20,5% (рис.2, опыт 1), что составляет 30%, а в контроле – с 29% до 21,5%, что составляет 25%. При концентрации озона в озоновоздушной смеси, равной $8,2 \text{ мг/м}^3$ и влажности агента сушки, равной 60,8%, влажность зерна снизилась с 29,4% до 17% (рис.2, опыт 2), что составляет 42%, а в контроле – с 29% до 17,5%, что составляет 40%. По времени озоновоздушная сушка опережает сушку просто атмосферным воздухом на 1...1,5 часа.

На рис. 3 представлены кинетические зависимости сушки ячменя при удельной подаче озоновоздушной смеси $10 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{кг})$, влажности воздуха 87% и концентрации озона $10,1 \text{ мг/м}^3$.

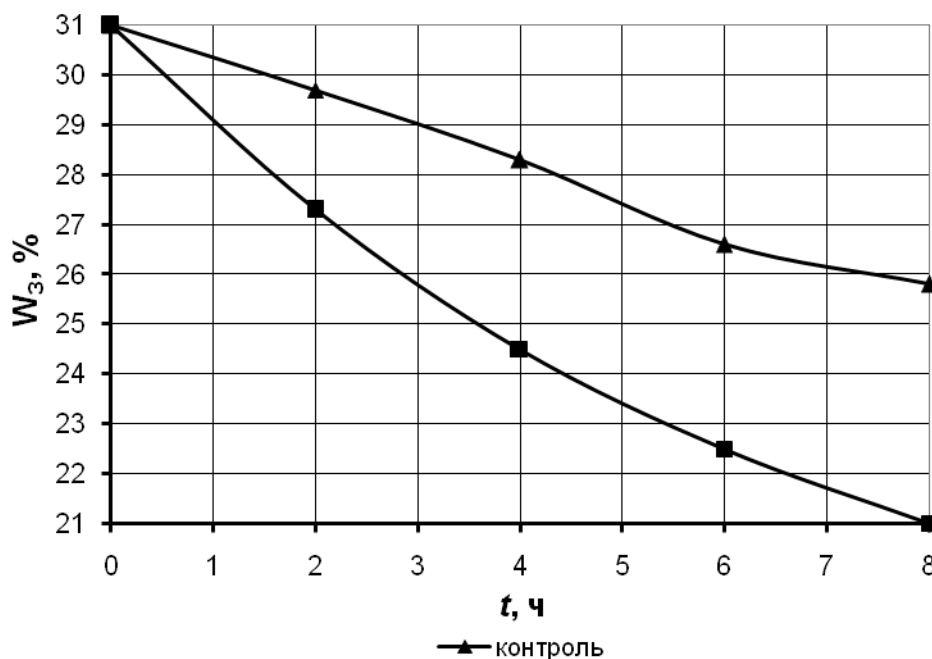


Рис.3. Кинетические кривые сушки зерна (ячмень) $q= 10 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{кг})$; $h=0,21 \text{ м}$; $v=0,4 \text{ м/с}$; $C_n=10,1 \text{ мг/м}^3$; $C_k=7,3 \text{ мг/м}^3$; $t_e=22^\circ\text{C}$.

В данном случае влажность зерна за восемь часов сушки снизилась с 31% до 21%, что составляет 33%, а в контроле – с 31% до 26%, что составляет 16%. По времени озоновоздушная сушка опережает сушку просто атмосферным воздухом на 4...5 часов.

По этим кинетическим зависимостям определены скорости сушки ячменя в течение восьми часов процесса сушки. На рис. 4,5 и 6 приведены графические зависимости скорости сушки от времени.

Анализ этих зависимостей показывает, что при удельном расходе озоновоздушной смеси $3,1 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{кг})$ и концентрации озона, равной

2,4 мг/м³, скорость сушки в первый час равна 1,3%/ч, а в контроле – 1,0%/ч, т.е. на 23% ниже. Примерно до пяти часов сушки скорость сушки озонородушной смесью выше контроля на 13%, а после практически выравнивается до 0,8%/ч (рис.4).

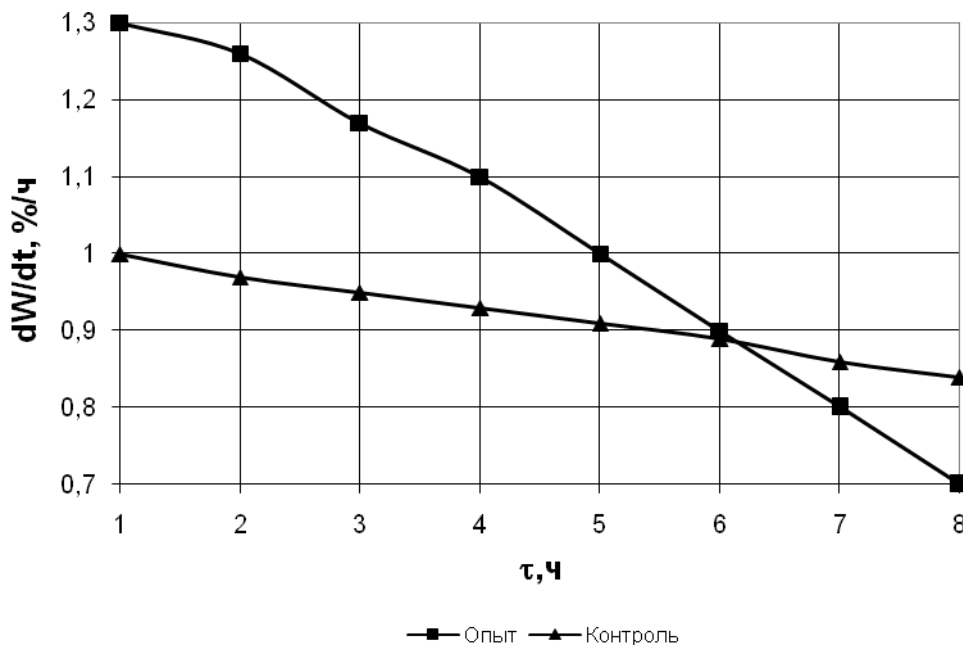


Рис.4. Скорость сушки зерна (ячмень) $q=3,1$ м³/(ч·кг); $t_e=22^\circ\text{C}$; $C_H=2,4$ мг/м³; $W_H=82\%$; $W_K=29\%$.

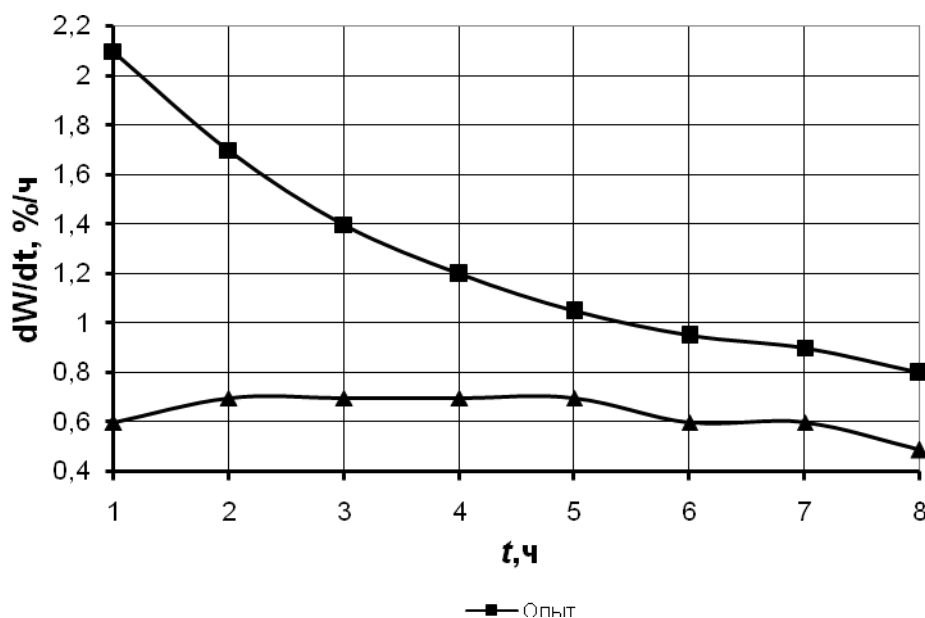


Рис.5. Скорость сушки зерна (ячмень) $q=10$ м³/(ч·кг); $t_e=22^\circ\text{C}$; $C_H=10,1$ мг/м³; $W_H=87\%$; $W_K=31\%$.

При удельном расходе озонородушной смеси 3,1 м³/(ч·кг) и концентрации озона, равной 8,2 мг/м³, скорость сушки в первый час

уже равна 5,1%/ч, а в контроле – 3,7%/ч, т.е. на 28% ниже. Примерно до четырёх часов сушки скорость сушки озонозвоздушной смесью выше контроля на 23%, а далее практически выравнивается до 0,6...0,7%/ч (рис.6).

При удельном расходе озонозвоздушной смеси $10 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{кг})$ и концентрации озона, равной $10,1 \text{ мг}/\text{м}^3$ и влажности агента сушки 87%, скорость сушки в первый час уже равна 2,1%/ч, а в контроле – 0,6%/ч, т.е. на 70% ниже. Скорость сушки озонозвоздушной смесью постепенно снизилась до 0,8%/ч, а в контроле практически осталась постоянной – 0,6...0,7%/ч (рис.5).

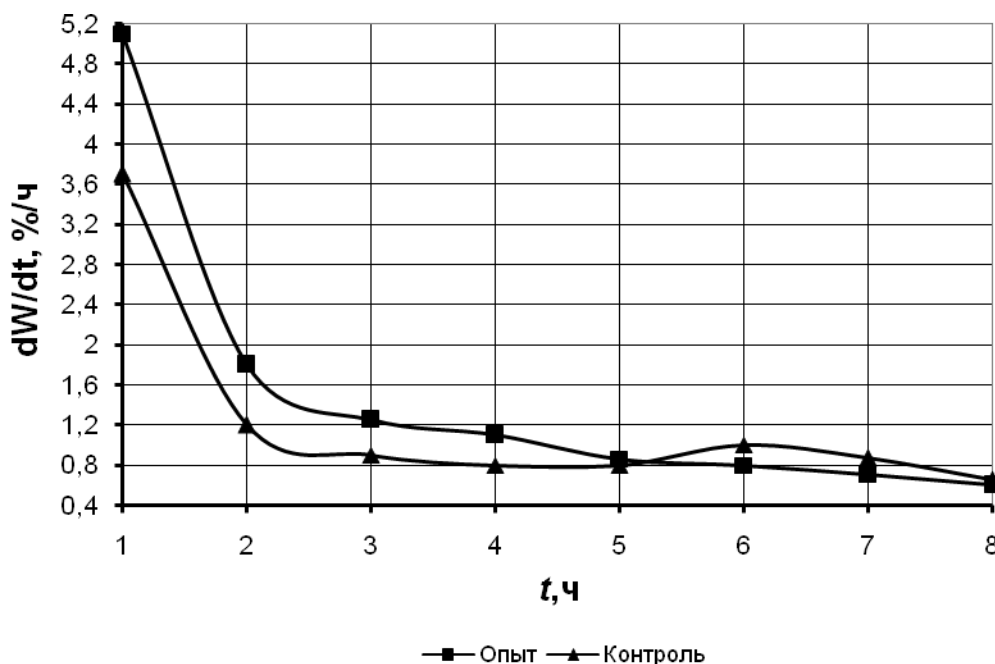


Рис.6. Скорость сушки зерна (ячмень) $q=3,1 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{кг})$; $t_e=28^\circ\text{C}$; $C_H=8,2 \text{ мг}/\text{м}^3$; $W_H=61\%$; $W_K=29,4\%$.

Из проведённого анализа можно сделать вывод, что увеличение подачи озонозвоздушной смеси в 3 раза и концентрации озона в 1,2 раза при высокой влажности (87%) агента сушки приводит к снижению скорости сушки в 2,4 раза (5,1%/ч против 2,1%/ч) по сравнению с влажностью агента сушки 61% (рис.5,6). Однако при одинаковой высокой влажности агента сушки (82% и 87%) увеличением подачи озонозвоздушной смеси и концентрации озона приводит к увеличению скорости сушки в 1,6 раза (рис.4,5).

Повышение скорости сушки озонозвоздушной смесью позволяет существенно снизить энергоёмкость процесса сушки.

В таблицах 1 и 2 представлены результаты производственных исследований в бункере БВ-40 и сушилке СБВС.

Выводы. Анализ результатов этих исследований свидетельствует, что при использовании озонозвоздушной смеси энергоёмкость про-

цесса сушки может быть снижена в 1,5...2,0 раза по сравнению с сушикой подогретым воздухом.

Таблица 1–Показатели работы бункера БВ-40 при сушке зерна

№ п/п	Наименование показателя	Значения показателя	
		БВ-40 с озонатором	БВ-40
1	Производительность установки по исходному материалу, т/ч	0,44	0,26
2	Производительность установки по сухому материалу, т/ч	0,39	0,23
3	Удельный расход электроэнергии на тонну вместимости, кВт·ч/т	99	225
4	Длительность вентилирования, ч	90	150
5	Первоначальная влажность материала, %	24,0	24,0
6	Средняя температура агента сушки, °С	21,5	21,5

Таблица 2–Показатели работы сушилки СБВС при сушке клещевины

№ п/п	Наименование показателя	Значения показателя	
		Сушка подогретым воздухом	Сушка подогретой озонозвоздушной смесью
1	Производительность установки по исходному материалу, т/ч	5,6	10,36
2	Производительность установки по сухому материалу, т/ч	5,11	9,54
3	Удельный расход электроэнергии на 1 кг испарённой влаги, кВт·ч/кг	0,254	0,174
4	Длительность вентилирования (до 14% влажности), ч	10,33	5,8
5	Первоначальная влажность материала, %	26,2	26,2
6	Температура агента сушки, °С	70	70

Литература

1. Троцкая Т.П. Сушка зерна с помощью озонозвоздушной смеси //Троцкая Т.П. //Мех.и электрификация сельского хозяйства. – 1985. – №1. – С.36-39.
2. Глушенко Л.Ф.Использование электроактивированного воздуха для сушки биологических объектов //Л.Ф.Глушенко, Н.А. Глушенко //Электронная обработка материалов. – 1987. – №2. – С.73-75.

3. *Креймерис И.Б.* Консервирование и сушка влажного зерна с применением озона /*И.Б.Креймерис, К.Дрюкас, В.Трюненс* // НИИМЭСХ. – 1987. – XIX. – С.44-51.

4. Патент 2196417, RU, A01F25/00. Способ сушки зерна и семян / А.В. Голубкович, А.Г. Чижиков. № 2001110265/13, Заявл. 16.04.2001, опубл. 20.01.2003.

5. Патент 2315460⁽¹³⁾,⁽¹⁹⁾RU⁽¹¹⁾, (51) МПК А01С1/00. Способ и комплекс для обработки зерна, семян и помещений озоном /Ю. М. Лужков, Ю. М. Соломонов, Н. В. Карягин и др. № 2006128437/13, Заявл. 07.08.2006, опубл. 27.01.2008.

6. *Ксенз Н.В.* Проточный электроозонатор для вытяжной вентиляции производственных помещений / [*Н.В. Ксенз, К.Х. Попандоуло, А.И.Мартынец, И.Г.Сидорцов*]/Сборник статей XIX Международной научно-практической конференции «Экология и жизнь». – Пенза. – 2010. – С.168-171.

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ТЕХНОЛОГІЯХ С/Г ВИРОБНИЦТВА ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ОЗОНОПОВІТРЯНИХ СУМІШЕЙ

Ксенз М.В., Леонт'єв М.Г., Сидорцов І.Г.

Анотація

В роботі розглянуті властивості озонізованих сумішей і питання їх застосування для сушіння та передпосівної обробки насіння. Представлені матеріали по обробці зерна озонізованою сумішшю з метою його сушки. Показано, що застосування озонізованих сумішей дозволяє підвищити продуктивність, знизити енерговитрати під час сушіння.

ENERGY SAVING TECHNOLOGIES IN AGRICULTURAL PRODUCTION THROUGH USE OF OZONE-AIR MIXTURE

N.Ksenz, N.Leontiev, I.Sidortsov

Summary

In the article properties of ozone-air mixtures and their application in grain drying are considered. Materials on grain processing by an ozone-air mix for the purpose of its drying are presented. It is shown that use of ozone-air mixture can improve performance, reduce energy consumption during drying.

УДК.621.316

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА: НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ИЛИ НОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ?

Савченко П.И., д.т.н.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко

Гуревич. В.И., к.т.н.

Центральная лаборатория электрической компании Израиля

Тел. (057) 712-50-56

Аннотация – рассматривается целесообразность увеличения количества релейных функций в одном модуле микропроцессорного устройства релейной защиты (МУРЗ).

Ключевые слова – многофункциональная релейная защита, реле защиты, концентрация функций в одном модуле.

Постановка проблемы. В последнее время в специальной технической литературе все чаще можно встретить утверждения о целесообразности увеличения количества функций в одном модуле микропроцессорного устройства релейной защиты (МУРЗ), вплоть до концентрации всех функций всех защит, имеющихся на подстанции, в едином микропроцессорном модуле, называемом авторами [1] «централизованной системой РЗА – ЦРЗА». Апологеты этой идеи считают, что ее реализация позволит сэкономить значительные средства на медных кабелях, которые используются сегодня в большом количестве на традиционных подстанциях с обычными МУРЗ.

Анализ последних исследований. Идея эта не новая. На страницах многих Западных специализированных журналов, на многочисленных конференциях давно обсуждаются вопросы создания, так называемой, «умной подстанции», в которой все ее основные элементы (трансформаторы тока и напряжения, выключатели, разъединители и короткозамыкатели) должны быть снабжены цифровым блоком преобразования информации, IP адресом и объединены посредством центрального компьютера (сервера) через обычную компьютерную сеть Internet. В такой подстанции информация о токе и напряжении должна передаваться через сеть в цифровом виде на сервер, обеспечивающий реализацию всех функций релейной защиты и автоматики (РЗА) и выдающим через сеть команды на соответствующие IP адреса, принадлежащие выключателям или разъединителям. Сегодня раздаются голоса о том, что даже проводная компьютерная сеть уже не нужна, и нужно поскорее переходить на

беспроводную связь (Wi-Fi) в релейной защите. Идя навстречу этим тенденциям, ведущие зарубежные производители МУРЗ уже сегодня снабжают свои новые изделия встроенными модемами Wi-Fi.

Параллельно всем этим тенденциям, в последние годы появилась еще одна тенденция: навешивание на микропроцессорную релейную защиту дополнительных функций, не относящихся вообще к функциям релейной защиты, например, мониторинга оборудования.

Так, например, в статье [2] авторы приписывают релейной защите совершенно новое свойство: «возможность запоминать информацию и использовать ее для формирования аргументированного заключения о будущем состоянии контролируемого объекта».

По нашему мнению, само понятие «релейной защиты упреждающего действия» является, ошибочным [3], а актуальность создания релейной защиты «упреждающего действия» ничем не обоснована.

Формулирование цели статьи. Выявить пути определения оптимального количества функций в одном модуле микропроцессорной защиты.

Основная часть. В этой связи, обозначенный в статье вопрос о многофункциональности РЗ делится на два отдельных вопроса:

- Какие функции вообще относятся к релейной защите, а какие нет?
- Должно ли быть ограничение на количество релейных функций в одном модуле РЗ?

Для ответа на первый вопрос нужно сначала сформулировать само понятие «реле защиты» и только после этого можно будет говорить о том, относятся ли те или иные функции к релейной защите. Если принять определение релейной защиты, предложенное автором в [5]: реле защиты – устройство, предназначенное для выявления аварийного режима работы защищаемого объекта и выдачи команды на исполнительный элемент, обеспечивающий прекращение этого режима, то становится понятным, что такие функции, как диагностика электрооборудования, совмещенная с прогнозированием его отказов и так называемым «упреждающим» отключением электрооборудования, предлагаемое в [2, 4] к РЗ не относится, а предложение использования их в качестве новых функций релейной защиты, является неправомерным.

Можно, конечно, возразить, что из приведенного определения реле защиты следует, что даже такая повсеместно распространенная в микропроцессорной защите и чрезвычайно полезная функция, как регистрация событий и запись аварийных режимов не будет являться неотъемлемой функцией реле защиты. Да, это действительно так потому, что известно много видов релейной защиты, таких, например, как защиты электромеханического типа или некоторые защиты, выполненные на базе промышленных микроконтроллеров, которые не имеют этой функции, хотя и являются полноценной релейной защитой. Однако, следует учитывать, что упомянутая функция является всего лишь сервисной (служебной) внутренней функцией некоторых видов реле защиты (например, МУРЗ) обслуживающей существующие релейные функции и не способной влиять на алгоритм действий

защиты. Запись и регистрация аварийных режимов не является независимой функцией, способной самостоятельно действовать на отключение электрооборудования параллельно и независимо от существующих функций и поэтому она не влияет на способность реле выполнять свои прямые функции, то есть правильно и надежно защищать оборудование от аварийных режимов. Мы же обсуждаем влияние новых, независимых дополнительных функций, способных влиять на алгоритм действия реле защиты.

К сожалению, имеется достаточно большая вероятность дальнейшего развития этой тенденции, в которой заинтересованы многие научные коллективы, получающие бюджетное финансирование на развитие РЗ или стремящиеся опередить конкурентов любой ценой.

Если к этим функциям мониторинга электрооборудования добавить все традиционные функции РЗ подстанции, то можно вполне представить о какой огромной концентрации функций в одном модуле идет речь. Такая концентрация имеет только один плюс: снижение стоимости РЗ. Основным ее недостатком является снижение надежности РЗ, которое происходит сразу по нескольким направлениям, если можно так выразиться:

- конструктивное усложнение (дополнительные входы для специальных датчиков, осуществляющих диагностику определенных параметров электрооборудования и электронных средств для обработки информации, поступающей с этих датчиков) и программное усложнение собственно реле защиты, что автоматически (по теории надежности) ведет к снижению надежности защиты подстанции;

- чрезмерное усложнение программного интерфейса, что ведет к увеличению веса «человеческого фактора» в общем количестве неправильных действий РЗ, который уже сегодня имеет очень большой вес;

- усложнение периодических проверок исправности РЗ и увеличение времени, затрачиваемого на такие проверки. Во многих случаях при проверке одной функции РЗ приходится блокировать другие «мешающие» функции на время проверки, а затем возвращать их. Иногда вместо блокирования применяют изменение параметров мешающих функций на время проверки. С увеличением количества функций в одном реле резко увеличивается и вероятность ошибок персонала в результате таких проверок.

- увеличение вероятности отказа сразу всей подстанции целиком, так сказать, при отказе в реле центральной защиты даже какого-то единичного электронного компонента (транзистора, конденсатора) в таких узлах, как: источник питания, модуль выходных реле, элемент памяти, микропроцессор и др.

- резкое усложнение анализа действий релейной защиты при разборе аварийных ситуаций;

- рост вероятности неправильных действий РЗ в результате непредсказуемости ее реакции при наложении событий во время сложных аварий и во время сложных переходных процессов;

- резкий рост уязвимости РЗ к кибератакам [6] и к преднамеренным деструктивным электромагнитным воздействиям [6,7,8,9].

Что касается предложенного авторами [1] использования двух одинаковых комплектов ЦРЗА для резервирования действий РЗ, то это предложение не выдерживает критики по той простой причине, что отказами РЗ являются как излишние срабатывания, так и несрабатывания. Если использовать основной и резервный блоки ЦРЗА, то как соединить между собой их выходные контакты: последовательно или параллельно? При любом соединении будет иметь место увеличение надежности по одному из видов отказа и такое же снижение надежности по другому виду. Поэтому речь должна идти не о простом резервировании, а о мажорировании, по принципу два из трех, например. То есть использовать не два, а три одинаковых комплекта ЦРЗА.

Даже если предположить снижение стоимости оборудования РЗ при концентрации всех функций в одном модуле, то все равно придется признать наличия двух встречно направленных тенденций:

- снижение затрат на РЗ при увеличении количества функций в одном реле;

- увеличение затрат за счет снижения надежности РЗ и увеличения ущерба от ее неправильных действий (по разным причинам, перечисленным выше) при увеличении количества функций в одном реле, т.е. имеет место типичная оптимизационная задача: определение оптимального количества функций реле защиты по критерию минимума затрат. Задача эта непростая ввиду отсутствия достоверных статистических данных о влиянии количества функций на надежность РЗ, но, все же, решаемая, хотя бы на основе использования специальных математических моделей и известных приемов теории надежности. Для упрощения решения задачи и повышения достоверности результатов целесообразно строить такие модели и решать оптимизационную задачу отдельно для каждого вида защит, например, отдельно для защит генератора, трансформатора, линии и т.д.

Выводы. Увеличение количества функций в одном модуле микропроцессорной защиты очень серьезный вопрос, который требует более осторожного подхода, проведения глубоких исследований и непростых расчетов, путем использования специальных математических моделей отдельно для каждого вида защиты; воплощение в жизнь не обоснованных общих идей, способных еще более запутать и без того сложную ситуацию с выбором тенденций развития РЗ, могут привести к катастрофическим последствиям в будущем.

Литература

1. *Волошин А.А.* Вопросы создания централизованных систем РЗА подстанций / *А.А. Волошин, Я.Л. Арцишевский, Б.К. Максимов.* – Релейщик.– 2012. – №2. –С.32-36.

2. *Нудельман Г.С.* Совершенствование за счет упреждающих функций: [Электронный ресурс] / *Г.С. Нудельман, А.В. Булычев.* – Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru/arh/2009/58/06.php>.

3. *Гуревич В.И.* Релейная защита «Упреждающего действия», миф или реальность? / *В.И. Гуревич, В.В. Гузенко, П.И. Савченко* // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. Випуск 129 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Харків: ХНТУСГ, 2012. – С.47-48.

4. *Булычев А.В.* Защита упреждающего действия для электродвигателей: [Электронный ресурс] / *А.В. Булычев* – Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru/arh/2011/71/07.php>.

5. *Гуревич В.И.* "Реле защиты" и "релейная защита": проблемы терминологии / *В.И. Гуревич.* – Вести в электроэнергетике. – 2012. – №4. – С.23-33.

6. *Гуревич В.И.* Кибероружие против энергетики / *В.И. Гуревич.* – PRO Электричество. – 2011. – №1. – С.26-29.

7. *Гуревич В.И.* Проблема электромагнитных воздействий на микропроцессорные устройства релейной защиты / *В.И. Гуревич.* – Компоненты и технологии. – 2010. – №2. – С. 60-64.

8. *Гуревич В.И.* Проблема электромагнитных воздействий на микропроцессорные устройства релейной защиты / *В.И. Гуревич.* – Компоненты и технологии. – 2010. – №3. – С.91-96.

9. *Гуревич В. И.* Проблема электромагнитных воздействий на микропроцессорные устройства релейной защиты / *В.И. Гуревич.* – Компоненты и технологии. – 2010. – № 4. – С.46-51.

БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ: НОВІ ПЕРСПЕКТИВИ, ЧИ НОВІ ПРОБЛЕМИ?

Савченко П.И., Гуревич. В.И.

Анотація

Розглянута доцільність збільшення кількості релейних функцій у одному модулі мікропроцесорного пристрою релейного захисту (МІРЗ).

MULTI-FUNCTION RELAY PROTECTION: NEW PERSPECTIVES OR NEW PROBLEMS?

P. Savchenko, V. Gurevich

Summary

It is the expediency of increasing number of relay protection functions in single digital protective relay module examined.

УДК 621.3: 631.53.027.33

ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОСТІ ПОТОКУ ЗЕРНОВОЇ МАСИ В КАМЕРІ ОБРОБКИ ПРИ ГРАВІТАЦІЙНОМУ ВИТІКАННІ

Берека О.М., д.т.н.,

Науменко О.В., аспірант.*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тел.: (044) 527-87-35, (044) 527-87-36

Анотація – розглянуто фактори впливу під час обробки зерна на швидкість зернової маси в камері обробки та час витоку з камери, представлено встановлені залежності швидкості витікання та часу витоку зерна від кута відкриття затвора при гравітаційному витіканні.

Ключові слова – зернова маса, швидкість витікання, час обробки, кут відкриття, сильне електричне поле.

Постановка проблеми. Для знищення комах-шкідників у зернової масі за допомогою сильного електричного поля (СЕП) (рис. 1) необхідно забезпечити ефективну дозу обробки. Основними складовими дози обробки є концентрація озону та час експозиції.

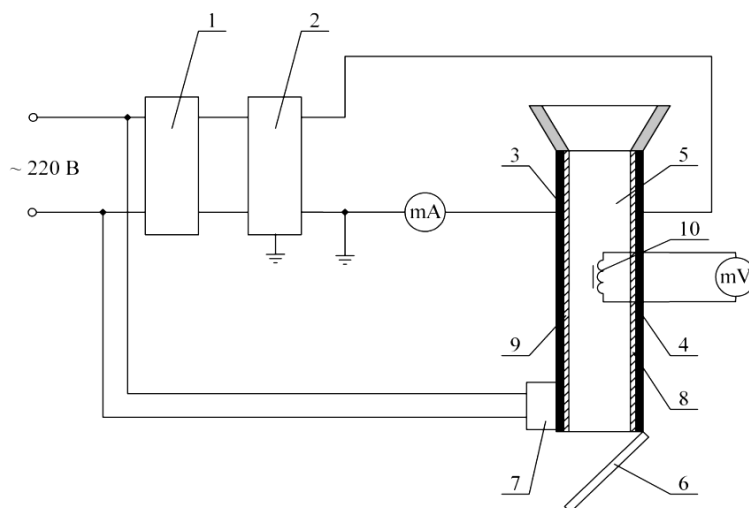


Рис. 1. Схема установки для знищення комах-шкідників у зернової масі під дією СЕП: 1 – регулятор напруги; 2 – джерело високої напруги; 3, 4 – електроди; 5 – робоча камера; 6 – затвор витікання; 7 – електромагнітний вібратор; 8, 9 – ізоляційні пластини; 10 – індуктивний датчик.

* Науковий керівник – д.т.н. Берека О.М.

©д.т.н. Берека О.М., аспірант Науменко О.В.

Аналіз останніх досліджень. Концентрація озону залежить від напруженості електричного поля в зерновій масі, виду культури та вологості зерна [2, 4]. Час знаходження комах-шкідників в СЕП залежить від висоти камери обробки та швидкості руху зернової маси. В представленій установці [3] рух зернового матеріалу здійснюється під дією сили тяжіння, вібрації та СЕП. На швидкість руху зернової маси в камері обробки має вплив кожний з наведених чинників. В даній роботі розглянемо рух зернової маси під дією сили тяжіння.

Формулювання мети статті. Метою дослідження є теоретичне обґрунтування процесу витікання зерна під впливом сили тяжіння і встановлення залежності швидкості та часу витікання зерна від кута відкриття затвора витікання.

Основна частина. Швидкість витікання зерна на виході його з випускного отвору залежить від його тиску в площині випускного отвору [7]

$$v = \lambda \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \frac{\sigma}{\rho \cdot g}}, \quad (1)$$

де v – швидкість витікання зерна на виході з отвору; σ – тиск зернового матеріалу над отвором; ρ – насипна густина зерна; g – прискорення вільного падіння ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$); λ – коефіцієнт витікання.

Величина тиску над отвором залежить від форми камери обробки, розмірів випускного отвору, властивостей зернового матеріалу і його механічного стану. У випадку бокового витікання похилого потоку зернової маси тиск над отвором залежить від кута нахилу потоку зерна до горизонталі [6, 7]

$$\sigma = (\sin^2 \alpha + m \cdot \cos^2 \alpha) \cdot \rho \cdot g \cdot \chi \cdot R_z - \frac{\tau_0}{f}, \quad (2)$$

де α – кут нахилу потоку зерна до горизонталі; R_z – гідравлічний радіус випускного отвору; m – коефіцієнт сипучості зернової маси, χ – коефіцієнт, що залежить від величини коефіцієнта внутрішнього тертя в зерновому матеріалі; f – коефіцієнт внутрішнього тертя зернового матеріалу; τ_0 – початкова напружка зсуву.

Розрахункова схема установки при гравітаційному витіканні наведена на рис. 2.

При проходженні зерна через камеру обробки воно проходить під кутом α до горизонталі через випускний отвір $a-a$.

Використовуючи теоретичні підходи і методики Алфєрова та Зєнкова [1, 6, 7] та враховуючи вирази (1) і (2), для швидкості витікання зерна в перерізі $a-a$ можна записати

$$v_{a-a} = \lambda \cdot \sqrt{\sin^2 \alpha + m \cdot \cos^2 \alpha} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \left(\chi \cdot R_{a-a} - \frac{\tau_0}{g \cdot \rho \cdot f} \right)}, \quad (3)$$

де α – кут відкриття затвора (кут нахилу потоку зерна до горизонталі); R_{a-a} – гідравлічний радіус перерізу $a-a$.

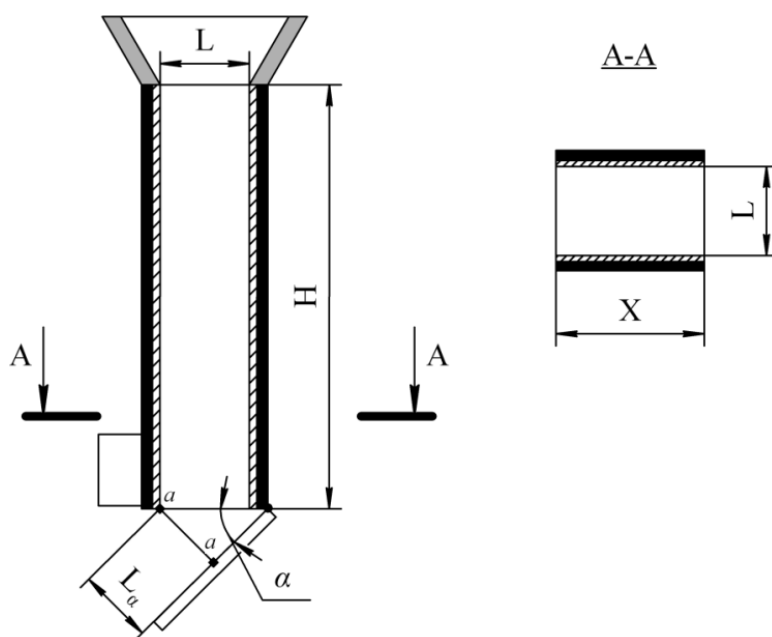


Рис. 2. Розрахункова схема визначення швидкості зерна.

Коефіцієнт χ визначається за виразом [7]

$$\chi = \frac{1}{f} + 2 \cdot f - \sqrt{1 + f^2}. \quad (4)$$

Коефіцієнт внутрішнього тертя зернового матеріалу [1, 6, 7, 8]

$$f = \operatorname{tg} \varphi, \quad (5)$$

де φ – кут внутрішнього тертя зернового матеріалу.

Коефіцієнт витікання [7]

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot f \cdot \chi}}. \quad (6)$$

Гідравлічний радіус перерізу визначається, як відношення площі перерізу до його периметру з урахуванням крупності частинок зерна [Ошибка! Неизвестный аргумент ключа.]

$$R_{a-a} = \frac{X \cdot (L_\alpha - d)}{2 \cdot (X + L_\alpha - d)}, \quad (7)$$

де X – довжина камери; L_α – ширина випускного вікна; d – крупність частинки зерна [1]

$$d = \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c}, \quad (8)$$

де a, b, c – середні розміри частинок зерна, м.

Ширина випускного вікна

$$L_\alpha = L \cdot \sin \alpha, \quad (9)$$

де L – відстань між електродами, м.

Коефіцієнт сипучості [6]

$$m = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}. \quad (10)$$

Визначивши швидкість витоку зерна з отвору можна визначити пропускну здатність камери обробки [5, 6]

$$q = v_{a-a} \cdot S_{a-a}, \quad (11)$$

де q – продуктивність камери обробки, м³/с; S_{a-a} – площа випускного вікна

$$S_{a-a} = X \cdot (L_{\alpha} - d). \quad (12)$$

Знаючи продуктивність камери q можна визначити час витікання (час обробки) зерна з камери обробки [5, 6]

$$t = \frac{V}{q}, \quad (13)$$

де t – час витоку зерна з камери обробки; q – продуктивність камери, визначається за виразом (12) з урахуванням (13); V – об'єм камери

$$V = X \cdot L \cdot H, \quad (14)$$

де H – висота камери обробки, м.

Середня швидкість v проходження зерном камери обробки

$$v = \frac{H}{t}. \quad (15)$$

За встановленими залежностями в програмному забезпеченні Mathcad проведено розрахунок граничних значень часу та швидкості витоку для ячменю з густиною $\rho = 580-800$ кг/м³ [8, 9], кутом внутрішнього тертя $\varphi = 25-30^\circ$ [8]. Значення напруги початкового зсуву τ_0 зерна приймалося в межах 15-20 Н/м² [6]. Розміри частинок зерна приймалися такими [10]: довжина $a = 7...14.6$ мм, ширина $b = 2...5$ мм, товщина $c = 1,2...4,5$ мм. Розміри установки приймалися відповідно конструктивних параметрів експериментальної камери обробки: висота $H = 0,82$ м; відстань між електродами $L = 0,03$ м; довжина камери $X = 0,05$ м. Кут відкриття затвора витікання $\alpha = 0...90^\circ$.

Експериментальна перевірка теоретичних залежностей проводилася на зерні ячменю сорту «Солнцедар» вологістю 12,5 %. Для цього зерно ячменю засипали в камеру, відкривали затвор на певний кут і визначали час витоку зерна. За виразом (16) визначали швидкість витоку зерна ячменю.

Результати математичних розрахунків та експериментальні дані наведені на рис. 3 та рис. 4.

З представлених результатів на рис. 3 та рис. 4 видно, що дані експериментальних досліджень знаходяться в межах області (виділена сірим кольором) допустимих значень часу та швидкості проходження зерном камери обробки, які визначені кривими 1 та 2 на рис.3 та рис. 4.

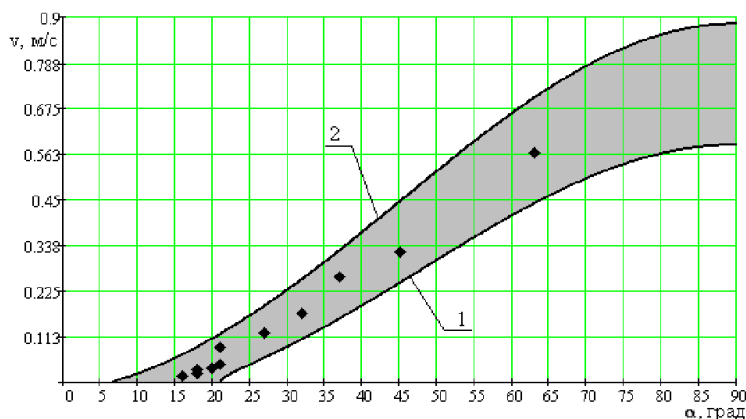


Рис. 3. Гравітаційне витікання зернової маси ячменю з камери обробки: 1, 2 – нижня і верхня межі швидкості витоку зерна ячменю з камери обробки, \blacklozenge – експериментальні дані для ячменю сорту «Солнцедар» вологістю 12,5%.

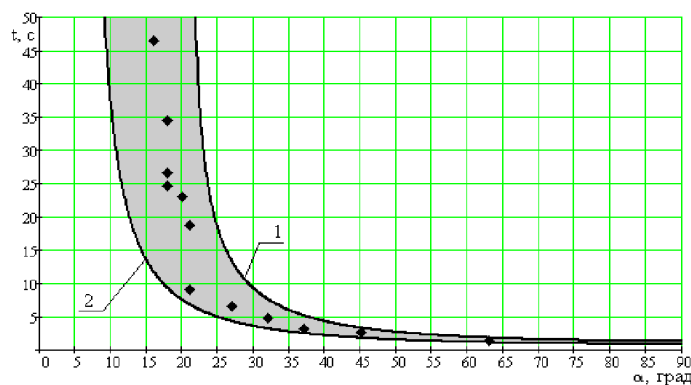


Рис. 4. Гравітаційне витікання зернової маси ячменю з камери обробки: 1, 2 – нижня і верхня межі часу витоку зерна ячменю з камери обробки; \blacklozenge – експериментальні дані для ячменю сорту «Солнцедар» вологістю 12,5 %.

Висновки. Обґрунтовано процес витоку зернової маси з камери обробки під дією гравітації. Встановлено залежності часу та швидкості гравітаційного витікання зернової маси від кута відкриття затвора витікання. Представлені аналітичні вирази дозволяють визначати час та швидкість витоку зерна з камери обробки в залежності від кута відкриття затвора витікання, враховуючи його фізико-механічних характеристики.

Література

1. *Алферов К.В.* Бункерные установки. Проектирование, расчет и эксплуатация / *К.В. Алферов, Р.Л. Зенков.* – М.: Государственное научное-техническое издательство машиностроительной литературы, 1955.– 308 с.
2. *Берека О.М.* Дослідження режимних параметрів при знезаражуючій обробці зерна різних видів культур у сильному електричному полі / *О.М. Берека, С.М. Усенко* // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – Вип. 166, Ч.3. – К.: НУБіП України, 2011. – С.32-37.

3. *Берека О.М.* Знешкодження в сильних електричних полях комах-шкідників зерна / *О.М. Берека, О.В. Науменко* // *Motrol. Motorization and power industry in agriculture*, 2011. – Volume 13D. – С. 291-295.

4. *Берека О.М.* Часткові розряди в зерновій масі під дією сильного електричного поля / *О.М. Берека, С.М. Усенко, С.В. Петриченко* // *Праці Таврійського державного агротехнічного університету*. – Вип. 11, Том 6. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – С. 184-191.

5. *Гячев Л.В.* Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах / *Л.В.Гячев*. – М.: «Машиностроение», 1968. – 184 с.

6. *Зенков Р.Л.* Машины непрерывного транспорта: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Подъемно-транспортные машины и оборудование" / *Р.Л. Зенков, И.И. Иваишков, Л.Н. Колобов*. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: "Машиностроение", 1987. – 432 с.

7. *Зенков Р.Л.* Механика насыпных грузов (основания расчета погрузочно-разгрузочных и транспортирующих устройств) / *Р.Л. Зенков*. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы (Машгиз), 1952. – 217 с.

8. *Редзько В.В.* Затворы для сыпучих материалов (конструкции и расчет) / *В.В. Редзько*. – Москва-Ленинград: Издательство "Машиностроение", 1964. – 168 с.

9. *Трисвятский Л.А.* Хранение зерна / *Л.А. Трисвятский*. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

10. *Подпратов Г.І.* Зберігання і переробка продукції рослинництва: навчальний посібник / *Г.І. Подпратов, Л.Ф. Скалецька, А.М. Сеньков, В.С. Хилевич*. – К.: Мета, 2002. – 495 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ СКОРОСТИ ПОТОКА ЗЕРНОВОЙ МАССЫ В КАМЕРЕ ОБРАБОТКИ ПРИ ГРАВИТАЦИОННОМ ИСТЕЧЕНИИ

Берека О.Н., Науменко А.В.

Аннотация

Рассмотрены факторы влияния на скорость зерновой массы в камере обработки и время истечения из камеры, представлены зависимости времени и скорости истечения зерна от угла открытия затвора при гравитационном истечении.

RESEARCH OF GRAIN FLOOD SPEED IN PROCESSING CELL UNDER GRAVITATIONAL FLOW

O. Bereka, O. Naumenko

Summary

It is looked at influence factors during processing on grain flood speed time processing, it is determined grain flood speed and time dependences on bolt turning angle.

УДК 631.363

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПОТОКОВОЮ ЛІНІЄЮ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА

Федорейко В.С., д.т.н.,

Рутило М.І., к.т.н.,

Іскерський І.С., аспірант.*

Тернопільський національний педагогічний університет імені В. Гнатюка

Тел. (0352) 43-57-77

Анотація – запропоновано імітаційні моделі розроблених структур системи керування технологічним процесом виробництва твердого біопалива для дослідження їх основних характеристик.

Ключові слова – дозатор, тверде біопаливо, продуктивність, вологість, дисперсія, імітаційна модель, регульований електроривод.

Постановка проблеми. Визначальним напрямом модернізації виробництва твердого біопалива і покращення його енергетичних та якісних показників є створення інтелектуальних систем керування технологічними процесами на базі мікропроцесорних систем обробки інформації, що формують керуючі дії за адаптованими до технологічних вимог алгоритмами [1].

Основною функцією системи керування потоковою лінією виробництва двокомпонентного твердого біопалива є забезпечення необхідної вологості суміші шляхом автоматичного регулювання продуктивності дозаторів залежно від вологості сировини.

Тому розробка ефективних структур керування поточковими лініями виробництва твердого біопалива з повноцінними теплотехнічними та товарними характеристиками є актуальною задачею для відновлювальної енергетики України.

При цьому використання прикладного пакету MATLAB з комплектом імітаційного моделювання Simulink суттєво збільшує ефективність проведення комплексного дослідження складних електромеханічних систем.

Аналіз останніх досліджень. Проведені випробування поточкових ліній з виробництва твердого біопалива дозволили сформулювати

* Науковий керівник – д.т.н. Федорейко В.С.

© д.т.н. Федорейко В.С., к.т.н. Рутило М.І., аспірант Іскерський І.С.

основні вимоги до їх модернізації з метою зменшення енергозатрат та покращення теплотехнічних характеристик біопалива [2, 3], які лягли в основу подальших досліджень технологічного обладнання та регульованого асинхронного електропривода. Однак використання імітаційного інструментарію для оперативного дослідження поточкових технологій в наукових роботах висвітлено недостатньо.

Формулювання мети статті. Обґрунтувати та розробити фактологічні передумови для створення системи керування процесом виробництва двохкомпонентного твердого біопалива шляхом імітаційного математичного моделювання.

Основна частина. Керування продуктивністю технологічних машин в даний час здійснюють засобами регульованого електропривода у ручному режимі, що не забезпечує їх синхронної роботи і спричиняє невиконання умови балансу продуктивності технологічної лінії. Це призводить до перевитрат електроенергії асинхронними двигунами (АД) пресувального обладнання внаслідок значного зростання його механічного навантаження та до зниження якісних показників продукції, особливо під час використання сировини з критичною вологістю понад 16%.

Експериментальними дослідженнями, проведеними у виробничих умовах, виявлено значне перевищення струму АД підпресувального шнека, а в деяких випадках пікове навантаження спричиняло зупинку АД із-за невідповідності швидкісних режимів роботи шнека-дозатора і преса та надлишкової вологості сировини.

З точки зору підвищення енергоефективності технологічного процесу доцільно підтримувати продуктивності вказаних машин у визначених швидкісних режимах, що забезпечують номінальні величини струмів для встановлених двигунів пресувального обладнання.

Для дослідження режимів роботи та енергетики асинхронного електропривода вказаного вище технологічного обладнання нами в середовищі MATLAB [4] розроблено імітаційну модель (рис. 1) технологічної установки, яка базується на створених математичних моделях шнекових дозаторів та підпресувального шнека-екструдера (рис. 2) і відтворює процес функціонування вказаних технологічних машин у замкнутій системі автоматичного керування (САК) продуктивністю завантажувального шнека-дозатора Q_1 , що забезпечує задану величину струму статора АД вказаного обладнання.

За результатами моделювання отримано залежності (рис. 3) величини механічного навантаження АД підпресувального шнека M від продуктивності завантажувального шнека-дозатора Q_1 і струму статора цього двигуна у режимах ручного та автоматичного (за номінальним струмом АД) керування.

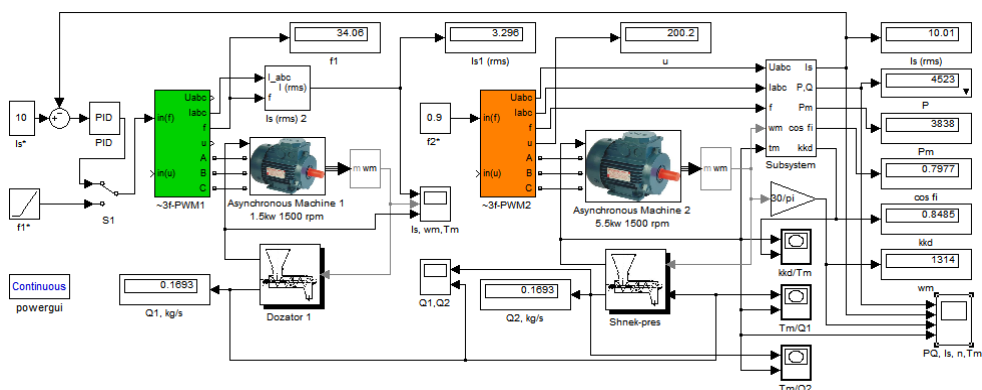


Рис. 1. Імітаційна модель установки для дослідження режимів роботи та енергетики технологічного обладнання.

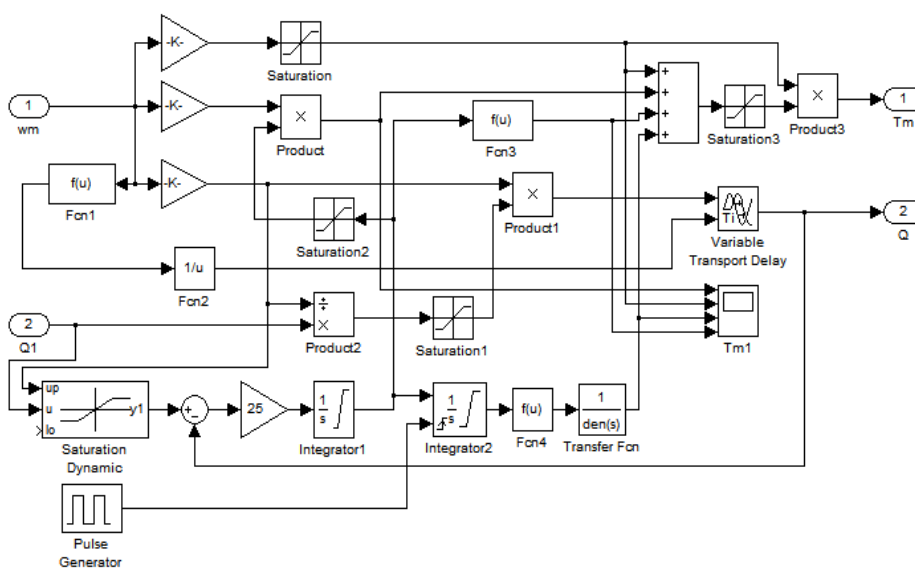


Рис. 2. Структура імітаційної математичної моделі підпресувального шнека-екструдера.

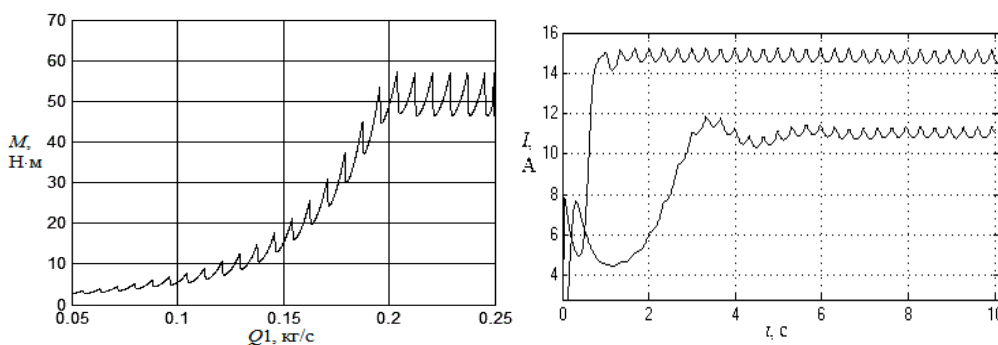


Рис. 3. Результати моделювання режимів роботи шнека-екструдера.

Для моделювання нейрорегулятора використано апарат гібридних мереж, який в середовищі MATLAB реалізується редактором Anfis (рис. 4).

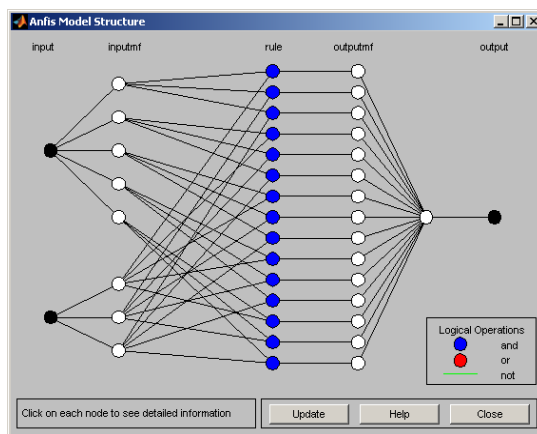


Рис. 4. Структура Anfis-моделі типу Sugeno для знаходження коефіцієнту масового співвідношення компонентів суміші k .

Він виконаний на основі алгоритму Sugeno з використанням евристичних правил, що ґрунтувались на результатах чисельного і фізичного моделювання. Це дозволило розв’язати задачу синтезу керуючих впливів на основі застосування засобів нечіткої логіки та теорії нечітких множин у вигляді залежностей продуктивностей дозаторів Q_1, Q_2 від вологостей компонентів w_1, w_2 .

На основі поданих вище результатів досліджень розроблено імітаційну модель технологічної лінії для виробництва двокомпонентного твердого біопалива з використанням нейроконтролера для здійснення керування технологічним процесом (рис. 5).

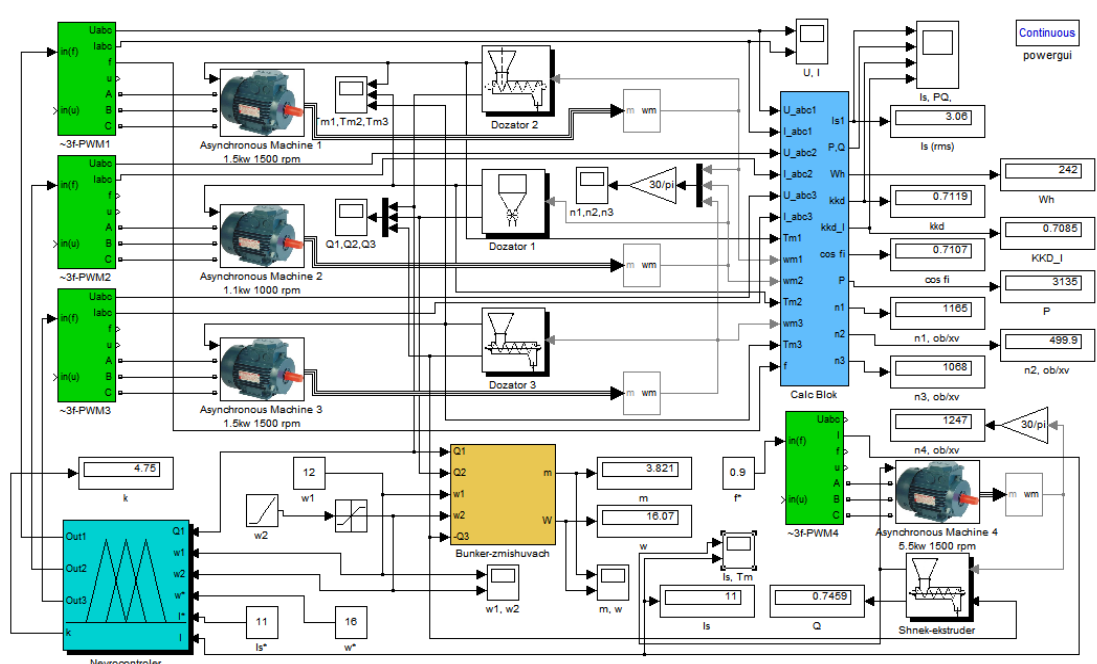


Рис. 5. Імітаційна модель потокової технологічної лінії.

Представлена імітаційна модель відтворює функціонування електроприводів дозаторів у технологічному процесі, зокрема величина

Q_3 задається, виходячи із величини струму статора АД підпресовувального шнека і, в свою чергу, визначає сумарну продуктивність дозаторів Q_1, Q_2 , яка встановлюється рівною продуктивності Q_3 .

На рис. 6 представлено результати моделювання, які відображають процес регулювання швидкості робочих органів дозаторів, дисперсії продуктивності та вологості суміші w при фіксованій вологості подрібнених качанів кукурудзи $w_1 = 12\%$ та зміні вологості подрібненої соломи w_2 в межах 14–35% без корекції та з корекцією швидкості робочих органів дозаторів за поточними продуктивностями Q_1, Q_2, Q_3 .

Подальше налаштування fuzzy-регулятора для системи керування технологічного процесу полягає у підборі виду та взаємного розміщення термів у діапазонах зміни вхідних і вихідних величин, а також у корекції необхідних правил, що зв'язують вхідні та вихідні параметри.

Оптимальне керування на основі нейрорегулятора забезпечує заданий режим роботи системи та реалізує відображення:

$$u^{(j)} = f(z^{(j)}) = f(z_1^{(j)}, z_2^{(j)}, \dots, z_n^{(j)}), \quad j = 1, \dots, J,$$

при наявності навчальної множини $\{(z^1, u^1), \dots, (z^J, u^J)\}$.

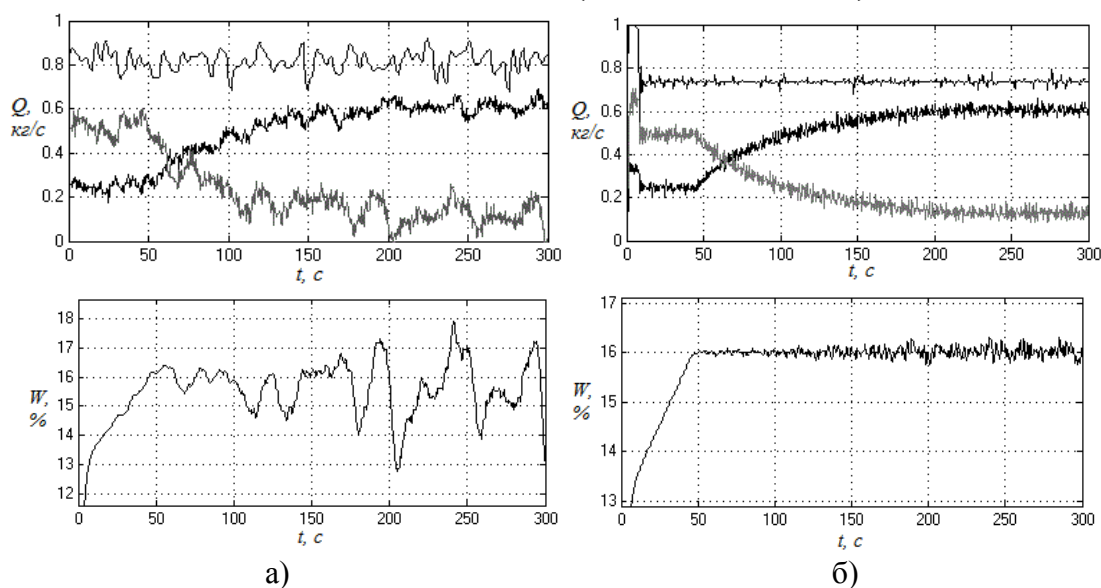


Рис. 6. Дисперсії продуктивностей дозаторів Q_1, Q_2, Q_3 і вологості суміші w : а) – без корекції, б) – з корекцією швидкостей робочих органів дозаторів.

Критерій оптимальності у вигляді функції помилки для j -го розглянутого значення виду $E_j = 0,5 \|u - u^{(j)}\|^2$ дозволяє використовувати градієнтний метод оптимізації для підлаштування параметрів заданих предикатних правил.

Тестування системи керування довело коректність роботи блока нечіткого регулятора в рамках даної моделі. Підтвердженням цього є аналіз перехідних процесів функціонування класичної системи

зв'язного дозування та інтелектуальної системи на базі нейрорегулятора (рис. 7).

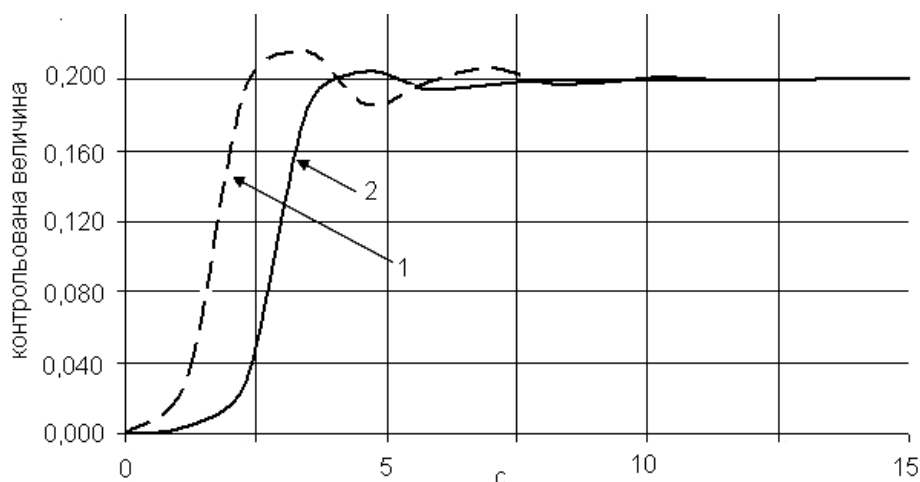


Рис. 7. Перехідні процеси в системі зв'язного дозування: 1 – класичне регулювання; 2 – регулювання на базі нечіткої логіки.

Таким чином, розроблено інтелектуальні алгоритми керування потоковою лінією виробництва біопалива, згідно яких продуктивність шнека-дозатора Q_3 визначає сумарну продуктивність дозаторів Q_1, Q_2 . Для визначення коефіцієнта масового співвідношення компонентів суміші k розроблено fuzzy-контролер, входними параметрами якого є поточні величини вологості компонентів w_1, w_2 та верхня межа допустимої вологості суміші w^* . Середньоквадратична похибка навченого контролера не перевищує 0,2%.

Дослідження розробленої системи керування методом математичного моделювання підтверджують ефективність застосування нечітких регуляторів, які володіють достатньою якістю регулювання (час встановлення заданої вологості на виході змішувача з урахуванням чистого запізнювання становить менше 10 с, перерегулювання не перевищує 2,5%). Тому застосування нечітких регуляторів у вказаних системах є доцільним та перспективним.

Висновки. За результатами математичного моделювання режимів роботи потокової лінії виробництва твердого біопалива отримано залежності величин дисперсії продуктивностей дозаторів і вологості суміші без корекції та з корекцією швидкостей робочих органів дозаторів, що дозволило визначити швидкісні діапазони роботи електропривода та розробити алгоритми керування ними на базі нейротехнологій та нечіткої логіки, застосування яких дає змогу розширити вологісний діапазон базової сировини (соломи) до 35%.

Запропоновано модель fuzzy-контролера інтелектуальної системи керування зв'язним дозуванням компонентів біопалива.

Література

1. *Бешта О.С.* Використання регульованого електропривода в задачах підвищення енергоефективності технологічних процесів / *О.С. Бешта.* // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ: НГУ. – 2012. Вип. 4. – С.98-107.
2. *Федорейко В.С.* Дослідження характеристик багатокомпонентного твердого біопалива / *В.С. Федорейко, І.С. Искерський* // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. – 2011. – Вип. 24. Т. 4. – С.80-88.
3. *Федорейко В.С.* Регулювання продуктивності дозаторів у технології брикетування біомаси / *В.С. Федорейко, І.С. Искерський* // "Енергетика і автоматика" [Електронний ресурс]. – 2010. – №3(5). – Режим доступу до журналу :http://www.nbu.gov.ua/e-journals/eia/2010_3/10fvstbb.pdf.
4. *Герман-Галкин С.Г.* Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB / *С.Г. Герман-Галкин.* – СПб.: Корона-принт. – 2001. – 320 с.

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ПОТОЧНОЙ ЛИНИЕЙ ПРОИЗВОДСТВА
ТВЕРДОГО БИОТОПЛИВА**

Федорейко В.С., Рутило Н.И., Искерский И.С.

Аннотация

Предложены имитационные модели разработанных структур системы управления технологическим процессом производства твердого биотоплива для исследования их основных характеристик.

**SIMULATION OF THE CONTROL SYSTEM A FLOW
LINE PRODUCTION OF SOLID BIOFUELS**

V. Fedoreyko, M. Rutylo, I. Iskerskyi

Summary

A simulations models developed by the structures of process control system for the production of solid biofuel for research of their basic characteristics are proposed.

УДК 621.311

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ ВИЭ КРЕСТЬЯНСКИХ (ФЕРМЕРСКИХ) ХОЗЯЙСТВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Юдаев И.В., д.т.н.,

Ракитов С.А., аспирант,*

Филиппченкова Н.С., студентка.*

Волгоградский государственный аграрный университет

Тел. (8442) 41-16-04

Аннотация – в статье представлена экономическая оценка применения технической системы на базе ВИЭ автономного электроснабжения удаленной от централизованных сетей животноводческой фермы в Быковском районе Волгоградской области.

Ключевые слова – системы автономного электроснабжения на базе ВИЭ, технико-экономическая оценка автономного электроснабжения.

Постановка проблемы. Волгоградская область располагает высоким потенциалом для увеличения объемов производства продукции растениеводства и животноводства. В АПК региона функционируют 360 сельхозпредприятий, около 11,6 тыс. крестьянских (фермерских) хозяйств, 247,2 тыс. личных подворий, а также имеется 315,5 тыс. садоводческих участков. При этом в области достаточно высока доля личных подсобных и фермерских хозяйств, находящихся в удалении от централизованных энергосистем. Обеспечение их электрической энергией сталкивается с рядом серьезных проблем, таких как – высокие капитальные затраты на технологическое присоединение к электрическим сетям, существенные вложения на строительные-монтажные и проектные работы при сооружении линий электропередач, эксплуатационные расходы и значительные потери напряжения (в основном коммерческие) при транспортировке электроэнергии. Но в тоже время сельскохозяйственная продукция, производимая на этих удаленных фермах и точках, востребована на рынке, как продукция, выращенная в экологически чистых районах с улучшенными потребительскими свойствами. При этом с появлением постоянного источника электроэнергии в хозяйствах появляются новые перспективы развития: воз-

* Научный руководитель – д.т.н. Юдаев И.В.

© д.т.н. Баев В.И., д.т.н. Юдаев И.В., асп. Ракитов С.А., студ. Филиппченкова Н.С.

можно увеличение поголовья скота, применение современных технологий и оборудования при производстве и переработке мясомолочной продукции, улучшение бытовых условий проживания и т.д.

Анализ последних исследований. Для электроснабжения удаленных территорий, на которых располагаются производственные отделения, фермы и точки сельхозпроизводителей в настоящее время широко применяются дизельные и бензиновые генераторы различной мощности. Однако такое технологическое решение по энергообеспечению этих производственных мощностей не лишено недостатков, к которым следует отнести – необходимость завоза первичного энергоносителя, высокие эксплуатационные издержки, рост цен на дизельное топливо. Использование данных установок ведет к ухудшению экологической обстановки, вследствие шума при работе и выбросов в окружающую среду продуктов сгорания.

Есть у бензогенераторов еще одна слабость – они очень не любят низких и высоких нагрузок. Если нагрузка ниже 50% или выше 75% от номинальной, бензогенератор работает на износ и очень быстро сокращает свой моторесурс. Необходимо постоянно контролировать, сколько и каких электроприборов подключено. Необходимо выбирать, что включать при отключении одного из приборов, а также следить за предельной нагрузкой и не допускать ситуаций, когда бензогенератор работает вхолостую.

В таблице 1, для примера, приведены данные по существующим тарифам на электроэнергию, вырабатываемую дизельной электростанцией (ДЭС) для некоторых регионов России и рассчитанный тариф для Волгоградской области.

Таблица 1 – Тарифы на электроэнергию, вырабатываемую ДЭС (2012 г.)

Республика, область	Тариф на электроэнергию, вырабатываемую ДЭС (без учета НДС), руб./кВт·ч
Республика Алтай	14,61
Амурская область	14,48
Волгоградская область	13,49

Формулирование цели статьи. Современный уровень интенсивного развития сельскохозяйственной отрасли экономики страны и состояние ее сырьевой базы требуют принципиально нового подхода к решению проблемы энергообеспечения производственных мощностей и быта селян, в том числе за счет использования возобновляемых источников энергии. Использование энергии от возобновляемых источников позволит экономить традиционные дефицитные энергоресурсы, а также улучшить экологию окружающего пространства и самого

производства. Поэтому такие системы становятся весьма актуальными для сельских и удаленных районов, не подключенных к централизованному электроснабжению.

Основная часть. Потенциал региона в области возобновляемой энергетики достаточно высок. Так технический потенциал солнечной энергии Волгоградской области оценивается в 0,85 млн. кВт·ч, валовой потенциал ветра составляет 7530,6 млрд. кВт·ч; технический – 18,83 млрд. кВт·ч; экономический – 0,094 млрд. кВт·ч.

Для чабанских хозяйств и удаленных от централизованного электроснабжения ферм Волгоградской области разработано типовое решение по обеспечению их электроэнергией на основе ВИЭ (рис. 1), включающее в себя: источники генерирования энергии (ветрогенератор, комплект солнечных модулей, дизельный генератор); систему накопления энергии и ее преобразования (аккумуляторные батареи, контроллеры заряда и инвертор).

Объектом оценки технико-экономических показателей для принятой схемы электроснабжения выбрана ферма крупного рогатого скота крестьянского хозяйства на 100 голов мясного направления, проектируемая для Быковского района. Район расположен на левом берегу Волги и является одним из ведущих центров региона по выращиванию бахчевой и овощной продукции, а также по откорму выгульных пород скота. Суммарная расчетная мощность фермы, с учетом несовпадения моментов наступления максимумов нагрузки жилого дома и фермы, составляет 12,5 кВт.

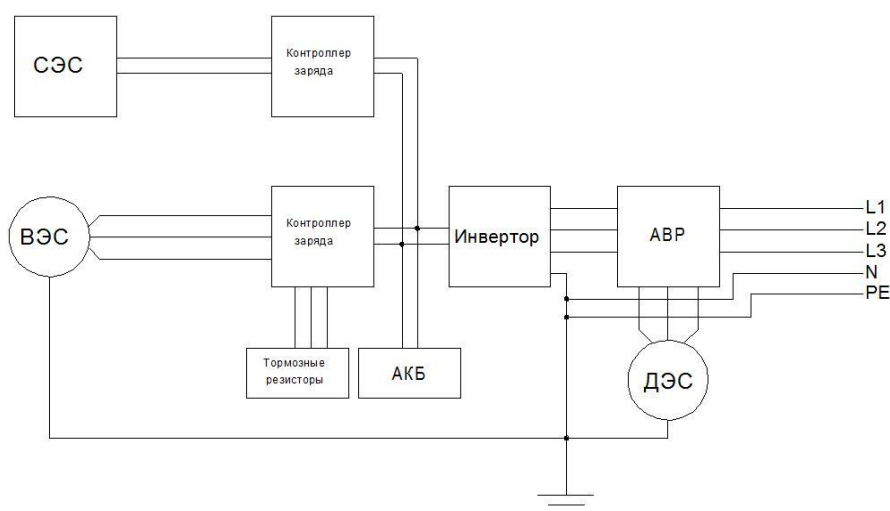


Рис. 1. Структурно-функциональная схема системы автономного электроснабжения.

В качестве источников энергии предлагается применить ветроэнергетическую станцию А-ВЭС-ВТ-10 номинальной мощностью 10 кВт, 32 фотоэлектрических модуля общей установочной мощно-

стью 3,2 кВт. Для гарантированного обеспечения электроснабжения фермы в периоды установившегося безветрия и незначительной солнечной инсоляции предусмотрен резервный источник – дизельная электростанция АД-16 мощностью 16 кВт. Солнечные фотоэлектрические модули агрегатируются с ветроэнергетической установкой и дизельной электростанцией в единый комплекс, что позволяет создать систему электроснабжения повышенной надежности. Годовое потребление электроэнергии жилым домом 3832 кВт·ч, фермой крупного рогатого скота крестьянского хозяйства на 100 голов мясного направления – 18750 кВт·ч. Суммарное годовое потребление электроэнергии 22582 кВт·ч. Выработка электрической энергии ветроэнергетическим агрегатом прогнозируется равной 15283,28 кВт·ч при среднегодовой скорости ветра 5,48 м/с (условия Быковского района Волгоградской области согласно [1]). Прогнозируемый годовой объем выработанной электроэнергии солнечными модулями – 6272 кВт·ч. Данные по валовому и техническому ресурсу ветровой и солнечной энергии Быковского района рассчитаны по методике, предлагаемой в [2] и представлены на гистограммах рис. 2.

Общая стоимость капитальных вложений для системы автономного электроснабжения установленной мощностью 13,2 кВт оценивается в 1951,878 тыс. руб. с учетом стоимости резервной дизельной электростанции АД-16. Стоимость 1 км ВЛ 10 кВ взята по укрупненным показателям для провода марки СИПЗ 1х35 и составляет 1750,00 тыс. руб. (с учетом стоимости опор, провода, арматуры, КТП 10/0,4 кВ, строительно-монтажных работ, стоимости подключения к энергосистеме и отчуждения земель). Экономическая оценка проекта основывается на показателях сравнительной эффективности инвестиций, среди которых основным является чистый дисконтированный доход, дисконтированный срок окупаемости, индекс доходности. Простой срок окупаемости проекта автономной системы электроснабжения составляет 1,93 лет (при условии равномерности притока денежных средств в течение всего периода). Чистый дисконтированный доход за два года эксплуатации составит 16,19 тыс. руб., индекс доходности больше единицы, что свидетельствует о рентабельности проекта, дисконтированный срок окупаемости определяется графически (рис. 3) и составляет 1,86 лет. Ежегодные издержки, связанные с эксплуатационными затратами для ветроэлектрической станции А-ВЭС-ВТ-10 составляют 54,80 тыс. руб. в год, издержки, связанные с эксплуатационными затратами на дизельную электростанцию АД-16 составляют 28,88 тыс. руб. в год. Себестоимость электроэнергии всей автономной системы составляет 3,88 руб./кВт·ч.

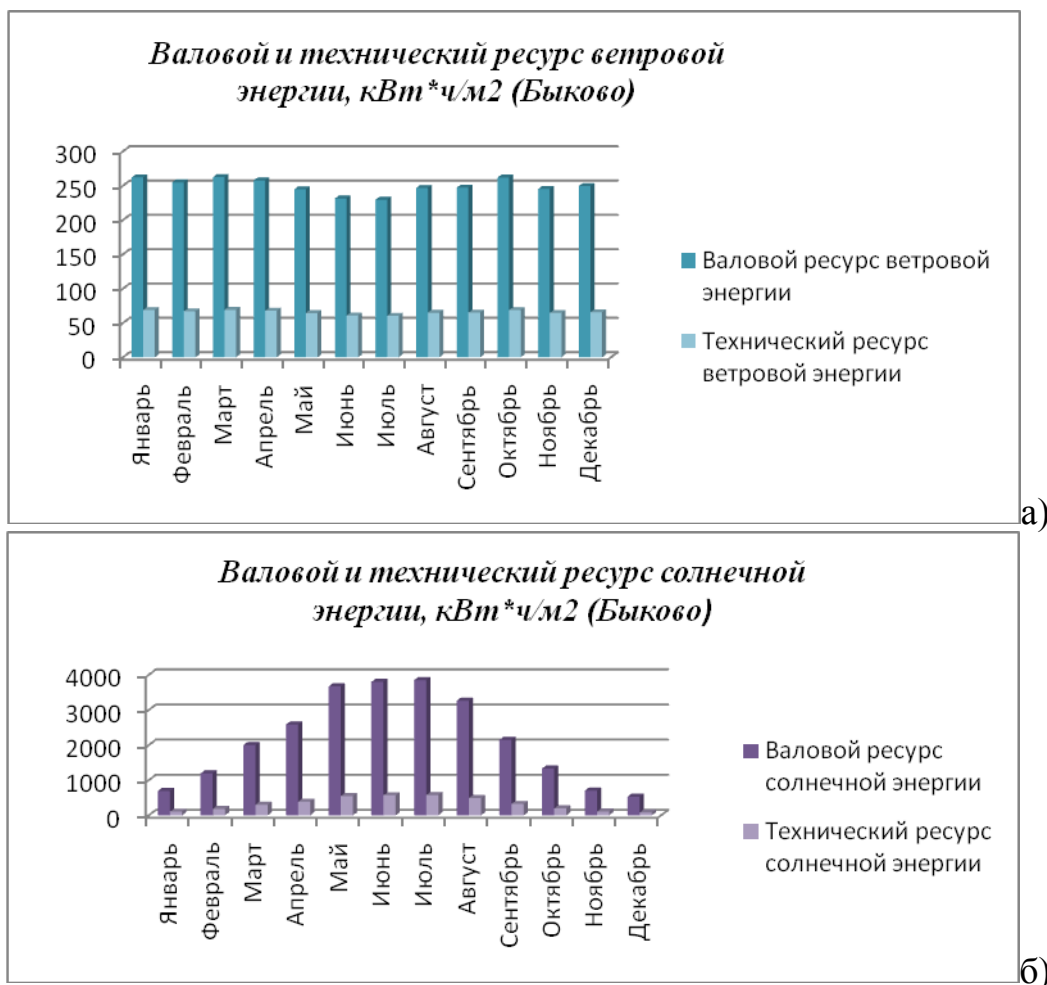


Рис. 2. Гистограммы, характеризующие валовой и технический ресурс ветровой (а) и солнечной энергии (б) для Быковского района Волгоградской области.

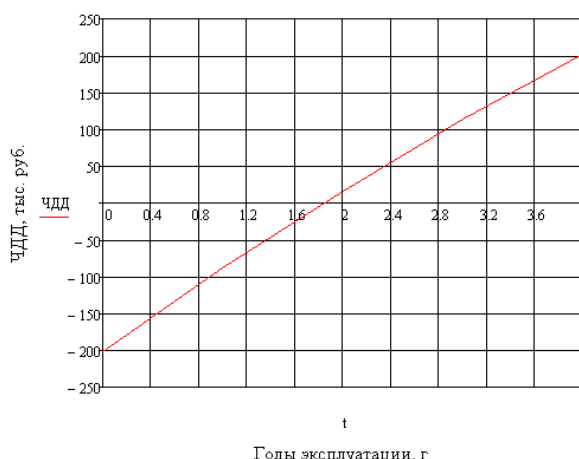


Рис. 3. Определение дисконтированного срока окупаемости проекта автономной системы электроснабжения.

Выводы. Внедрение представленной автономной системы для электроснабжения удаленных животноводческих ферм, чабанских точек, производственных сельскохозяйственных участков и отделений

можно считать экономически обоснованным, поскольку себестоимость электроэнергии, производимой данной системой значительно меньше стоимости электроэнергии, вырабатываемой автономной ДЭС. Причиной низкой эффективности генерации автономных дизельных электростанций является снижение мобильности сельскохозяйственных производителей ввиду потребности их в снабжении топливом. Возобновляемая же энергетика отличается мобильностью и автономностью, позволяя расширять энергетическую базу сельского хозяйства региона без трансформации традиционного уклада сельского населения области и увеличения негативного воздействия на окружающую среду, что соответствует критериям устойчивого развития АПК региона.

Литература

1. Surface meteorology and Solar Energy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse>. – Название с экрана.
2. Безруких П.П. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива. Показатели по территориям [текст] / П.П. Безруких. – М.: «ИАЦ Энергия», 2007. – 207 с.

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАСТОСУВАННЯ АВТОНОМНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА БАЗІ ВІЕ СЕЛЯНСЬКИХ (ФЕРМЕРСЬКИХ) ГОСПОДАРСТВ ВОЛГОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Юдаєв І.В., Ракітов С.А., Філіппченкова Н.С.

Анотація

В статті представлена економічна оцінка застосування технічної системи на базі ВІЕ автономного електропостачання віддаленої від централізованих мереж тваринницької ферми в Биковському районі Волгоградської області.

ECONOMIC EVALUATION OF THE APPLICATION OF THE AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEM ON THE BASIS OF RES PEASANT (FARM) ENTERPRISES OF THE VOLGOGRAD REGION

I. Judaev, S. Rakitov, N. Filippchenkova

Summary

The article presents the economic estimation of application of technical systems on the basis of RES Autonomous power supply remote from centralized networks of livestock farms in Bykovsky district of the Volgograd region.

УДК 658.011-56

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ДОЗИ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ОПРОМІНЕННЯ НАСІННЯ ОГІРКА В УСТАНОВЦІ ТРАНСПОРТЕРНОГО ТИПУ

Червінський Л.С., д.т.н.,

Романенко О.І., інженер.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тел. (044) 527-85-22

Анотація – запропонована методика розрахунку дози ультрафіолетового опромінення насіння огірка від лампи типу ДРТ-400, при використанні її в опромінювальній установці транспортерного типу.

Ключові слова – огірок, ультрафіолетове опромінення, доза.

Постановка проблеми. Підвищення продуктивності томатів та огірків в є актуальною проблемою тепличного виробництва овочів.

Аналіз останніх досліджень. Для тепличних комбінатів необхідно для посіву насіння біля 1...1,5 кг/га, причому, насіння повинно бути витримане перед посівом 6 днів. Для підвищення його схожості та знезараження використовуються різні електрофізичні методи обробки, зокрема, ультрафіолетовим або інфрачервоним випромінюванням.

Формулювання мети статті. З метою підвищення ефективності обробки та зменшення масогабаритних розмірів опромінювальної установки пропонується комбінована обробка насіння під лампою ДРТ 400, яка має у спектрі як ультрафіолетове, так і інфрачервоне випромінювання. Для підвищення продуктивності обробки пропонується установка транспортерного типу.

Основна частина. У установці, що працює за описаним вище принципом, час опромінення складається з двох складових: часу пересування $t_{\text{ПЕР}}$ насіння на транспортері під джерелом випромінювання і часу витримки $t_{\text{ВИТ}}$ насіння під джерелом випромінювання. Формула для визначення часу опромінення набере вигляду $t = t_{\text{ВИТ}} + t_{\text{ПЕР}}$. Отже, доза, яку отримає насіння за один цикл роботи установки також складатиметься з двох частин $H = H_{\text{ВИТ}} + H_{\text{ПЕР}}$, де $H_{\text{ВИТ}}$ – доза, яку насіння отримує за $t_{\text{ВИТ}}$; $H_{\text{ПЕР}}$ – доза за $t_{\text{ПЕР}}$.

Швидкість руху транспортера в розробленій установці постійна і складає $V=0,01$ м/с. Відстань, яку проходить насіння, під час обробки

складає $2L = 0,2\text{ м}$ (рис. 1). Кут α між нормаллю $h=0,35\text{ м}$, що проходить через джерело випромінювання до поверхні транспортера і прямою R , що сполучає крайню точку зони опромінення змінюється від 0° до 16° [1,3].

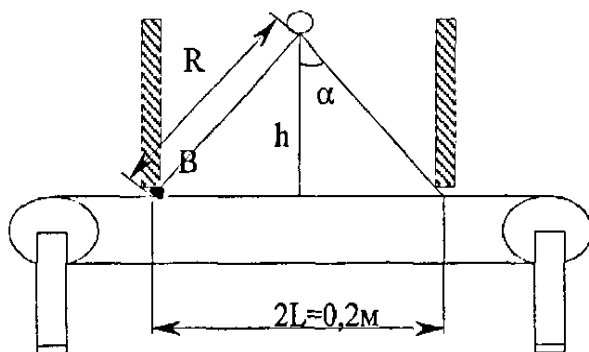


Рис.1. До розрахунку дози УФО насіння на транспортері.

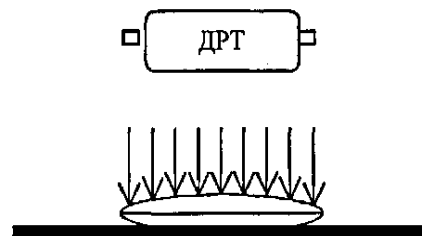


Рис.2. Розташування зерна на поверхні транспортера.

Згідно основного закону світлотехніки, опроміненість від джерела в точці B на площині дорівнює

$$E = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha}{h^2}, \quad (1)$$

де I_α —сила випромінювання на площині під кутом α від нормалі; α — кут між нормаллю до площини і відстанню R ; h —відстань між джерелом випромінювання і площиною опромінення по нормалі (висота підвісу лампи).

При розрахунку у виразі (1) необхідно ввести коефіцієнт форми, який враховує еліпсоїдну поверхню насіння k_ϕ . Опроміненість E на поверхні насіння (рис.2) [4] можна визначити через падаючий потік випромінювання

$$E = \frac{d\Phi}{dS}, \quad (2)$$

де Φ — опромінюючий потік; S — площа опромінюваної поверхні.

Опроміненість окремих ділянок насіння змінюється залежно від його форми і напрямку потоку, що падає. Насіння не має правильної геометричної форми, проте, багато хто з них близький за формою до кулі, еліпса, еліпсоїда. Так, насіння огірка можна прийняти за витягнутий еліпсоїд.

Виконаємо розрахунок. Нехай на деяку поверхню B падає рівномірний променистий потік питомої потужності Φ . На елемент цієї поверхні доводиться потік ΦdS , [4] а його нормальна складова до цього елемента буде визначатись як

$$d\Phi_H = \Phi_\Pi \cdot \cos \alpha \cdot dS, \quad (3)$$

де α — кут між напрямом потоку і нормаллю до елемента.

Величина нормальної складової потоку для сторони поверхні S

$$d\Phi_H = \int \Phi_{II} \cdot \cos \alpha \cdot dS, \quad (4)$$

де Φ_H – потік на опромінюваній частині поверхні насінини.

Визначення величини нормальної складової опромінюючого потоку, що падає на насіння і забезпечує позитивний ефект опромінення, є істотно необхідним. В нашому випадку необхідно визначити величину потоку, що падає на поверхню насінини огірка, що має форму, близьку до витягнутого еліпсоїда обертаня.

Вираз (4) справедливий для поверхні тіла довільної форми. Тому після заміни елемента поверхні dS його проекцією dS_{xy} на горизонтальну площину, можна записати

$$d\Phi_H = \Phi_{II} \cdot dS_{xy}, \quad (5)$$

де x і y – координати елемента площі, що опромінюється.

Інтеграцією цього виразу визначиться величина потоку, що падає перпендикулярно на половину поверхні насіння S оберненої до опромінюючого потоку

$$\Phi_H = \Phi_{II} \iint dS_{xy}, \quad (6)$$

де S_{xy} – проекція опромінюваної поверхні насіння на горизонтальну площину.

Вираз (6) показує, що величина променистого потоку, який падає перпендикулярно на половину поверхні насіння, оберненої до опромінюючого потоку, дорівнює величині питомої потужності променистого потоку, що падає, на проекцію цієї поверхні на горизонтальну площину і не залежить від форми поверхні насіння. Аналізуючи вирази (4) та (6) видно, що середня опроміненість, що створюється променистим потоком на поверхні насіння будь-якої форми, не дорівнює опроміненості, що створюється на проекції цієї поверхні на опромінювану площину. Тобто середня опроміненість, що створюється на поверхні насіння будь-якої форми, буде менше опроміненості, що створюється на горизонтальній проекції опромінюваної поверхні за одних і тих же умов опромінення, в стільки разів, в скільки ця поверхня більше своєї проекції на горизонтальну площину. Позначимо це відношення через коефіцієнт форми k_Φ . Для насіння огірка, що має форму близьку до витягнутого еліпсоїда обертаня площу поверхні визначають з виразу

$$S_{0\Omega} = 2\pi b^2 + 2\pi \frac{ab}{\varepsilon} \cdot \arcsin \varepsilon; \quad (7)$$

$$\varepsilon = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}, \quad (8)$$

де ε – вираження ексцентриситету еліпса; a і b – осі еліпсоїда, згідно з проведеними вимірами середніх величин довжини і ширини насіння огірка вони склали 8,32 мм і 4,0 мм відповідно, отже, величина ексцентриситету еліпсоїда для огірка складе $\varepsilon = 0,866$.

Величина опромінюваної поверхні при проходженні насіння на транспортері під лампою

$$S_{0\varepsilon} = \pi b^2 + \pi \frac{ab}{\varepsilon} \cdot \arcsin \varepsilon. \quad (9)$$

Площа еліпса – проекція насіння огірка на горизонтальну поверхню

$$S_{xy} = \pi ab. \quad (10)$$

Відповідно, коефіцієнт форми для огірка буде дорівнювати

$$k_{\phi} = \frac{S_{0\varepsilon}}{S_{xy}} = \frac{a}{b} + \frac{\arcsin \varepsilon}{\varepsilon}. \quad (11)$$

За результатами узагальнених експериментальних даних $k_{\phi}=0,585$.

Доза (кількість опромінення), яку отримає насіння за час переміщення під джерелом випромінювання на поверхні транспортера визначається за виразом

$$H = \int E \cdot dt, \quad (12)$$

де t – час переміщення на транспортері насіння в зоні опромінення, який визначається через відношення довжини зони опромінення (L) до швидкості переміщення транспортера (V), отже

$$dt = \frac{1}{V} dL. \quad (13)$$

З рис.1 видно, що $\cos \alpha = h/R$, отже відстань R за теоремою Піфагора

$$R = \sqrt{L^2 + h^2}. \quad (14)$$

З урахуванням викладеного та виразу (1), вираз (12) для знаходження дози опромінення набере вигляду

$$H = \frac{2k_{\phi} I_0 h}{V} \cdot \int_{L_1}^{L_2} \frac{dL}{\left(\sqrt{L^2 + h^2}\right)^3}, \quad (15)$$

де I_0 – сила випромінювання перпендикулярно під лампою, Вт/ср; k_{ϕ} – коефіцієнт форми насіння; h – висота підвісу джерела випромінювання, м; V – швидкість переміщення насіння під джерелом випромінювання, м/с; $2L$ – довжина зони опромінення, м.

Просторовий розподіл сили випромінювання рухомих установок з лампами ДРТ-400 описується косинусною залежністю [2]

$$E_{\alpha} = E_0 \cos \alpha. \quad (16)$$

Опроміненість під центром лампи при розташуванні її перпендикулярно переміщенню насіння складає $E_0 = 78$ Вт/м². Розподіл опроміненості під лампою ДРТ-400 представлено на рис.3.

Очевидно, що ця крива підтверджується кривою розподілу отриманою експериментально (рис.4).

Рівняння регресії, що описує розподіл опроміненості E по довжині транспортера має вигляд

$$E = 30,934 + 111,11L - 555,5L^2. \quad (17)$$

З врахуванням виразів (1) та (17) через вираз (15) отримаємо формулу для обчислення фактичної дози, що отримується насінням за час його руху на транспортері в зоні опромінення

$$H_{ПЕР} = \frac{2k_{\phi}}{V} \cdot \int_0^{0,1} (30,934 + 111,11L - 555,5L^2) dL. \quad (18)$$

Враховуючи характеристики лампи ДРТ-400 визначаємо дозу $H_{ПЕР} = 867,45 \text{ Дж/м}^2$.

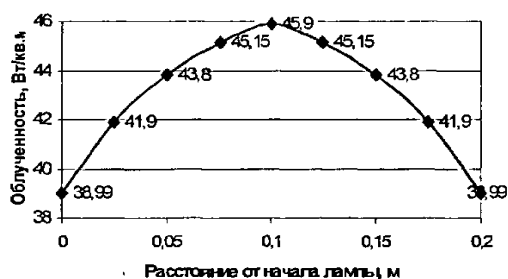


Рис. 3. Розподіл опроміненості E під лампою ДРТ-400 на відстані 350 мм.

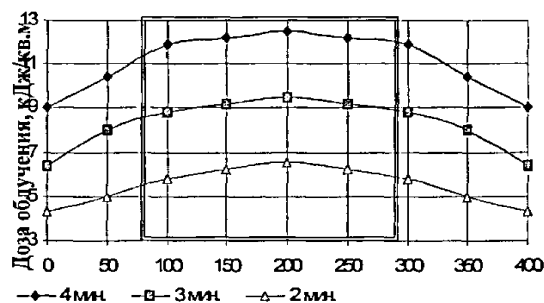


Рис. 4. Розподіл дози на верхній транспортера залежно від тривалості опромінення.

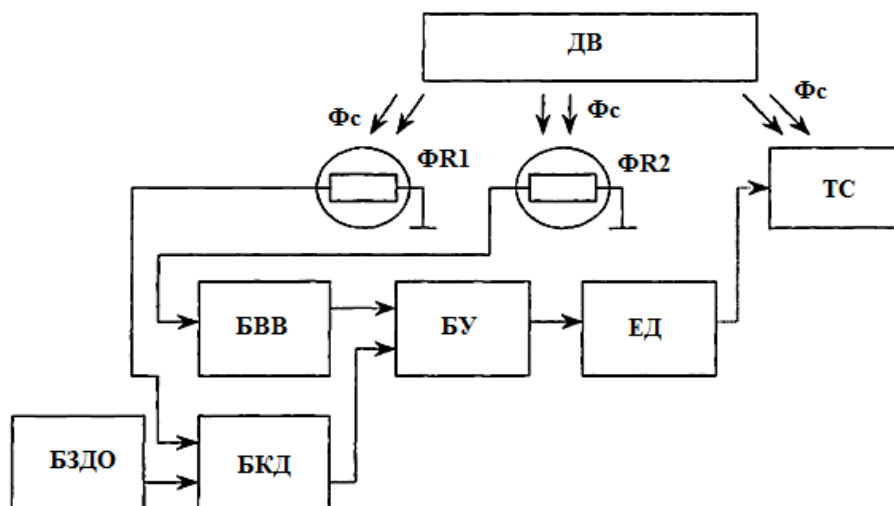


Рис.5. Структурна схема установки транспортерного типу для УФ та інфрачервоного опромінення насіння: ДВ– джерело випромінювання; ФR1, ФR2– фоторезистори; БЗДО– блок задання дози опромінення; БКД– блок корекції дози УФО); БВВ– блок витримки часу опромінення; БУ– блок управління; ЕД– електродвигун; ТС– транспортер з насінням.

Висновки. Запропонована методика розрахунку дози ультрафіолетового опромінення насіння огірка від лампи типу ДРТ-400, при використанні її в опромінювальній установці транспортерного типу, дозволяє визначати фактичну кількість енергії, що отримує насіння під час перебування на транспортері. Величину дози опромінення можна регулювати зміною швидкості транспортера, або висотою підвісу лампи.

Література

1. Дубров А.П. Действие ультрафиолетовой радиации на растения / А.П. Дубров. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 124 с.
2. Жилинский Ю.М. Электрическое освещение и облучение / Ю.М. Жилинский, В.Д. Кумин. – М.: Колос, 1982. – 272 с.
3. Леман В.М. Курс светокультуры растений : учеб. пособие для с.-х. вузов / В.М. Леман. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: «Высш. Школа», 1976. – 271 с.
4. Шевель С.С. Рекомендации по расчету доз ультрафиолетового облучения свиней / С.С. Шевель, Л.С. Червинский // Информационное письмо Минсельхоза СССР. – Киев, 1982.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДОЗЫ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ СЕМЯНОГУРЦА В УСТАНОВКЕ ТРАНСПОРТЕРНОГО ТИПА

Червинский Л.С., Романенко О.И.

Аннотация

Предложена методика расчета дозы ультрафиолетового облучения семян огурца от лампы типа ДРТ-400, при использовании ее в облучательной установке транспортерного типа.

METHOD OF CALCULATING THE DOSE OF UV IRRADIATION OF SEEDS OF CUCUMBER TO INSTALL TRANSPORTER TYPE

L. Chervinsky, O. Romanenko

Summary

Proposed a method for calculating the dose UV irradiation of seeds of cucumber from the lamp type DRT-400, when use in the irradiation facility of the conveyor type.

УДК 621.316

СОВРЕМЕННОЕ АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТРОЙСТВ УЧЕТА И МОНИТОРИНГА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Гриб О.Г., д.т.н.,

*Национальный технический университет «Харьковский
политехнический институт»,*

Жданов Р.В., соискатель*,

РЭС АК «Харьковоблэнерго», Красноград

Гапон Д.А., к.т.н.,

Зуев А.А., к.т.н.

*Национальный технический университет «Харьковский
политехнический институт», г. Харьков*

Тел. (095) 593-95-77

Аннотация: в данной статье рассмотрены вопросы построения измерительной аппаратуры параметров электроэнергии на современных аналого-цифровых преобразователях с внутренней гальванической развязкой. Сделаны выводы о преимуществах и недостатках такой реализации.

Ключевые слова: энергосистема, качество электроэнергии, измерительная аппаратура.

Постановка проблемы. Решение множества проблем, касающихся обеспечения качественного и бесперебойного питания потребителей электрической энергии, требует выполнения быстрого и точного измерения параметров электрических сигналов питающей сети. Эффективное решение данного вопроса позволит повысить точность и устойчивость измерительных органов приборов контроля и учета качества электрической энергии и энергопотребления, что, в свою очередь, позволит получать более достоверную оценку экономического ущерба от низкого качества электрической энергии. Развитие элементной базы позволяет создавать все более совершенные устройства для выполнения наблюдений.

Анализ последних исследований. Спектр выпускаемых на сегодняшний день приборов для выполнения оценки качества электрической энергии достаточно широк. Однако, большинство из них имеют

* Научный руководитель – д.т.н. Гриб О.Г.

© д.т.н. Гриб О.Г., соискатель Жданов Р.В., к.т.н. Гапон Д.А., к.т.н. Зуев А.А.

достаточно ограниченный диапазон входных параметров, в рамках которого обеспечивается заявленная точность измерений.

Формулирование цели статьи. Целью статьи является описание структурной схемы устройства с расширенным динамическим диапазоном, использующего новейшие разработки в области измерений электрических величин. Такой подход позволяет получить достаточно гибкую архитектуру, который может быть успешно применен практически во всех приложениях требующих измерения параметров электрической сети.

Основная часть. Одним из основных источников погрешности при измерении параметров электрической энергии является нелинейность промежуточных измерительных трансформаторов тока и напряжения. Для устранения этого недостатка возможно применение современных АЦП с внутренней гальванической развязкой, таких как ADE7912 производства Analog Devices (рис.1).

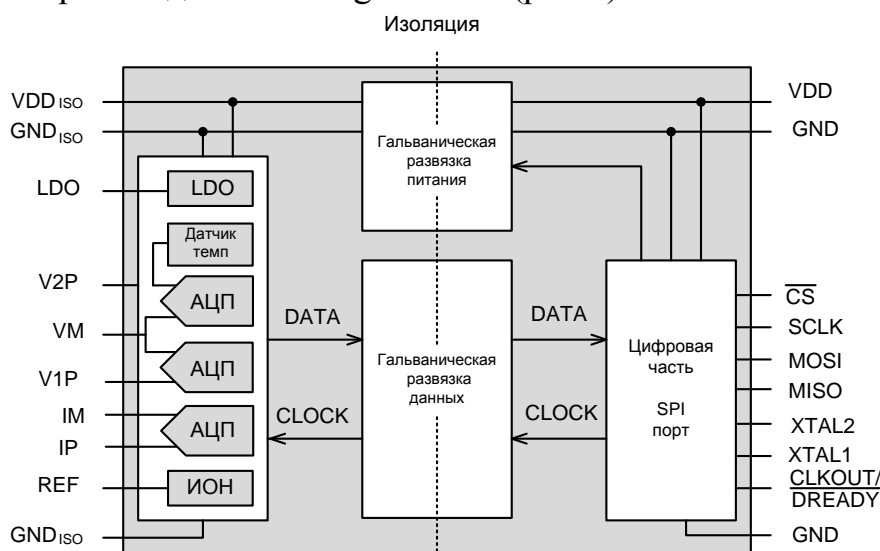


Рис.1. Функциональная схема ADE7912.

Ключевыми особенностями ADE7912 являются:

- три 24-разрядных АЦП одновременной выборки;
- встроенный источник опорного напряжения (ИОН);
- встроенный датчик температуры, подключенный к одному из каналов АЦП;
- встроенный DC-DC преобразователь с гальванической развязкой для питания измерительных цепей;
- 4-проводный SPI интерфейс;
- возможность тактирования от кварцевого резонатора или внешнего задающего генератора;
- возможность синхронизации нескольких ADE7912;
- диапазон входных напряжений для токового канала $\pm 31,25$ мВ;
- диапазон для канала напряжения ± 500 мВ;
- типовой относительный температурный дрейф 10^{-5} /°C;

- соотношение сигнал/шум 70 dB в диапазоне частот до 3 кГц;
- питание от одного источника 3,3В;
- рабочая температура -40...+85 °С;
- удовлетворяет нормам защиты UL1577(5 кВ в течение 1 мин), IEC 61010-1 (400 В среднеквадратическое).

Наиболее важной деталью, выгодно отличающей данную ИС от аналогичных решений других производителей, является наличие встроенного преобразователя питания с гальванической развязкой, что значительно упрощает реализацию устройства.

Структурная схема дискретизатора показана на рис.2. Преобразование сигнала тока в сигнал напряжения осуществляется с помощью шунта, сопротивление которого выбирается в диапазоне 0,001 ... 0,010 Ом. Применение таких значений сопротивления обусловлено диапазоном входных напряжений $\pm 31,25$ мВ для токовых входов IM- IP.

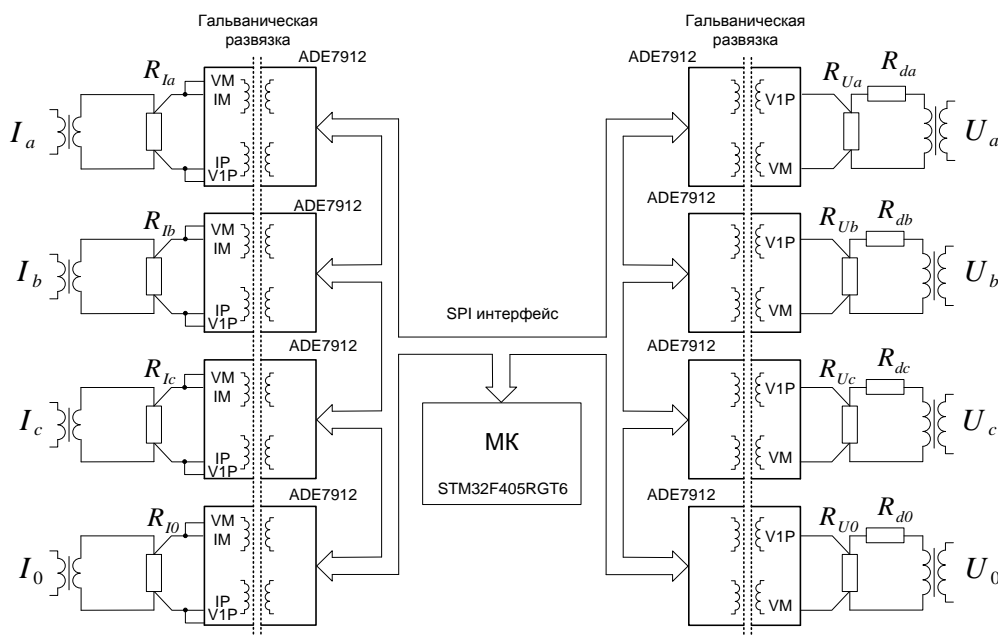


Рис. 2. Структурная схема дискретизатора аналоговых сигналов.

Для расширения рабочего диапазона измерительных цепей это же напряжение подается на входы VM-V1P, с входным диапазоном ± 500 мВ, что позволяет устройству корректно измерять значения входных величин при возникновении аварийных сверхтоков. При этом допустимый диапазон напряжений для измерительных входов данного АЦП составляет ± 2 В, что позволяет исключить выход микросхемы из строя при возникновении при выходе напряжения за рабочий диапазон.

Синхронизация АЦП обеспечивается при помощи общей схемы тактирования и периодической ресинхронизации. Задающим генератором для ведущего АЦП является кварцевый резонатор с частотой 4,096 МГц. Выходной сигнал этой ИС является задающим

для всех остальных АЦП. Для этого выход CLKOUT ведущего АЦП подключается к их входам XTAL1. Такая схема позволяет добиться синхронной работы АЦП, но не исключает возможностей сбоя синхронизации.

Для устранения возможных сбоев применяется процедура ресинхронизации при помощи интерфейса SPI (рис. 3). После окончания первоначальной загрузки и перед началом измерения необходимо отправить команду форсированного запуска установкой регистра SYNC_SNAP в значение 0x01. Для этого используется широковещательный режим SPI, при котором указанная команда отправляется всем АЦП одновременно. С течением времени, выполняется периодический (согласно рекомендациям производителя - несколько секунд) контроль синхронизма, путем сравнения значения внутренних счетчиков ведомых $CNT_{\text{ведомого}}$ и ведущего $CNT_{\text{ведущего}}$ АЦП. При обнаружении расхождения более чем на единицу младшего разряда выполняется ресинхронизация.

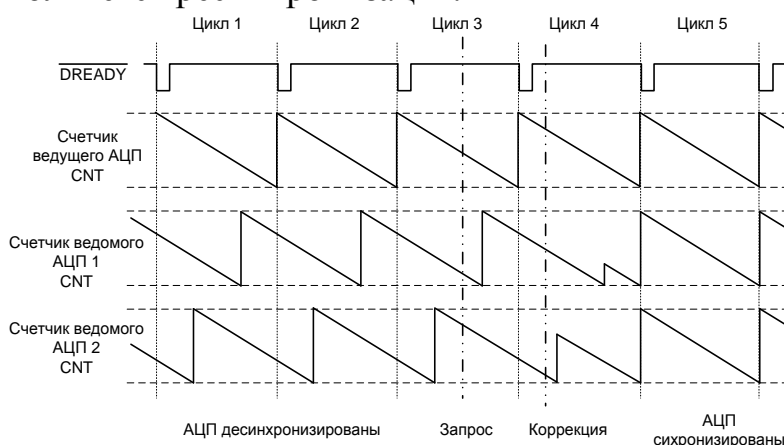


Рис. 3. Временная диаграмма процедуры ресинхронизации.

Эту процедуру можно разделить на четыре этапа. На первом шаге всем АЦП одновременно отправляется команда $SYNC_SNAP = 0x02$. При этом текущее состояние счетчиков CNT копируется во внутренние регистры АЦП CNT_SNAPSHOT. На втором шаге происходит чтение запомненных состояний регистров CNT_SNAPSHOT через интерфейс SPI. Так как данное значение не меняется, то последовательность и длительность операций чтения не имеет значения. Производителем рекомендуется использовать форсированный режим (burst mode), в котором чтение всех результатов преобразования АЦП, а также регистра CNT_SNAPSHOT происходит в течение одной операции обмена. В случае если значения в счетчиках ведомого и ведущего АЦП отличаются более чем на 1, рассчитывается новое значения счетчика ведомого АЦП $CNT_{\text{ведомого}}^*$.
Если $CNT_{\text{ведомого}} > CNT_{\text{ведущего}}$ то:

$$CNT_{ведомого}^* = CNT_{ведущего} + CNT_0 - CNT_{ведомого} ,$$

иначе

$$CNT_{ведомого}^* = CNT_{ведущего} - CNT_{ведомого} ,$$

где CNT_0 – начальное значение счетчика, при частоте дискретизации 8 КГц и частоте кварцевого резонатора 4,096 МГц равное 511.

На третьем этапе рассчитанное значение записывается через SPI в два последовательных 8-разрядных регистра АЦП COUNTER0 и COUNTER1. Это значение будет автоматически помещено в счетчик CNT на следующем цикле преобразования. На четвертом этапе снова выполняется запоминание и чтение значений счетчиков всех АЦП для проверки правильности синхронизации. Отклонение на ± 1 считается нормальным, и может возникать вследствие разного тактирования счетчика и интерфейса SPI. Это отклонение соответствует несинхронности на ± 244 нсек и не может оказать существенного влияния на результаты измерения. Выбор АЦП с которым осуществляется обмен происходит путем подачи низкого уровня сигнала CS на выбранную микросхему. При этом на входах CS всех остальных АЦП удерживается высокий уровень, что обеспечивает отсутствие ложной активации передачи информации от них.

В качестве управляющего устройства может быть использован микроконтроллер STM32F4xx. Данное семейство 32 разрядных микроконтроллеров характеризуется высокой производительностью и надежностью при низкой стоимости. Они базируются на мощном ARM© Cortex™ M4 ядре с функциями цифровой обработки сигналов. Тактовая частота достигает 180 МГц, а производительность 225 DMIPS. Объем встроенной Flash памяти достигает 2 Мб, а объем встроенной ОЗУ - 256 Кб. Кроме того, микроконтроллеры оснащаются широким спектром периферийных и вспомогательных модулей, таких как таймеры счетчики, ШИМ контроллеры, модули шифрования и т.д.. Наличие интерфейсов USB и Ethernet облегчает интеграцию устройства в вычислительную систему. Для подключения внешнего Flash накопителя предусмотрен интерфейс SDIO, полностью совместимый со спецификацией SD Memory Card Specification Version 2.0. Микроконтроллер имеет несколько SPI портов для обмена с другими элементами устройства. Существуют версии со встроенным интерфейсом для подключения TFT LCD панелей, а также интерфейсом для подключения внешнего ОЗУ. Применение данных микроконтроллеров позволяют свести к минимуму объем вспомогательных элементов, упростить схемотехнику и обеспечить полный объем функций, необходимых современному устройству учета.

Выводы. Описанное устройства может с успехом применяться в самых разных задачах применительно к энергетике. Основными его достоинствами является высокая точность и широкий динамический диапазон. Этому способствуют отсутствие нелинейных элементов и большое число разрядов аналогово-цифровых преобразователей. К достоинствам следует также отнести низкую потребляемую мощность как от измерительных цепей так и от цепей оперативного тока.

Литература

1. Контроль и учет электроэнергии в современных системах электроснабжения / [В.И. Васильченко, О.Г. Гриб, Г.А. Сендерович и др.]. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. – 204с.
2. Контроль потребления электроэнергии с учетом ее качества / [О.Г. Гриб, В.И. Васильченко, Г.А. Сендерович, П.Г. Щербакова и др.]; под ред. О.Г. Гриба. – Харьков: ХНУРЭ, 2010. – 444с.
3. *Yubo Duan* Research and design of power quality monitoring equipment // International Conference on Measurement, Information and Control (MIC) / *Yubo Duan*. – 2012. – Vol. 2. – P.740-744.
4. *Pimenta, F.* Requirements for a modern PQ and DFR monitoring system – PQ monitoring case study in Portugal // IEEE 15th International Conference on Harmonics and Quality of Power (ICHQP) / *F. Pimenta, R. Neumann*. – 2012. – P.809-815.

СУЧАСНЕ АПАРАТНЕ ЗАБЕСПЕЧЕННЯ ПРИСТРОЇВ ОБЛІКУ ТА МОНІТОРІНГУ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Гриб О.Г., Жданов Р.В., Гапон Д.А., Зуєв А.О.

Анотація

У статті розглянуті питання побудови вимірювальної апаратури параметрів електроенергії на сучасних аналого-цифрових перетворювачах з внутрішньої гальванічною розв'язкою. Зроблено висновки про переваги та недоліки такої реалізації.

PROVIDING MODERN HARDWARE IN POWER QUALITY MONITORING DEVICES

O.Grib, R.Zhdanov, D.Gapon, A.Zuev

Summary

The issue of constructing an electrical test equipment on modern analog-to-digital converter with an internal isolation presented in this article. The conclusions about the advantages and disadvantages of this implementation are given.

УДК 621.318

ЭВОЛЮЦИОННО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КЛАССА МАГНИТНЫХ СЕПАРАТОРОВ

Шведчикова И.А., д.т.н.

*Восточноукраинский национальный университет имени Владимира
Даля (г. Луганск)*

Тел. (0642)41-71-20

Аннотация – обобщены результаты теоретических и эволюционно-экспериментальных исследований функционального класса магнитных сепараторов на системном уровне. Выполнена идентификация видовой принадлежности известных структурных представителей класса магнитных сепараторов по результатам исторического и патентного поиска в рамках геномно-исторического эксперимента. Показана практическая возможность экспериментального управления эволюционным процессом.

Ключевые слова – функциональный класс магнитных сепараторов, эволюционный эксперимент, геном, вид, гомологический ряд, структурное предвидение, системный уровень.

Постановка проблемы. Одним из действенных инструментов проверки теоретических положений в любой отрасли науки является эксперимент. Для проверки достоверности основных положений теории эволюции электромеханических систем (ЭМ-систем) в области генетической и структурной электромеханики находит применение концепция эволюционного эксперимента [1, 2].

Экспериментальное подтверждение наличия детерминированного соответствия между реальными электромеханическими объектами и генетически определенным ограниченным по численности элементным базисом периодической структуры генетической классификации представляет собой одну из актуальных научных проблем. Ее решение определяет стратегию перехода от наблюдаемой эволюции ЭМ-систем к управляемому использованию их инновационного потенциала при существенной экономии временных и материальных ресурсов.

Анализ последних исследований. Традиционно для описания совокупности теоретических и эмпирических конструкций используется

понятие методологического базиса, который обычно включает [3]: исходную эмпирическую информацию (факты, эмпирические концепции, гипотезы); теоретическую основу (теории, основные категории понятийного аппарата, допущения и идеализации, концепции, постулаты, аксиомы) и логическую основу (правила логических выводов, общие и частные модели, соотношения). Методологический базис эволюционных экспериментов в электромеханике тесно связан с фундаментальными положениями теории генетической эволюции электромеханических преобразователей энергии, основу которой составляет теория генетического видообразования ЭМ-систем [4].

В [1, 2] выделены два подхода к проведению эволюционных экспериментов: геномно-исторический и геномно-прогностический. Первый подход заключается в экспериментальном подтверждении генетической природы исторически сложившегося разнообразия электромеханических объектов. Задачей геномно-прогностических исследований является экспериментальное подтверждение результатов генетического и структурного предвидения [5]. Оба вида экспериментов могут осуществляться как на объектном, так и на популяционном, видовом и системном уровнях (функциональных классов и гомологических рядов). Например, в [2] функцию объекта исследования выполнял новый функциональный класс электромеханических дезинтеграторов многофакторного действия – технологических устройств, предназначенных для осуществления и интенсификации широкого спектра нанотехнологий.

Особый функциональный класс электромагнитных устройств технологического назначения образуют магнитные сепараторы. Характерным для них является возбуждение магнитного поля в некоторой рабочей зоне (зоне сепарации), механические процессы разделения магнитной и немагнитной составляющих исходного продукта с последующим полезным использованием одной или обеих из них. С помощью магнитных сепараторов решаются важные задачи ресурсосбережения, переработки отходов, повышения качества продукции в различных отраслях промышленности, включая сельское хозяйство.

Для магнитных сепараторов разработаны модели и методы их системного проектирования, основанные на генетических принципах структурообразования, проведены разрозненные эволюционные эксперименты [6-9]. В то же время целенаправленные эволюционно-экспериментальные исследования для данного класса устройств до сих пор не проводились.

Таким образом, несмотря на наличие определенного задела в области эволюционных экспериментов (на основе разработанного в рамках теории эволюции ЭМ-систем методологического базиса), считать эту проблематику окончательно решенной нельзя.

Формулирование цели статьи. Целью данной статьи является обобщение результатов и определение направлений дальнейших эволюционно-экспериментальных исследований функционального класса магнитных сепараторов.

Основная часть. Как уже отмечалось выше, эволюционные эксперименты могут проводиться как на микро- (объектный, популяционный и видовой), так и на макроуровне (гомологические ряды и функциональные классы). Для магнитных сепараторов выборочные экспериментальные исследования проведены на уровнях функционального класса (геномно-исторический эксперимент) и гомологических рядов (геномно-прогностический эксперимент).

Геномно-исторический эксперимент обусловлен первичностью процесса эволюции электромеханических объектов по отношению к их генетическим программам. Такой эксперимент осуществляется путем идентификации генетической информации известных структурных представителей реальных и информационных Видов ЭМ-систем [2].

Практическая реализация геномно-исторического эксперимента (некоторые результаты эксперимента для функционального класса магнитных сепараторов отражены в работах [7, 8]) на макроуровне напрямую связана с проведением макрогенетического анализа, который позволил получить информацию об уровне и темпах эволюции существующего видового разнообразия магнитных сепараторов, а также информацию о структуре неизвестных на данный момент эволюции класса Видов (неявных Видов). Время эволюции $T_{\text{э}}$ класса магнитных сепараторов составило $T_{\text{э}}=180$ лет. Анализ существующего структурного разнообразия магнитных сепараторов показал, что все известные технические решения на данном этапе эволюции представлены структурными представителями 11-ти реально-информационных Видов $N_{\text{РИ}}$:

$$N_{\text{РИ}} = (S_{\text{ПЛ2.2xy}}, S_{\text{ПЛО.2y}}, S_{\text{ПЛ2.2x1}}, S_{\text{ЦЛО.2y}}, S_{\text{ЦЛ2.2y}}, S_{\text{ТП0.0y}}, S_{\text{ТП0.2y}}, S_{\text{ТП2.0x}}, S_{\text{КН2.2y}}, S_{\text{КН2.0x}}), (1)$$

где $S_{\text{ПЛ2.2xy}}, \dots, S_{\text{КН2.0x}}$ – порождающие структуры реально-информационных Видов магнитных сепараторов, которые определялись по результатам исторических и патентно-информационных исследований за период с 1795 по 2010 г.г.

Количество неявных $N_{\text{неявн.}}$ потенциально конкурентоспособных Видов, еще не задействованных в эволюционном процессе (структурное предвидение), составило $N_{\text{неявн.}}=52$.

Следует отметить, что в процессе идентификации видовой принадлежности известных структурных представителей класса магнитных сепараторов по результатам исторического и патентного поиска был проведен, по сути, многократный геномно-исторический эволю-

ционный эксперимент, результаты которого на объектно-видовом уровне представлены в табл. 1 [6].

Таблица 1 – Результаты геномно-исторического эксперимента на объектно-видовом уровне

№ п/п	Год	Название устройства	Генетический код
1.	1831	Магнитный сепаратор с катушечными электромагнитами Генри	<i>ПЛ2.2x</i>
2.	1854	Сепаратор Шено с вращающимися природными магнитами	<i>ЦЛ0.2y</i>
3.	1880	Электромагнитный отклоняющий сепаратор Эдисона	<i>ПЛ0.2y</i>
4.	1890	Барабанный сепаратор Болл-Нортон	<i>ЦЛ2.2y</i>
5.	1895	Ленточный сепаратор Болл-Нортон	<i>ПЛ2.2y</i>
6.	Ок.1900	Промышленные подъемные электромагниты	<i>ТП2.0x</i>
7.	1920	Электромагнитный сепаратор типа Репид	<i>ТП0.2y</i>
8.	1967	Электромагнитный железоотделитель	<i>ПЛ2.2x₁</i>
9.	1970	Магнитный диск	<i>ТП0.0y</i>
10.	1977	Сепаратор для очистки волокнистых материалов	<i>КН2.2y</i>
11.	1982	Магнитный сепаратор	<i>КН2.0x</i>

Исторически первыми появились структурные представители реально-информационного Вида магнитных сепараторов с генетическим кодом *ПЛ2.2x*. В 1828 г. английский физик Дж. Генри продемонстрировал свои первые катушечные электромагниты (базовый Вид *ПЛ2.2x*), которые впоследствии нашли применение для целей магнитной сепарации. Начало эволюции базового Вида *ЦЛ0.2y* связано с именем Шено, который в 1854г. получил патент на сепаратор с вращающимися природными магнитами и полюсами чередующейся полярности по ходу движения материала.

Изобретение Т.Эдисоном в 1880 г. отклоняющего магнитного сепаратора положило начало эволюции следующего базового Вида – *ПЛ0.2y*. В 90-е г.г. XIX века Боллом и Нортон в США предложены барабанный и ленточный магнитные сепараторы, которые следует

считать структурными представителями базовых Видов $ЦЛ2.2у$ и $ПЛ2.2у$. Примерно в это же время появились первые образцы подъемных электромагнитов, которые идентифицируются как структурные представители базового Вида $ТП2.0х$. Дисковые магнитные сепараторы типа Рапид (1920 г.) положили начало седьмому базовому Виду магнитных сепараторов вращательного движения ($ТП0.2у$).

Образование новых Видов магнитных сепараторов наиболее интенсивно продолжалось во 2-ой половине XX века. В 1967 г. предложен магнитный сепаратор подвешенного типа с клиновидной формой полюсных наконечников, положивший начало единственному реально-информационному виду-близнецу $ПЛ2.2х_1$. Японские фирмы фирма «Миура кагаку соти» и компания ASEA в 1970 г. разработали дисковые магнитные сепараторы (магнадиски) с двухсторонней поверхностью притяжения (базовый Вид $ТП0.0у$). В 1977 и 1982г.г. предложены магнитные сепараторы с конической формой активной поверхности, относящиеся соответственно к базовым Видам $КН2.2у$ и $КН2.0х$.

Примеры некоторых генетически идентифицированных структурных представителей реально-информационных Видов показаны на рис. 1.

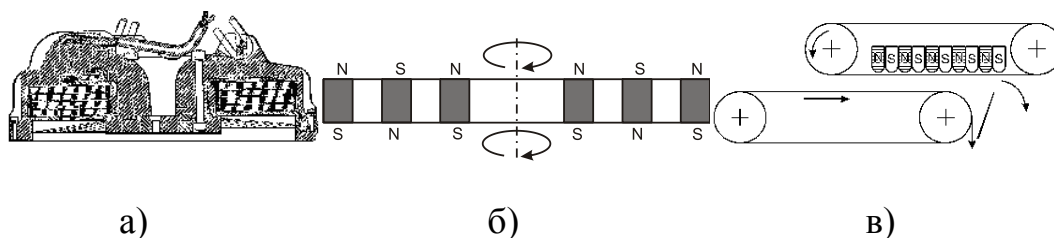


Рис. 1. Структурные представители реально-информационных Видов функционального класса магнитных сепараторов: а) $ТП2.0х$; б) $ТП0.0у$; в) $ПЛ2.2у$.

Сущность геномно-прогностического эксперимента заключается в экспериментальном подтверждении факта целенаправленного изменения эволюционного статуса неявных Видов, полученных по результатам структурного предвидения, в Виды реально-информационные. Методика проведения геномно-прогностического эксперимента приведена в [2].

Для класса магнитных сепараторов выборочный геномно-прогностический эксперимент был выполнен на макроуровне, а в качестве объекта предвидения выбрана структура гомологического ряда $H_{2.2у}$, представленная базовыми источниками подгруппы 2.2у в генетической классификации первичных источников поля [8, 10]:

$$H_{2.2y}=(ЦЛ2.2, ПЛ2.2y, КН2.2y, ТП2.2y, ТЦ2.2y, СФ2.2y). \quad (2)$$

Методика проведения геномно-прогностического эксперимента на уровне гомологического ряда предусматривает осуществление направленного структурного синтеза объектов гомологического ряда; разработку конкурентоспособных технических решений по результатам синтеза с предварительной проверкой их на патентную чистоту; осуществление патентной защиты оригинальных технических решений. Отличительной особенностью направленности эволюционного процесса является полнота гомологического ряда $H_{2.2y}$, определяемая целевой функцией синтеза.

В результате практической реализации геномно-прогностического эксперимента и направленного синтеза структур гомологического ряда были разработаны за сравнительно короткий промежуток времени (три года) оригинальные технические решения устройств для магнитной сепарации, защищенные охранными документами [11-13]. В то же время в условиях реальной эволюции объекты гомологических Видов появляются в различное время и на протяжении длительного временного интервала. Наличие указанной закономерности свидетельствует о возможности экспериментального управления эволюционным процессом.

Таким образом, предварительный обобщающий анализ результатов эволюционно-экспериментальных исследований функционального класса магнитных сепараторов показал, что если на системном уровне накоплен определенный фактический материал и проведены отдельные эволюционные эксперименты, то на микроуровне (популяционном, видовом) такая статистика еще нарабатывается.

Выводы. Обобщены результаты геномно-эволюционных экспериментов магнитных сепараторов на системном уровне (функционального класса и гомологического ряда), которые подтвердили достоверность моделей и методов системного проектирования магнитных сепараторов, основанных на генетических принципах структурообразования.

Дальнейшие исследования связаны с формированием эксплейнарного (поясняющего) базиса эволюционного эксперимента в направлении уточнения содержательной части эволюционно-экспериментальных исследований; совершенствования понятийного аппарата; построения классификаций; разработки методических рекомендаций к проведению экспериментов на макро- и микроуровнях; создания моделей, учитывающих влияние факторов изменяющейся внешней среды.

Литература

1. *Шинкаренко В.Ф.* Эволюционные эксперименты в структурной электромеханике / *В.Ф. Шинкаренко, В.В. Котлярова* // Проблемы підвищення ефективності електромеханічних перетворювачів в електроенергетичних системах: міжнар. наук.-техн. конф., 17-20 вересня 2012 р.: тези доп. – Севастополь, 2012. – С.7-12.

2. *Шинкаренко В.Ф.* Теория и практика управляемой эволюции на уровне произвольных Видов электромеханических преобразователей энергии / *В.Ф. Шинкаренко, В.В. Котлярова* // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. – 2012. – Вип. 2.– Т.1. – С.3-14.

3. *Философия и методология науки. Часть 1.* / [*С.В. Девятова, А.В. Кезин, Н.И. Кузнецова* и др.]. – М.: SvR-Аргус, 1994. – 304с.

4. *Шинкаренко В.Ф.* Основы теории эволюции электромеханических систем / *В.Ф. Шинкаренко.* – К.: Наукова думка, 2002. – 288с.

5. *Шинкаренко В.Ф.* Уровни представления знаний и классы решаемых задач в технологии генетического предвидения / *В.Ф. Шинкаренко* // *Електротехніка і електромеханіка.* – 2009. – № 6. – С.31-36.

6. *Загирняк М.В.* Магнитные сепараторы. Проблемы проектирования: монография / *М.В. Загирняк, Ю.А. Бранспиз, И.А. Шведчикова.* – К.: Техніка, 2011. – 224 с.

7. *Шинкаренко В.Ф.* Макрогенетический анализ и ранговая структура систематики магнитных сепараторов / *В.Ф. Шинкаренко, М.В. Загирняк, И.А. Шведчикова* // *Електротехніка і електромеханіка.* – 2009. – №5. – С.33-39.

8. *Shinkarenko V.F.* Structural-Systematic Approach in Magnetic Separators Design / *V.F. Shinkarenko, M.V. Zagirnyak, I.A. Shvedchikova* // *Studies in Computational Intelligence / Computational Methods for the Innovative Design of Electrical Devices.* – 2011. – Vol.327. – P.201-217.

9. *Шведчикова И.А.* Современный подход к решению проблемы системного проектирования электромеханических устройств / *И.А. Шведчикова* // Проблемы підвищення ефективності електромеханічних перетворювачів в електроенергетичних системах : міжнар. наук.-техн. конф., 17 – 20 вересня 2012 р.: тези доп. – Севастополь, 2012. – С.12-14.

10. *Шинкаренко В.Ф.* Использование межвидовых гомологий при синтезе новых структурных разновидностей магнитных сепараторов / *В.Ф. Шинкаренко, М.В. Загирняк, И.А. Шведчикова* // *Электротехника.* – 2010. – №9. – С.47-51.

11. Пат. 40433 Україна, МПК В 03 С 1/00. Пристрій для магнітного розділення сипучих матеріалів / *Шведчикова І.О., Сухаревська Н.О., Мартиненко Н.В.*; заявник та власник Східноукраїнський націо-

нальний університет імені Володимира Даля. – №u 2008 12508; заявл. 24.10.08; опубл. 10.04.09, Бюл. № 7.

12. Пат. 48370 Україна, МПК (2009) В 03С 1/04. Пристрій для магнітного розділення сипучих матеріалів / Шведчикова І.О., Голубєва С.М., Сухаревська Н.О.; заявник і власник Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. – № u200908746; заявл. 29.10.09; опубл.10.03.10, Бюл.№5.

13. Пат. 69845 Україна, МПК (2012) В 03 С 1/04. Пристрій для магнітного розділення сипучих матеріалів / Шведчикова І.О., Ткач С.А.; заявник і власник Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. – № u201114149; заявл. 30.11.2011; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 9.

ЕВОЛЮЦІЙНО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО КЛАСУ МАГНІТНИХ СЕПАРАТОРІВ

Шведчикова І.О.

Анотація

Узагальнено результати теоретичних і еволюційно-експериментальних досліджень функціонального класу магнітних сепараторів на системному рівні. Здійснена ідентифікація видової приналежності відомих структурних представників класу магнітних сепараторів за результатами історичного та патентного пошуків в межах геномно-історичного експерименту. Показана практична можливість експериментального управління еволюційним процесом.

EVOLUTIONARY AND EXPERIMENTAL RESEARCHES OF FUNCTIONAL CLASS OF MAGNETIC SEPARATORS

I. Shvedchikova

Summary

The results of theoretical and evolutionary experimental researches of functional class of magnetic separators are generalized on the system level. The identification of known structural representatives of the magnetic separation class on the belonging to species is satisfied by the results of historical and patent search in the frame of genomic-historical experiment. The practical possibility of experimental management by evolutionary process is shown.

УДК 621.311:631.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ КОМПЛЕКСІ ПО ОЗОНУВАННЮ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Решетюк В.М. к.т.н.,
Шворов С.А. д.т.н.,
Чапний М.В. к.т.н.,
Чапний В.М. інженер.

Національний університет біоресурсів і природокористування України
Співак В.М. к.т.н.
*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут»*

Анотація – зроблено аналіз взаємодії озону та плодово-овочевої продукції з точки зору її знезараження. Отримано математичну модель зміни концентрації озону в сховищі під час озонування.

Ключові слова – озонування, зволоження, вентиляція, картопля.

Постановка проблеми. Проблема підвищення збереженості плодово-овочевої продукції під час довготривалого зберігання потребує використання озону для обробки продукції. Вирішення проблеми пропонується досягти застосуванням обладнання, що використовується при зберіганні плодово-овочевої продукції та додаткового введення застосування озону в насипі плодово-овочевої продукції.

Аналіз останніх досліджень. За даними мікробіологічних досліджень [1], озон здатний вбивати всі відомі види грам позитивних і грам негативних бактерій, спори і вегетативні форми всіх відомих патогенних грибів.

Формулювання мети статті. Метою дослідження є зменшення непродуктивних витрат озону шляхом виявлення факторів, які треба оптимізувати при озонуванні плодово-овочевої продукції під час її зберігання.

Основна частина. Електротехнічний комплекс по озонуванню плодово-овочевої продукції укомплектовано складовими, що наводяться на рис.1.

За допомогою вентилятора повітря продувається крізь іонізатор, зволожувач та продукцію що зберігається.

Озонування плодоовочевої продукції при довготривалому зберіганні по технологічним вимогам для різних видів продукції має різні показники (таблиця 1).

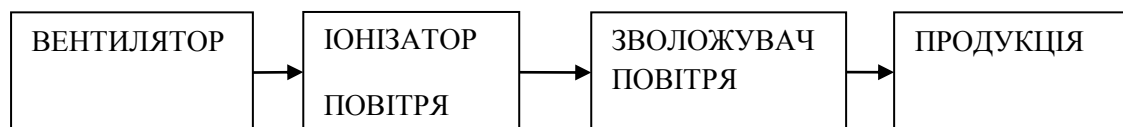


Рис.1. Структурна схема електротехнічного комплексу по озонуванню плодоовочевої продукції.

Таблиця 1 – Режими озонування плодоовочевої продукції при зберіганні

Продукт	Концентрація озону, мг/м ³	Час озонування на добу, години	Кількість обробок на тиждень
Капуста	7-13	4	1
Морква	5-15	4	3 дні поспіль 1 раз на місяць
Часник	9-14	5	2
Цибуля	16-20	3	2 дні поспіль 2 раз на місяць
Виноград	3-8	3	3
Салат	9-12	2	4
Яблука	4-9	5	2

Для картоплі.

В лікувальний період температура повітря +12... +18⁰С, відносна вологість повітря 80...90%, концентрація озону 25...30мг/м³, періодичність по 4 години кожні 3 доби.

В основний період температура повітря +2...+4⁰С, відносна вологість повітря 85...95%, концентрація озону 15...20мг/м³, періодичність по 4 години кожні 3 доби.

Як можна побачити з наведеного матеріалу концентрація озону і тривалість обробки ним має суттєві розбіжності (від 3 мг/м³ для винограду до 30 мг/м³ для картоплі в лікувальний період зберігання).

Як відомо з довідників по фізиці, щільність озону в 1,6 рази більша за щільність повітря. Тому можливе накопичення озону в нижніх шарах сховища безпосередньо в зоні розташування продукції. Треба підібрати таку швидкість потоку повітря крізь продукцію, щоб повітря виходило на зовні сховища, а озон осідав в сховищі. При цьому час

виходу значення концентрації озону на робочий рівень повинен бути меншим за час розкладу озону.

При виконанні озонування замкненого простору іонізатор повітря може забирати повітря як по схемі повної або часткової рециркуляції, так і по схемі використання для іонізації тільки зовнішнього повітря. Розглянемо ці варіанти. Перший, коли оброблений іонізатором газ буде знову потрапляти на вхід іонізатора. Для цієї умови масовий потік озону на виході іонізатора позначимо як mO_3 , а масовий потік кисню як mO_2 . В іонізаторі частина кисню під дією електричного поля високої напруги перетворюється на озон, коефіцієнт перетворення $\beta = \frac{m(O_3)}{m(O_2)}$. Якщо в іонізатор попадає повітря з озоном, то при

цих умовах загальний масовий потік озону на виході з зони іонізатора дорівнює сумі $m(O_3)$ та $\alpha m'(O_3)$, де α характеризує величину не розкладеного озону, що поступив на вихід іонізатора, причому $\alpha < 1$, $m'(O_3)$ – масовий потік озону на вході в іонізатор.

Таким чином, рівняння балансу для загальної маси озону $M(O_3)$ в сховищі можна представити наступним рівнянням

$$\frac{dM(O_3)}{dt} = m(O_3) + \alpha m'(O_3) - k[m(O_3) + \alpha m'(O_3)] - m'(O_3) - \lambda M(O_3), (1)$$

де mO_3 – масовий потік озону на виході іонізатора, кг/с;

$m'(O_3)$ – масовий потік озону на вході в іонізатор, кг/с;

$\alpha < 1$ – коефіцієнт збереженості озону, що пройшов крізь іонізатор;

M – загальна маса газу в сховищі, кг;

$\lambda = 0,693/T$ – константа розкладу озону в нормальних умовах, 1/с;

T – період напіврозпаду озону в сховищі, с;

k – константа поглинання озону в зволожувачі повітря.

Для спрощення подальших розрахунків представимо, що в комплексі відбувається ідеальне перемішування газу. В цих умовах можна записати співвідношення

$$\frac{m(O_2)}{Q} = \frac{M(O_2)}{M}, \quad \frac{m'(O_3)}{Q} = \frac{M(O_3)}{M},$$

де Q – масовий потік газу крізь іонізатор, кг/с.

Підставимо ці рівняння у співвідношення (1) та запишемо

$$\frac{dM(O_3)}{dt} = (1-k)\beta \frac{M_0(O_2) - M_0(O_3)}{M} Q + \alpha \frac{M(O_3)}{M} - \frac{M(O_3)}{M} Q - \lambda M(O_3), (2)$$

де $M_0(O_2)$ – масовий вміст кисню в повітрі, що поступає в іонізатор, кг.

Після виконання нескладних перетворень, рівняння (2) можна записати наступним чином

$$\frac{dM(O_3)}{dt} = (1-k)\beta Q \frac{M_0(O_2)}{M} - \left(\frac{1 + (1-k)\beta - \alpha}{M} Q + \lambda \right) M(O_3). (3)$$

Рівняння (3) має наступне рішення

$$M(O_3) = \frac{(1-k)\beta Q M_0(O_2)}{(1+(1-k)\beta - \alpha)Q + \lambda M} \left\{ 1 - \exp \left[- \left(\frac{1+(1-k)\beta - \alpha}{M} Q + \lambda \right) t \right] \right\} + M_0(O_2) \exp \left[- \left(\frac{1+(1-k)\beta - \alpha}{M} Q + \lambda \right) t \right]. \quad (4)$$

Параметром, що контролюється в процесі обробки плодоовочевої продукції є концентрація озону $C = \frac{M(O_3)}{V}$. Теоретично рівно вагове значення концентрації озону C_p в сховищі при працюючому електротехнічному комплексі можна отримати з рівняння (4) коли $t \rightarrow \infty$:

$$C_p = \frac{(1-k)\beta Q M_0(O_2)}{[(1+(1-k)\beta - \alpha)Q + \lambda M]V}. \quad (5)$$

В подальших розрахунках параметр λ приймаємо таким, що дорівнює $\lambda = 0,693/T$, де T – період напіврозпаду озону [1]. Величина T по різних джерелам має не однакові значення і в дійсності залежить від температури, тиску, складу газу (наявності в ньому різноманітних забруднень, їх концентрації та іншого). В нашому випадку має інтерес значення періоду напіврозпаду озону в сховищі плодоовочевою продукцією зі значенням температури $2 \dots 4^\circ\text{C}$, відносно вологістю повітря $85 \dots 95\%$ і нормальним тиском. Величина цього параметру визначалося експериментально для озону, отриманого при значеннях напруги на електродах 10кВ (світлі крапки) та 20кВ (темні крапки). Експериментальна крива зниження концентрації озону після вимкнення іонізатора в сховищі при нормальних умовах наведена на рис.2.

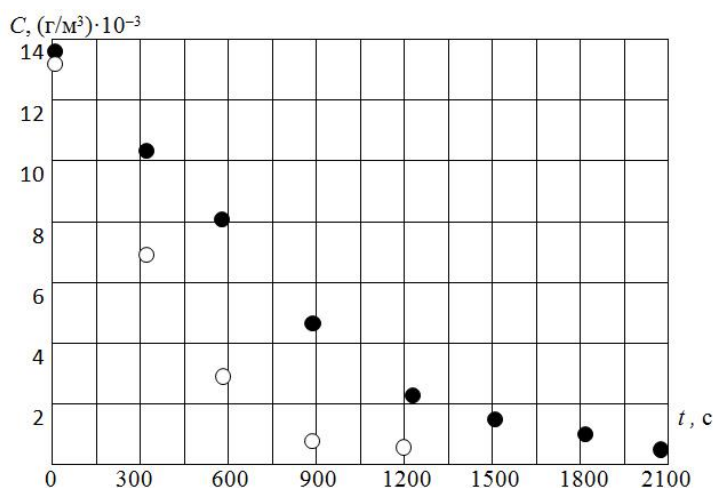


Рис.2. Графіки зниження концентрації озону в сховищі після вимкнення озонатора.

З графіків видно, що період напіврозпаду озону отриманого при напрузі на електродах 10кВ складає 300с , а при 20кВ – 675с .

Для проведення розрахунків необхідно визначити значення параметрів α і k , які відповідно характеризують ступінь розпаду озону який повторно потрапив в іонізатор і озону який пройшов крізь зволожувач. Значення цих коефіцієнтів буде залежати від конструкцій агрегатів, їх параметрів і принципу дії. Для визначення α проведено експеримент по зміні концентрації озону в боксі без картоплі та при відключеному зволожувачі. На рис. 3 наведена експериментальна крива динаміки концентрації озону в боксі об'ємом $0,042\text{ м}^3$ з працюючим в ньому озонатором (пунктирна лінія). Характеристика озонатора наступна: концентрація озону на виході $C = 80\text{ мг/м}^3$, продуктивність по озону $A = 7\text{ г/с}$, до електродів підведена напруга 20 кВ . По формулі (4) були виконані розрахунки залежності концентрації озону від часу роботи іонізатора і вимкнутому зволожувачі повітря при різних значеннях $\alpha = (0; 0,5; 0,7; 1,0)$. Задовільне співпадання експериментальної (пунктирна лінія) та розрахункової (суцільна лінія) кривих спостерігається при значенні параметра $\alpha = 0,7$ (рис.3).

$$C, (\text{г/м}^3) \cdot 10^{-3}$$

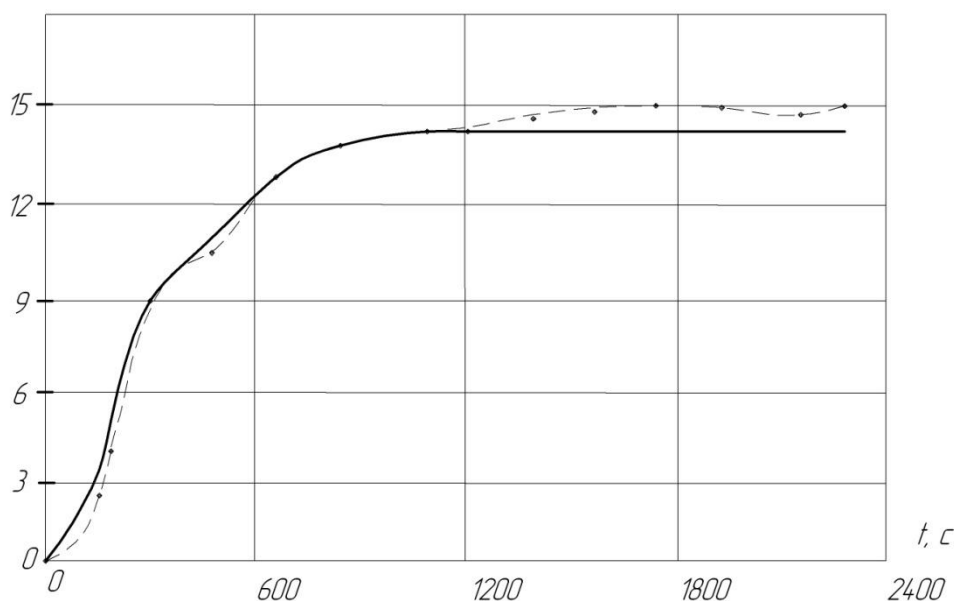


Рис.3. Зміна концентрації озону в сховищі від часу роботи озонатора.

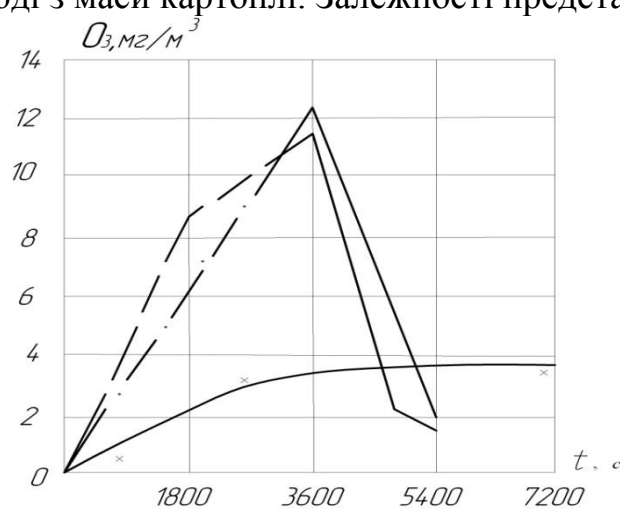
Аналіз кривих, що наведено на рис.3 показує, що спочатку концентрація озону росте пропорційно часу роботи іонізатора. Потім наростання концентрації озону уповільнюється в наслідок розпаду утвореного раніше озону і досягає сталого значення $14,8\text{ мг/м}^3$ через 1200 с .

Наступним кроком дослідження було визначення впливу зволожувача повітря на концентрацію озону в повітрі, яке пройшло крізь зволожувач. Для цього в боксі знизили концентрацію озону до природного фону (провітрюванням при вимкненому іонізаторі). Потім ввімкнули зволожувач повітря, іонізатор та вентилятор при відсутності ка-

ртоплі в боксі. При цьому з'ясували що зволожувач впливає на зміну концентрації озону в боксі, яка у встановленому режимі має значення $14,1 \text{ мг/м}^3$ але не впливає на час виходу на встановлений режим. Щоб визначити значення коефіцієнту k скористуємося експериментальними даними концентрації озону в сталому режимі з вимкнутим (C) та з ввімкнутим зволожувачем ($C_{зв}$) по формулі

$$k = \frac{C - C_{зв}}{C} = \frac{14,8 - 14,1}{14,8} \approx 0,047.$$

Для визначення коефіцієнтів поглинання озону насипом картоплі отримані графічні залежності наростання та спаду концентрації озону на виході з маси картоплі. Залежності представлені на рис. 4.



----- наростання концентрації озону, ————— спад концентрації озону

Рис. 4. Графічні залежності наростання та спаду концентрації озону.

З графіка, представленого на рис.4 видно, що час виходу на встановлений режим озонування збільшився з 1200 с до 3600 с , а концентрація озону в установленому режимі зменшилась з $14,1 \text{ мг/м}^3$ до 12 мг/м^3 . При цьому час розкладу озону зменшився з 2100 с до 1800 с . Це говорить про те, що поряд з природнім розкладом озону присутнє його поглинання насипом картоплі (бульбами, мікробами, грибками та іншими складовими насипу).

Тепер вираз (5) для випадку схеми рециркуляції повітря, набуде наступного вигляду

$$C_{p1} = \frac{0,953\beta Q M_0(O_2)}{[(0,3 + 0,953\beta)Q + 1,027 \cdot 10^{-3} M] V} \quad (6)$$

Якщо для отримання озону використовується схема надходження тільки зовнішнього повітря, тоді рівняння (5) у випадку відсутності викиду озону з повітрям назовні матиме наступний вигляд

$$C_{p2} = \frac{0,953\beta Q M_0(O_2)}{[0,953\beta Q + 1,027 \cdot 10^{-3} M] V} \quad (7)$$

а у випадку втрат озону через викид його з вентиляційним повітрям назовні

$$C_p = \frac{0,953\beta Q M_0(O_2)}{[(0,953\beta + 0,7)Q + 1,027 \cdot 10^{-3} M] V}. \quad (8)$$

Порівнюючи вирази (6), (7), (8) бачимо, що більша концентрація озону в боксі отримується тоді, коли для іонізації повітря подається тільки зовнішнє повітря та при цьому виключається можливість утилізації з боксу повітря з вмістом озону.

Висновки. Для запобігання викиду повітря з вмістом озону треба задати таку продуктивність вентилятора, щоб озон під своєю вагою за рахунок більшої в 1,6 рази аніж у повітря питомою вагою осідав в боксі.

Література

1. Супонина Т.А. Применение озона при холодильном хранении картофеля: автореф. дис. канд. техн. наук / Т.А.Супонина. – Л.: ЛТИХП, 1979. – 22 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ ДЛЯ ОЗОНИРОВАНИЯ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

Решетюк В.М., Шворов С.А., Чапный М.В., Чапный В.М., Спивак В.М.

Аннотация

Выполнен анализ взаимодействия озона и плодоовощной продукции с точки зрения её обеззараживания. Получена математическая модель изменения концентрации озона в хранилище в процессе озонирования.

ANALYSIS OF INFLUENCE OF THE PRODUCTS OF PLASMA-CHEMICAL REACTORS (OZONE GENERATORS) ON BIOLOGICAL OBJECTS

V.Reshetyuk, S.Shvorov, M.Chapny, V.Chapny, V.Spivak

Summary

Was made the analysis of the interaction between ozone and horticultural products from the standpoint of its disinfection. The mathematical model of the changes in the concentration of ozone in repository during the ozonation technology was gotten.

УДК 621.311

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Метельский В.П., д.т.н.,

Заболотный А.П., к.т.н.,

Даус Ю.В., аспирант.*

Запорожский национальный технический университет

Тел. (061) 769-82-80

Аннотация – предложены этапы разработки электротехнического комплекса на основе возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова – возобновляемые источники энергии, потенциал, потребитель, управление, экономическая эффективность.

Постановка проблемы. Энергетика имеет большое значение в жизни человечества. Уровень ее развития отражает уровень развития производительных сил общества, научно-технического прогресса и жизни населения. Стабильное развитие экономики невозможно без постоянно развивающейся энергетики, и главной тенденцией в ее развитии в настоящее время является использование уже существующих энергоресурсов, а не поиск новых. Поэтому в последние годы в мировой энергетике наиболее динамично развивающимся сектором является производство энергии из возобновляемых источников (ВИЭ).

В данное время в области использования ВИЭ в Украине действуют следующие документы: Закон «Об альтернативных источниках энергии» (принятый в 2003 году), концепция энергетического развития страны «Энергостратегия-2030» (разработанная в 2005 году). Кроме того, в Украине содействие использованию ВИЭ осуществляется путем реализации Проектов Европейского Союза и Программы развития ООН[1]. Согласно им к 2030 году доля альтернативных и возобновляемых источников в общем объеме производства энергии в Украине должна составлять 23%.

Такой мощный и долговременный подъем должен подкрепляться многими причинами, в том числе и экономическими факторами. В 2006 году в Закон Украины «Об электроэнергетике» были внесены изменения, касающиеся введению специального «зеленого тарифа» на электрическую энергию. Однако, несмотря на государственную под-

* Научный руководитель – д.т.н. Метельский В.П.

© д.т.н. Метельский В.П., к.т.н. Заболотный А.П., аспирант Даус Ю.В.

держку и постоянное снижение затрат в секторе альтернативной энергетики в последние годы себестоимость ветровой и, особенно, солнечной электроэнергии остается значительно выше, чем электроэнергии, полученной традиционными способами. Несмотря на это многие специалисты подчеркивают значимость развития сектора ВИЭ, как неисчерпаемого, экологически чистого и доступного источника электроэнергии и особенно для решения проблем энергообеспечения АПК.

Анализ последних исследований. В области использования ВИЭ в Украине уже проведено большое количество исследований. Учитывая наличие в различных районах Украины нескольких видов ВИЭ, заслуживает внимание именно комплексное их использование для снижения установленной мощности электроустановок на основе ВИЭ и для более полной реализации их энергетического потенциала. Объединение таких электроустановок позволит выровнять график выработки электроэнергии, что связано с неравномерностью прихода первичных ресурсов (солнечной и ветровой энергии).

В области комплексного использования ВИЭ были проведены исследования такими учеными, как Бреусовым В.П., Виссарионовым В.И., Елистратовым В.В., Ташимбетовым М.А. и многими другими [2-4]. Однако, все они рассматривают понятие «микроэнергосистемы», т.е. комбинацию устройств, вырабатывающих электроэнергию с помощью фотопреобразователей, ветроэнергетических установок, малых гидроэлектростанций для обеспечения автономного энергообеспечения потребителей сельских районов. Это связано с тем, что большая часть территории северной и восточной части России, Азии имеет малую плотность населения, обширные территории, не присоединенные к электрическим сетям, так как эти районы труднодоступны и удалены на значительные расстояния от централизованного электроснабжения. В Украине порядка 90% потребителей подключены к Объединенной электрической сети страны (ОЭС), что дает возможность использовать преимущества централизованного электроснабжения в сочетании с достоинствами возобновляемых источников электроэнергии. Кроме того, главным недостатком автономного электроснабжения являются высокие капитальные вложения из-за необходимости аккумулирования энергии вследствие переменчивости потенциала ВИЭ. Поэтому целесообразно рассмотреть обеспечение надежного электроснабжения потребителей АПК путем резервирования мощности подключением к ОЭС Украины. Это позволит снизить капитальные вложения, а также повысить экономическую эффективность проектов благодаря использованию «зеленого» тарифа.

Формулирование цели статьи. Выделить этапы разработки электротехнического комплекса на основе комплексного использования ВИЭ.

Основная часть. Как сказано выше, перспективным для электроэнергетики является комбинированное использование ВИЭ совместно с традиционными тепловыми атомными и гидроэлектростанциями. Электроустановка ВИЭ в этом случае – дублированная мощность объединенной электроэнергетической системы с нулевой гарантированной мощностью без аккумулирования электроэнергии, так как это в данном случае нецелесообразно [3]. В таком электротехническом комплексе работа происходит по критерию экономически целесообразной выработки электроэнергии с целью получения максимальной экономии не возобновляемых источников энергии.

Для построения такого комплекса необходимо решить ряд технических задач, а именно задачи мониторинга окружающей среды, изучения характеристик потребителей, согласования работы потребителя и источника электроэнергии, анализ методов управления, оценки экономической эффективности проекта (рис. 1).

Рассмотрим теперь каждую из них поподробнее.

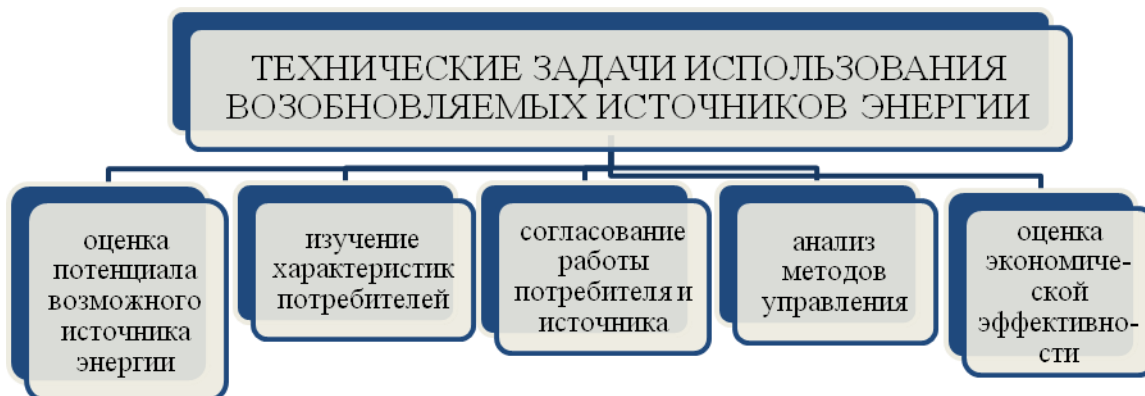


Рис.1. Технические задачи использования возобновляемых источников энергии.

Анализ общего, технического и экономически целесообразного потенциала ВИЭ для Украины был проведен Институтом возобновляемой энергетики национальной академии наук Украины, результаты которого представлены в Атласе энергетического потенциала возобновляемых и нетрадиционных источников энергии Украины [5].

Однако, представленные в атласе энергетические показатели возобновляемых и нетрадиционных источников энергии Украины являются укрупненными показателями по областям и для внедрения оборудования ВИЭ в конкретной местности не учитывают местные факторы.

Мониторинг окружающей среды требует регулярных и длительных наблюдений. Очень важно чтобы такой массив данных содержал все параметры, необходимые для проектирования конкретной энергетической установки – это достаточно большой объем данных, требующих обработки и анализа.

Исходные данные для определения потенциала различных видов ВИЭ представлен на рис.2.

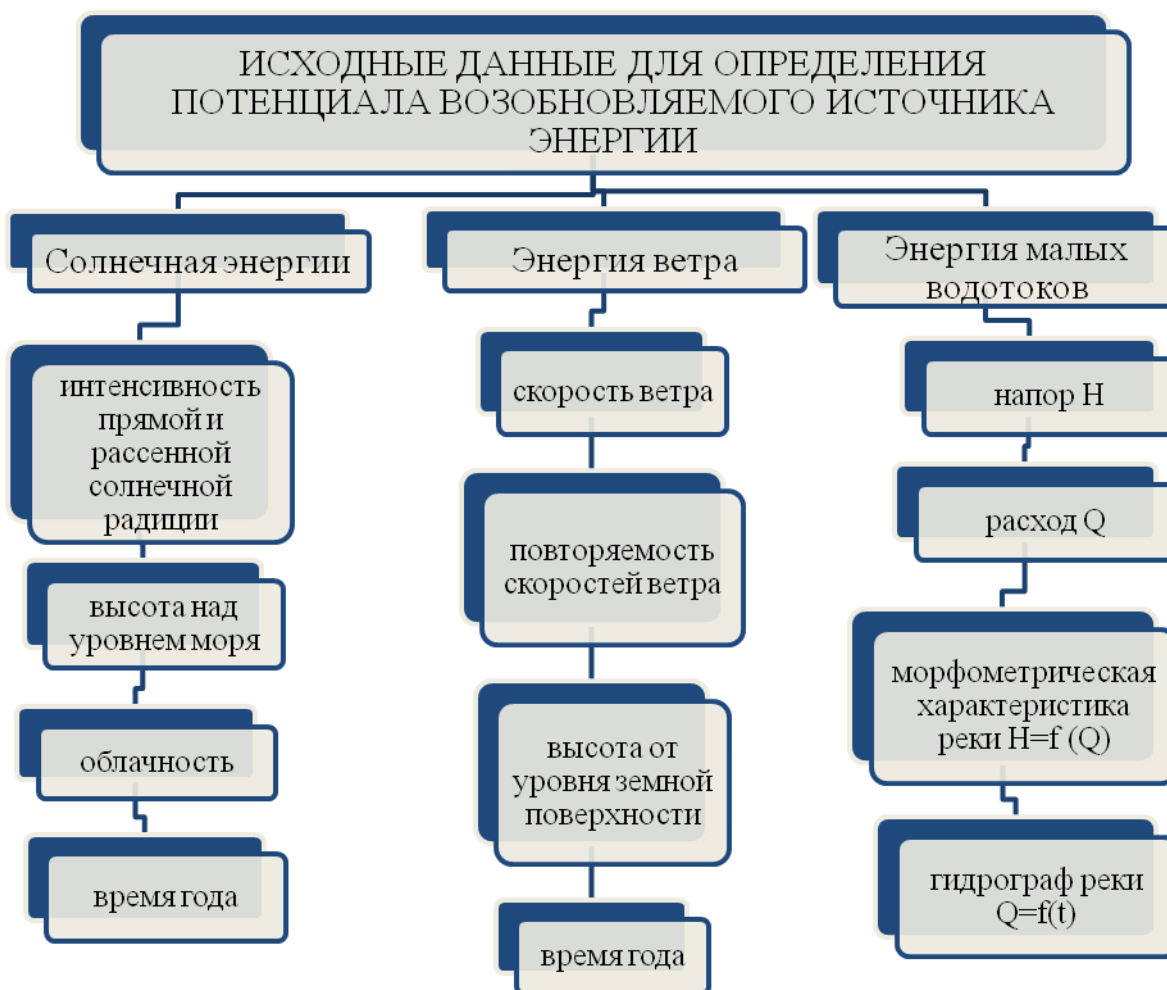


Рис. 2. Исходные данные для определения потенциала возобновляемого источника энергии.

Большинство исследований отечественных ученых в области оценки потенциала ВИЭ проведено для территории Юга Украины и АР Крым, как регионов, обладающих наибольшим техническим потенциалом солнечной энергии, т.е. работы носят локальный характер [2,6,7].

Таким образом, необходима такая методика идентификации потенциала возобновляемых источников энергии, которая смогла систематизировать большой объем статистических данных, обобщить его и представить в удобном виде для практических расчетов электротех-

нического комплекса на основе возобновляемой энергии и оценки эффективности ее использования в любой точке Украины.

Следующая задача – это изучение характеристик потребителей электроэнергии. Как известно характеристики потребителя определяет выбор источника электроэнергии. Поэтому необходимо проводить всесторонне изучение нагрузки, характера потребителя, поиск путей повышения их эффективности и экономичности.

Далее необходимо согласовать имеющиеся потребители и перспективные для данного района ВИЭ, для чего необходимо выполнить условия, представленные на рис. 3.

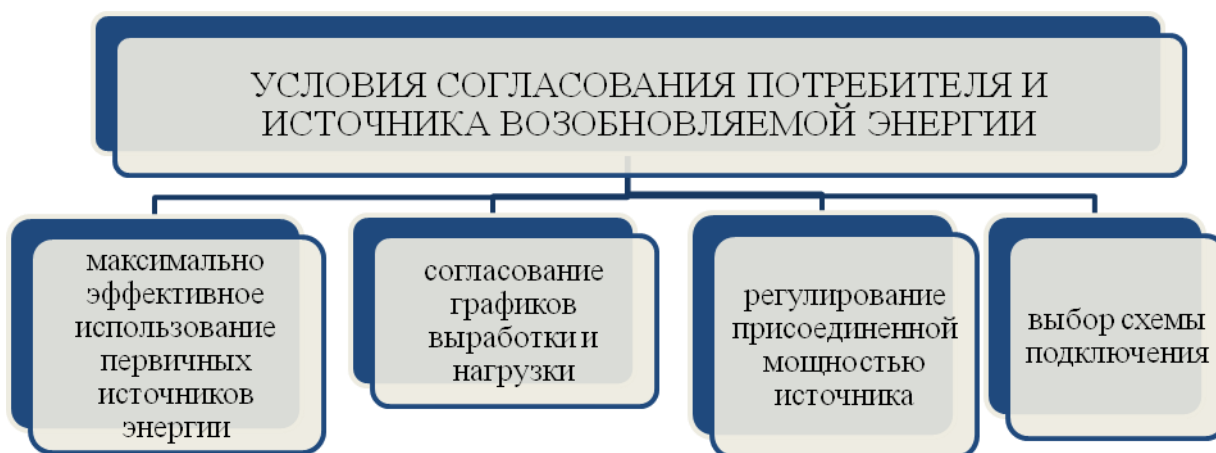


Рис. 3. Условия согласования потребителя и источника возобновляемой энергии.

Задача согласования потребителя и потенциального ВИЭ энергии ставит вопрос о выборе метода управления, три вида которых можно использовать в энергосистемах на основе возобновляемых источников энергии (рис.4).

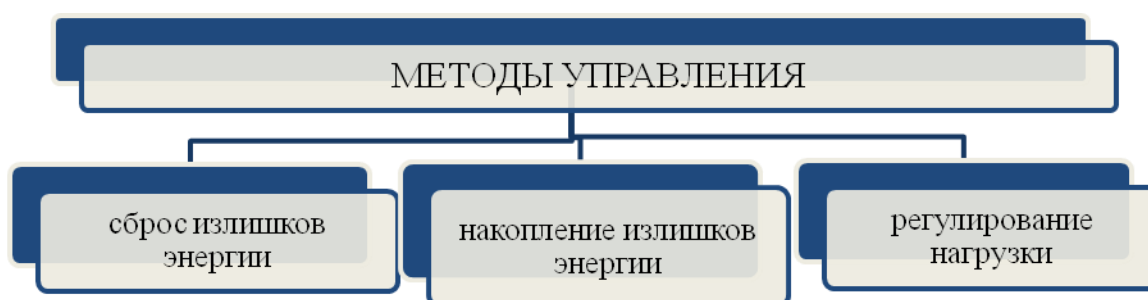


Рис. 4. Методы управления энергосистемами на основе возобновляемых источников энергии.

Система со сбросом излишков энергии является наиболее простой и дешевой, но при этом эта энергия теряется. Для того, чтобы избежать этого, возможно организовать генерацию в объединенную

электрическую сеть, что позволит воспользоваться преимуществами «зеленого» тарифа [8].

Накопление излишков энергии связано с достаточно высокими капитальными затратами, однако может позволить накапливать энергию как в исходном, так и в преобразованном виде.

Для того, чтобы исключить потери энергии и учесть потребности и приоритет различных потребителей, рекомендуется использовать системы с регулированием нагрузки. Они оборудованы недорогой микропроцессорной техникой, что позволяет согласовать выработку и потребление путем подключения потребителей к объединенной электрической сети.

Внедрение электротехнических комплексов на ВИЭ связано с существенными капитальными затратами на их реализацию, что требует соответствующего технико-экономического обоснования. Поэтому последним этапом является экономическая оценка.

Выводы. Учитывая наличие на территории Украины нескольких видов ВИЭ, заслуживает внимание комплексное их использование для снижения установленной мощности электроустановок и для более полной реализации их энергетического потенциала. Однако, в следствие переменчивости прихода первичных ресурсов, необходимо резервирование мощности путем подключением к ОЭС Украины. Это позволит снизить капитальные вложения, а также повысить экономическую эффективность проектов.

Для разработки электротехнического комплекса на основе комплексного использования ВИЭ необходимо решить следующие технические задачи: разработать методику оценки потенциала возможного источника энергии, а также создать базу данных для технических расчетов ВИЭ, согласовать источник и потребитель исходя из характеристик последнего, создать систему управления таким комплексом, а также оценить его экономическую эффективность.

Литература

1. Энергетична стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс] / Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. № 145-р. – Режим доступу:http://search.ligazakon.ua/1_doc2.nsf/link1/FIN38530.html.

2. Бреусов В.П. Обоснование комбинированных энергосистем, работающих на основе энергии возобновляемых источников / В.П. Бреусов, В.В.Елистратов // Известия Академии Наук. – 2002. – №6. – С.36-41.

3 Виссарионов В.И. Солнечная энергетика :учебное пособие для вузов / В.И. Виссарионов, Г.В. Дерюгина. – М.: Издат.дом МЭИ, 2008. – 320 с.

4 *Ташишбетов М.А.* Комбинированное использование энергоустановок на основе возобновляемых источников для электроснабжения локальных потребителей: дис. канд. техн. наук: 05.14.08 / *М.А. Ташишбетов*. – СПб, 2005. – 134 с.

5 Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії. – К.: Изд. Института возобновляемой энергетики НАН Украины, 2005. – 44 с.

6 *Койшиев Т.К.* Солнечные электростанции: энергетика системы концентратор-приемник и математические модели: автореф. дис. на соиск. научн. степени д-ра техн. наук: спец. 05.14.08 «Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии» / *Т.К. Койшиев*. – Ташкент: Физико-технический институт им. С.В. Стародубцева, 1998 – 38 с.

7 *Рамазанова З.У.* Методи прогнозування вітрового енергетичного потенціалу регіону: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.14.08 «Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии» / *З.У. Рамазанова*. – К.: НАН України, Інститут відновлюваної енергетики, 2007. – 19 с.

8. Закон Украины «Об электроэнергетике» [Электронный ресурс] – Схвалено указом Верховной Ради № 575/97 від 16.10.1997. – Режим доступу до закону: <http://forca.ru/knigi/pravila/zakon-ukrainy-ob-elektroenergetike.html>.

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ПОНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Метельський В.П., Заболотний А.П., Даус Ю.В.

Анотація

Запропоновано етапи розробки електротехнічного комплексу на основі поновлюваних джерел енергії.

RENEWABLE ENERGY SOURCES ELECTRICAL ENGINEERING COMPLEX DESIGN

V. Metelskii, A. Zabolotnii, Y. Daus

Summary

There was proposed cycles of renewable energy sources electrical complex design.

УДК 614.89:537.868

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ НА ПРОЦЕССЫ КРИОКОНСЕРВАЦИИ

Кунденко Н.П., к.т.н.,

Кунденко А.Н. магистр.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко

Тел: (057)712-28-33

Аннотация—проведены экспериментальные исследования воздействия акустических колебаний на эмбрионы с целью повышения их устойчивости к низким температурам и повышения жизнеспособность полученного потомства КРС.

Ключевые слова —кювета, акустические колебания, температура, жизнеспособность.

Постановка проблемы. Процессы замораживания и последующего отогрева могут оказывать сильное повреждающее действие на биологические объекты (спермии, эмбрионы и т.п.). Основными факторами влияющими на степень повреждения структуры биологических объектов являются: величина кристаллов льда, продолжительность пребывания клеток в гипертонических средах, внутриклеточная кристаллизация, обезвоживание клеток, рекристаллизация, агрегация и денатурация клеточных белков [1,2]. В результате влияния всех этих факторов у клеток возникают первичные криоповреждения, также, как изменение формы, объёма, нарушение целостности мембраны, изменение конформации макромолекул и др. Такие первичные криоповреждения могут стать причиной вторичных повреждений, развивающихся в клетках в различное время после размораживания. В этой связи важной проблемой является всестороннее изучение возможностей увеличения криорезистивности биологических объектов и поиск способов дополнительной криозащиты их структур.

Анализ последних исследований. Для повышения устойчивости спермиев к температурному шоку в качестве криозащитного вещества в сперму добавляют желток куриного яйца. Желток куриного яйца содержит лецитин и липопротеины. Они создают на поверхности спермиев адсорбирующий слой, предохраняющий спермии от холодового шока, который действует на жизнедеятельность спермиев до температуры -51°C , т.е. пока в сперме сохраняется жидкая фаза. Для защиты

спермиев от холодового удара применяют лактозо-желточную среду следующего состава: вода дистиллированная – 100 мл; лактоза – 11,5 г; желток – куриного яйца – 20 мл; глицерин – 5 мл.

Формулирование цели статьи. Определение параметров низкоинтенсивных акустических колебаний для воздействия на микрообъекты КРС перед их криоконсервацией, которые обеспечивали бы устойчивость микрообъектов к низким температурами повышали их оплодотворяемость после размораживания.

Основная часть. Для определения концентрации спермиев был применен фотоэлектроколориметрический метод. В качестве фотоэлектроколориметра был использован прибор ФЭК-Н.

Принцип работы этого прибора основан на том, что через кювету со спермой пропускают пучок световых лучей определенной силы, который затем попадает на селеновый фотоэлемент, соединенный с гальванометром. Через гальванометр проходит электрический ток, величина которого обратно пропорциональна мутности (оптической плотности) спермы, т.е. концентрации спермиев.

Для проведения исследования приготавливают 3,5%-ный раствор лимоннокислого натрия на дистиллированной воде, фильтруют его через бумажный фильтр и разливают в хорошо вымытые и просушенные флаконы из под пенициллина по 9,9 мл в каждый флакон. Микропипеткой набирают точно 0,1 мл исследуемой спермы и смешивают ее с раствором лимоннокислого натрия в одном из флаконов, разбавляя таким образом сперму в 100 раз.

Для контроля и оценки степени влияния акустических колебаний на жизнедеятельность спермиев до замораживания и после размораживания была использована оптико-электронная система[3].

В состав оптико-электронной системы входят следующие элементы и блоки: микроскоп Р-11; термостатирующий столик; ПЗС матрица типа К 1200 ЦМ7 (число ячеек 260x380); блок сопряжения и синхронизации; телекамера КТ-5; персональный компьютер (процессор Intel Core 2 Duo E6550); видеокарта NVidia GeForce 8800GT; винчестер Seagate ST325 256 Gb; материнская плата Asus P5k; накопитель со сменным носителем ASUS DRW-1612BL; монитор 172Т; операционная система Windows XP SP3.

Значения оптимальных параметров низкоинтенсивных акустических колебаний (частота, мощность, экспозиция) для воздействия на гранулы с микрообъектом и животных перед их криоконсервацией, были определены на основе многофакторного эксперимента, в котором в качестве отклика облученных спермиев была взята величина сдвига резонансной частоты измерительного резонатора с микрообъектами животных в гранулах (диаметр 5мм, высота 3мм) относительно резонансной частоты (74,280ГГц) опорного резонатора.

В эксперименте был использован источник акустических колебаний SMB-17CC с техническими характеристиками: диапазон частот 0,325-2,250кГц; диапазон изменения мощности 50-80дБ; величина источника питания 1,5-15В; величина тока питания 0,2-1,4 мА.

После проведения изменений и расчетов получено уравнение регрессии

$$Y = 9,3 + 4,6x_1 + 2,5x_2 + 2,24x_3 + 4,4x_1x_2 + 5,4x_1x_3 + 2,4x_2x_3 + 4,4x_1^2 + 0,9x_2^2 + 3,4x_3^2, \quad (1)$$

где Y – разность частот между измерительным и опорным резонаторами;

x_1 – частота акустических колебаний;

x_2 – мощность акустических колебаний;

x_3 – время облучения микрообъектов животных.

Проверка значимости коэффициентов регрессии проводилась при уровне значимости $\alpha = 0,01$ по критерию Стьюдента [4, 5]. Все коэффициенты в уравнении (1) оказались значимыми.

На основании проверки данного уравнения на адекватности по критерию Фишера [4] сделан вывод, что уравнение описывает реальный процесс, и, следовательно, позволяет оценить характер влияния каждого из 3 факторов на функцию отклика. Кроме того, стало возможным практическое использование полученной модели для прогнозирования значения выходного сигнала области варьирования параметров x_i . Для нахождения оптимальных параметров процесса решена система уравнений, полученных приравниванием к нулю значений градиентов компонентов, вычисленных по выражению

$$\frac{\partial Y}{\partial x_i} = b_i + 2b_{ii}x_i + \sum_{j=1}^n b_{ij}x_j = 0 \quad (2)$$

где x_i, x_j – кодированное значение фактора, по которому берется производная, и взаимодействующего с ним, соответственно;

b_i, b_{ii}, b_{ij} – коэффициенты уравнения регрессии.

Для уравнения (1) после дифференцирования была получена система уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial y}{\partial x_1} = 4,64 + 4,4x_2 + 5,4x_3 + 8,8x_1 = 0; \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} = 2,5 + 4,4x_1 + 2,4x_3 + 1,8x_2 = 0; \\ \frac{\partial y}{\partial x_3} = 2,24 + 5,4x_1 + 2,4x_2 + 6,8x_3 = 0. \end{cases} \quad (3)$$

В результате решения системы уравнений (3) были получены следующие значения фактора в экстремально точке $x_1 = -0,8$; $x_2 = 0,3$;

$x_3 = 0.2$, что соответствует таким значениям натуральных параметров: частота акустических колебаний 1 кГц, мощность 1,03 мкВт; время воздействия на микрообъекты животных 320 с.

В лабораторном эксперименте использовали гранулы с 6 млн. спермиев, которые подвергались до криоконсервации воздействию акустическими колебаниями с параметрами: частота 1 кГц; мощность 1 мкВт; экспозиция 320 с. В контроле гранулы со спермиями акустическими колебаниями не обрабатывались. После криообработки и оттаивания гранул проводили исследования на оптико-электронной системе по определению живых спермиев. Результаты исследований приведены в таблице 3.

Таблица 3– Результаты исследований спермием после их криоконсервации

Повторности		Количество спермиев животных	Среднее количество спермиев животных
Опыт	1	5100000	5095000
	2	5080000	
	3	5110000	
	4	5090000	
Контроль	1	1740000	1740000
	2	1680000	
	3	1800000	
	4	1740000	

Результаты измерений (табл.3) показали, что обработка гранул со спермиями акустическими колебаниями приводит к увеличению толщины защитного слоя на плазматической мембране и устойчивости спермиев к низким температурам. Процент выхода живых спермиев в опыте составил около 80%, а в контроле всего 30%.

Важным показателем жизнеспособности новорожденных телят является снижение веса первые 3...6 дней после рождения. В ходе эксперимента было выявлено, что потери массы тела на одного теленка в первые 5 дней жизни составили 1,5% для опытной группы и 5,8% для контрольной. Специалистами ветеринарной медицины были зарегистрированы случаи болезни телят кишечно-желудочными и легочными заболеваниями. Заболеваемость телят в опытной группе составила 10,2%, а в контрольной 44%. Смертность телят после 20 дней жизни составила в контрольной группе 36,8%, а в опытной выжили все телята.

В результате производственного эксперимента было установлено, что прибыль от внедрения акустической технологии в данном хозяйстве составила 57 тыс. грн.

Выводы. Производственный опыт с эмбрионами животных показал, что воздействие акустических колебаний на эмбрионы повышает их устойчивость к низким температурам и повышает жизнеспособность полученного потомства КРС. В результате производственного эксперимента с эмбрионами было установлено, что прибыль от внедрения акустической технологии составила 35,7 тыс. грн.

Литература

1. Responsible subcellular alteration on heratocytes resulting from ultrasound / R.J. Stephens, C.P. Hart, C.A. Torbit, P.D. Edmonds // *Ultrasound in Med. Biol.* – 1980. – V.6, №3. – P.239-249.
2. Role of cavitation in the “in vitro” stimulation of protein synthesis in human fibroblasts / D.F. Webster, G.B. Pond, M. Dyson, W. Harvey // *Ultrasound in Med. Biol.* – 1978. – V.4, №4. – P.343-351.
3. Сасимова И.А. Обоснование оптико-электронной системы для оценки степени влияния ЭМП на эмбрионы животных / И.А. Сасимова, Ю.Е. Мегель // *Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит.* – 2008. – № 9. – С.18-24.
4. Богданович А.И. Расчеты в планировании экспериментов / А.И. Богданович. – Л.: ЛТА, 1978. – 10 с.
5. Винарский М. С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М.С. Винарский. – К.: Техника, 1975. – 168 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АКУСТИЧНИ КОЛИВАННЯ НА ПРОЦЕСИ КРІОКОНСЕРВАЦІЇ

Кунденко М.П., Кунденко О.М.

Анотація

Проведені експериментальні дослідження дії акустичних коливань на ембріони з метою підвищення їх стійкості до низьких температур і підвищення життєздатності отриманого потомства ВРХ.

RESEARCHES OF INFLUENCE OF ACOUSTIC FLUCTUATIONS ON CRYOPRESERVATION PROCESSES

N. Kundenko, A. Kundenko

Summary

Pilot studies impact of acoustic fluctuations on embryos for the purpose of increase of their stability to low temperatures and increases viability of the received posterity of KRS are carried out.

УДК 621.316

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ СХЕМ СІЛЬСЬКИХ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ 6-10 КВ З РЕКЛОУЗЕРАМИ

Мірошник О.В., к.т.н.

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка

Тел. (057)-712-34-32

Анотація – запропоновано модель вибору оптимальної структурної будови сільських розподільних електромереж 6–10 кВ з пунктами автоматичного секціонування та автоматичного вводу резерву на базі реклоузерів.

Ключові слова – розподільна повітряна лінія, пункт автоматичного секціонування, пункт автоматичного вводу резерву, реклоузер.

Постановка проблеми. Розподільні повітряні лінії за своєю структурою в більшості випадків складаються із магістралі та відгалужень (рис. 1), причому і в певних точках магістралі, і на деяких відгалуженнях встановлюються секціонувальні роз'єднувачі [1].

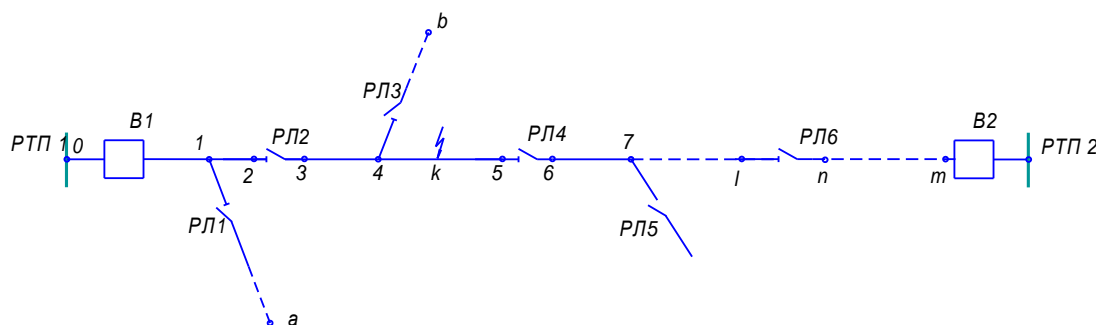


Рис. 1. Радіальна розгалужена ПЛ 10 кВ з секціонувальними роз'єднувачами.

У разі зближення на місцевості двох повітряних ліній (чи навіть відгалужень однієї лінії) їх з'єднували, добудувавши перемичку, за допомогою роз'єднувача (РЛ6), який в нормальному режимі роботи мережі перебував у вимкненому стані, а у разі потреби персонал РРЕМ міг шляхом його комутації змінити схему мережі, забезпечуючи резервне живлення для частини споживачів після локалізації секціонувальними роз'єднувачами пошкодженої ділянки.

Виникнення аварійних режимів в лініях 6-10 кВ призводить до недовідпуску електричної енергії, а відповідно і до значних матеріальних збитків. Тому аварійне вимкнення розподільної повітряної лінії 6-10 кВ з неуспішним АПВ вимагає якнайшвидшого початку процесу відновлення електропостачання споживачів, який формується діями оперативно-виїзної бригади (ОВБ) та, за потреби, залученого ремонтного персоналу. Для визначення ушкодженої ділянки мережі діагностичні дії виконуються за переданими радіозв'язком командами диспетчера РРЕМ. Диспетчер віддає команди, керуючись наявною на диспетчерському пункті інформацією про схему мережі, її параметри, навантаження, а також отриманою інформацією про зникнення напруги [1].

Аналіз останніх досліджень. Ефективним методом підвищення надійності електропостачання споживачів стає секціонування сільських розподільних електромереж 6-10 кВ з використанням реклоузерів, що підтверджується матеріалами наукових досліджень та даними експлуатації [2, 3]. Можливості організації локалізаційної та селективної роботи новітніх систем релейного захисту з передачею інформації на диспетчерський пункт (збереження її в пам'яті блока керування реклоузера) не тільки про факт спрацювання комутаційного апарату, але і про передаварійні та аварійні параметри режиму мережі створюють передумови для використання діагностувальної функції реклоузерів у разі виникнення пошкоджень в лінії.

Формулювання мети статті. Аналіз ефективності впровадження мережної автоматики в розподільних мережах 6-10 кВ.

Основна частина. Вакуумні реклоузери РВА/TEL здатні виконувати оперативні перемикання в розподільній мережі, автоматичне відключення пошкодженої ділянки, автоматичне повторне вмикання лінії, автоматичне відновлення живлення на непошкоджених ділянках мережі, автоматичний збір інформації про параметри режимів роботи розподільної мережі.

Секціонування мережі реклоузерами надає можливість автоматичної локалізації частини електромережі з пошкодженою ділянкою, не позбавляючи живлення споживачів, які приєднанні до неушкодженої частини секціонованої мережі. При цьому знижуються як обсяг недовідпуску електроенергії, а, отже, і збитки від аварійних вимикань, так і час пошуку пошкодження, оскільки суттєво скорочується довжина локалізованої аварійно вимкненої ділянки лінії, яка підлягає огляду з метою пошуку місця пошкодження.

Для оцінки ефективності обладнання розподільних електромереж засобами мережної автоматики слід розглянути основні варіанти структурної побудови мереж та їхні техніко-економічні характеристики за умов різних варіантів аварійних пошкоджень в лініях.

Найпростіший варіант – розподільна повітряна лінія (рис. 2) з пунктом автоматичного секціонування лінії (ПАС) на базі реклоузера,

що встановлюється в магістралі лінії та ділить лінію на дві зони захисту, причому селективність спрацювання РЗ комутаційних апаратів забезпечується тим, що уставка витримки часу вимикача В1 в голові лінії на один ступінь вище, ніж уставка витримки часу РЗ вимикача реклоузера ПАС1

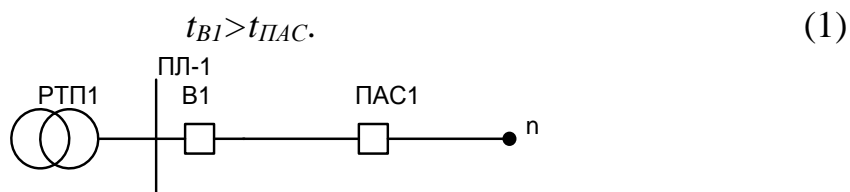


Рис. 2. Секціонована розподільна повітряна лінія з ПАС на базі реклоузера.

Оскільки у разі пошкодження на ділянці В1-ПАС1 лінії знеструмлюються усі споживачі, то з метою підвищення надійності електропостачання будують умовно замкнену мережу, для чого в кінці лінії ПЛ1 (в точці n на схемі рис. 2) встановлено пункт автоматичного вводу резерву (ПАВР) на базі реклоузера, який у разі втрати лінією ПЛ-1 живлення автоматично з витримкою часу (для надання можливості відновлення живлення у разі успішного АПВ) підключає живлення від резервної лінії ПЛ-2, як зображено на рис. 3. В нормальному режимі вимикач реклоузера ПАВР знаходиться у розімкненому стані.

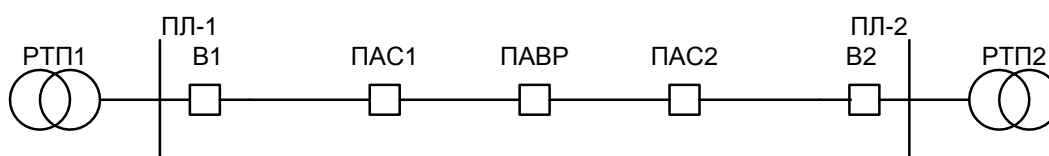


Рис. 3. Умовно замкнена розподільна мережа з ПАС та ПАВР на базі реклоузерів.

В цій резервній лінії в нормальному режимі роботи уставка витримки часу РЗ вимикача В2 в голові лінії теж на один ступінь вище, ніж уставка витримки часу РЗ вимикача реклоузера ПАС2

$$t_{B2} > t_{ПАС2}, \quad (2)$$

але, крім того, для врахування аварійного режиму роботи, коли, наприклад, лінія ПЛ-1 втрачає живлення, спрацьовує АВР, і живлення на ПЛ-1 подається від ПЛ-2, уставки витримки часу направлено РЗ комутаційних апаратів мають відрізнятися на один ступінь за умови

$$t_{B2}^{ПЛ-2} > t_{ПАС2}^{ПЛ-2} > t_{ПАВР}^{ПЛ-2} > t_{ПАС1}^{ПЛ-2} > t_{B1}^{ПЛ-2}. \quad (3)$$

Найбільший ефект від автоматизації мереж слід очікувати в розгалужених розподільних мережах з відгалуженнями від магістралі, прикладом яких можуть бути схемні рішення, наведені на рис. 4-6.

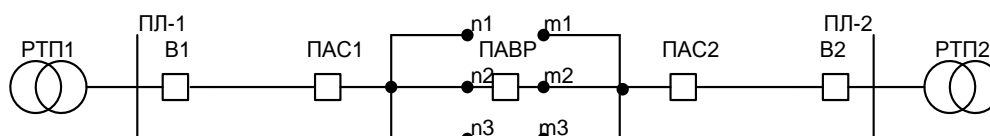


Рис. 4. Розгалужена умовно замкнена розподільна мережа з одним ПАВР та одним ПАС в кожній ПЛ.

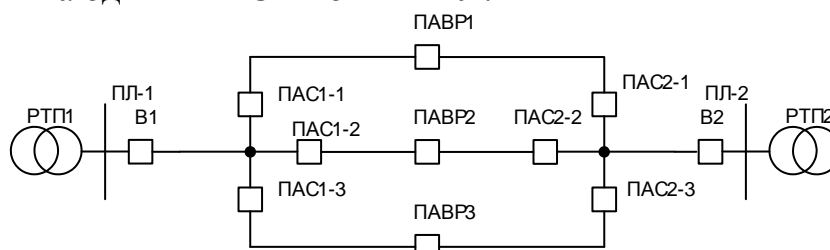


Рис. 5. Розгалужена умовно замкнена розподільна мережа з трьома ПАВР та ПАС на відгалуженнях в кожній ПЛ.

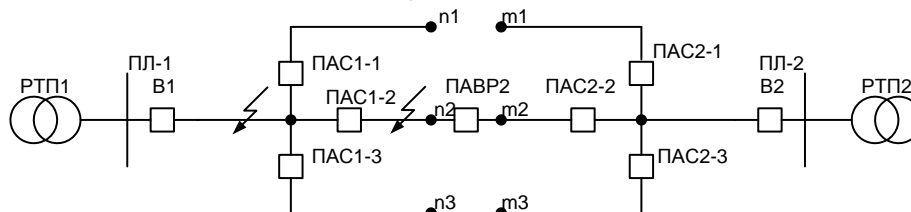


Рис. 6. Розгалужена умовно замкнена розподільна мережа з одним ПАВР та трьома ПАС на відгалуженнях в кожній ПЛ. Аварійний режим: к.з. на ділянках В1–ПАС та ПАС1-2–ПАВР2 в ПЛ1.

Реконструкція розподільної ПЛ з метою установки пунктів автоматичного секціонування (ПАС) та пунктів автоматичного вводу резерву (ПАВР) на базі реклоузерів потребує значних інвестицій, тому постає задача визначення оптимальної кількості реклоузерів в кожній конкретній лінії. Скористаємось положеннями задачі розподілу ресурсів на мережних графіках за наявності невизначених факторів [4]. В математичній моделі вибору оптимальної кількості реклоузерів для розподільної мережі невизначеними факторами в першу чергу будуть місця можливих пошкоджень в лінії, які призведуть до спрацювання вимикача на вимикання за командою від релейного захисту. Вважаючи, що невизначені фактори приймають кінцеве число значень, необхідно знайти гарантований розподіл ресурсів, який дозволить отримати найкращий результат за умов найгіршого набору невизначених факторів.

Таким чином, модель пошуку оптимальної кількості реклоузерів повинна враховувати в розподілі ресурсів $x \in X$:

- додаткові інвестиції в систему електропостачання у разі монтажу взятої до розрахунку кількості реклоузерів і необхідні у цьому випадку експлуатаційні витрати на транспорт та вартість витраченого палива під час пошуку місця аварійного пошкодження для усіх значень невизначених факторів $k = 1, \dots, r$;
- кількість умовних одиниць експлуатації на проведення бригадою робіт $l_j, j = 1, \dots, m$;

- збитки споживачів від перерв в електропостачанні;
- ресурси часу на виконання діагностичних заходів для пошуку місця пошкодження на лінії.

Приведені затрати, під якими в даній задачі розуміємо розподіл ресурсів $x \in X$, на розподільну мережу з установкою ПАС та ПАВР на базі реклоузерів, можна визначити за виразом

$$Z = E(K_1 + n K_2) + B_n + Y_n, \quad (4)$$

де E – норматив ефективності;

K_1 – інвестиції в існуючу електромережу;

K_2 – інвестиції в запланований до установки реклоузер;

n – планована кількість реклоузерів в мережі;

B_n – експлуатаційні витрати на діагностування пошкоджень в розподільній мережі з n реклоузерами;

Y_n – збитки від перерв в електропостачанні внаслідок аварійних вимикань в розподільній мережі з n реклоузерами.

Вибір оптимальної кількості реклоузерів за запропонованою моделлю передбачає перебір можливих варіантів: вибираючи певний розподіл ресурсів $x \in X$, треба задатись одним із можливих значень невизначених факторів $k = 1, \dots, r$ і розрахувати тривалість виконання діагностувальних робіт $t(x, k)$ для кожної із k можливих ділянок мережі з пошкодженням. Тоді гарантований розподіл ресурсів, який дозволяє отримати найкращий результат за умов найгіршого набору невизначених факторів, знаходимо в результаті розв'язку задачі:

$$\omega = \min_{x \in X} \max_{1 \leq k \leq r} \min_{t^{(k)}} (t_{\eta}^{(k)} - t_1^{(k)});$$

$$t_{js}^{(k)} - t_{is}^{(k)} \geq \varphi_s(x, k), \quad s = 1, \dots, m; (5)$$

$$k = 1, \dots, r; \quad t^{(k)} = (t_1^{(k)}, \dots, t_{\eta}^{(k)}); \quad x \in X.$$

За умови, що споживачі рівномірно розташовані по всіх її ділянках, можна отримати імовірнісну оцінку надійності електропостачання для кожної із розглянутих схем. Результати розрахунку наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Оцінка надійності електропостачання схем мережі з реклоузерами

Показник	Схема умовно замкненої розподільної мережі		
	Рис. 4	Рис. 5	Рис. 6
Імовірність безвідмовної роботи ділянок розподільної лінії	0,76	0,60	0,55

Висновки. За умови однакових технічних характеристик взятих до розгляду ділянок лінії, обмежених вимикачами, найнижчу надійність електропостачання має схема (рис.6) розгалуженої умовно за-

мкненої розподільної мережі з одним ПАВР та ПАС в кожній ПЛ, а найвищу – схема (рис.4) розгалуженої умовно замкненої розподільної мережі з трьома ПАВР та ПАС на відгалуженнях в кожній ПЛ. Вибір оптимальної схеми та кількості реклоузерів має передбачати врахування як збитків від недовідпуску електроенергії, так і витрат на пошук місця пошкодження.

Література

1. Прусс В.Л. Повышение надежности сельских электрических сетей / В.Л. Прусс, В.В. Тисленко. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 208 с.
2. Шкура В.П. Применение реклоузеров в распределительных сетях 6-10кВ / В.П. Шкура // Электрические сети и системы. – 2008. – №1. – С.40-46.
3. Особенности оптимизации надежности воздушных распределительных сетей в условиях применения SMARTGRID-технологий / [В.А. Попов, А.А. Петров, В.В. Ткаченко, Ю.Д. Манойло] // Зб. наук. праць ін-ту електродинаміки НАН України. Ч.2.–2011. – С.22-30.
4. Давыдов Э.Г. Исследование операций / Э.Г. Давыдов. – М.: Высш. шк., 1990. – 383с.

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ СХЕМ СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ 6-10 КВ С РЕКЛОУЗЕРАМИ

Мирошник А.В.

Аннотация

Предложена модель выбора оптимального структурного построения сельских распределительных электросетей 6-10 кВ с пунктами автоматического секционирования и автоматического ввода резерва на базе реклоузеров.

STRUCTURE OPTIMIZATION OF DISTRIBUTION OF RURAL ELECTRIC CIRCUITS 6-10 kV RECLOSERS

A. Miroschnyk

Summary

A model of selecting the optimal structural construction of rural electricity distribution networks 6-10kV with paragraphs automatic partitioning and automatic load transfer on the basis of reclosers.

УДК 53.02

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР ЗАКОНОВ НЕЖИВОЙ ПРИРОДЫ

Никифорова Л.Е., д.т.н.,

Гаевская И.В., инженер,

Орел И.А., аспирант.*

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-13-54

Аннотация – излагается гипотеза о том, что большинство законов неживой природы может быть выражено экспонентой. Приводятся обоснование гипотезы, а так же доказательство её. Установленный нами данный факт для макромира обусловлен аналогичными закономерностями микромира. Он является одним из составляющих группы аналогичных фактов развития материального мира.

Ключевые слова – природа, гипотеза, микромир, макромир, экспонента.

Постановка проблемы. По предложению Генеральной конференции Европейского физического общества, которая состоялась 8-15 июля 2004 г. в Берне, ООН приняла решение объявить 2005 г. Международным годом физики. (Первый случай в истории мировой науки, позже такой чести удостоились и некоторые другие отрасли науки.) Этим документом констатировалась ведущая роль физической науки в исследовании структуры и свойств материи, закономерностей в развитии материального мира.

Анализ последних исследований. В числе проблем, озвученных на конференции, предлагалось решить вопрос об унификации, детализации и формализации основных физических законов материального мира.

Формулирование цели статьи. Знакомство с содержанием основной естественной науки – физики позволяет сделать однозначный вывод о том, что почти все законы Природы носят экспоненциальный характер. Количественные параметры процессов, протекающих в неживой природе, изменяются в пространстве и времени по экспоненциальному закону. Мы полагаем, что указанные закономерности являются универсальными в материальном мире, в частности, в неживой природе, они обусловлены строением и свойствами материи в ее пер-

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

© д.т.н. Никифорова Л.Е., инженер Гаевская И.В.

вооснове – в ядерной и атомной структуре.

Основная часть. Рентгенографические исследования показали, что нуклоны имеют *кern*, покрытый *шубами* из π -мезонного газа, плотность которого в направлении радиуса нуклона изменяется по экспоненциальному закону. Имеется много данных за то, что физическая плотность *керна*, максимальная в его центре, уменьшается при перемещении к периферии аналогичным образом. Атомные трансмутации, открытые Н.Бором и отмеченные Нобелевской премией в 1922 г., подчиняются экспоненциальному закону. Энергетическое распределение частиц, вылетающих из сильно возбужденного составного ядра, может быть описано формулой $N(E) = E_0 \exp(-E/kT)$, где E_0 – энергия возбуждения ядра. Нарастание количества нейтронов в ядерной реакции происходит согласно закону $\sim e^{at}$ (здесь a – коэффициент размножения нейтронов). Активность радионуклида (интенсивность излучения) уменьшается с течением времени как $A \sim e^{-\lambda t}$. Здесь λ – постоянная радиоактивного распада. При установлении валентной связи между атомами в молекуле энергия обменного взаимодействия двух не спаренных электронов в атомах ослабевает по мере удаления их друг от друга как $W = W_0 \exp(-ar)$, где $W_0 \approx 3 \cdot 10^5$ Дж/моль – энергия взаимодействия электронов при оптимальном расстоянии r между ними, a – некоторая постоянная.

Имеющие экспоненциальный характер закономерности в микромире достаточно удачно повторяются в макромире. Обратимся к Солнечной системе [1]. Прежде всего, покажем, что она обладает исключительной устойчивостью.

В табл.1 приведены значения важнейшей характеристики динамики вращательного движения – орбитального момента количества движения планет относительно Солнца.

Таблица 1 - Характеристики динамики вращательного движения

Планеты	Момент количества движения, кг·м ² /с
Меркурий	$9,15 \cdot 10^{38}$
Венера	$1,82 \cdot 10^{40}$
Земля	$2,66 \cdot 10^{40}$
Марс	$3,51 \cdot 10^{39}$
Юпитер	$1,93 \cdot 10^{43}$
Сатурн	$7,81 \cdot 10^{42}$
Уран	$1,70 \cdot 10^{42}$
Нептун	$2,50 \cdot 10^{42}$
Плутон	$5,01 \cdot 10^{40}$

Учитывая тот факт, что в расчетах использовались большие числа, расхождения в значениях моментов для различных планет можно объяснить неточностью измерения столь огромных величин. Кроме того, необходимо учитывать эксцентриситет и эллипсовидный характер орбит планет, хотя они и невелики. Слишком малый момент у Меркурия обусловлен его синхронным вращением, то есть период собственного вращения и обращения вокруг Солнца равны. Очевидно, он когда-то был спутником Венеры. Массу Венеры и Меркурия из-за отсутствия у них спутников вообще трудно вычислить. Возмущения, оказываемые ими на другие планеты, дают значительные погрешности при подобного рода вычислениях.

Существенные расхождения в значениях моментов у Марса и Юпитера объясняются тем, что между этими планетами находится свыше 60 тыс. малых планет. Отклонение в величине момента Урана обусловлено, очевидно, наличием у него двух спутников, обнаруженных в 2005 г. с помощью телескопа Хаббла, находящегося на околоземной орбите. Следует также помнить и тот факт, что за Нептуном расположен пояс Койпера, в котором наблюдается более 100 тыс. объектов (главным образом астероидов) с диаметром, превышающим 100 км. Достаточно многочисленная группа астрофизиков считает Нептун и Плутон двойной звездой, опираясь на тот факт, что орбиты этих планет пересекаются. Другая группа учёных утверждает, что Плутон является астероидом в поясе Койпера [2]. В 2005 г. российские астрофизики обнаружили за пределами этого пояса материальное образование, находящееся на расстоянии 12,1 млрд.км от Солнца. Позже на расстоянии 14,5 млрд.км от Солнца была зарегистрирована десятая (!) планета Солнечной системы, пока еще не получившая своего названия. Данный факт говорит о том, что пояс Койпера представляет собой туманность, оставшуюся после того, как сформировались планеты Солнечной системы, в которой в результате её концентрации вполне вероятно образование новых планет системы. С учетом изложенных обстоятельств разницу в значениях момента количества движения планет можно считать несущественной, что служит доказательством устойчивости Солнечной системы в целом. Есть веские основания полагать, что планетная система за время своего существования не подвергалась таким внешним воздействиям, которые могли бы изменить орбитальный момент количества движения планет, сохранение которого следует из изотропии пространства и неизменности уравнений движения при вращениях вокруг заданной оси.

В самой Солнечной системе также наблюдается идеальный порядок, который количественно можно выразить экспонентой. В таблице 2 представлены значения периода обращения планет вокруг Солнца (в земных сутках). Если принять период обращения Меркурия

за единицу, то периоды обращения других планет будут кратны числу e . В обнаруженную закономерность не «вписывается» Нептун, что связано, очевидно, с наличием у него 10 спутников, суммарная масса которых, очевидно, мало отличается от массы самой планеты. В последней колонке таблицы указаны величины несовпадений реальных и расчетных значений периодов обращений. По причинам, изложенным выше, ошибка в вычислениях параметра обращения Урана получилась достаточно большой. И всё-таки эти расхождения следует признать малозначимыми [3].

При уточнении законов движения планет Солнечной системы было обнаружено, что гравитационная постоянная (мировая константа!) меняется с изменением расстояния r между взаимодействующими объектами. Тем самым ставился под сомнение закон Всемирного тяготения. Поэтому было предложено записывать его в виде $F = \sigma G m_1 m_2 / r^2$, где $\sigma = e^{-5681r}$ (здесь r – в километрах), считая гравитационную постоянную G неизменной. Данный факт учитывается в расчётах траектории полёта ракет и ИСЗ. Для подъёма космического аппарата массой M на высоту h требуется затратить топливо, масса m которого по мере удаления космического корабля уменьшается согласно уравнению $m = m_0 \exp(-h/ut)$, где u – скорость истечения газов, образующихся при сгорании топлива, относительно двигателя космического аппарата. Масса самого аппарата, запущенного в космическое пространство, по мере сгорания топлива, уменьшается согласно закону $M = M_0 \exp(-h/vt)$. Здесь v – скорость удаления аппарата от поверхности Земли [4].

Таблица 2 – Значения периода обращения планет вокруг Солнца

	T_e	e	T_p	$(T_p - T_e) / T_e, \%$
Меркурий	88	1	88	-
Венера	224,5	e	239,2	+6,5
Земля	365	$e^{e/2}$	356,4	-2,4
Марс	687	e^2	650	-5,4
Малые планеты		$e^e - e^3$		
Юпитер	4329,6	e^4	4804,6	+10,9
Сатурн	10752	e^5	13060	+21
Уран	30665	e^6	35501,6	+15,8
Нептун	60145			
Плутон	91151	e^7	96503	+5,87

В настоящее время в материальном мире обнаружено четыре вида энергоинформационного взаимодействия. Три из них – электро-

магнитное, сильное и слабое имеют, несомненно, электрическую природу. Если иметь в виду тот факт, что Солнце и большинство планет Солнечной системы обладают электрическими зарядами, то и гравитационное взаимодействие между ними можно в грубом приближении рассматривать как электромагнитное. Таким образом, подавляющее количество процессов в окружающем нас мире протекает с установлением и разрушением электрических связей между взаимодействующими объектами. С этой точки зрения весьма логично были предприняты попытки установить количественную связь между этими видами взаимодействия. Первая, наиболее серьёзная, попытка построить модель единого поля была предпринята В.Гейзенбергом. В силу непредвиденных трудностей цель не была достигнута и предложенная теория осталась по существу лишь программой, привлекающей внимание небольшого числа теоретиков, но ещё далекой от завершения [5].

Каждый из четырёх видов взаимодействия в Природе можно охарактеризовать константой (или основным параметром) такого взаимодействия. И если действительно их можно объединить в одно, то между параметрами, характеризующими отдельные виды взаимодействия количественно, должна быть строгая связь. Следуя этому положению, можно утверждать, что гравитационное взаимодействие следует охарактеризовать гравитационной постоянной G . Электромагнитное взаимодействие определяется электрической ϵ_0 и магнитной μ_0 постоянными, а через них – скоростью распространения $c = (\epsilon_0 \mu_0)^{-1/2} \approx 300$ тыс. км/с взаимодействия в вакууме. Для характеристики слабого и сильного взаимодействий, в принципе, не сильно различающихся по природе и величине, следует взять постоянную Планка \hbar . Комбинация этих констант приводит к результату $m = (\hbar c/G)^{1/2} \approx 10^{-8}$ кг. Значение массы получилось вполне реальным, но объяснить каким-либо образом её смысл и числовое значение пока не удаётся. Возможно, это масса кванта гравитационного взаимодействия – *гравитона*, который так долго и безуспешно ищут. Другая комбинация констант взаимодействия даёт $l = (G\hbar/c^3)^{1/2} \approx 10^{-35}$ м. Найденное значение можно назвать *фундаментальной длиной*, которая определяет масштабы бесконечного пространства. Так, например, взаимодействие нуклонов в ядре проявляется на расстоянии, меньшем $l_0 = \hbar/mc \approx 10^{-14}$ м. Ещё одна комбинация констант приводит к величине времени $\tau = (G\hbar/c^5)^{1/2} \approx 10^{-43}$ с. Эту же величину можно получить и как $\tau = l/c$. Она определяет размер квантов времени и называется *планкеоном*. По-видимому, промежутков времени меньше τ быть не может. С этой точки зрения непрерывный поток времени состоит из ненаблюдаемого истинно дискретного процесса. В этот поток времени вовлечены все события. Его нельзя ни ускорить, ни замедлить и, уж конечно, его нельзя обратить вспять. Кванты пространства, массы и времени тесно связаны между собой. Концен-

трация гравитонов, например, создает поле тяготения, которое замедляет течение времени. Этот вывод был проверен в прямых экспериментах на Земле и с помощью астрофизических наблюдений на Солнце и звездах. Гравитационное поле ограничивает скорость движения материальных объектов до величины $v = l/\tau \approx 300$ тыс. км/с. Так как $\epsilon_0 \sim \rho[\text{кг/м}^3]$, то из уравнения $c = (\epsilon_0 \mu_0)^{-1/2}$ имеем $w = 1/\rho = 8 \cdot 10^5 \text{ Дж/м}^3$ – предельное значение плотности электромагнитной энергии, переносимой в пространстве. Таким образом, установив с помощью мировых констант факт формальной связи между известными в настоящее время четырьмя видами взаимодействия в материальном мире, мы еще раз подтвердили, кроме всего прочего, электрическую природу этих взаимодействий в т.ч. гравитационного!

Многие процессы на Земле и их количественные характеристики изменяются в пространстве и времени по экспоненциальному закону. Так, температура дневной стороны Земли по мере удаления от поверхности Солнца уменьшается по экспоненте. Изменение давления воздуха по высоте атмосферного столба выражается экспоненциальным законом (так наз. *барометрическая формула*). В результате эпизодических взрывов на Солнце в окружающее пространство выбрасывается солнечное вещество, получившее название солнечного ветра, в состав его входят электрически заряженные частицы. Он распространяется со скоростью ~ 300 км/с, и по мере приближения к Земле плотность энергии его экспоненциально уменьшается до $\sim 4 \cdot 10^{-6} \text{ Вт/м}^2$ у поверхности нашей планеты. Аналогичная зависимость имеет место и для давления солнечного ветра на поверхность Земли. Напомним, что Земля имеет электрический заряд $q \approx -6 \cdot 10^5 \text{ Кл}$, который в окружающем Землю пространстве образует поле с напряжённостью $\sim 133 \text{ В/м}$ у поверхности Земли. Согласно законам классической электростатики напряжённость E поля должна уменьшаться с высотой над поверхностью Земли как $E \sim r^{-2}$. Однако, за счет наличия в атмосфере Земли объёмных зарядов, образующихся за счёт улавливания положительных электрических зарядов солнечного ветра, напряжённость поля уменьшается с высотой над поверхностью Земли по экспоненциальному закону до (3-4) В/м на высоте 10 км.

В последнее время всё чаще нашу планету стали сотрясать землетрясения, вызывающие многочисленные человеческие жертвы, страшные разрушения и длительные негативные последствия. Для количественной характеристики этих катастроф предложен показатель интенсивности землетрясения $I \sim \exp A_{max}$. Здесь A_{max} – амплитуда смещения почвы на расстоянии $r=100$ км от эпицентра землетрясения. Согласно этому правилу магнитуда максимального землетрясения оценивается в $I_{max} = 8,5$ балл.

В зависимости от порядкового номера в периодической таблице элементов Менделеева совокупность 24-х химических элементов от Р до W, сравнительно редко встречающихся в земной коре и содержание которых находится в пределах $(123 - 2,5) \cdot 10^{-3} \%$, достаточно хорошо укладывается на экспоненциальную кривую. Другая группа 14-ти редкоземельных элементов от Cd до Ra, содержание которых в земной коре лежит в пределах $(440-5) \cdot 10^{-6} \%$, также довольно удачно располагается на другой экспоненциальной кривой. Важнейшая характеристика химической кинетики – водородный показатель pH, количественно характеризующий химическую кинетику, логарифмически связан с активностью ионов водорода в растворе. Распределение вероятностей различных состояний квазизамкнутых макроскопических систем (распределение Гиббса) определяется химическим потенциалом системы по экспоненциальному закону.

Обратимся к процессам, имеющим место в механике. Это законы уменьшения со временем амплитуды затухающих (реальных) колебаний, скорость распространения и уменьшения интенсивности сферической акустической волны (в частности, звуковой), которые уменьшаются с увеличением расстояния по экспоненциальному закону. Единица громкости звука – *Белл* определяется логарифмом отношения интенсивности звука I к порогу слышимости I_n . Весь звуковой спектр укладывается в экспоненциальный закон. Если порог слышимости $\nu_n = (18-22)$ Гц человека принять за точку отсчёта, то $e\nu_n \approx 60$ Гц – частота переменного тока в странах СНГ и США, $e^2\nu_n \approx 160$ Гц – собственная частота импеданса уха человека при отсутствии внешних воздействий, $e^3\nu_n \approx 435$ Гц – частота камертона для настройки музыкальных инструментов, $e^4\nu_n \approx 1180$ Гц – резонансная частота среднего уха, $e^5\nu_n \approx 3,2$ кГц – частота наиболее эффективного информационного обмена человека, $e^6\nu_n \approx 8,9$ кГц – частота восприятия максимальной эстетической информации человеком и $e^7\nu_n \approx 23$ кГц – верхняя частотная граница слышимости звукового спектра. Если же взять $\nu_n/e \approx 7-8$ Гц, то это – частота биоритмов основных органов организма человека (на этой частоте биоритмы головного мозга превращаются в электрические сигналы нервной системы). Инфразвуки с такой частотой предшествуют надвигающемуся шторму в атмосфере Земли задолго до его появления, Животные, включая рыб, насекомых и птиц, а также растения очень хорошо фиксируют эти инфразвуки и готовятся к приближающемуся шторму.

В молекулярной физике широко известны экспоненциальные уравнения, описывающие распределение группы из N частиц по скоростям (статистика Больцмана-Максвелла, Бозе-Эйнштейна, Ферми-Дирака). Широкое распространение в науке получила функция распределения молекул газа по скоростям $(1/N)(dN/dv) = 4\pi v^2(m/2\pi kT)^{3/2} \times$

$\times \exp(-mv^2/2kT)$, где m – масса молекулы, k – постоянная Больцмана. Зависимость атмосферного давления от высоты h над уровнем моря широко и успешно определяется по барометрической формуле $p = p_0 \times \exp(-mgh/kT)$. Кинетика испарения жидкостей, в частности распределение по энергиям молекул, испаряющихся с поверхности жидкости, зависимость от температуры интенсивности испарения подчиняется экспоненциальному закону. Коэффициент поверхностного натяжения жидкостей уменьшается с повышением температуры также по экспоненте. Зависимость вязкости жидкости от давления и температуры, распределение скоростей потока жидкости по сечению трубы и другие законы гидравлики выражаются количественно через экспоненту.

В термодинамике хорошо известны законы нагревания и охлаждения вещества, представляющие собой *экспоненциальные* зависимости. Вероятность ψ состояния системы с температурой T , согласно Гиббсу, определяется как $\psi = A \exp(-E/kT)$, где A – некоторая постоянная, E – энергия состояния системы, k – постоянная Больцмана. Энтропия S для замкнутой термодинамической системы связана с вероятностью ψ состояния этой системы уравнением $S = k \ln \psi$. Этот универсальный закон природы выражает постоянную тенденцию любой термодинамически замкнутой системы к переходу в более вероятное состояние, энтропия которой при этом непрерывно растёт. Релаксация – процесс возвращения в состояние термодинамического равновесия макроскопической системы, выведенной из этого состояния. Это необратимый процесс и, поэтому, в силу закона возрастания энтропии, сопровождается переходом части внутренней энергии системы в тепло (диссипация энергии). Время, за которое отклонение состояния системы от первоначального уменьшается в e раз, назвали временем релаксации. Процессы тепло- и температуропроводности происходят по экспоненциальному закону. Работа газа при самом выгодном – термодинамическом изопроеесе определяется как $A = RT \ln(V_2/V_1)$, где V – объём газа в конце и начале процесса соответственно. Законы диффузии вещества, независимо от его агрегатного состояния, выполняются согласно экспоненте, причём коэффициент диффузии также экспоненциально зависит от температуры. Аналогичная зависимость имеет место для коэффициента поверхностного натяжения жидкостей, растворов и расплавов. Концентрация дефектов c_g в твёрдых телах, которые определяют их свойства, в том числе механические, пропорциональна $c_g \sim \exp(-U_g/kT)$, где U_g – энергия образования дефекта.

В науке об электромагнетизме многие опытные законы в полуколичественном выражении представляются экспонентой. Так, плотность j термоионного электрического тока в проводниках (металлах) равна $j = VT^2 e^{-A/kT}$, где B – некоторая постоянная, A – работа выхода электрона из металлов. Электропроводность полупроводников и диэлек-

триков зависит от энергии E носителей (заряда) как $\sigma \sim e^{-E/kT}$. Она также определяется содержанием вакансий. При неизменных внешних условиях имеет место равновесная, то есть постоянная, концентрация вакансий, причём с увеличением температуры она будет возрастать. Образование одной вакансии предполагает необходимость во флуктуации энергии U_0 . Если иметь в виду закон, который утверждает, что вероятность флуктуации ψ энергии определенной величины $\psi \sim \exp(-U/kT)$, то концентрация вакансий будет $c_0 \sim \exp(-U_0/kT)$. Соответственно тепло- и электропроводность, электрическая прочность и другие характеристики твердых диэлектриков будут меняться по такому же закону. При действии электрического поля на диэлектрик в нем происходит релаксация – процесс возвращения в состояние электродинамического равновесия макроскопической системы, выведенной из такого состояния. Этот необратимый процесс происходит в течение времени внутренней энергии системы в тепло (диссипация). Количественно время релаксации принято нормировать как время, за которое отклонение системы от первоначального значения уменьшается в e раз [6].

Электрический пробой диэлектриков, независимо от их агрегатного состояния, начинается с образования электронной лавины, причем по мере движения ее через диэлектрик количество электронов в ней нарастает согласно закону $n \sim e^{\alpha x}$, где α – коэффициент ударной ионизации электронами. Распределение в лавине электронов по энергиям (скоростям) соответствует уравнению $(\Delta n/n) \sim e^{-E/kT}$. Импульсная электрическая прочность идеальных диэлектриков (щелочно-галогенидных монокристаллов) при длительности приложения напряжения 10^{-4} – 10^{-7} с экспоненциально уменьшается с повышением температуры выше комнатной. Проведенные широкомасштабные эксперименты показали, что электрический пробой диэлектриков при воздействии на них импульсов напряжения наносекундной длительности обусловлен низкотемпературной плазмой ($T \approx 10^5$ К), образующейся при стягивании собственным магнитным полем носителей (электронов) в шнур (*пинч*-эффект). Плотность пробивного тока при этом достигает $\sim 10^{12}$ А/м²! Напряжение на диэлектрике, сила пробивного тока (и его плотность), а также давление газа в канале пробоя увеличивается со временем по экспоненциальному закону [7].

Заселённость f_B энергетических уровней E термодинамически открытых систем описывается уравнением Больцмана $f_B = A_c \exp(-E/kT)$, где A_c – заселённость самого нижнего энергетического уровня. Вероятность ψ заполнения энергетического уровня E электроном определяется функцией Ферми $\psi = 1/[\exp((E-E_F)/kT)+1]$, где E_F – энергия уровня Ферми. Сверхпроводимость возникает в том случае, если электроны в проводнике вблизи поверхности Ферми притягиваются друг к другу, образуя пары. Критическая температура T_c для сверхпроводя-

щого переходу визначається силою притягнення електронів в парі, котрою характеризують параметром $g \approx 1/3$ і шириною області kT_F , названою областю енергій Фермі, т.е. $T_c = T_F e^{-1/g}$. М. Планк знайшов, що ймовірність знаходження осцилятора в стані з енергією E_n , пропорційна $\exp(-E_n/kT)$. При даній умові середня енергія осцилятора дорівнює $\langle E_n \rangle = hv / [\exp(hv/kT) - 1]$. Закон зміни в часі параметрів електромагнітних коливань в контурах з ємністю і індуктивністю має експоненціальний характер. Відношення величин напруг (вхідної U_1 і вихідної U_2) усилителя (тока, напруги, звукових тисків, потужностей і т.п.) дорівнює $U_2/U_1 = e^N$, де N – коефіцієнт посилення. Інтенсивність I електромагнітного випромінювання (в частині, світла), що пройшло в певній речовині шаром товщиною d , зменшується до значення $I = I_0 \exp(-\mu d)$. Тут μ – коефіцієнт лінійного ослаблення випромінювання речовиною.

В квантовій фізиці широко відоме рівняння плоскої хвилі (хвилі де Бройля), що встановлює зв'язок довжини λ хвилі частини, що розповсюджується в напрямку r , яке зазвичай записується в такому вигляді: $\psi = A \exp\{-i/\hbar [E - (p \times r)]\}$, де $|\psi^2|$ – густина ймовірності розподілу частини в певній точці простору, $E = p^2/2m$ – енергія, а p – імпульс частини. Спектри фотонів і нейтронів ділення, в частині теплових нейтронів водно-водяних ядерних реакторів, чудово апроксимуються експоненціальною функцією Максвелла (див. вище).

І ще один цікавий приклад. Встановлено, що темп розвитку науки (витрати на науку, кількість науковців, кількість наукових журналів, статей і т.п.) зростає відповідно до закону $y_i(t) = y_i(0) \exp(t/T_i)$, де T_i – час, за який наука «продуктується» в e раз (лауреат Нобелівської премії академік РАН В. Гінзбург оцінює його в ~ 15 років, але з розвитком науки він скорочується по експоненті). Екстраполюючи цю залежність в часі, можна достатньо впевнено стверджувати про повністю здійснюваний факт: до 2050 року приблизно половина населення розвинутих країн буде залучена до наукових досліджень і розробки новітніх технологій. Насправді з розвитком людського суспільства фізична праця все більше замінюється творчою: в даний час в США $\sim 76\%$ трудоспроможної населення в певній чи іншій мірі зайнята інтелектуальною працею, в країнах Західної Європи – 74% , в Росії – 40% , в Україні – близько 25% . За час усвідомлення історії людства для першого удвоєння обсягу знань йому довелося витратити 1750 років. Наступне удвоєння знань відбулося на початку ХХ століття, а третє – близько 1950 року. З розвитком людського суспільства, з 1995 року знання людства удваивалися щорічно, а в останній час – кілька разів на рік, зростаючи експоненціально з часом. Екстраполяція в майбутнє залежно-

сти роста получаемого человеком объёма информации приводит к тому, что эта зависимость устремляется в бесконечность в конце 2012 г. Уже сейчас в США прогрессивными разработками сверх актуальных проблем человечества занято 40 млн чел., в России – 13-14 млн.

Количество научного «продукта» в мире возрастает на 5-7% в год, но и требования к науке, предъявляемые жизнью, повышаются. Количество ученых в Украине за годы независимости сократились почти вдвое за счет ухода из науки молодежи, что связано с низкой зарплатой и недостаточной эффективностью научных разработок. Кстати, в связи с выездом научных сотрудников и высококвалифицированных специалистов потери Украины составляют более \$1 млрд. в год. Для справки: подготовка специалиста с высшим образованием естественного и технического профилей стоит Украине около \$10 тыс., а в развитых странах эти затраты в 10 раз больше. На сегодня средний возраст работающих в НАНУ кандидата наук составляет уже 51,3 года, а доктора наук – более 60 лет. Количество научных учреждений со штатом в 20-30 человек значительно увеличилось. Время требует усиления конкурентоспособной системы воспроизводства научной продукции как предпосылки ускоренного развития отечественной экономики. Бюджетные неуразности, аккредитация научных учреждений сдерживает их инновационную деятельность.

Примеры можно множить. Однако и приведенных фактов достаточно для того, чтобы сделать однозначный вывод об универсальности количественных закономерностей процессов неживой Природы. Но самые удивительные открытия, несомненно, ещё впереди, и мы надеемся, что количественные параметры открытых явлений будут меняться в пространстве и времени по экспоненциальному закону. Более того, мы уверены в этом.

Выводы. Около 1594 г. шотландский математик Джон Непер изобрёл логарифмы и в 1614 г. опубликовал их описание [8]. В качестве основания логарифмов он взял число e и назвал их *натуральными* (от англ. *nature* – природа). Все математические уравнения, содержащие число e в любой степени, назвали *экспоненциальными* (показательными). Развитие и совершенствование неорганической природы в пространстве и времени можно во всей ее массе количественно выразить с помощью натуральных логарифмов. Все эти многочисленные факты связаны с *натуральными* («природными») логарифмами Непера. Случайно ли это совпадение или гениальное предвидение великого (по тем временам) учёного? Увы, мы никогда не получим ответ на этот вопрос.

Литература

1. Монин А.С. Современная история Земли / А.С.Монин. – М.: Наука, 1980. – 224 с.

2. Дубров А.П. Геомагнитное поле и жизнь / А.П.Дубров. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 176 с.

3. Хлопов М.Ю. Космомикрофизика / М.Ю.Хлопов. – М.: Наука, 1989. – 164 с.

2. Мирошниченко Л.И. Солнечная активность и Земля / Л.И.Мирошниченко. – М.: Наука, 1981. – 144 с.

5. Кухаркин Е.С. Основы инженерной электрофизики / Е.С.Кухаркин. – М.: Высшая школа, 1969. – 510 с.

6. Канарёв Ф.М. Кризис теоретической физики / Ф.М.Канарёв. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 1998. – 200 с.

7. Кучин В.Д. Зависимость электрической прочности ионных кристаллов от температуры/ В.Д.Кучин. – М.: Доклады АН СССР, 114,301, 1957.

8.Баврин И.И. Высшая математика / И.И.Баврин. – М.: Академия, 2003. – 616 с.

УНІВЕРСАЛЬНИЙ ХАРАКТЕР ЗАКОНІВ НЕЖИВОЇ ПРИРОДИ

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

Анотація

В роботі викладається гіпотеза про те, що більшість законів неживої природи може бути виражена експонентою. Наводяться обґрунтування гіпотези, і доказ її. Встановлений нами даний факт для макросвіту зумовлений аналогічними закономірностями мікросвіту. Він є одним зі складових груп аналогічних фактів розвитку матеріального світу.

THE UNIVERSAL LAWS OF THE INANIMATE NATURE

L.Nikiforova, I.Gaievska, I. Orel

Summary

We present a hypothesis that most of the laws of inanimate nature can be expressed by an exponent. Explanation of the hypothesis and its proof are presented. This established fact by us for macrocosm is caused with similar appropriateness's of the microcosm. It is one of the components of a group of similar facts of the material world development.

УДК 621.65:004.183

О МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ С ВЕНТИЛЕМ

Орловский И.А., д.т.н.

Запорожский национальный технический университет

Тел. (061) 769-83-13

Аннотация – выполнено сравнение методов расчёта составляющих мощности в электрических цепях, состоящих из источника синусоидального напряжения, вентиля, активной и активно-индуктивной нагрузки. Вычислялись составляющие мощности, как производной энергии, из описания процессов преобразования энергии и анализировались слагаемые полученные произведением, разложенных в ряды Фурье напряжений и токов. Показано, что мгновенные значения этих слагаемых при работе на чисто активную нагрузку имеют отрицательные значения, достигающие более 60% средней мощности источника, что не имеет физического соответствия.

Ключевые слова – энергия, активная мощность, реактивная мощность, электрооборудование, несинусоидальный ток, вентиль.

Постановка проблемы. Исследования энергетических процессов в электротехнических комплексах, в том числе агропромышленных, по-прежнему являются актуальными. Активно развиваются математические подходы по интерпретации мощности и энергии в цепях несинусоидального тока [1], что вызвано интенсивной разработкой и внедрением мощных преобразовательных устройств, приводящих к искажению формы кривых напряжения и тока [2]. Споры, касающиеся потребления реактивной мощности выпрямительными устройствами, не прекращаются уже много десятилетий [3, 4]. При анализе энергетических процессов в электротехнических комплексах введены и вводятся новые понятия. С одной стороны, требуется развитие исследований процессов преобразования энергии в электротехнических устройствах для снижения потерь энергии, повышения качества потребляемой энергии и снижения влияния потребителей на электрическую сеть. С другой стороны, развитие новых методов исследований приводит к введению новых терминов мощности.

Автором затронут данный вопрос в рамках обсуждения с целью обратить внимание на появление большого числа исследований энергетических процессов в электроустановках без должного обоснования физической сущности предлагаемых показателей и терминов. Такой

подход приводит к сложностям практического применения полученных результатов.

Анализ последних исследований. Широко обсуждаются в научной литературе [2, 3, 5] понятия «неактивная мощность» и «мощность искажений» по их развитию защищены диссертации [6]. Вводится понятие «реактивная мощность сдвига», под которым понимается «составляющая неактивной мощности, характеризующая процессы обусловленные взаимодействием одинаковых по частоте гармоник тока и напряжения» [5]. В [2] авторы считают, что используемая до сих пор оценка энергетической эффективности систем переменного тока, широко применяемыми понятиями реактивной, полной (кажущейся) мощности и показателями на базе их, приводит к потере связи с физикой процессов в системе и затруднениям при интерпретации результатов, и иногда даже к их ошибочности. Предлагается энергетические процессы при любой форме кривых напряжений и тока оценивать по кривой мгновенной мощности, её составляющим и показателям, и на основе этого решать задачи компенсации реактивной составляющей мощности, подавления внешних гармоник тока, потребляемого из сети [2]. В [4] введено понятие приведённая реактивная мощность (определяется из интегральных выражений), которое позволяет «определить реактивную мощность этой цепи, как сумму приведённых реактивных мощностей её отдельных элементов, и даёт возможность получить для произвольной нелинейной цепи, и в том числе для различных усложнённых вентильных преобразователей, необходимые энергетические и расчётные соотношения без весьма трудоёмкого и громоздкого разложения в ряд Фурье кривой первичного тока».

С другой стороны использование различных подходов и требований к решению отдельных задач по определению реактивной мощности, введение новых составляющих мощности, полученных как отдельные слагаемые при произведении токов и напряжений [2, 6], предварительно разложенных в ряды Фурье, привело к путанице при интерпретации физических процессов. К тому же разложение сигналов в ряд Фурье выполняется по их значениям за предыдущий период первой гармоники, поэтому говорить о мгновенных значениях (например, мощности) процесса по результатам этих разложений можно достаточно условно.

Например, ЭДС источника (генератора) формируется произведением угловой скорости на магнитный поток, и при этом выполняется разложение каждой величины (скорости, магнитного потока и тока) в ряд, например, Фурье. При вычислении мощности перемножением трёх этих рядов можно получить новые слагаемые, и если их интерпретировать как составляющие мощности, то, следовательно, появятся и новые понятия «мощностей» (например, в зависимости от того разные или одинаковые составляющие рядов участвуют в произведении), однако физический смысл этих новых видов «мощностей», на наш

взгляд отсутствует. При таких преобразованиях имеют место только различные чисто аналитические представления функции.

Предложенное в [2] вычисление мощности, когда ток и напряжение представлены в виде суммы «знакопеременных синусной и косинусной составляющих мгновенной мощности», уже удаляет от физического смысла. Функции $\sin(\Omega t + \varphi)$ и $\cos(\Omega t + \varphi)$ можно представить в виде различных функций, в том числе тригонометрических, а не только, как представлено в [2] ($\cos(\Omega t - \varphi) = \cos(\Omega t)\cos\varphi + \sin(\Omega t)\sin\varphi$), и получить множество различных интерпретаций мощности.

В статье В.Г. Долбни [3] рассмотрены две элементарные цепи преобразовательных устройств, содержащие диод (или тиристор), включенный последовательно с резистором в цепь переменного напряжения. Автор анализирует предлагаемые объяснения (основанные на наличии высших гармоник в токе, протекающем в цепи) разных значений мощностей, выделяемых на резисторе и потребляемых из сети. Из анализа формул и рассуждений следует, что ток гармоник, якобы протекает навстречу питающему напряжению и создаёт отрицательную по знаку забираемую мощность. В статье задаётся вопрос: «что же (какая сила) заставляет гармоники тока протекать навстречу действующему напряжению? Ведь в схеме накопителей энергии нет». Анализируя различные объяснения, профессор В.Г. Долбня пишет: «Первое, что приходит на ум – не находимся ли мы в плену предположения, что ток состоит из гармоник ... , может на самом деле никаких гармоник и нет, а это лишь математическое представление (как, например, мнимые числа)?». Однако, автор не развивает дальше данное предположение, так как, с его точки зрения, реактивная мощность в такой цепи «на самом деле есть, это подтверждает не только математика, но и экспериментальная проверка с использованием измерительных приборов». На наш взгляд, в измерительных приборах выполняются такие же математические преобразования при вычислении спектра тока и напряжения, что и при проверке методом моделирования, это и приводит к выводу о подтверждении результатов экспериментально. При решении этой же задачи профессор Маевский О.В. [4] считает не целесообразным применять разложение токов и напряжений в ряды Фурье.

Если в цепи с тиристором и резистором (без индуктивности) возникает путаница с реактивной мощностью, то при включении в цепь реактора (не говоря уже о более сложных схемах), разобраться в процессах будет ещё сложнее. Возникшая ситуация связана с подменной физических явлений, связанных с преобразованием (переходом из одного вида в другой) энергии электрического поля, магнитного поля, механического движения и тепловой.

Формулирование цели статьи. Целью статьи является сравнение результатов расчётов мощности различными способами на конкретных примерах цепей с вентилем и активно-индуктивной нагрузкой.

Основная часть. 1. Аналитические выражения для вычисления мощностей, как производных энергии при её преобразовании.

В электротехнических системах происходит преобразование энергии, что часто анализируется с использованием мощностей. Если вычислять мощности, как производные из выражений преобразования энергии в системе, то найденные значения будут отражать физические процессы, так как понятие мощность в физике вводится, как производная энергии [7].

Подключим к источнику ЭДС $e(t)$ уединённую неподвижную недеформируемую с неферромагнитным сердечником (идеальную) катушку с сопротивлением R и индуктивностью L (рис. 1). Пусть в катушке в начальный момент времени ток i и потокосцепление ψ равны нулю, тогда уравнение электрической цепи имеет вид [8]

$$e = iR + \frac{d\psi}{dt}. \quad (1)$$

Умножив обе части равенства (1) на idt , получим

$$eidt = i^2 Rdt + id\psi. \quad (2)$$

Левая часть (2) представляет собой энергию, отдаваемую источником ЭДС за время dt , слагаемое $i^2 Rdt$ – энергию, выделяющуюся в виде теплоты в сопротивлении R , слагаемое $id\psi$ – энергию, идущую на создания магнитного поля катушки, обозначим её $dW_M = id\psi$ [8].

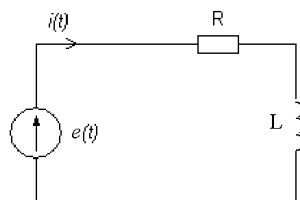


Рис. 1. Источник ЭДС с активно-индуктивной нагрузкой.

Полная энергия, запасённая в магнитном поле катушки, при изменении потокосцепления ψ от 0 до ψ_m и протекании через неё тока i , равна [8]

$$W_M = \int_0^{\psi_m} id\psi. \quad (3)$$

Для рассмотренной катушки $\psi = Li$ и $d\psi = Ldi$, поэтому [8]

$$W_M = L \int_0^I idi = \frac{LI^2}{2}, \quad (4)$$

где I – некоторое установившееся значение тока в цепи.

Скорость изменения энергии магнитного поля и есть мгновенная реактивная мощность на индуктивности

$$q_L = \frac{dW_M}{dt} = \frac{d(Li^2/2)}{dt} = Li \frac{di}{dt}. \quad (5)$$

Для данной цепи накопление энергии происходит только в индук-

тивности, и поэтому другой реактивной мощности быть не должно.

Мгновенные значения мощности источника $s_{ист}$ и мощности рассеивания p_R на активном сопротивлении, согласно (8) равны:

$$\left. \begin{aligned} s_{ист} &= ei, \\ p_R &= i^2 R. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Согласно закону сохранения энергии и теореме о балансе активных и реактивных мощностей [8], уравнения баланса мощностей имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} p_{ист} &= p_R, \\ q_{ист} &= q_L, \\ s_{ист} &= p_{ист} + q_{ист}. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где $p_{ист}, q_{ист}$ – мгновенные активная и реактивная мощности источника питания.

Для линейной цепи синусоидального тока уравнения баланса мощностей следующие [8]:

$$\left. \begin{aligned} EI \sin \varphi &= Li \frac{di}{dt}, \\ EI \cos \varphi &= i^2 R, \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где E и I – амплитуды ЭДС и тока в цепи, φ – угол сдвига между ЭДС и током.

При представлении токов и напряжений в виде рядов Фурье из-за особенностей этого ряда выполняются некоторые интегральные соотношения. С учётом того, что активную мощность P несинусоидального тока определяют как среднее значение мощности за период первой гармоники [8] и представлении ЭДС и тока рядами Фурье, при их подстановке в уравнение мощности получается соотношение

$$P = E_0 I_0 + E_1 I_1 \cos \varphi_1 + \dots + E_k I_k \cos \varphi_k, \quad (9)$$

где E_0, E_1, \dots, E_k и I_0, I_1, \dots, I_k – амплитуды нулевой, первой и k -ой гармоник ЭДС и тока соответственно; $\varphi_1, \dots, \varphi_k$ – углы сдвига фаз между ЭДС и токами первой и k -ой гармоник. Таким образом, активная мощность в цепи несинусоидального тока равна сумме активных мощностей отдельных гармоник [2, 8, 9].

Действующее значение полной мощности S равно произведению действующих значений несинусоидальной ЭДС E и несинусоидального тока I [8]

$$S = EI, \quad (10)$$

$$\text{где } E = \sqrt{E_0^2 + E_1^2 + \dots + E_k^2}, \quad I = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + \dots + I_k^2}.$$

Так как эффективная (действующая) мощность определяется через квадраты мощностей, и при этом не учитывается направление передачи энергии, то, следовательно, в цепях с реактивностями эффективная мощность источника всегда меньше суммы эффективных

мощностей на каждом элементе цепи [8].

2. Исследования процессов методом моделирования.

Выполним исследования методом моделирования полной мощности источника и мощностей на отдельных элементах по уравнениям (5)-(7), а также по уравнениям, приведенным в работах [2, 5, 6], для цепи, содержащей тиристор, включённый последовательно с катушкой с индуктивностью L и активным сопротивлением R в цепь переменного источника питания $e(t)$ (рис. 2).

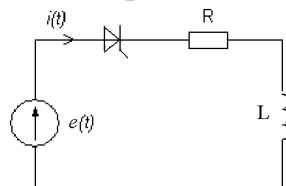


Рис. 2. Подключение источника ЭДС через тиристор на активно-индуктивную нагрузку.

Исходные данные для моделирования: $e(t) = 1000\sin(314t)$ В; $R = 1$ Ом; $L = 3$ мГн (при исследованиях на чисто активную нагрузку $L = 0$). Тиристор задавался в виде идеального элемента. В исследованиях, использующих разложение функций токов и напряжений в ряд Фурье, учитывались 8 первых гармоник.

Чисто активная нагрузка. Для моделирования использовалась математическая система Matlab, в которой модель выполнялась в пакете расширения Simulink с использованием моделей силовых элементов пакета SimPowerSystems. При активной нагрузке и полностью открытом тиристоре (угол открытия равен 0°) выполнялось разложение в ряды Фурье тока в цепи и напряжения на сопротивлении на 8 гармоник, при этом максимальная ошибка представления функций рядами Фурье не превышала 5%.

Мгновенные значения мощности источника, вычисленные по уравнениям (6) без разложения в ряд Фурье (линия 1, рис.3) и при разложении (линия 2), а также средние значения без разложения в ряд Фурье (линия 3) и при разложении (10) (линия 4), практически совпадают со значениями мощности, выделяемой на активном сопротивлении. Отличия кривых в первые 0,03 с объясняется неполнотой данных при вычислении гармоник в начале процесса.

Результирующие значения вычисления мощности на нагрузке и источнике через произведение, разложенных в ряды токов и напряжений, имеют высокую точность (рис. 3), однако отдельные слагаемые результата имеют отрицательные значения, например, произведение 1-ой гармоники напряжения на 2-ую гармонику тока (рис. 4). При этом максимальное отрицательное значение этого произведения равно 1×10^5 ВА, при среднем значении мощности (рис. 3) около $2,5 \times 10^5$ ВА, что составляет 40%.

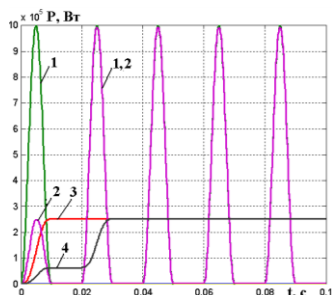


Рис. 3. Мощности в цепи с активным сопротивлением при открытии тиристора.

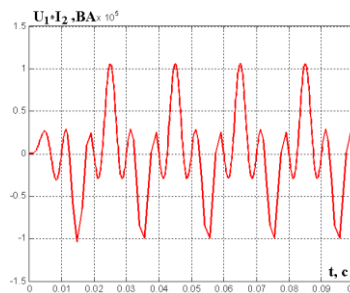


Рис. 4. Произведение 1-ой гармоники напряжения на 2-ую гармонику тока при открытом тиристора.

Аналогичные результаты получаются и при других углах открытия тиристора. Например, при угле открытия 60° максимальное отрицательное значение мощности (рис. 5,в) составляет $1,25 \times 10^5$ ВА, при среднем значении на нагрузке и источнике (рис. 5,б) около 2×10^5 ВА, что составляет 62,5%. В результате перемножения других гармоник тока и напряжения так же возникают отрицательные значения мощности, хотя в цепи отсутствует передача энергии от нагрузки к источнику (кривая 1 рис. 5,б).

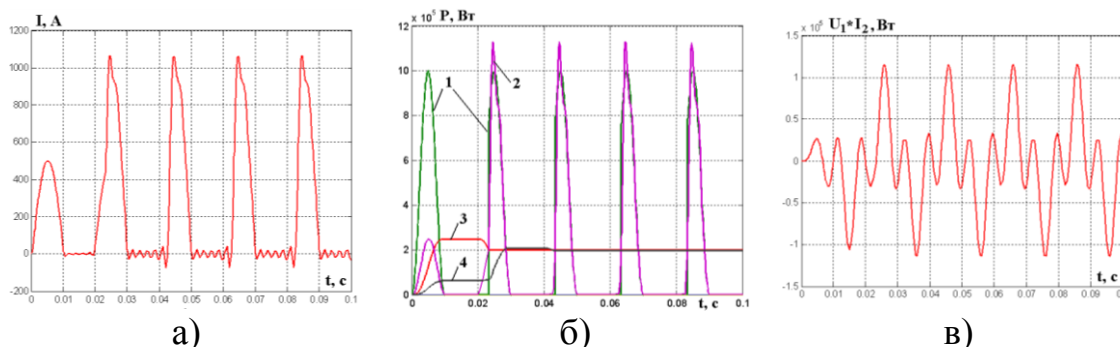


Рис. 5. Результаты моделирования цепи с активным сопротивлением при угле открытия тиристора 60° : а – ток в цепи; б – мощности в цепи; в – произведение 1-ой гармоники напряжения на 2-ую гармонику тока.

Активно-индуктивная нагрузка. Задавалось значение индуктивности 3 мГн. Аналогично, рассмотренному выше анализу, разлагались токи и напряжения на 8 гармоник и исследовались процессы для различных углов открытия тиристора (например, при угле 60° , рис. 6).

Максимальное отрицательное значение произведения первой гармоники напряжения и второй гармоники тока (рис. 6,в) составляет $1,25 \times 10^5$ ВА, при среднем значении мощности на нагрузке и источнике (линия 3, рис.6,а) около 1×10^5 ВА, и максимальном отрицательном значении мощности в цепи 1×10^5 ВА (линия 2, рис. 6,б). То есть максимальное значение данного слагаемого превышает максимальное отрицательное значение мощности в цепи на 25%.

В табл. 1 приведены максимальные отрицательные мгновенные значения мощностей для углов открытия тиристора 0° и 60° и части

произведений гармоник тока и напряжения.

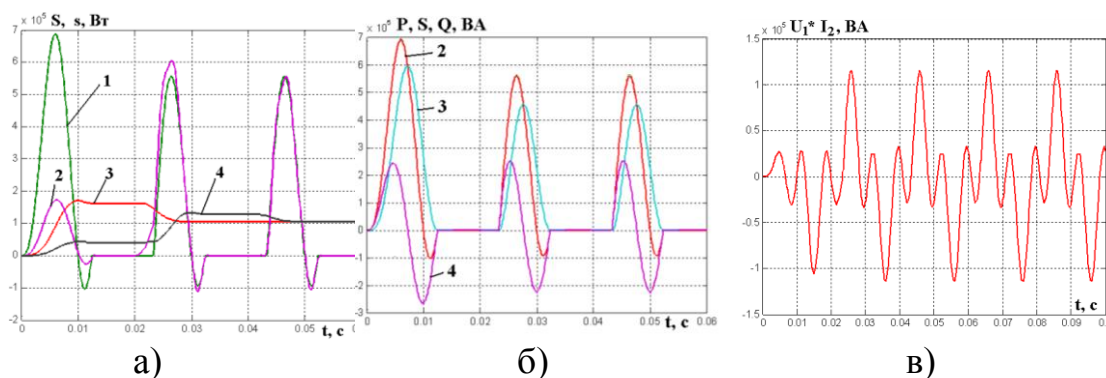


Рис. 6. Результаты моделирования с активно-индуктивной нагрузкой при угле открытия тиристора 60° : а – изменения мощности в цепи (обозначение линий как на рис. 3); б– мощности: источника (линия 2), на активном сопротивлении (линия 3), на индуктивности (линия 4); в – произведение первой напряжения и второй гармоник тока.

Таблица 1–Вычисленные значения мощностей

Комбинации (часть) произведений гар- моник напряжения и тока		Максимальные отрицательные мгновенные значения мощностей $\times 10^5$ ВА			
		активная нагрузка		активно-индуктивная нагрузка	
		углы открытия тиристора		углы открытия тиристора	
напряжение	ток	0°	60°	0°	60°
0	0	1,01	0,56	0,75	0,39
0	1	-1,57	-0,998	-1,09	-0,634
0	2	-0,68	-0,65	-0,3	-0,32
1	2	-0,99	-1,14	-0,54	-0,57
2	1	-0,99	-1,14	-0,97	-0,99
3	1	-0,00054	-0,32	-0,25	-0,20
4	1	-0,00002	-0,22	-0,23	-0,35
5	1	-0,00063	-0,27	-0,23	-0,21
6	1	-0,079	-0,00002	-0,1	-0,17
7	1	-0,00069	-0,14	-0,14	-0,19
8	1	-0,0507	-0,16	-0,11	-0,077
Средняя мощность		2,5	2		1
Макс. отрицат. мощность в цепи		0	0	-1	-1
Макс. отрицат. мощность на ин- дуктивности		–	–	-2,7	-2,2

В табл. 1 показано часть результатов для которых имелись наибольшие отрицательные мгновенные значения произведений гар-

моник. В результатах всех комбинаций произведений гармоник тока и напряжения, кроме гармоник с одинаковой частотой при активной нагрузке, возникали отрицательные значения результатов, в том числе, и при чисто активной нагрузке.

Исследовалась также «реактивная мощность сдвига» [2], для вычисления которой ток и напряжение представлялись в виде суммы «знакопеременных синусной и косинусной составляющих мгновенной мощности», при этом также возникают сложности с физической интерпретацией составляющих мощности, вычисленной из произведений, преобразованных функций синуса и косинуса.

Автор благодарен доценту, к.т.н. Тиховоду С.М. и студентке Горобец Е.И. за ценные замечания, обсуждения и помощь при моделировании.

Выводы. При рассмотрении процессов преобразования энергии в цепи с тиристором и резистором электрическая энергия рассеивается на резисторе и отсутствует её накопление в магнитных и электрических полях, в каком либо виде и, следовательно, реактивная мощность как производная этой энергии. Результаты, указывающие на возникновение других мощностей в таком контуре, связаны с математическими операциями разложения величин, формирующих вычисление мощности через произведение напряжения и тока, предварительно разложенных в виде рядов и не имеют физической интерпретации. Анализ на конкретных примерах показал, что, например, в цепи с тиристором и резистором при вычислении мощности через произведение, разложенных в ряд Фурье напряжений и токов, возникают слагаемые с отрицательными мгновенными значениями достигающими 60% и выше относительно среднего положительного значения мощности.

В цепи с тиристором и активно-индуктивной нагрузкой при аналогичном вычислении мощности возникают слагаемые с отрицательными мгновенными значениями, при этом их максимальные значения превышают на 25% мгновенные максимальные отрицательные значения мощности источника, что может привести к неверному пониманию процессов.

Литература

1. Тонкаль В.Е. Баланс энергий в силовых цепях / В.Е. Тонкаль, Новосельцев А.Е., С.П.Денисюк.– К.: Накова думка, 1992. – 312 с.
2. Загирняк М.В. Анализ процессов преобразования энергии в электромеханических системах / М.В. Загирняк, Д.И. Родькин // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Тематичний випуск. «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика» науково-виробничого журналу. – Кременчук:КрНУ, 2012. – Вип. 3/2012 (19). – С.30-36.
3. Долбня В.Г. Об одном парадоксе, возникающем при анализе цепей с выпрямителями / В.Г. Долбня.– Львів: Електроінформ, 2009. – С.448-452.
4. Маевский О.А. Энергетические показатели вентильных преобразователей / О.А. Маевский – М.: Энергия, 1978. – 320 с.

5. Родькин Д.И. Баланс составляющих мгновенной мощности полигармонических сигналов / Д.И. Родькин // Вісник КДПУ. – Кременчук: Кременчуцький державний політехнічний університет, 2007. – Вип 3. – Ч.1. – С.66-77.

6. Сулейманов А.О. Неактивная мощность и её составляющие в электроэнергетических системах: автореф. дисс. на соискан. учёной степени канд. техн. наук: спец. 05.14.02 «Электростанции и электроэнергетические системы» / А.О. Сулейманов. – Томск: 2009. – 20 с.

7. Савельев И.В. Курс общей физики, т.1. Механика, колебания и волны, молекулярная физика / И.В. Савельев. – М.: Наука, 1973. – 511 с.

8. Бессонов А.О. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. / А.О. Бессонов. Учебник для электротехн., энерг., приборостроит. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1984. – 559 с.

9. Теоретические основы электротехники. Часть I / [Демурчан К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин Л.В.]. – СПб.: Питер, 2003. – 443 с.

ПРО ПОТУЖНІСТЬ У ЕЛЕКТРИЧНОМУ КОЛІ З ВЕНТИЛЕМ

Орловський І.А.

Анотація

Виконано порівняння методів розрахунку складових потужності в електричних колах, які містять джерело синусоїдальної напруги, вентиль, активне і активно-індуктивне навантаження. Обчислювалися складові потужності, як похідної енергії, з опису процесів перетворення енергії і аналізувалися доданки отримані добутком, розкладених у ряди Фур'є напруг і струмів. Показано, що миттєві значення цих доданків при роботі на чисто активне навантаження мають негативні значення, які досягають більше ніж 60% середньої потужності джерела, що не має фізичної відповідності.

ON THE POWER IN AN ELECTRICAL CIRCUIT WITH A VALVE

I. Orlovskyi

Summary

The comparison of methods for calculating the power components in electrical circuits consisting of a source of sinusoidal voltage, valve, active and active-inductive-load. Power components are calculated as the derivative of the energy, from the description of energy conversion processes were analyzed and were received by the terms of the product, the Fourier series of voltages and currents. It is shown that the instantaneous values of these terms, at work on a purely resistive load are negative, reaching more than 60% of the average power of the source that has no physical match.

УДК 621.311.1:63

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ У СИСТЕМІ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПО ОДНОМУ ПРОВОДУ

Василенко В.В., д.т.н.,

Комаров В.М., аспірант.*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Анотація – розглянуто електромагнітні процеси, що відбуваються у системі передачі електроенергії по одному проводу, з використанням аналітичних виразів та розробленої Simulink-моделі такої системи. Показано, що при розробці математичної моделі використані експериментально визначені величини основних параметрів створеної в процесі дослідження фізичної моделі системи передачі електроенергії по одному проводу. Встановлено, що використання моделі дозволяє визначати найбільш раціональні співвідношення значень основних параметрів трансформаторів Тесли та інших функціональних елементів системи.

Ключові слова - трансформатор Тесли, резонанс, коливальний контур, передача енергії.

Постановка проблеми. Однією з найбільш важливих задач подальшого розвитку електрифікації сільського господарства є забезпечення надійного електропостачання сільськогосподарських об'єктів дрібних фермерських господарств, тимчасових електротехнічних комплексів і споживачів малих підприємств, віддалених від централізованих мереж. Прокладання традиційних ліній електропередач(ЛЕП) до цих численних об'єктів малої потужності(до 25кВт) пов'язана зі значними затратами. Крім того, в самих ЛЕП, які виконуються за замкненою(двохпровідною) схемою, відбуваються резистивні втрати електроенергії при протіканні струму провідності крізь металеві проводи, та подоланні їх повного опору. В той же час, як відомо, ще в кінці ХІХ століття Н. Тесла на основі створеного ним високочастотного трансформатора розробив спосіб передачі електроенергії за однопровідною (розімкненою) схемою, де електроенергія передається за допомогою струму зміщення, який практично не створює резистивних втрат електроенергії, а прокладання ліній електропередачі по одному проводу потребує значно менших затрат. На

*Науковий керівник – д.т.н. Василенко В.В.

© д.т.н. Василенко В. В., аспірант Комаров В.М.

жаль, ці винаходи за низкою певних причин до цього часу практично не використовувались, а їх теоретичне обґрунтування разом з іншими науковими працями Тесли було втрачено.

Проте, аналіз наукових робіт в області електропостачання показав, що запропонований Н. Теслою спосіб передачі електроенергії по одному проводу за допомогою високочастотного трансформатора Тесли є і в наш час перспективним, особливо стосовно вказаної вище задачі.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз наукових робіт присвячених способу передачі електроенергії по одному проводу показав, що до цього часу фізична сутність електромагнітних процесів, які відбуваються при передачі електроенергії, та сам принцип передачі досліджені не достатньо. В зв'язку з цим електромагнітні процеси в системі передачі електроенергії по одному проводу потребують подальшого аналітичного дослідження та математичного моделювання в інтересах всебічного обґрунтування і формулювання принципу та теоретичних основ передачі електроенергії по одному проводу.

Формулювання мети статті. Аналіз електромагнітних процесів, що відбуваються в системі передачі електроенергії по одному проводу і, перш за все, в трансформаторах Тесли із застосуванням методів комп'ютерного моделювання та програмного пакета Matlab/ Simulink.

Основна частина. Для проведення експериментальних досліджень застосовується розроблена авторами фізична модель системи передачі електроенергії по одному проводу, принципова схема якої показана на рис. 1.

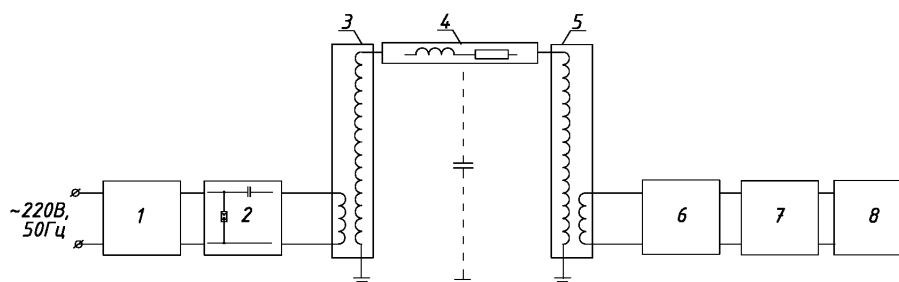


Рис.1. Принципова схема фізичної моделі системи передачі електроенергії по одному проводу.

Як видно із рис.1, фізична модель системи передачі електроенергії по одному проводу складається із таких функціональних вузлів: підвищуючого трансформатора (1), що живиться від джерела однофазного синусоїдного змінного струму; ємнісно-розрядного блока (2); передавального трансформатора Тесли (3); лінії передачі електроенергії по одному проводу (4); приймального трансформатора Тесли (5); діодно-конденсаторного випрямного блока (6); інвертора напруги ви-

прямленого постійного струму в напругу синусоїдного змінного струму промислової частоти (7) та навантаження (8).

Експериментальні дослідження розробленої згідно з наведеною принциповою схемою фізичної моделі системи передачі електроенергії по одному проводу показали її повну працездатність при резонансній частоті 500 кГц і напрузі 25 кВ, а отримані експериментальні результати дали можливість визначити фізичну сутність і послідовність електромагнітних процесів, що відбуваються у функціональних елементах системи. Як показали ці результати, функціонування системи передачі електроенергії по одному проводу відбувається наступним чином.

Електроенергія, що передається, синусоїдного змінного струму промислової частоти (220В, 50Гц), що передається, підвищується високочольтним трансформатором (1) і надходить на ємнісно-розрядний блок (2), який, по мірі зростання напруги на ємності створює разом з первинною обмоткою передавального трансформатора Тесли (3) замкнений коливальний контур і енергія переходить в вторинний контур передавального трансформатора Тесли (3), при цьому частота первинного контура налаштована на резонансну частоту (500кГц) розімкненого індуктивно-ємнісного контуру, який складається з лінії передачі електроенергії по одному проводу (4) та багатовиткових заземлених обмоток приймального (5) і передавального (3) трансформаторів Тесли. Високочастотні імпульси подаються на первинну маловиткову обмотку передавального трансформатора Тесли (3), в результаті чого на його вторинній багатовитковій (800 витків) заземленій обмотці індукується висока напруга (25 кВ), яка передається з початку цієї обмотки на однопровідну лінію електропередачі (4), під'єднану до початку багатовиткової заземленої обмотки приймального трансформатора Тесли (5), де накопичуються заряди, що стікають в ємність індуктивно-ємнісного контуру з вторинної обмотки передавального трансформатора Тесли (3), створюючи струм зміщення, який на відміну від струму провідності, як відомо, не створює резистивних теплових втрат енергії.

Високочольтна напруга та струм зміщення, подані по однопровідній лінії на первинну (багатовиткову) обмотку приймального трансформатора Тесли (5), створюють в його вторинній маловитковій замкненій обмотці понижену напругу (220В) високочастотного імпульсного струму провідності, яка подається на діодно-конденсаторний випрямний блок (6), де імпульсний струм випрямляється і заряджає ємнісний накопичувач, що згладжує пульсації випрямленого постійного струму провідності.

Слід зазначити, що струм зміщення в однопровідній лінії та багатовиткових обмотках обох трансформаторів Тесли залежить від швидкості зміни електричної індукції, або напруженості електричного поля. Густина струму зміщення, як відомо, дорівнює

$$J_{зм} = \frac{\vec{D}}{T} = \frac{\varepsilon_0 \vec{E}}{1/f_0} = \varepsilon_0 \vec{E} f_0, \quad (1)$$

де $\vec{E} = \frac{U_2}{l}$ – напруженість електричного поля, В/м; $\vec{D} = \varepsilon_0 \cdot \vec{E}$ – електрична індукція, Кл/м².

Випрямлений постійний струм провідності подається на інвертор напруги (7), який перетворює його в синусоїдний змінний струм промишлової частоти і забезпечує живлення споживачів навантаження (8).

Таким чином, загальний принцип передачі електроенергії по одному проводу в загальному випадку полягає в перетворенні струму провідності у струм зміщення, що передається по однопровідній лінії електропередачі з наступним перетворенням його в кінці лінії електропередачі в струм провідності живлення навантаження.

Важливим питанням при розрахунку елементів системи передачі електроенергії по одному проводу є принцип передачі електромагнітної енергії в трансформаторі Тесли, принципова схема якого показана на рис. 2.

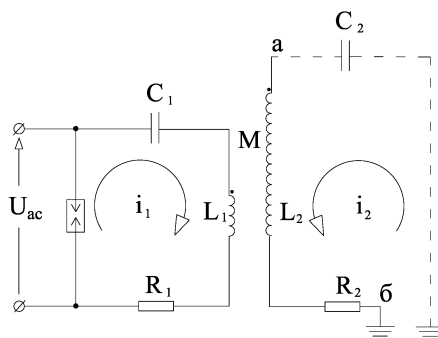


Рис.2. Принципова схема трансформатора Тесли.

Як видно з рисунку, трансформатор Тесли складається з двох резонансних контурів. Складовими елементами первинного контуру є високовольтний конденсатор C_1 , який розряджається через розрядник на первинну обмотку з власною індуктивністю L_1 та опором R_1 . Вторинний контур являє собою розімкнену вторинну обмотку з власною індуктивністю L_2 та опором R_2 , один кінець a якої розімкнений, а інший b заземлений. Цей контур також характеризується еквівалентною ємністю C_2 , яка з'єднує кінець обмотки вторинного контуру із землею.

Проаналізуємо електромагнітні процеси, що відбуваються в трансформаторі Тесли. Перша фаза роботи трансформатора Тесли – це заряд високовольтної ємності C_1 через індуктивність L_1 катушки первинного контуру та її власний еквівалентний опір R_1 від джерела змінної напруги U_{ac} струмом $i_1(t)$. По досягненню на конденсаторі C_1 напруги до рівня напруги пробією іскрового проміжку, виникає друга фаза роботи трансформатора Тесли, коли іскровий проміжок

пробивається і конденсатор C_1 розряджається на первинну обмотку, а у вторинній обмотці індукується струм i_2 . Вторинний контур трансформатора Тесли складається з послідовно з'єднаної індуктивності L_2 вторинної обмотки з своїм власним еквівалентним опором R_2 і ємності C_2 між кінцем вторинної обмотки та заземленням і утворює вторинний резонансний контур. Слід відзначити, що первинний та вторинний контур трансформатора Тесли зв'язані між собою взаємною індуктивністю M , тому при замкненому іскровому проміжку енергія передається як від первинного контуру до вторинного так і навпаки. Це має місце до моменту розмикання іскрового проміжку. Після чого процес заряду ємності C_1 та її розряду на трансформатор повторюється.

Енергія що запасена в ємностях C_1 та C_2 двох резонансних контурів відповідно визначається співвідношенням:

$$W_1 = \frac{C_1 U_1^2}{2}; W_2 = \frac{C_2 U_2^2}{2}.$$

Звідки виходячи із рівності цих енергій знаходимо

$$U_2 = \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} U_1. \quad (2)$$

Резонансні частоти первинного та вторинного контуру при мінімальному значенні коефіцієнта зв'язку однакові, звідки отримаємо

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}}. \quad (3)$$

Аналізуючи описані співвідношення отримаємо необхідну умову щодо залежностей параметрів для первинного та вторинного контуру трансформатора Тесли, які забезпечать максимальну передачу енергії від первинного контуру до вторинного

$$L_1 C_1 = L_2 C_2. \quad (4)$$

Згідно другого закону Кірхгофа для первинного і вторинного контуру впливають наступні рівняння балансу напруги:

$$R_1 i_1 + \frac{1}{C_1} \int i_1 dt + L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt} = 0; \quad (5)$$

$$R_2 i_2 + \frac{1}{C_2} \int i_2 dt + L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt} = 0. \quad (6)$$

Для отримання значення напруги вторинного контуру U_2 на ємності C_2 , необхідно розв'язати вказану систему рівнянь. Це не складно зробити в ідеальному випадку при $R_1 = R_2 = 0$. При цьому припущенні будемо мати наступний вираз для розрахунку напруги на виводах вторинної обмотки трансформатора

$$U_2(t) = \frac{2kU_1}{\sqrt{(1-T)^2 + 4k^2T}} \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \sin\left(\frac{w_2 + w_1}{2} t\right) \times \sin\left(\frac{w_2 - w_1}{2} t\right), \quad (7)$$

де $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$ – коефіцієнт зв'язку між первинною та вторинною

обмотками трансформатора; $\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{L_1 C_1}}$, $\omega_2 = \frac{1}{\sqrt{L_2 C_2}}$ – кутові резона-

нсні частоти первинного та вторинного контуру; $T = \omega_1^2 / \omega_2^2 = L_2 C_2 / L_1 C_1$ – коефіцієнт настрой-

ки; $w_1 = \omega_2 \sqrt{\frac{(1+T) - \sqrt{(1-T)^2 + 4k^2 T}}{2(1-k^2)}}$, $w_2 = \omega_2 \sqrt{\frac{(1+T) + \sqrt{(1-T)^2 + 4k^2 T}}{2(1-k^2)}}$ –

кутові резонансні частоти первинного та вторинного контуру з урахуванням взаємної індуктивності.

З рівняння (6) для напруги вторинного контуру можна зробити висновок, що вторинна напруга з високою частотою коливань $(w_2 + w_1)/2$ підлягає амплітудній модуляції низькочастотним коливанням первинного контуру $(w_2 - w_1)/2$.

Таким чином, реалізація принципу передачі електроенергії по одному проводу здійснюється шляхом перетворення синусоїдного змінного струму промислової напруги і частоти в імпульсний змінний струм високої частоти і напруги. При цьому у розімкненій і заземленій однопровідній лінії передачі виникає струм зміщення, що разом з високою напругою передавального трансформатора Тесли створює плоскі електромагнітні хвилі, які є носіями електричної енергії, що подається на приймальний трансформатор Тесли. Його замкнена вторинна обмотка разом з діодно-конденсаторним випрямним блоком перетворює струм зміщення в постійний струм провідності з подальшим його перетворенням інвертором напруги в синусоїдний змінний струм промислової частоти і напруги, який живить споживачів навантаження. Слід також відмітити, що носієм електроенергії, яка передається системою передачі по одному проводу, є бігуча плоска електромагнітна хвиля напруженості електричного і магнітного полів, що створюється при підключенні навантаження і поширюється вздовж напрямного каналу системи разом зі стоячими електромагнітними хвилями, які виникли до підключення навантаження в режимі холостого ходу.

Важливим фактором при розрахунку трансформатора Тесли є правильний вибір параметрів високовольтного конденсатора C_1 первинного контуру. Зазвичай при побудові трансформатора Тесли високовольтна напруга для його живлення отримується від підвищувального трансформатора з вбудованою або зовнішньою індуктивністю – дроселем. Дросель відіграє, як роль обмежувача струму, так і впливає на резонансні умови в первинному контурі трансформатора Тесли на етапі заряджання ємності C_1 . Конденсатор C_1 повинен заря-

джатися до напруги пробною іскрового розрядника при сталій напрузі живлення.

Цього явища можна досягти підбираючи значення ємності конденсатора близькій до резонансної. Крім цього конденсатор не повинен знаходитися під напругою, що перевищує його номінальне значення, з метою запобігання його швидкого виходу з ладу.

При розрахунку резонансних властивостей фізичної моделі діючого трансформатора Тесла використовувались параметри: індуктивність дроселя $L=318\text{Гн}$, величина ємності C_1 приймала наступні значення: 128 нФ, 64 нФ, 32 нФ, 16 нФ, 8 нФ. Графічні залежності повного опору від частоти при відповідних значеннях ємності показані на рис. 3.

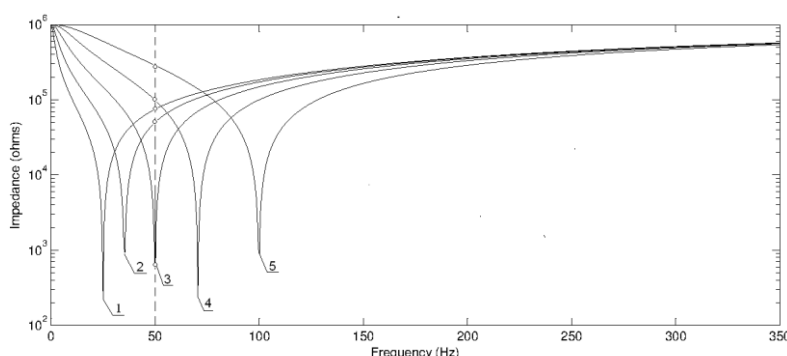


Рис.3. Частотна залежність повного опору від ємності в колі первинного контуру.

Результати моделювання свідчать про те, що найбільш раціональним є вибір і застосування в схемі ємності $C_1=16\text{ нФ}$ з резонансною частотою 70Гц. Крім цього варто звернути увагу на те, що робота схеми при застосуванні ємності 32 нФ не допустима, так як в контурі виникне резонанс і напруга на ємності перевищить номінальне значення, що призведе до швидкого виходу її з ладу. Отже, при виборі чисельного значення ємності конденсатора первинного контуру слід вибирати її значення в межах 0,25-0,5 від її резонансного значення в первинному контурі при частоті 50Гц.

Розробка Simulink моделі експериментальної фізичної моделі системи передачі електроенергії по одному проводу. При розрахунках використовувались наступні значення параметрів трансформаторів Тесли: $R_1=15,4 \cdot 10^{-3}\text{ Ом}$; $L_1=6,9 \cdot 10^{-6}\text{ Гн}$; $C_1=1,46 \cdot 10^{-8}\text{ Ф}$; $R_2=18,5\text{ Ом}$; $L_2=4,88 \cdot 10^{-3}\text{ Гн}$; $C_2=2,07 \cdot 10^{-11}\text{ Ф}$; $k=0,308$; $L_{\text{л}}=2,248 \cdot 10^6\text{ Гн}$; $R_{\text{л}}=1,05 \cdot 10^{-4}\text{ Ом}$.

Розроблена модель для аналізу електро-магнітних процесів у системі передачі електроенергії по одному проводу. В програмному пакеті Matlab/Simulink показана на рис.4, і включає елементні блоки R , L , C , M , блоки вимірювання електричних величин – напруги, а також віртуальні осцилографи для візуалізації результатів розрахунку.

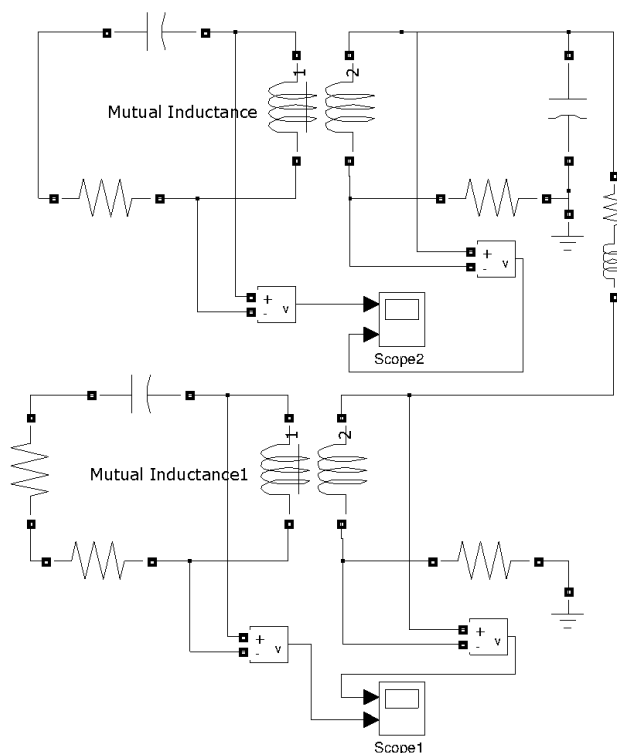


Рис.4. Simulink – модель системи передачі електроенергії по одному проводу.

Результати розрахунку напруги в первинному та вторинному контурі при розряді ємності L_1 показані на рис. 5. Тут показано напругу на первинній обмотці з індуктивністю L_1 (верхня частина графіку), і напругу на вторинній обмотці з індуктивністю L_2 (нижня частина графіку). Як можна побачити, завдяки дисипативним процесам в контурах напруга в цих контурах спадає із часом приблизно за 3 мс.

Дослідження впливу коефіцієнт зв'язку k між первинним та вторинним контуром трансформатора Тесли показало, що він впливає на резонансну частоту первинної та вторинної обмотки, а також чисельно визначає швидкість передачі енергії від одної обмотки до іншої і навпаки.

Чим нижчий коефіцієнт зв'язку k тим довше триває передача енергії від первинного контуру до вторинного і навпаки зі збільшенням k – збільшується час між вузлами напругу і струму. При розробці дослідних зразків з метою захисту розрядника від перегріву і подальшого виходу його з ладу коефіцієнт зв'язку приймають меншим 0,1.

Два резонансних контури завжди будуть мати деяку частотну відмінність при робочому режимі з взаємною індуктивністю, так як на високих частотах з'являється міжвиткова ємність.

Залежність впливу взаємної індуктивності і відповідно коефіцієнт зв'язку k на резонансні частоти первинного та вторинного контуру опишемо наступним співвідношеннями:

$$f_1 = \frac{f_r}{\sqrt{1+k}}; f_2 = \frac{f_r}{\sqrt{1-k}}, \quad (8)$$

де f_1, f_2 – відповідно робочі частоти первинного та вторинного контуру з врахуванням впливу взаємної індуктивності, f_r – резонансна частота контурів без врахування взаємної індуктивності.

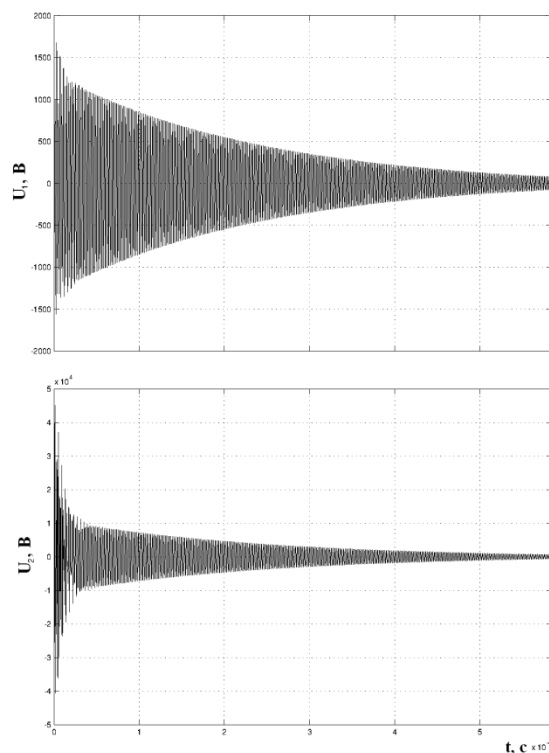


Рис.5. Напруги в первинній та вторинній обмотці трансформатора Тесли.

Графоаналітичні залежності повного опору від частоти при різних значеннях коефіцієнт зв'язку k приведені на рис. 6.

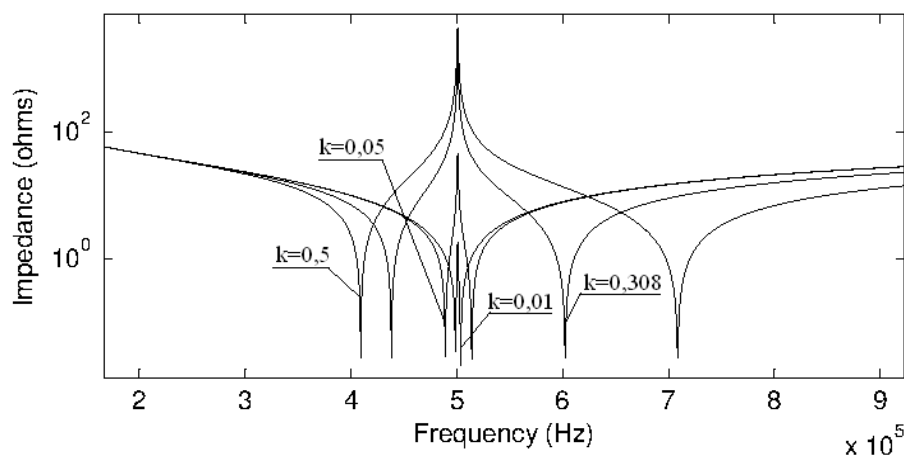


Рис.6. Частотна характеристика трансформатора Тесли при різних значеннях коефіцієнту зв'язку k .

Таким чином, розроблена Simulink-модель системи передачі електроенергії по одному проводу дає можливість провести аналіз електромагнітних процесів і визначити основні її параметри та елементи. При розробці математичної моделі використані експериментально визначені значення параметрів створеної фізичної моделі системи передачі електроенергії по одному проводу, при яких забезпечуються мінімальні втрати електроенергії в обмотках передавального і приймального трансформаторів Тесли. Розроблена модель може бути використана при проектуванні та вдосконаленні однопровідних систем передачі електроенергії резонансним методом.

Висновки. На основі проведеного аналізу системи передачі електроенергії по одному проводу та створення математичної моделі, отримані наступні результати.

1. Сформульовано принцип передачі електроенергії по одному проводу, який в загальному випадку полягає в перетворенні струму провідності у струм зміщення, що передається по однопровідній лінії електропередачі, та зворотнім перетворенням його в кінці лінії електропередачі в струм провідності живлення навантаження.

2. Встановлено, що реалізація принципу передачі електроенергії по одному проводу здійснюється шляхом перетворення синусоїдного змінного струму промислової напруги і частоти в імпульсний змінний струм високої частоти і напруги. При цьому у розімкненій та заземленій однопровідній лінії передачі (напрямоному каналі) виникає струм зміщення, що разом з високою напругою передавального трансформатора Тесли створює плоскі електромагнітні хвилі, які є носіями електричної енергії, що подається на багатовиткову обмотку приймального трансформатора Тесли. Тоді його замкнена вторинна обмотка разом з діодно-конденсаторним випрямним блоком перетворює струм зміщення в постійний струм провідності з подальшим його перетворенням інвертором напруги в синусоїдний змінний струм промислової частоти і напруги для живлення навантаження.

3. Розроблена Simulink-модель системи передачі електроенергії по одному проводу дає можливість провести аналіз електромагнітних процесів і визначити найбільш раціональний варіант співвідношень розрахункових параметрів.

Література

1. Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические цепи. Электромагнитное поле / [Г.И. Атабеков, С. Д.Купалян, А. Б.Тимофеев, С.С.Хухриков].– М.: Энергия, 1979. – 427 с.

2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле / Л.А.Бессонов.– М.: Высш.шк., 1986. – 212с.

3. *Круг К. А.* Основы электротехники/ *К. А. Круг.*– М.– Л.: Гос. энерг. изд-во., 1946. – 947 с.

4. *Tesla N.* Apparatus for transmission of electrical energy US Patent № 649621/ 15.05.1900. – 17 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО ОДНОМУ ПРОВОДУ

Василенко В.В., Комаров В.М.

Аннотация

Рассмотрены электромагнитные процессы, происходящие в системе передачи электроэнергии по одному проводу, с использованием аналитических выражений и разработанной Simulink-модели такой системы. Показано, что при разработке математической модели использованы экспериментально определенные величины основных параметров созданной в процессе исследования физической модели системы передачи электроэнергии по одному проводу. Установлено, что использование модели позволяет определять наиболее рациональные соотношения значения основных параметров трансформаторов Теслы и других функциональных элементов.

SIMULATION AND EXPERIMENTAL RESEARCHES OF ELECTROMAGNETIC PROCESSES IN THE SINGLE-WIRE POWER TRANSMISSION

V. Vasylenko, V. Comarov

Summary

This article describes electromagnetic processes occurring in the single-wire power transmission system by using analytical expressions and developed Simulink-model of such a system. It is shown that the mathematical model development based on experimentally determined values of key parameters established during the investigation of a physical model single-wire power transmission system. Found that using the model can determine the most rational relations for basic settings Tesla Coil and functionality of the system.

УДК 631.319.3

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЗЕРНОВОЇ СІВАЛКИ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ З МІНІМАЛЬНОЮ ОБРОБКОЮ ҐРУНТУ

Горобей В.П., к.т.н.,

Лузін В.А., к.т.н.

НВО «Селта» ННЦ «ІМЕСГ»

Вожегова Р.А., д.с.-г.н.

ІЗЗ НААН

Анотація – викладено результати досліджень щодо обґрунтування конструкцій лапових сошників рядових сівалок для енергозберігаючих технологій сівби зернобобових. Приведена конструкція пристосування до висівного апарату зернових сівалок для сівби за технологіями з мінімальною обробкою ґрунту.

Ключові слова – поводковий брус, паралелограмна грядиль, сошник, лапа, стойка, полосний висів, обробка ґрунту, технологія.

Постановка проблеми. Постійно зростаюча вартість енергоносіїв та пов'язане з цим збільшення собівартості продукції рослинництва і тваринництва стимулює сільгоспвиробників до впровадження технологій mini-till та no-till у виробництво при вирощуванні зернових культур. До того ж запорошені бурі на території Сакського, Роздольненського, Первомайського районів видувають родючий шар ґрунту, приносячи цим великий збиток господарствам. Середня багаторічна кількість опадів складає від 320 до 450 мм, часті посухи і суховії приводять ці райони в зону ризикованого землеробства. Таким чином, саме життя показало необхідність мінімізації обробки ґрунту, переходу на ресурсозберігаючі технології.

Основне завдання під час сівби полягає в розміщенні насіння по площині на встановлену глибину з урахуванням забезпечення рослинам оптимальної площі живлення. Система обробітку ґрунту на базі поверхневого розпушування (мульчувальна) з перемішуванням подрібнених рослинних решток на глибину 10 см, та їх збереженні до 30% на поверхні ґрунту, забезпечує повне підрізання бур'янів, загортання насіння на задану глибину за умов з незначною кількістю рослинних решток на поверхні ґрунту, додаткове до 15мм збереження продуктивної вологи в кореневмісному шарі. Великі сільськогосподарські підприємства, що мають доступ до кредитних ресурсів купують посівні

машини закордонного виробництва, робочі органи яких дозволяють висівати насіння під мульчу.

Вивчення конструкцій іноземних сівалок показало, наскільки вони складні, матеріалоємні та дорогі, їх придбання і вживання в середніх фермерських господарствах залишається проблематичним. Враховуючи технічні рішення зарубіжних сівалок та ґрунтово-кліматичні умови вирощування зернових в АР Крим актуальною є розробка комбінованих робочих органів для сівби, сошників культиваторного типу, що дозволить застосовувати базові сівалки СЗ-3,6 для впровадження енергоресурсозберігаючих технологій mini-till та no-till.

Аналіз останніх досліджень. Відомі актуальні тенденції розвитку машин для сівби, як попередній вітчизняний досвід, так і результати прогресивних рішень світових лідерів-виробників цієї техніки [1,2]. Відомими світовими виробниками техніки для посіву зернових культур є такі фірми: Amazone, Vederstad (Швеція), Fiona, Konggkilde, He-Va (Данія), Regent, KUHN, Agrisem, Sulky(Франція), Lemken, WeavingMachinery, НЕКО(Німеччина), GreatPlains (США) Rabe, Farnet (Чехія), Unia (Польща), Einbock (Австрія), Horsh Агро-Союз і ВАТ «Червона Зірка» (Україна) [1].

Основні технологічні операції: дискування, поверхневий обробіток, передпосівна культивація, сівба та за необхідності прикочування. Мульчувальна система обробітку ґрунту в порівнянні з традиційною дозволяє досягти енергоресурсозбереження, а саме зменшити витрати праці на 30-78%, витрати палива на 26-64% та прямі експлуатаційні витрати – на 22-66%. Технічне забезпечення даної технології здійснюють вітчизняні та зарубіжні виробники: ВАТ «Червона зірка», ПП «Агро-Союз», ВАТ «Галещина машзавод», ВАТ «Завод Фрегат», зарубіжні виробники «Farnet», «Vederstad», «Kuhn», «Amazone» і інші.

Мінімальна і нульова обробки ґрунту в світі застосовуються на площі близько 200 млн.га. [3,4]. Прямий посів застосовують в США, Канаді, Австралії, Аргентині, Бразилії і інших країнах, що складає 35% світового застосування технологій mini-till та no-till, а в Європейських країнах – 2,5%. Площі прямого посіву зернових культур у світовій практиці збільшуються, за даними фірми Monsanto, економія палива досягає до 45%, в 6 разів зменшується водна і вітрова ерозії. З кожним роком площі прямого посіву зростають і в Криму, але на сьогодні дещо більше тільки 18тис.га.

У Криму землеробство здавна є ризикованим, де визначальним чинником є вологозабезпеченість посівів. Традиційні системи землеробства, що існували багато років, виявилися для багатьох фермерів непосильними для їх застосування, через підвищення цін на ПММ, нову техніку, запчастини, соціальні зміни на селі та ін.

Визначальними факторами у виборі посівного агрегату, крім різновиду вибраної культури, є прийнята в господарстві система обробітку ґрунту, яка вимагає відповідної сошникової групи, як ключового елемента конструкції сівалки, що визначає її технологічне призначення, дає змогу застосування такої машини. Сошникова група визначає технологічне призначення сівалки та дозволяє максимально ефективно використовувати її для посіву насіння зернових після якісної чи мінімальної підготовки ґрунту, або навіть без підготовки за різних систем обробітку.

Отримання дружних рівномірних сходів можливо лише тоді, коли насінневий матеріал покладений на щільне вологе ґрунтове ложе. За допомогою дискових сошників, якими комплектуються зернові сівалки СЗ-3,6 найбільш поширеними в фермерських господарствах Криму досягнути бажаного результату не вдається. При сівбі в мульчований шар ґрунту насінневий матеріал або не заробляється, або контактує зі стержневими рештками. Сходи в цьому випадку можливі лише за наявності продуктивних осадків і отримуються не рівномірними, подавленими, що веде до втрати врожаю. Загальними недоліками дискових сошників є залучення нерозрізаних рослинних залишків на дно насінневої бороздки, що призводить до пригнічення сходів, а також неможливість здійснення полосної сівби.

Елементи «mini-till» почали стихійно впроваджуватися в Криму в восьмидесяті роки минулого століття, коли в господарствах стали з'являтися стернові сівалки СЗС-2,1, за допомогою яких виконували пожнивні і поукосні посіви кормових культур і гречки. Технологія включала дискування стерні важкою дисковою бороною БДТ-7, культивуацію і посів стерноюю сівалкою. Окрім цього, для отримання високого врожаю на стерновому фоні, вимагалось внести науково обґрунтовану норму добрив залежно від агрохімічного стану ґрунту, систему боротьби з хворобами і бур'янами.

Енергозберігаючі технології використовують в різних районах Криму: КФХ «Флореаль» Сімферопольського району, ЗАТ «Фрегат» Советського району, ТОВ «Орбій» Джанкойського району, ФХ «Драгмі» і ФХ «Успіх» Сакського району, mini-till і no-till технології використовують при вирощуванні зернових культур, отримуючи гарантовані стійкі урожаї в несприятливих умовах. Так, витрати на посів і внесення мінеральних добрив при технології no-till склали 1100 грн./га, а за традиційною, прийнятою для цього регіону, технологією – 1500 грн./га, або на 35% більше. Витрати на оплату праці були в 7 разів менше, паливно-мастильні матеріали в 4 рази, тому технологія no-till має усі передумови для впровадження в аграрному секторі Криму. Але висока ціна, металоємність і складність в експлуатації не дозволяє багатьом господарствам придбати іноземну техніку, тому ак-

туально нині розробляти і виробляти вітчизняну ґрунтообробну техніку і сівалки, призначені для прямої сівби зернових по технологіях mini-till та no-till.

В ряді сільгосп підприємств Криму, що підпадають під вітрову ерозію, найшлися вмільці, які використовуючи вузли і деталі ґрунтообробних і посівних машин, що були у виробництві виготовили працездатні агрегати для сівби зернових і технічних культур в необроблений чи поверхнево оброблений ґрунт. Затрати на виготовлення на порядок менше, ніж вартість імпоротної машини, отже є актуальною задача дослідження і розробки робочих органів для модернізації діючих ґрунтообробних і посівних машин з метою адаптації їх до технологій mini-till і no-till.

Формулювання мети статті. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочих органів сівалки для сівби зернових культур по технології з мінімальною обробкою ґрунту. Задачі дослідження – встановлення характеру взаємозв'язку між геометричними і кінематичними параметрами робочих органів сівалки та системно-структурний аналіз конструктивно-технологічних схем сошників сівалок.

Основна частина. Із аналізу конструкцій пасивних робочих органів відомо, що лаповий сошник більш якісно розміщує насіння на ґрунтове ложе, пристосований для здійснення полосної сівби, тому об'єктом досліджень вибраний сошник культиваторного типу. В процесі досліджень розроблені декілька видів експериментальних робочих органів для звичайної і прямої сівби зернових культур [5,6]. Конструктивні схеми лапових сошників культиваторного типу приведені на рис.1. Посівні машини закордонного виробництва, а також сівалка Кіровоградського заводу «Сіріус» мають повітрянорозподільний пристрій, одна із функцій якого – це забезпечувати полосне розподілення насіння в рядку. Оскільки сівалка СЗ-3,6 такого пристрою не має, нами розроблений експериментальний робочий орган (рис. 1, в), що забезпечує широкополосний висів. Робочий процес виконання широкополосного висіву сошником (рис.1,в) [6] протікає в наступній послідовності. Під час руху лапи в верхньому шарі ґрунту приводний круг 7 ролика-розсіювача 6 торкається дна борозенки, що визиває необхідність обертання круга з корпусом на підшипнику, відносно осі 8. Частота обертання ролика розраховується за формулою

$$n = \frac{30V}{\pi r} ,$$

де V – швидкість руху агрегату,

r – радіус ролика-розсіювача.

При швидкості руху посівного агрегату 1,5...2 м/с при діаметрі приводного кругу 0,09 м складає від 318 до 430 об/хвилину. Дана час-

тота обертання забезпечує евакуацію насіння, що потрапляють по трубці на ролик, що обертається.

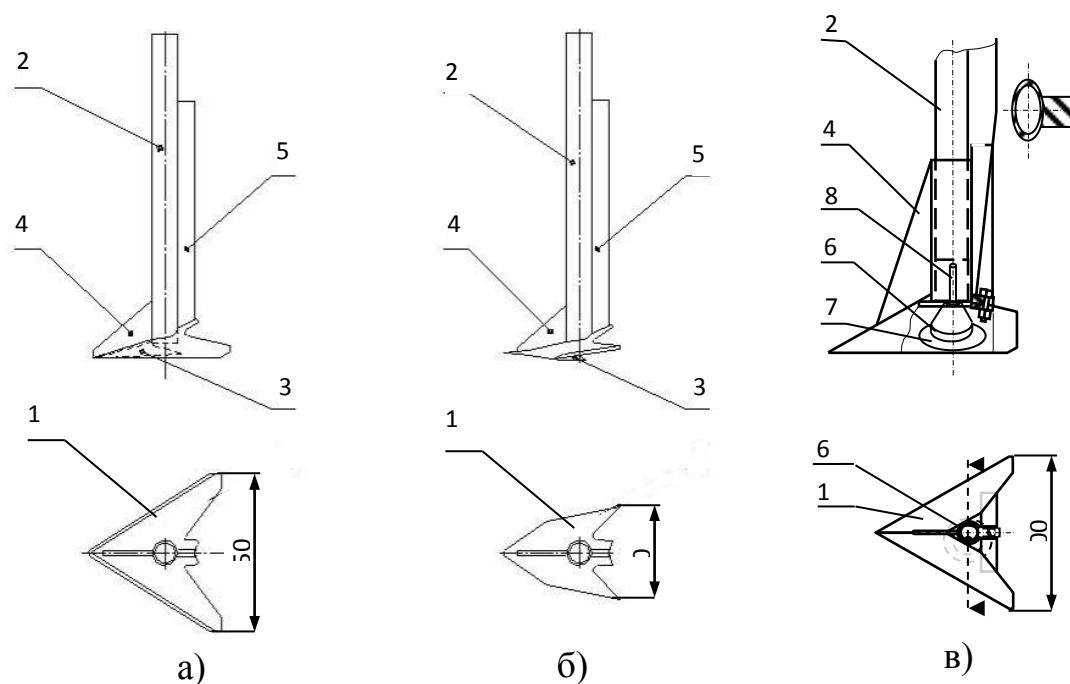


Рис.1. Конструктивна схема сошників культиваторного типу для полосного висіву насіння а) з стріловидною лапою; б) з з стріловидним носком; в) з стріловидною лапою і роликом-розсіювачем: 1 – лапа, 2 – стойка-насінепровід; 3 – відбійник; 4 – анкерний носок; 5 – ребро жорсткості; 6 – ролик-розсіювач; 7 – привідний круг; 8 – вісь.

Для проведення досліджень використовувалась лабораторна установка в ґрунтовому каналі ПФ НУБіП України «КАТУ». Сошники, що досліджуються закріплюються на поперечних балках рухомої рами робочого візка і встановлюються на задану глибину роботи в ґрунті. Електропривод та коробка передач дозволяють плавно регулювати швидкість руху візка з робочими органами в межах від 0,1 до 2 м/сек. Для визначення тягового опору робочих органів, що досліджувались, використовувалась спеціально розроблена методика [7] з використанням мостової схеми з тензодатчиками, які через підсилювач і аналого-цифровий перетворювач підключаються на СОМ – порт переносного комп'ютера з побудовою графічних залежностей завдяки використанню спеціального програмного забезпечення. Ширина захвату лап сошників (рис.1) а – 250мм; б – 70мм; в – 300мм. Аналіз записів тягового опору сошників показав, що середнє значення опору при швидкості руху 1,5 м/с становить для сошників а-в (рис.1) при швидкості руху 1,5 м/с – 404;353; 635Н, а при швидкості руху 2,5 м/с – 435; 376;712 Н.

При перерахунку на тяговий опір сівалки СЗ-3,6, що містить 16 робочих органів-сошників з найбільш енергоємним лаповим сошником з роликком розсіювачем, він складе при швидкості руху 1,5 м/с 10171 Н, а при швидкості руху 2,5 м/с – 11392 Н. З урахуванням цих значень для агрегування сівалки СЗ-3,6 з сошниками культиваторного типу потрібен трактор тягового класу 20 кН.

Для сівби в попередньо оброблений ґрунт, мульчований пожнивними рештками нами розроблене пристосування до сівалки СЗ-3,6 А, що дозволяє досягнути агротехнологічних вимог (рис.2).

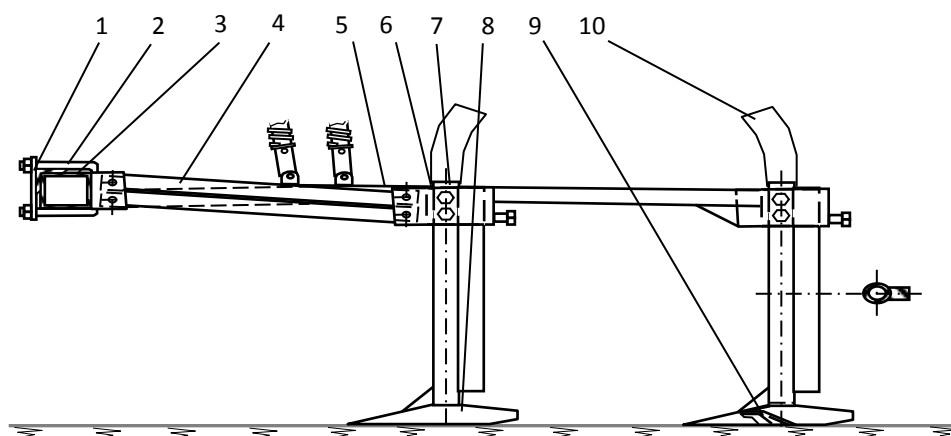


Рис. 2. Схема пристосування для кріплення сошників культиваторного типу до зернової сівалки СЗ-3,6: 1 – поводковий брус, 2 – скоба, 3 – прямокутна труба, 4 – паралелограмна грядиль, 5 – жорстка грядиль, 6 – тримач, 7 – стойка, 8 – лапа, 9 – розсіювач, 10 – насіннепровід.

Пристосування включає прикріплену скобами 2 до поводкового бруса сівалки 1 підсилюючу прямокутну трубу 3, до якої за допомогою грядилей 4 шарнірно кріпляться два ряди культиваторних робочих органів, що складаються з тримачів 6, утримуючих трубчаті стійки 7, з закріпленими в нижній частині лапами 8. Для розподілу насіння лапи мають рухомі розсіювачі 9. Внаслідок невеликої довжини гряділі першого рядку робочих органів виконані паралелограмними. Для упередження деформації деталей рами сівалки підсилюючу прямокутну трубу 3 необхідно з'єднати з дісноцею сівалки спеціальними розтяжками.

Перед використанням пристосування з сівалки знімають сошники разом з поводками. Потім до поводкового бруса 1 скобами 2 прикріплюють підсилюючу прямокутну трубу 3, яку з'єднують зі сницею розтяжками. До кронштейнів труби за допомогою пальців шарнірно підвішують гряділі 4, в тримачі 5 яких вставляють стійки 7 з лапами 8.

На верхні кінці трубчатих стійок надівають насіннепроводи 10. Регулювання розташування лап по висоті виконується на рівній площадці так же, як і розташування робочих органів культиватора.

Експериментальний зразок пристосування до сівалки СЗ-3,6, що включає 16 робочих органів поставлене в Інститут зрошуваного землеробства (рис.3), де проведені його агротехнологічні дослідження у виробничих умовах. Робочий процес сівалки з пристосуванням аналогічний робочому процесу сівалки з дисковими сошниками.



Рис.3. Загальний вигляд пристосування до сівалки СЗ-3,6 та сходів висіяного ним ячменю ярого сорту Сталкер.

В таблиці 1 представлені результати урожайності ячменю ярого сорту Сталкер, на дослідних полях лабораторії неполивного землеробства без зрошення Інституту зрошуваного землеробства НААН.

Таблиця 1–Урожайність ячменю ярого сорту Сталкер, на дослідних полях лабораторії неполивного землеробства без зрошення Інституту зрошуваного землеробства НААН у 2012р., т/га

Основний обробіток ґрунту	Сівба сошниками:	
	дисковими (контроль)	стрілчастими
Оранка на глибину 18-20 см, (контроль)	2,15	2,74
Чизельний обробіток на глибину 18-20 см	1,71	2,47
Дискування на глибину 12-14 см	1,55	2,09

Розроблене пристосування до сівалки СЗ-3,6 дозволяє практично в польових умовах виконувати заміну дискових сошників на лапові. В попередніх дослідженнях на площі більше 1 га переобладнаною

сівалкою проведений висів ярого ячменю по технології mini-till з трьома видами попередньої поверхневої обробки ґрунту. Отримано підвищення врожайності порівняно з сівбою дисковими сошниками на 20%.

Висновки. Статистичні дані свідчать, що технології mini-till і no-till в Кримському землеробстві при вирощуванні зернових дають значний економічний ефект, а в районах, де ґрунти підвержені вітровій ерозії, не мають альтернативи. Впровадження енергозберіжливих технологій стримується із-за відсутності в сільськогосподарських формуваннях фінансових можливостей для придбання спеціальних знарядь, переважно імпортних.

В ряді господарств Криму є досвід виготовлення машин для сівби з вузлів і деталей діючої техніки, направлений на модернізацію цих знарядь з метою адаптації для виконання операцій сівби за технологіями з мінімальною обробкою ґрунту.

Проведений аналіз конструкцій вітчизняних і закордонних сівалок виявив перспективність застосування в сошникових вузлах посівних машин лапових робочих органів, що обумовило вибір для досліджень сошників культиваторного типу. Для виконання полосної сівби розроблені експериментальні сошники культиваторного типу з стрілочастими лапами, встановлені основні їх технологічні показники в лабораторних умовах ґрунтового каналу.

Розроблене пристосування для модернізації сівалки СЗ-3,6 заміною дискових сошників на лапові. В попередніх дослідженнях модернізованою сівалкою проведений висів ярого ячменю по технології mini-till з трьома різними видами попередньої поверхневої обробки ґрунту. Результатами польових досліджень підтверджена перспективність даного напрямку науково-дослідних робіт.

Література

1. *Машини для обробітку ґрунту та сівби: посібник* / За ред. *В.І.Кравчука, Ю.Ф.Мельника*. – Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. – 288 с.
2. *Спирин А.П.* Противодефляционная обработка почвы / *А.П.Спирин*. – М.: Издательство ВИМ, 2006. – 248 с.
3. *Зволинський В.Н.* Развитие конструкций зерновых сеялок прямого посева / *В.Н.Зволинський, Н.И.Любушко* // *Агромаркет*. – 2005. – №8. – С.36.
4. *Бирюков А.* Минимальная технология обработки почвы при выращивании зерновых с использованием сеялок прямого сева / *А.Бирюков* // *Фермерське господарство*. – 2008. – № 14. – С.20.

5. Горобей В.П. Дослідження дводискового комбінованого сошника для смугового висіву зернових культур / В.П.Горобей, В.А. Лузін //Вісник аграрної науки. – 2010. – №5 – С.74-76.

6. Патент України № 73919 МПК (2012.01) А01С 7/00 Сошник культиваторного типу для розкидного висіву насіння / В.П.Горобей, В.А.Лузін. – 2012, Бюл. №19.

7. Горобей В.П.Методика лабораторных исследований сошников для энергосберегающих технологий посева семян зерновых культур / В.П.Горобей, В.Ю. Москалевич //Загальнодерж. міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин.–Кіровоград: КНТУ, 2012.–Вип.42,ч.1.– 254 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РОБОЧИХ ОРГАНОВ ЗЕРНОВОЙ СЕЯЛКИ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЙ С МИНИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКОЙ ПОЧВЫ

Горобей В.П., Лузин В.А., Вожегова Р.А.

Аннотация

Приведены результаты исследований относительно обоснования конструкций лаповых сошников рядовых сеялок для энергосберегающих технологий посева зерновых и зернобобовых культур. Приведена конструкция приспособления к высеваше-му аппарату зерновых сеялок для посева за технологиями с минимальной обработкой почвы.

INVESTIGATION OF WORKING ORGANS OF GRAIN SEEDER FOR TECHNOLOGIES WITH MINIMUM SOIL CULTIVATION

V. Gorobey, V. Luzin, R. Vojegova.

Summary

It is given results of researches ground relatively to claw ploughshares of raw seeders constraction for energysaving technologies of grain and leguminous crops sawing.

It is given contrivence constraction to the sawing apparatus of grain seeders for sawing with minimum soil cultivation.

УДК 631.316.6:621.3

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ РАЗРЯДНОГО КОНТУРА И РАБОЧИХ ЭЛЕКТРОДОВ ЭЛЕКТРОПРОПОЛЬЩИКА

Баев В.И., д.т.н.,

Юдаев И.В., д.т.н.

Волгоградский государственный аграрный университет

Тел. (8442) 41-16-04

Аннотация – в статье представлена методика оценки параметров разрядного контура и рабочих электродов (навесных и заглубленных в почву), на основании чего можно настроить разрядный контур для достижения запланированного технологического эффекта и разработать конструкцию электродной системы существенно снизив при этом затраты энергии, как электрической, так и механической.

Ключевые слова– параметры разрядного контура, энергетическая оценка, рабочие электроды – навесные и заглубленные в почву, снижение затрат энергии (электрической и механической).

Постановка проблемы. Для уничтожения сорной растительности применяют различные способы (механические, химические, биологические и т.п.). Традиционный механический способ имеет высокую эффективность (70...95%), огромный исторический опыт использования подручных и технических средств, но он отличается высокой энергоёмкостью. Химический метод характеризуется, прежде всего, избирательностью действия и более высокой эффективностью (до 100%), но он довольно дорог и экологически не безопасен. В России и за рубежом для борьбы с сорными растениями разрабатываются другие эффективные и экологически чистые способы истребления сорняков, к которым относят и применение высоковольтных электроимпульсных воздействий.

Для получения наилучших экономических показателей использования электроимпульсного уничтожения сорняков необходимо, чтобы эта операция была технологически эффективной, энергетически малозатратной и реализовывалась при помощи простых и сравнительно дешёвых технических средств.

Анализ технических средств («Lasco» LW-5, BolterDestroyer, «Ervard» l'Agrichoc, ЭРПИК и др.) для уничтожения сорных растений

при помощи электрической энергии определил рациональную структуру построения таких устройств, которая включает в себя: силовую установку перемещения, роль которой выполняет, например, колёсный трактор; источник электрической энергии, состоящий из генератора и блока преобразования с повышающим трансформатором; специальную систему электродов для подведения электрической энергии к объектам обработки.

Формулирование целей статьи. Добиться необратимого повреждения тканей сорняков при электропрополке и последующей их гибели можно, точно зная значение воздействующей энергии. Саму энергию формирует разрядный контур агрегата, основными параметрами которого являются: рабочее напряжение; энергия, запасаемая в ёмкости контура, и сама ёмкость.

Важнейшим элементом разрядного контура, определяющим энергетическую и технологическую эффективность электрической обработки растений, является система подведения к ним энергии. Она должна обеспечивать четкое и надежное включение надземной части растения как объекта обработки в разрядный контур как участка его цепи, а также обеспечить надежный электрический контакт цепи разрядного контура с обрабатываемым участком растения [1].

Методики определения параметров разрядного контура и оценки затрат энергии при работе электродной системы, опирающиеся на результаты проведенных исследований, представляют собой научный и практический интерес.

Основная часть. Для достижения необратимого повреждения обрабатываемых сорных растений необходимо создать в их тканях электрическое поле напряжённостью $E = 0,38$ кВ/мм и выше [3], что возможно при подведении к электродам достаточного для такой обработки напряжения. Уровень напряжения на электродах определяется вариантом подведения электрической энергии к растениям и суммарным падением напряжения на элементах цепи обработки.

Выбор варианта подведения электрической энергии к сорнякам определяется типом и степенью засорённости почвы на обрабатываемом поле, что в итоге приводит к использованию либо только системы навесных электродов, либо навесных электродов и хотя бы одного заглубленного в землю (рис. 1). При этом напряжение, подводимое к сорным растениям, в первом случае имеет большее значение, так как увеличивается сопротивление пути протекания тока обработки. Падения напряжения на элементах цепи в первом $\sum \Delta U_{li}$ и втором $\sum \Delta U_{2j}$ вариантах будут определяться:

$$\sum_{i=1}^n \Delta U_{li} = \Delta U_{ЭР1} + \Delta U_{СТ1} + \Delta U_{Ш1} + \Delta U_{К1} + \Delta U_{КП1} + \Delta U_{П} + \Delta U_{КП2} + \Delta U_{К2} + \Delta U_{Ш2} + \Delta U_{СТ2} + \Delta U_{ЭР2};$$

$$\sum_{j=1}^m \Delta U_{2j} = \Delta U_{\text{ЭР}} + \Delta U_{\text{СТ}} + \Delta U_{\text{Ш}} + \Delta U_{\text{К}} + \Delta U_{\text{КП}} + \Delta U_{\text{П}} + \Delta U_{\text{ЭП}}, \quad (1)$$

где ΔU – падение напряжения: $\Delta U_{\text{ЭР}}$ – в месте контактирования навесного электрода с надземной частью растения; $\Delta U_{\text{СТ}}$ – на надземной части растения; $\Delta U_{\text{Ш}}$ – на участке с корневой шейкой растения; $\Delta U_{\text{К}}$ – на корневой системе растения; $\Delta U_{\text{КП}}$ – в месте контактирования корневой системы растения с почвой; $\Delta U_{\text{П}}$ – на почвенном участке протекания тока обработки; $\Delta U_{\text{ЭП}}$ – в месте контактирования почвы с заглубленным электродом.

Очевидно, что напряжение на электродах $U_{\text{ЭС}}$ агрегата для электропрополки должно удовлетворять следующему условию

$$U_{\text{ЭС}} > \sum_{i=1}^n \Delta U_i. \quad (2)$$

Значение напряжения на разрядном контуре установки $U_{\text{РК}}$ должно быть больше напряжения на электродах $U_{\text{ЭС}}$ на величину падения напряжения $\Delta U_{\text{РК-Э}}$ на участке цепи «разрядная ёмкость – система электродов»:

$$U_{\text{РК}} \geq U_{\text{ЭС}} + \Delta U_{\text{РК-Э}} \text{ или } U_{\text{РК}} = K_U (U_{\text{ЭС}} + \Delta U_{\text{РК-Э}}), \quad (3)$$

где K_U – коэффициент, учитывающий неполноту разрядки ёмкости.

К каждому сорному растению необходимо подвести количество энергии, достаточное для его надёжного повреждения. Это количество энергии определяется произведением удельной повреждающей энергии на единицу объёма растительной ткани величиной от $w_{\text{уд}} = 17,5$ Дж/см³ и более [3] на полный объём V отдельного растения и на число N одновременно обрабатываемых растений. Кроме этого необходимо учесть потери энергии в переходных контактах цепи обработки и в почве ΔW

$$W = (w_{\text{уд}} \cdot V + \Delta W) \cdot N. \quad (4)$$

Энергия же разрядного контура W_K должна превышать энергию W , подводимую к разрядной цепи, на величину остающейся в ёмкости из-за неполной её разрядки энергии W_o

$$W_K = W + W_o = (w_{\text{уд}} \cdot V + \Delta W) \cdot N + W_o. \quad (5)$$

Зная рабочее напряжение установки, можно определить значение разрядной ёмкости контура C_K

$$C_K = \frac{2 \cdot [(w_{\text{уд}} \cdot V + \Delta W) \cdot N + W_o]}{K_U^2 \cdot (U_{\text{ЭС}} + \Delta U_{\text{РК-Э}})^2}. \quad (6)$$

Система подведения электрической энергии к сорнякам представляет собой совокупность специальных электродов, которые должны отвечать ряду требований: 1) обеспечивать хороший электрический контакт с уничтожаемым (обрабатываемым) сорным растением, т.е. обеспечивать минимальное переходное сопротивление места контак-

та; 2) оказывать минимальное механическое сопротивление движению всей установки по пропалываемому участку; 3) обеспечивать необходимый технологический эффект необратимого повреждения сорных растений при как можно меньшем рабочем напряжении установки; 4) не создавать электроопасных условий поражения электрическим током человека за зоной обработки сорняков.

С энергетической точки зрения важнейшим из этих требований являются первые два. Общие затраты энергии на прополку складываются из затрат на электрическое повреждающее воздействие на сорняки и затрат на движение агрегата по пропалываемому полю. Слагаемые энергозатрат, обусловленные рабочими электродами, могут быть определены из следующих соображений.

Сравнительный анализ возможных вариантов подведения электрической энергии к обрабатываемым сорнякам позволяет сделать вывод, что технологически наиболее эффективными являются два способа [2, 3], о которых уже упоминалось ранее: 1) навесной электрод – стебель растения – корень растения – почва – заглубленный в почву электрод (рис. 1, а); 2) навесной электрод – стебель растения – корень этого растения – почва – корень другого растения – стебель другого растения – второй навесной электрод (рис. 1, б).

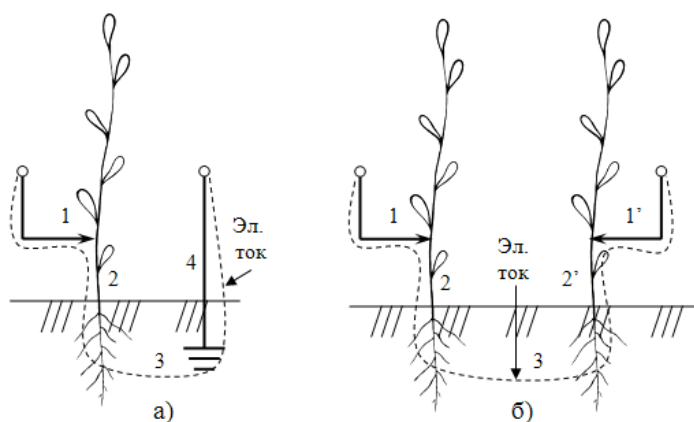


Рис. 1. Способы подведения электрической энергии к сорным растениям: а) навесной электрод (1) – стебель растения (2) – почва (3) – заглубленный, заземляющий электрод (4); б) навесной электрод (1) – стебель одного растения (2) – почва (3) – стебель другого растения (2') – другой навесной электрод (1').

Как уже подчеркивалось ранее в первом варианте рабочее напряжение установки будет существенно ниже, чем во втором, и это удешевляет установку. Но наличие заглубленного в почву электрода создает значительное тяговое сопротивление движению агрегата и увеличивает общие энергозатраты на прополку. Во втором варианте заглубленного электрода нет, тяговое сопротивление от него отсутствует, но рабочее напряжение установки примерно в два раза выше,

поскольку обрабатывается одновременно два растения, соединенных последовательно как сопротивления цепи.

Для энергетической оценки рабочих электродов представим электрические схемы замещения обоих вариантов подведения энергии к сорным растениям (рис. 2, а и б). В этих схемах сопротивления металлических элементов конструкции электродов не выделены из-за их малых значений по сравнению с другими участками схем. Все приведенные значения и названия сопротивлений относятся к схеме рисунка 2, а. В схеме рисунка 2, б сопротивления имеют те же названия, но имеют индексы 1 и 2, относящиеся к двум растениям, с которыми одновременно контактируют два навесных электрода.

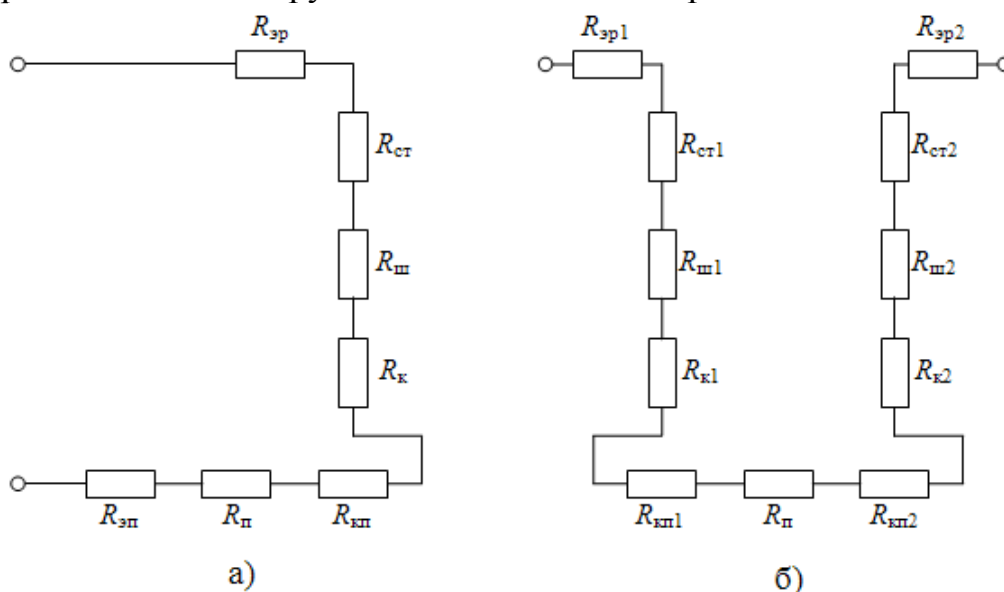


Рис. 2. Электрическая схема замещения цепи протекания тока при уничтожении сорняков по варианту «навесной – заземляющий» электроды (а) и «навесной – навесной» электроды (б), где сопротивления: $R_{эп}$ – переходное между навесным электродом и растением; $Z_{ст} \approx R_{ст}$ – электрическому току стебля растения от места контакта с электродом до корневой шейки; $Z_{ш} \approx R_{ш}$ – электрическому току корневой шейки растения; $Z_{к} \approx R_{к}$ – корня; $R_{кп}$ – переходное между корнем и почвой; $R_{п}$ – почвы на участке от корня до заземляющего электрода; $R_{эп}$ – переходное между почвой и подвижным заземляющим электродом.

С технологической точки зрения самыми важными элементами схемы являются сопротивления уничтожаемого растения $Z_{ст}$, $Z_{ш}$, и $Z_{к}$. Но поскольку энергию к этим сопротивлениям можно подвести только через $Z_{ст}$, то в схеме замещения все эти три сопротивления, практически трудно разделимые, следует заменить одним общим сопротивлением растительной ткани: $Z_{пт} = Z_{ст} + Z_{ш} + Z_{к}$.

Здесь следует иметь ввиду, что с энергетической точки зрения необходимо стремиться к минимальному значению $Z_{ст}$, чтобы технологический эффект – необратимое повреждение растения – достигался

при минимально возможном количестве энергии, выделяющейся в Z_{pm} . Это означает, что длина обрабатываемой части стебля $l_{ст}$ и, следовательно, высота расположения навесного электрода над почвой (землей) должны быть минимально допустимыми из условия некасания его неровностей почвы.

Кроме этого, переходное сопротивление между корнем и почвой мало по величине и практически не отделимо от сопротивления почвы, поэтому его следует исключить из схемы, приняв $R_n + R_{kn} \approx R_n$.

С учетом сказанного схемы замещения по рис. 2 примут упрощенный вид (рис. 3).

В этих схемах сопротивление почвы R_n и растительной ткани сорняка Z_{pm} , в котором должна выделяться основная часть энергии на прополку, практически не зависят от конструкции и принципа действия рабочих электродов. Сопротивления же $R_{эп}$ и $R_{эп}$ определяются именно электродами. Причем каждый электрод обуславливает сопротивление протеканию электрического тока и чисто механическое сопротивление перемещению установки относительно растений по полю. На преодоление этих сопротивлений затрачивается энергия, соответственно, электрическая $W_{эп}$ и механическая $W_{мэп}$.

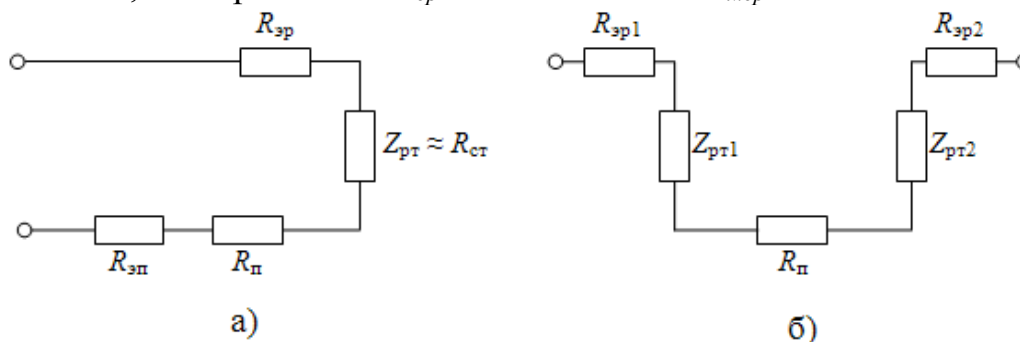


Рис. 3. Эквивалентная схема замещения цепи протекания электрического тока при уничтожении сорняков по варианту «навесной – заземляющий» электроды (а) и «навесной – навесной» электроды (б).

Навесной электрод контактирует со стеблем растения касанием с его эпидермисом, покрытым жесткими не токопроводящими волосками. Для уменьшения сопротивления $R_{эп}$ в месте касания необходимо смять волоски и даже нарушить целостность эпидермиса, надрезать его. Чем больше и глубже надрез, тем меньше $R_{эп}$, значение которого будет зависеть от угла заточки α электрода (рис. 4).

Вместе с этим значение $R_{эп}$ будет изменяться во времени из-за изменения размеров надреза, давления электрода и упругой реакции стебля, площади контактирования и поэтому значение переходного сопротивления можно описать функцией: $R_{эп} = f(\alpha, t)$. Очевидно, что потери электрической энергии в переходном сопротивлении будут

$$W_{\text{ЭПЭ}} = \int_0^{t_K} i^2(t) \cdot R_{\text{ЭП}}(\alpha, t) dt, \quad (7)$$

где t_K – продолжительность контактирования электрода с растением, с; i – значение тока, протекающего по повреждаемому сорному растению, А.

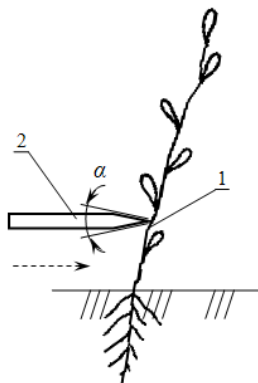


Рис. 4. Взаимное расположение навесного электрода (2) и сорняка (1) при движении электрода по стрелке.

Движущийся навесной электрод, контактируя со стеблем растения, преодолевает сопротивление упругой деформации изгибаемого стебля и сопротивление врезанию острой кромки электрода в стебель. На эти преодоления расходуется механическая энергия, обусловленная конструктивными параметрами электрода

$$W_{\text{ЭРМ}} = W_{\text{ЭРУ}} + W_{\text{ЭРП}}, \quad (8)$$

где $W_{\text{ЭРУ}}$ – энергия на преодоление упругого сопротивления стебля, Дж; $W_{\text{ЭРП}}$ – энергия на врезание электрода в стебель.

Слагаемые затрат механической энергии:

$$W_{\text{ЭРУ}} = \int_0^{t_K} F_y(t) \cdot v_{\text{ср}} \cdot dt; \quad (9)$$

$$W_{\text{ЭРП}} = \int_0^{t_K} F_{\text{рез}}(t) \cdot v_{\text{ср}} \cdot dt, \quad (10)$$

где $F_y(t)$ – изменяющаяся с наклоном стебля сила его упругой деформации, кгс; $v_{\text{ср}}$ – средняя скорость перемещения электропропольщика по полю, м/с; $F_{\text{рез}}(t)$ – изменяющееся с наклоном стебля под давлением электрода сила сопротивления врезанию электрода в стебель, кгс.

Значение силы $F_{\text{рез}}$ существенно зависит от угла заточки α_1 электрода, который в расчетах необходимо учитывать, используя не $F_{\text{рез}}(t)$, а $F_{\text{рез}}(\alpha_1, t)$.

Суммарная механическая энергия, затрачиваемая на преодоление сопротивления стебля движению навесного электрода, равна

$$W_{\text{ЭРМ}} = \int_0^{t_K} [F_y(t) + F_{\text{рез}}(\alpha_1, t)] \cdot v_{\text{ср}} \cdot dt. \quad (11)$$

Общие затраты электрической и механической энергий, создаваемые перемещением навесного электрода относительно уничтожае-

мого сорняка, могут быть определены выражением

$$W_{ЭР} = W_{ЭРЭ} + W_{ЭРМ} = \int_0^{t_K} i^2(t) \cdot R_{ЭР}(\alpha_1, t) \cdot dt + \int_0^{t_K} [F_y(t) + F_{рез}(\alpha_1, t)] \cdot v_{cp} \cdot dt \cdot \quad (12)$$

Вероятно, минимизация этих суммарных затрат энергии связана с оптимизацией угла заточки электрода, поскольку уменьшение α_1 уменьшает переходное электрическое сопротивление $R(\alpha_1, t)$ и электрическое слагаемое энергии и может увеличивать (или уменьшать) слагаемое механической энергии на врезание электрода в стебель.

«Заземляющий» электрод (рис. 1,а) вносит в процесс электропрополки свои дополнительные потери энергии. Основное назначение этого электрода заключается в замыкании цепи протекания электрического тока по растительной ткани ($Z_{pm} = R_{pm}$) уничтожаемого сорняка. Для этого он должен обеспечить хороший электрический контакт с почвой-землей, что обеспечит малое значение переходного электрического сопротивления $R_{эн}$ и, следовательно, малые потери электрической энергии $W_{энэ}$ на нем.

Очевидно, что значение этого сопротивления зависит от удельного сопротивления почвы, ее влажности, площади соприкосновения поверхности электрода с почвой и от давления электрода на почву. От конструкции электрода зависят площадь соприкосновения и давление на почву. Чем больше площадь и выше давление, тем меньше будет переходное электрическое сопротивление. То есть

$$R_{эн} = f(S_{эн}, p) = R_{эн}(S_{эн}, p), \quad (13)$$

где $S_{эн}$ – площадь соприкосновения – контактирования электрода с почвой, м²; p – давление электрода на почву-землю, в которую заглублен и в которой движется электрод, Н/м².

Значение давления определяется отношением силы механического сопротивления почвы движению электрода в ней к площади их соприкосновения. Потери электрической энергии на переходном сопротивлении будут

$$W_{ЭПЭ} = \int_0^{t_K} i^2(t) \cdot R_{ЭП}(S_{ЭП}, p) dt \cdot \quad (14)$$

Но, с другой стороны, заглубленный заземленный электрод должен испытывать как можно меньшее механическое сопротивление своему движению в почве-земле. Значением этого сопротивления определяются потери механической энергии $W_{ЭПМ}$ на перемещение заглубленного электрода

$$W_{ЭПМ} = \int_0^{t_K} F_{ЭПМ}(\alpha_2, t) \cdot v_{cp} \cdot dt \cdot \quad (15)$$

где $F_{ЭПМ}(\alpha_2, t)$ – сила механического сопротивления почвы движению заглубленного электрода, кгс.

Здесь очевидно, что сила сопротивления и затраты энергии будут тем меньшими, чем меньше угол заточки α_2 электрода. То есть

электрод должен представлять собой, например, или нож-щелеватель, или дисковый нож. Причем механическое сопротивление движению здесь будет тем меньше, чем меньше будет угол заточки кромки резания и длина электрода-лезвия ножа-щелевателя или дискового ножа.

Однако в таком случае переходное электрическое сопротивление $R_{эл}$ и потери электрической энергии на нем $W_{элэ}$ будут возрастать.

Это противоречие с энергетической точки зрения можно разрешить минимизацией суммарных энергетических потерь

$$W_{эл} = W_{элэ} + W_{элм} = \int_0^{t_K} i^2(t) \cdot R_{эл}(S_{эл}, p) \cdot dt + \int_0^{t_K} F_{эл}(\alpha, t) \cdot v_{cp} \cdot dt \quad (16)$$

С учетом того, что площадь контактирования электрода с почвой и давление на почву также определяются углом заточки режущей кромки электрода (чем больше угол, тем эти параметры больше, а электрическое сопротивление меньше), суммарные потери энергии следует определять по выражению

$$W_{эл} = \int_0^{t_K} i^2(t) \cdot R_{эл}(\alpha_2, t) \cdot dt + \int_0^{t_K} F_{эл}(\alpha_2, t) \cdot v_{cp} \cdot dt \quad (17)$$

И, следовательно, задача минимизации суммарных потерь энергии от заглубленного электрода сводится к задаче нахождения оптимального угла α_{2opt} .

Глубина погружения электрода в почву существенно влияет на энергетические потери электрода: с увеличением глубины, сопротивление электрическому току и электрическое слагаемое потерь энергии уменьшаются, а механическое сопротивление движению электрода в почве и слагаемое потерь механической энергии возрастают. Поэтому суммарные потери энергии определяются более общим выражением

$$W_{эл} = \int_0^{t_K} i^2(t) \cdot R_{эл}(\alpha_2, t, h) \cdot dt + \int_0^{t_K} F_{эл}(\alpha_2, t, h) \cdot v_{cp} \cdot dt \quad (18)$$

где h – глубина погружения электрода в почву, м.

Однако для упрощения нахождения оптимальных решений вначале следует найти минимум потерь энергии по выражению (17), определив оптимальный угол α_{2opt} , а затем определить минимум потерь по выражению

$$W_{эл} = \int_0^{t_K} i^2(t) \cdot R_{эл}(h) \cdot dt + \int_0^{t_K} F_{эл}(h) \cdot v_{cp} \cdot dt \quad (19)$$

приняв $\alpha_{2opt} = const$ и определив оптимальную глубину h_{opt} .

Из сказанного следует, что заглубляемый электрод должен иметь длину, достаточную для обеспечения оптимальных режимов работы во всем диапазоне изменения удельного электрического сопротивления и плотности почв региона. Электрод должен быть снабжен механизмом изменения глубины погружения с целью установки ее оптимального значения при конкретных значениях удельного сопротивления и плотности почвы пропалываемого поля или участка.

Общие энергетические потери, обусловленные рабочими электродами, определяются суммированием потерь от каждого электрода, т.е. суммированием выражений (12) и (16) или (12) и (18)

$$W_{\Sigma} = \int_0^{t_K} i^2(t) \cdot R_{\text{ЭР}}(\alpha_1, t) \cdot dt + \int_0^{t_K} [F_y(t) + F_{\text{пез}}(\alpha_1, t)] \cdot v_{\text{ср}} \cdot dt + \\ + \int_0^{t_K} i^2(t) \cdot R_{\text{ЭП}}(\alpha_2, t, h) \cdot dt + \int_0^{t_K} F_{\text{ЭП}}(\alpha_2, t, h) \cdot v_{\text{ср}} \cdot dt. \quad (20)$$

При малой засоренности поля эта сумма справедлива только в течении отрезков времени контактирования t_k навесного электрода с редко стоящими растениями – сорняками. На участках между сорняками навесной электрод не создает потерь энергии, а заглубленный электрод создает только потери механической энергии на его перемещение в почве, то есть

$$W_{\Sigma} = \int_0^{t_{\Pi}} F_{\text{ЭП}}(\alpha_2, t, h) \cdot v_{\text{ср}} \cdot dt, \quad (21)$$

где t_n – время перемещения навесного электрода между двумя сорняками.

При низкой влажности почвы переходное сопротивление $R_{\text{Эп}}$ «электрод – почва» будет большим. Для его уменьшения необходимо устанавливать несколько заглубленных электродов. Тогда суммарное электрическое сопротивление заглубленных электродов упадет, а механическое сопротивление движению электродов в почве возрастет и общие потери энергии от заглубленных электродов следует определять

$$W_{\text{ЭП}} = \frac{1}{n} \int_0^{t_K} i^2(t) \cdot R_{\text{ЭП}}(\alpha_2, t, h, n) \cdot dt + n \int_0^{t_K} F_{\text{ЭП}}(\alpha_2, t, h, n) \cdot v_{\text{ср}} \cdot dt, \quad (22)$$

где n – число параллельно заглубленных в почву электродов, шт.

Задача минимизации этой энергии теперь сводится к определению оптимального числа n заглубляемых электродов.

Необходимо отметить, что уменьшение переходного электрического сопротивления «электрод – почва» очень важно для снижения опасности поражения электрическим током людей, например, шаговым напряжением.

При использовании в электропропольщике для подведения электрической энергии к сорнякам только навесных электродов, например двумя навесными электродами (рис. 1,б), общие потери энергии будут равны удвоенным потерям одного навесного электрода (8)

$$W_{\text{ЭР}} = 2 \int_0^{t_K} i^2(t) \cdot R_{\text{ЭР}}(\alpha_1, t) \cdot dt + 2 \int_0^{t_K} [F_y(t) + F_{\text{пез}}(\alpha_1, t)] \cdot v_{\text{ср}} \cdot dt, \quad (23)$$

оптимальные параметры таких электродов одинаковы и определяются из условия минимума потерь энергии для одного из них.

Выводы. Представленные методики позволяют:

– определить основные параметры (1-6) разрядного контура,

обеспечивая при этом достаточную для практической настройки и регулировки агрегата точность;

– не только дать энергетическую оценку (7-23) рабочих электродов, но и определить оптимальные значения их основных параметров, обеспечивающих снижение до минимума потерь энергии, обусловленных конструкциями и принципами работы этих электродов.

Литература

1. *Баев В.И.* Электроимпульсная предуборочная обработка растений подсолнечника и табака: монография / *В.И. Баев, И.Ф. Бородин.* – Волгоград: ВГСХА и Станица-2, 2002. – 232 с.
2. Свойства и параметры сорных растений как объектов электрической прополки: монография / [*В.И. Баев, Т.П. Бренина, Д.С. Елисеев, И.В. Юдаев*]. – Волгоград: Станица-2, 2004. – 128 с.
3. *Юдаев И.В.* Электроимпульсная энергосберегающая технология борьбы с сорной растительностью: автореф. дис. докт. техн. наук / *И.В. Юдаев.* – Москва: 2012. – 36 с.

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ПАРАМЕТРІВ РОЗРЯДНОГО КОНТУРУ І РОБОЧИХ ЕЛЕКТРОДІВ ЕЛЕКТРОПРОПОЛЬЩІКА

Баєв В.І., Юдаєв І.В.

Анотація

У статті представлена методика оцінки параметрів розрядного контуру і робочих електродів (навісних і заглиблених у ґрунт), на підставі чого можна налаштувати розрядний контур для досягнення запланованого технологічного ефекту і розробити конструкцію електродної системи істотно знизивши при цьому витрати енергії, як електричної, так і механічної.

METHODOLOGY OF EVALUATION OF THE PARAMETERS OF THE DISCHARGE CIRCUIT AND THE WORKING ELECTRODE ELECTRO-DISCHARGE CULTIVATOR

I. Judaew, V. Baev

Summary

The article presents a methodology of evaluation of the parameters of the discharge circuit and the working electrode (hinged and buried in the ground), on the basis of which you can configure the discharge circuit to achieve the planned technological effect and to develop the design of the electrode system significantly reducing the costs of energy, both power and mechanical.

УДК 674:621.928.93

ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТВЕРДОГО ПАЛИВА З БІОСИРОВИНИ

Войтов В.А., д.т.н.

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П.Василенка

Вороновський І.Б., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. / факс: 8-(057)-700-38-98, 8-(0619)-44-02-74

Анотація – викладені шляхи зниження енерговитрат при виробництві твердого палива із застосуванням тонкого помолу.

Ключові слова – тверде паливо, біосировина, біомаса, брикети, пелети, енерговитрати.

Постановка проблеми. В 2008 році Інститутом технічної теплофізики НАН України був досліджений і проаналізований потенціал нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії та виконана оцінка сільськогосподарських відходів, відходів деревообробки, енергетичних культур, біодизеля, біоетанолу, біогазу з відходів тваринництва, торфу [1]. Як показали розрахунки економічний потенціал біосировини в Україні, доступної для отримання енергії, становить 27 млн. тонн умовного палива на рік [2].

Альтернативою відходам деревообробки для пресування паливних гранул (пелет) є сільськогосподарські відходи (солома, лузга зернових культур, рису, кукурудзи, соняшника). Сільськогосподарські відходи можуть бути значним джерелом твердого палива для сільських регіонів.

Найбільш економічно вигідним є використання твердого палива з біомаси у вигляді брикетів або пелет, тому що це не вимагає заміни котлів і економить кошти на транспортних витратах.

Аналіз останніх досліджень. Сільськогосподарська біомаса, яка може використовуватися як паливо, має ряд особливостей, які відрізняються від традиційних енергоресурсів. Деякі характеристики біопалива, в першу чергу такі, як щільність, розмір часток, специфіка поверхні, за допомогою подрібнення і ущільнення можуть бути змінені, при цьому основні паливно-енергетичні характеристики прийнято розглядати як постійні.

Найбільш важливою паливно-енергетичною характеристикою біомаси є її теплотворна здатність, яка залежить від безлічі факторів:

генетичних особливостей енергетичних рослин; впливу навколишнього середовища; умов зберігання; вологості. У табл. 1 приведена середня теплотворна здатність біомаси при вологості на рівні 20% [1].

Таблиця 1– Середня теплотворна здатність біомаси

Назва біомаси	Теплотворна здатність, Дж/кг
Солома зернових культур	10,5
Стебла кукурудзи	12,5
Гілки плодкових дерев	10,5
Стебла соняшнику	12,5
Виноградна лоза	14,5

В табл. 2 наведена порівняльна характеристика різних видів палива та вплив вологості на теплотворну здатність, а також вміст сірки і золи [1].

Таблиця 2– Порівняльна характеристика різних видів палива

Вид палива	Вологість, %	Теплотворна здатність, Дж/кг	Вміст сірки, %	Вміст золи, %
Природний газ	-	35-38 МДж/м ³	0	0
Кам'яне вугілля	-	15-25	1-3	10-35
Дизельне паливо	-	42,5	0,2	1,0
Мазут	-	42	1,2	1,5
Відходи дерева, тріски	40-45	10,5-12,0	0	2,0
Брикети з дерева	7-8	14,8-16,5	0,1	1,0
Брикети з соломи	8-10	12,5-14,8	0,2	4,0

Як випливає з представлених таблиць 1 і 2 брикети з відходів біомаси за теплотворною здатністю, а також вмісту сірки та золи можуть виступати альтернативою традиційним викопним видам палива.

При виробництві брикетів або пелет велике значення на вартість кінцевої продукції надає початкова вологість сировини. Аналіз технічної літератури дозволяє виконати ранжування витрат при виробництві твердого палива [1, 2, 5]:

- вартість сировини – 42,8%;
- попередня сушка сировини – 34,2%;
- пресування – 13%;
- персонал – 2,8%;
- подрібнення біомаси – 2,6%;
- загальні витрати – 2%;
- зберігання – 1,6%;
- охолодження – 1,0%.

Аналіз витрат показує, що сушка сировини перед подрібненням і пресуванням займає 34,2% загальних витрат. Крім того, сушка ефективна для подрібненої біомаси.

Аналіз технологічного процесу дозволяє зробити висновок, що зниження енергозатрат на виробництво одиниці продукції можна досягти, виключивши сушку при одночасному перерозподілі енергії на подрібнення і пресування.

Формулювання мети статті. Метою статті стало обґрунтування зниження енерговитрат при виробництві твердого палива з біомаси за рахунок застосування тонкого помолу.

Основна частина. Після попереднього подрібнення біомаси з вологістю 20-30%, без застосування сушки, виконується тонке подрібнення. Такий шлях дозволяє отримати зменшення помелу до значень 100-50 мкм при одночасній активації біомаси перед пресуванням.

Мілко подрібнена і одночасно активована біомаса з вологістю 10-14% вимагає в 25 разів менш енергії при пресуванні в шнекових пресах, де реалізується ефект зниження динамічної в'язкості біомаси за рахунок наявності великих швидкостей зсуву.

В якості пристрою для подрібнення біомаси може виступати дезінтегратор [3, 4]. Наукові основи застосування дезінтегратора для подрібнення будівельних матеріалів розроблені Й.О. Хинтом, однак для подрібнення біомаси, що має вологість до 20%, наприклад соломи, використовується принцип удару – малоефективний.

Тому була розроблена конструкція дезінтегратора, де використовуються два принципи подрібнення: удар і стирання одночасно. На початку подрібнення більшою мірою використовується удар, на кінцевій стадії подрібнення – більшою мірою використовується стирання. Така конструкція дозволяє знизити енерговитрати на подрібнення при одночасному підвищенні якості помолу.

Вид загальний дезінтегратора представлений на рис. 1, з якого видно, що пристрій складається з двох, що обертаються назустріч один одному, роторів 3. Завантаження біомаси відбувається через порожнистий вал ротора за допомогою шнека 7 всередину помольної камери 1.

На підставі гіпотез Ріттинґера і В.М. Кирпичева [5] про механізми подрібнення твердих тіл теоретичним шляхом нами була отримана розрахункова формула для визначення потужності на подрібнення за рахунок удару

$$N_{уд} = \frac{\pi^2 \sigma^2 D_{cp} n h \left(\frac{d_n}{d_k} - 1 \right)}{60E}, \quad (1)$$

де δ – тимчасова межа міцності матеріалу, що подрібнюється, Па;
 D_{cp} – середній діаметр помольної камери (робочого колеса), м;
 n – обороти ротора, об/хв;

l – ширина помольної камери (робочого колеса), м;
 h – глибина помольної камери (відстань між робочими колесами), м;
 d_n, d_k – початковий і кінцевий діаметр частинок, м;
 E – модуль пружності матеріалу, що подрібнюється.

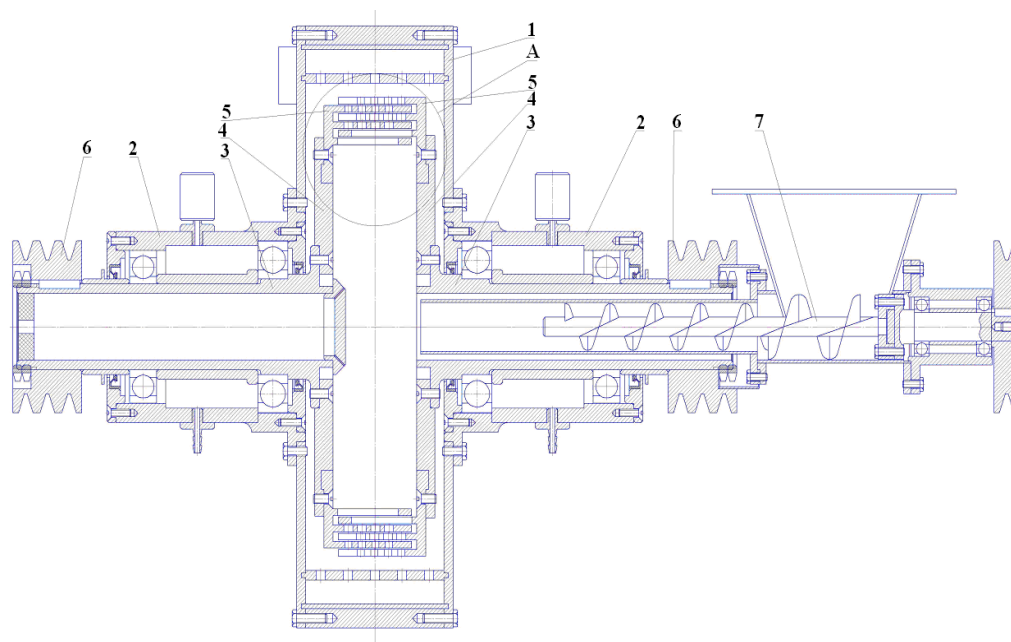


Рис. 1. Вид загальний дезінтегратора: 1 – помольна камера, 2 – корпус шпинделя; 3 – опора, 4 – диск ротора; 5 – робочі кільця; 6 – шків; 7 – завантажувальний шнек.

Мінімальна швидкість для подрібнення матеріалу за рахунок удару $U_{уд}$, визначається виразом

$$U_{уд} = \sigma \sqrt{\frac{\left(\frac{d_n}{d_k} - 1\right)}{\rho E}}, \quad (2)$$

де ρ – щільність матеріалу, що подрібнюється.

Розрахунки за формулами (1) і (2) показують, що для тонкого подрібнення (до 50 мкм) біомаси (наприклад, деревних відходів), швидкість удару повинна бути не менше 62 м/с, а потужність, що витрачається становить більше 6,4 кВт.

Потужність витрачається на подрібнення за рахунок стирання

$$N_{ис} = \frac{24\mu\pi^3 D_{ср}^2 n^2 l \left(\frac{d_n}{d_k} - 1\right)}{3600}, \quad (3)$$

де μ – динамічна в'язкість помольної середовища (біомаса+повітря), Па·с.

Мінімальна швидкість для подрібнення матеріалу за рахунок стирання (внутрішнього тертя частинок між собою)

$$U_{ис} = \frac{12\mu\left(\frac{d_n}{d_k} - 1\right)}{h\rho} \quad (4)$$

Розрахунки за формулами (3) і (4) показують, що для подрібнення по механізму стирання швидкість руху робочих коліс повинна бути не менше 10 м/с, а потужність, що витрачається не більше 7 кВт.

Втрати на тертя помольного середовища об внутрішні робочі поверхні коліс визначаються виразом

$$N_{тр} = \frac{f\rho\pi^4 D_{ср}^3 n^3 lh}{54000} \quad (5)$$

Втрати становлять величину порівнянну з величиною, що витрачається на подрібнення за механізмом стирання.

Удар і стирання відбувається між робочими колесами 2, конструкція яких представлена на рис. 2.

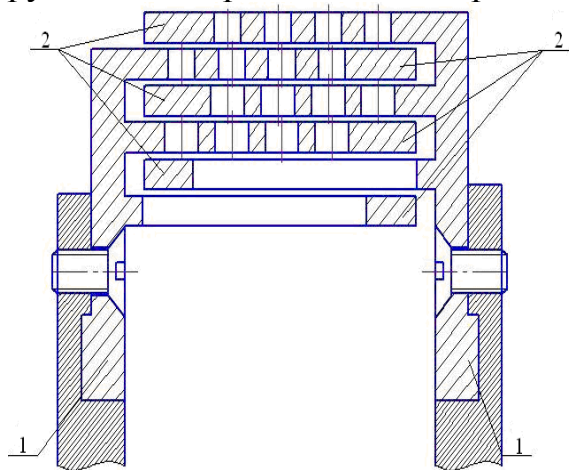


Рис. 2 – Робочі колеса дезінтегратора: 1 – робочі диски; 2 – робочі кільця. Рис.3 – Робоче кільце.

При зіткненні біомаси з отворами відбувається подрібнення за рахунок удару, а в зазорі між обертовими назустріч один одному колесами, відбувається подрібнення стиранням. Зовнішній вигляд робочого колеса представлений на рис. 3.

При застосуванні для подрібнення різних видів біомаси такого принципу помолу середній розмір тоніни становить 70 мкм при продуктивності 3,6 т/г. При цьому дезінтегратор споживає потужність 18 кВт.

Висновки. Новий технологічний процес виключає з ланцюга подрібнення молоткову дробарку, замість якої застосовується дезінтегратор. Дезінтегратор може забезпечувати подрібнення до рівня 5...10 мкм. Крім цього, дезінтегратор може виконувати подрібнення біомаси з рівнем вологості до 40%, що виключає з технологічного процесу сушіння.

Тонкий помол біомаси сприятиме активному зрушенню шарів матеріалу, що пресується всередині шнекового преса, їх саморозігрів до пластичного стану, а, отже, і зниження енерговитрат на пресування з причини зниження динамічної в'язкості зволоженої та розігрітої біомаси. Кінцеві продукт – пелета або брикет, має фізико-механічні характеристики на рівні деревного вугілля, що відповідає міжнародним стандартам.

Література

1. Біопалива: Технології, машини, обладнання / [В.О. Дубровін, М.О. Корчемний, І.П. Масло та ін.]. – К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. – 256 с.
2. Новітні технології біоенергоконверсії: монографія / [Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетуша, І.П. Григорюкта ін.]. – К.: «Аграр Медіа Груп», 2010. – 326 с.
3. Пат. 2353431 Российская Федерация, МПК В02С13/22. Дезинтегратор / Заявитель и патентообладатель ГОУВПО Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова; заявл. 01.10.2007; опубл. 27.04.2009.
4. Технології та обладнання для використання поновлюваних джерел енергії в сільськогосподарському виробництві / Під ред. В.І.Кравчука, В.О. Дубровіна// УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке, 2010.– 184 с.
5. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. Кн. 2/ Под ред. В.Г. Айнштейна. – М.: Химия, 2000. – 162 с.

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ИЗ БИОСЫРЬЯ

Войтов В.А., Вороновский И.Б.

Аннотация

Изложены пути снижения энергозатрат при производстве твердого топлива путем применения тонкого помола.

REDUCTION OF ENERGY THE PRODUCTION OF SOLID FUEL BIOSYRYAV

V. Vojtov, I. Voronovskiy

Summary

The paper ways to reduce energy consumption in the manufacture of solid fuels from biomass in the form of briquettes or pellets by applying a fine grind was described.

УДК 621.313.33

АНАЛІЗ ДИНАМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПРИ ВІДХИЛЕННІ НАПРУГИ

Лисиченко М.Л., д.т.н.,

Гузенко В.В., аспірант.*

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка

Тел. (057)712-50-56

Анотація – визначені показники динамічної стійкості та обґрунтовані динамічні перехідні властивості асинхронного двигуна, які впливають на стійкість системи електропривод-робоча машина (ЕП-РМ), на прикладі насосної станції Краснопавлівського водоканалу.

Ключові слова – динамічна стійкість, аварійний режим, робоча точка, електропривод.

Постановка проблеми. Електропривод, як основний силовий споживач у міському, так і у сільському господарстві, базується на раціональному суміщенні електромеханічних властивостей двигуна та робочої машини (РМ). Відомо, що асинхронні двигуни (АД) бувають різних модифікацій і їх механічні властивості мають відмінності. Тому, що в залежності від двигунів загального призначення, виготовлені з нормальною характеристикою, існують модифікації з підвищеним пусковим моментом і ковзанням [1].

В сучасному агропромисловому комплексі асинхронний електропривод застосовується: в технологічних процесах в переробці зерна, на підйомно-транспортних установках, в вентиляційних установках, в насосних станціях та ін. [2].

Як показує аналіз сучасної науково-технічної літератури, механізми, які приводяться в рух асинхронним двигуном з різними модифікаціями, можуть працювати продуктивно і економічно тільки тоді, коли властивості двигуна задовольняють вимогам механізму [2]. Тому, знання електромеханічних властивостей асинхронного двигуна необхідно для проектування і експлуатації електроприводу машин і механізмів.

Із всіх приймачів електричної енергії асинхронні двигуни найбільш чутливі до викривлення синусоїди підведеної напруги. Так, якщо

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

© д.т.н. Лисиченко М.Л., аспірант Гузенко В.В.

у вентиляційних установках зміна параметрів мережі і не завдасть великих шкідливих наслідків [3], то на деяких робочих машинах слід вдосконалити методики її аналізу. Враховуючи, що насосні станції Краснопавлівського водосховища – це комплекс однотипних механізмів, які працюють на загальну магістраль, то число механізмів, які одночасно включаються на спільну роботу, в першу чергу, залежить від необхідної продуктивності станції. При появі викривлення або при зниженні живлячої напруги змінюються, як електромеханічні, так і механічні властивості двигуна. Тому, проведення аналізу динамічної стійкості системи ЕП-РМ є важливою задачею перед впровадженням в дію АД.

Аналіз останніх досліджень. Відомі теоретичні і експериментальні дослідження поведінки двигунів при зміні напруги живлення, головним чином роботи: І.І. Мартиненко, М.М. Якіменка, О.А. Некрасова, Г.Г. Рекуса, О.Л. Церазова, а також ряд більш ранніх робіт дозволяють припустити, що при змінених параметрах напруги можна очікувати появи в двигунах електроприводів помітних додаткових втрат активної потужності і відповідно погіршення їх теплового режиму в порівнянні із роботою при тому ж механічному навантаженні. Можна також очікувати періодичного виходу з ладу двигуна по причині теплового пошкодження ізоляції.

Для оцінки властивостей двигуна дуже часто виникала задача, яка потребує необхідного математичного вирішення за номінальними параметрами. Завдяки існуванню сучасного комп'ютерного забезпечення значно полегшується робота дослідника, наприклад, більшість математичних задач вже мають в загальному вигляді рішення або розрахунок в програмному пакеті Fortran. Більшість таких бібліотек є фактичним досягненням певних вчених, вони доступні у вихідних кодах, гарно документовані, налагоджені та ефективні, але змінювати, а тим більше, переписувати їх на інших мовах програмування складно, незважаючи на те, що регулярно проводяться спроби автоматичного конвертування Fortran-коду на сучасні мови програмування.

Формулювання мети статті. Визначити показники динамічної стійкості, обґрунтувати властивості та “поведінку” асинхронного електропривода, які нерозривно пов'язані з необхідністю оцінки ковзання в нормальних і аномальних режимах живлення при квадратично-залежній механічній характеристики робочої машини.

Основна частина. Відомо, що будувати механічні характеристики асинхронних двигунів можна використовуючи різні методики та програмні пакети, але складність в деяких методиках існує.

Для вирішення поставленої задачі за основу рекомендується взяти програмний пакет VisualBasic, алгоритм якої був розроблений на кафедрі Автоматизованих електромеханічних систем ХНТУСГ ім. П. Василенка. На рис. 1 показаний інтерфейс програмного пакету для оцінки механічних та динамічних властивостей двигунів та їх систем.

Комунальне підприємство Краснопавлівський водоканал у Харківській області має складні гідро-технологічні комплекси. Для головного глибинного насосу першого підйому в процесі технічної експлуатації виникає необхідність дослідити його стійкість при можливій зміні параметрів мережі.

У використаній програмі задаються вихідні номінальні дані асинхронного двигуна та необхідні параметри виконавчого органу робочої машини, отримуємо наступні характеристики (рис. 1).

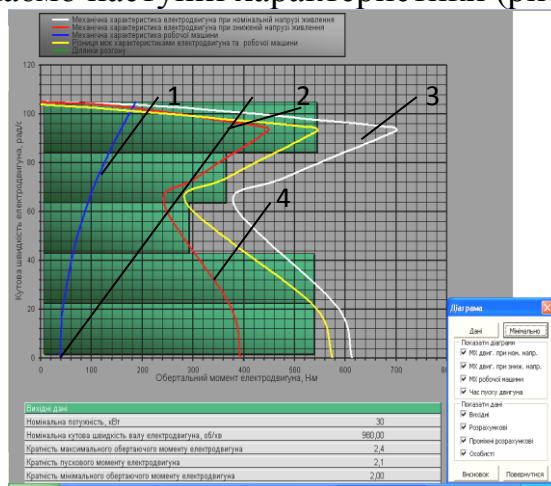


Рис. 1. Механічні характеристики системи ЕП-РМ з визначенням часу пуску двигуна: 1 – квадратично-залежна характеристика робочої машини; 2 – лінійно-залежна характеристика робочої машини; 3 – характеристика АД; 4 – динамічна характеристика системи ЕП-РМ глибинного насосу.

Ковзання у сталому режимі відповідає точці перетину механічних характеристик асинхронного двигуна і робочої машини [5]. З рис. 1 видно, що для різних видів механічних характеристик робочих машин степінь зміни ковзання, при напрузі живлення відмінній по величині від номінального, буде різною. Різні типи механічних характеристик робочих машин (криві 1 і 2 на рис. 1) перетинаються з характеристикою двигуна при $U_1=U_N$ (крива 3), визначають робочі точки з різними значеннями ковзання S_2 і S_3 .

Для того, щоб знайти величину ковзання для робочої ділянки (ковзання менше критичного) механічної характеристики двигуна скористаємось і рівнянням механічної характеристики робочої машини

$$M_{рм} = M_{co} + (M_{с.ном} - M_{co}) \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_{ном}} \right)^x, \quad (1)$$

де M_{co} і $M_{сном}$ – відповідно пусковий та номінальний моменти робочої машини; ω і $\omega_{ном}$ – поточне і номінальне значення частоти обертання приводного вала робочої машини; x – показник степеня, характеризує тип механічної характеристики робочої машини.

Оскільки величина обертового моменту асинхронного двигуна пропорційна квадрату прикладеної напруги ($M_1 \equiv U_1^2$), то спрощена формула Клоса в загальному вигляді буде виглядати наступним чином

$$M_{\text{дв}} = \frac{2M_{\text{мах}} \cdot S_{\text{кр}} \cdot S}{S_{\text{кр}}^2 + S^2} \cdot \left(\frac{U_1}{U_n} \right)^2, \quad (2)$$

де $M_{\text{мах}}$ та $S_{\text{кр}}$ – максимальний момент и критичне ковзання двигуна.

У виразі (2) частота обертання двигуна виражена внаслідок ковзання, представлена заміною у виразі (1) ω і $\omega_{\text{ном}}$ на ковзання. Для цього скористаємося наступною формулою:

$$\omega = \omega_o(1 - s), \quad (3)$$

де ω_o – синхронна частота обертання поля статора.

В результаті вираз (1) набуває вигляду

$$M_{\text{рм}} = M_{\text{со}} + (M_{\text{с.ном}} - M_{\text{со}}) \cdot \left(\frac{1 - S}{1 - S_{\text{ном.рм}}} \right)^x, \quad (4)$$

де $S_{\text{ном.рм}}$ – ковзання двигуна, що відповідає номінальній частоті обертання вала робочої машини.

Прирівнявши вирази (2) і (3) отримаємо, що

$$\frac{2M_{\text{мах}} \cdot S_{\text{кр}} \cdot S}{S_{\text{кр}}^2 + S^2} \cdot \left(\frac{U_1}{U_n} \right)^2 - M_{\text{с.о}} - (M_{\text{с.ном}} - M_{\text{с.о}}) \cdot \left(\frac{1 - S}{1 - S_{\text{ном.рм}}} \right)^x = 0. \quad (5)$$

Розв'язання отриманого рівняння відносно ковзання S , дасть значення ковзання в робочій точці необхідній для розрахунку струмів спожитих двигуном і втрат в ньому. Для розв'язання цього рівняння існує декілька способів: метод ітерацій, метод хорд, метод дотичних.

Як показує аналіз, на основі сучасної науково-технічної літератури, що необхідно визначити шуканий корінь рівняння на інтервалі ковзання $S \in (0; S_{\text{кр}})$, оскільки режими, робоча точка, яких визначає ковзання, що перевищує критичне значення, відповідає аварійним режимам і потребує негайного виключення двигуна. В процесі експлуатації є вірогідність виникнення ситуації, коли механічні характеристики робочої машини і двигуна не має спільної точки в межах першого (двигунного) квадранта характеристики, режим відповідає короткому замиканню двигуна і потребує негайного відключення двигуна від мережі живлення.

З аналізу рівняння (4) видно, що в функції $M=f(S)$ шукане значення ковзання буде відповідати точці перетину вісі ковзання.

При $S_{\text{ном.рм}} < S_{\text{кр}}$ і $M_{\text{с.ном}} < \left(\frac{U_1}{U_n} \right)^2 M_{\text{мах}}$, функція залежності $M=f(S)$

на кінцях проміжку $S \in (0; S_{\text{кр}})$ має протилежні знаки і відповідно в даному проекті існує, як мінімум, один корінь рівняння (4). В процесі дослідження були отримані позитивні результати, які підтверджують, що більша частина видів робочих машин можуть мати одну робочу точку в до критичних режимах роботи АД. Винятком можуть стати

робочі машини, які мають механічну характеристику з показником $x = -1$, які на насосних станціях відсутні.

Висновки. Дослідження на основі сучасної науково-технічної літератури показали, знаходження кореня рівняння (4) необхідно проводити, наближаючись до нього за допомогою хорд зі сторони точки $S = S_{\text{Скр}}$, а дотичні проводити з боку точки $S = 0$. Розглянутий метод дає зразу надлишкове (приблизно за допомогою хорд) і недостатнє (приблизно за допомогою дотичних) шукане значення S , що дозволяє безпосередньо оцінювати степінь точності в процесі розрахунків.

Література

1. *Гаврилюк І.А.* Курс лекцій з електроприводу сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній / *І.А. Гаврилюк, Ю.М. Хандола*. – Харків: СПДФО Черв'як, 2008. – С.121-152.
2. Електропривод / *О.С.Марченко, Ю.М.Лавріненко, П.І. Савченко, Є.Л. Жулай*; за ред. *О.С. Марченка*. – К.: Урожай, 1995. – 208 с.
3. *Вишне夫斯基 С.Н.* Характеристики двигателів в електроприводі / *С.Н. Вишне夫斯基*. – М.: Энергия, 1977. – 432 с.
4. *Кобозев В.А.* Основы энергосбережения в асинхронном электроприводе / *В.А.Кобозев*. – Ставрополь: Высш. шк., 1999. – 106 с.

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРИ ОТКЛОНЕНИИ НАПРЯЖЕНИЯ

Лисиченко Н.Л., Гузенко В.В.

Аннотация

Определены показатели динамической устойчивости и обоснованы динамические переходные свойства асинхронного двигателя, которые влияют на устойчивость системы электропривод рабочей машина, на примере насосной станции Краснопавловского водоканала.

ANALYSIS OF DYNAMIC STABILITY INDUCTION MOTOR DRIVES VOLTAGE DEVIATES

M.Lysychenko, V.Guzenko

Summary

Identify indicators of the stability and justified transitional dynamic properties of an induction motor, which affect the stability of electro-drive-working machine for example, the pumping station Krasnopavlovskogo water utility.

УДК 53.01

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИЗМА ВОСПРИЯТИЯ ИНФОРМАЦИИ ЖИВЫМИ ОРГАНИЗМАМИ

Никифорова Л.Е., д.т.н.,

Гаевская И.В., инженер,

Попрядухин В.С., аспирант.*

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел.: (0619) 42-13-54

Аннотация – рассматриваются процессы в мозге, сопровождающие получение и регистрацию информации. Приводятся результаты проведенного анализа имеющихся данных, на основе которого построен биологический механизм восприятия информации живыми организмами.

Ключевые слова – информация, регистрация, мозг, механизм.

Постановка проблемы. Единство материального мира потрясает воображение: всё в нём взаимосвязано и взаимообусловлено, все процессы в материальном мире происходят удивительно слаженно и согласованно. Поэтому все элементы материального мира находятся между собой в непрерывном энергоинформационном обмене (ЭИО).

Анализ последних исследований. Непрерывный обмен информацией между составляющими материального мира обеспечивает полную гармонию в Природе. В таком ЭИО участвовали уже молекулы и ещё тогда, когда жизнь только зарождалась на нашей планете. Развитие материального мира сопровождалось усложнением процессов взаимодействия с ним человека, что вызвало резкое увеличение потока обменной информации. Чем эффективнее осуществляется ЭИО между объектами биосферы, тем разнообразнее и изобретательнее становится живая Природа в своём бесконечном развитии.

Формулирование цели статьи. Таким образом, весь материальный мир в биоэнергетической оболочке Земли представляет единое энергоинформационное пространство (ЭИП), в которое каждый индивид в принципе может внести свою информацию и, что особенно важно, извлечь из неё информацию, в той или иной степени необходимую ему.

Основная часть. XXI век – век био- и нанотехнологий. Главнейшей задачей человечества является изучение окружающего материального мира и передача приобретенных знаний последующим поколениям.

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

© д.т.н. Никифорова Л.Е., инженер Гаевская И.В., аспирант Попрядухин В.С.

ям – по возможности, быстрая и доступная. Поэтому наши познания о материальном мире стремительно расширяются, причём постоянное увеличение скоростей передачи – один из главных показателей развития цивилизации. Законы Природы на раннем развитии науки чаще всего представляли собой обобщение интуитивных представлений о глобальных свойствах материального мира. Результаты исследований в настоящей науке всегда подвергаются скептицизму и сомнениям. Подвергнуть полученный результат анализу – это значит оценить и определить его «живучесть». Однако жизнь становится сложнее и труднее, в связи с чем возникла необходимость в сборе максимально возможного объёма информации и более тщательном её анализе. Всё больше приходится убеждаться в том, что Природа развивается, совершенствуясь, по *универсальному* закону, который количественно можно описать **исключительно экспоненциальной** зависимостью [1].

Наш потребительский взгляд на Природу пока далёк от понимания реального порядка вещей. Все обитатели биосферы Земли приспособились к существованию в тесном единстве друг с другом, обмениваясь информацией и энергией. Более того, имеет место «физиологического единства» человека и окружающей среды. Логичность невероятно большого количества внутренних связей в живой природе всё ещё остаётся загадкой для учёных. Человечество Земли связано единым ЭИП и служит центром энергоинформационного обмена Вселенной. Процессы в каждом биологическом организме (БО) являются частью глобального процесса материального мира. Через энергоинформационное поле человек связан с живой и неживой Природой. Человек учится (набирает информацию) всю жизнь. Учение становится одним из факторов смысла жизни. Суть учёбы – в приобретении (накоплении), хранении и использовании информации. Высшее проявление учёбы – это познание законов Природы. Информация – это сигналы о процессах преобразования Природы, она – неотъемлемая часть бытия, без информации гибнет всё живое. Поэтому всё острее возникает необходимость количественного описания процессов, происходящих в Природе. Благодаря информации человек живёт в полном согласии с Природой. Ни одно живое существо не может устойчиво существовать вне ЭИП и ЭИО, в течение не слишком долгого времени оно деградирует. Всё в материальном мире взаимосвязано и взаимообусловлено. И как бы человек не стремился проявить свою индивидуальность, он остаётся частью ЭОИ Вселенной. Накопленные знания о Природе поступают в своеобразную интеллектуальную и духовную «базу данных». Таким образом, человек не может быть представлен как существо, ограниченное жизнью одного поколения. Он – дитя вечности, носитель информации поколений.

Жизнь – это непрерывный и бесконечный процесс преобразования живой материи БО, происходящий в строгой последовательности

и фиксированной скорости, и сопровождающейся изменением общей энергии БО. Этот процесс управляется огромным информационным потоком. Всевозможный сбой в функционировании этого потока сопровождается возникновением стрессов и болезней БО. XXI век не случайно назвали веком информационных технологий. Все элементы природы, в т. ч. и живой, обмениваются информацией. В частности, если один из БО получил информацию, он тут же передаёт её другим БО – явление, названное как *quorumsensing*. Происходит стремительный перенос мобильных генетических элементов от одной особи к другой, а также от предшествующих к последующим. Некоторые из них «успевают» подготовиться к действию такой информации и остаются живыми («коллективный разум»). Эти процессы происходят очень быстро, стремительно, т. к. относительное время жизни большинства БО чрезвычайно мало. Постепенно всё живое приспособляется к условиям существования и обретает ещё большую устойчивость и живучесть, причём, чем элементарнее живое существо, тем меньше время адаптации его к внешним условиям. Так, например, установлено, что голодающая популяция кишечной палочки делится на две субпопуляции, одна из которых гибнет и автолизируется, а другая, наоборот, использует продукты автолиза в качестве субстрата для продолжения своего существования.

Человеку свойственен культ потребительства. Одним из основных элементов культа является информация. Память человека – свойство живого материала накапливать, хранить и перерабатывать информацию, которая представляется в виде образов, ощущений, восприятий. Всё зависит от того, как воспользоваться информацией. По мере развития человечества предрассудки отомрут, их заменит разум. Разум – высшая форма живой материи. Он начинается там, где происходит регистрация и анализ информации. Сознание – отражение материального мира через информацию. Однако бездумное потребление информации может привести к психологической перегрузки организма, превосходящей грань дозволенного Природой. При значительной перегрузке клеток головного мозга возникает физиологическая стрессовая ситуация, продолжающаяся длительное время. В результате этого формируется информационный дисбаланс первокальневых участков нервной системы человека, а затем и значительной её части. При этом вначале появляется желание восприятия информации, а затем непреодолимая жажда поглощать её во всё больших дозах при полной потере количественного контроля. Возникает естественное желание – повторить восприятие информации, чтобы снять физиологический дискомфорт и вновь пережить острые эмоции. Так вначале разваливаются нравственные ценности, а затем приходит болезнь. Индивидуум начинает испытывать постоянный прессинг со стороны общества, которое требует делать то, чего не хочется. Вместо понимания и под-

держки больной наталкивается в лучшем случае на безразличие, живое общение с окружающими ограждается глухой стеной.

Жизненно важные органы всех БО потребляют внешнюю информацию (энергию) импульсами. Однако и до настоящего времени неизвестно, в чём состоит на более глубоких, чем атомарный, уровнях различие между живым и неживым, где та грань, которая их разделяет, и каковы первые признаки любых форм жизни. Человек всю жизнь непрерывно пользуется всеми своими органами для получения, накопления, анализа и преобразования информации, причём считается, что во сне мозг человека упорядочивает информацию, полученную днём. За время с 1860 г. по 1940 г. средняя масса мозга у мужчин увеличилась с 1372 г до 1424 г, у женщин – с 1242 г до 1265 г. И хотя мозг у женщин меньше, чем у мужчин, на умственных способностях представителей обоих полов это никак не отражается. Деление клеток головного мозга человека не прекращается в течение всей его жизни. За последние ~100 лет объём клеток головного мозга человека, подверженных действию ЭИО, увеличился с 4% до 6%, причём информация фиксируется клетками только в присутствии кислорода. В оставшихся 94% клетках мозгового вещества имеется потенциал образования новых связей, возможности которых неограниченны. Данные магнитно-резонансных исследований мозга человека свидетельствуют об активной круглосуточной работе большей части коры головного мозга в течение всей жизни. Человеческий организм представляет открытый резонансный контур, образующий биополе (*фантом*, в обиходе – *аура*) с частотой $\nu = (3,75-4,28) \cdot 10^{10}$ Гц, что соответствует длине волны $\lambda = 7-8$ мм. При движении животных, имеющих фантом, происходит деформация геометрии и изменение параметров фантома. Эти изменения регистрируются вестибулярным аппаратом животных (*утрикулусом*), находящимся во внутреннем ухе. Раскрыт механизм управления информацией, заложенной в генах и реализуемый в процессе развития БО. Возможности человеческого мозга превышают среднестатистическую фантазию. Эволюция мозга, данная человеку Природой, можно сказать, исчерпала себя. «Загрузка» его мозга заканчивается в возрасте до ~22 лет. Биологическая информационная машина (мозг человека) уже не справляется с потоками различной информации. Перегрузка мозга информацией чревата тяжёлыми последствиями. Начали появляться признаки «мозговой усталости». Первый из них – «синдром дефицита внимания» (AttentionDeficitTrait). По мнению многих учёных, следует в первую очередь развивать информатику и биотехнологии. Поэтому и возникла необходимость культурного развития биоинформатики. Следует научиться классифицировать и распределять информацию, а также хранить и эффективно использовать её.

ЭИО в живой и неживой Природе осуществляется исключительно посредством фотонов. В нижеприведенной таблице представ-

лены параметры фотонов в широком частотном диапазоне, с которыми сегодня оперирует человек. Фотоны всех этих параметров присутствуют в Природе. В приведенной таблице обращает на себя чрезвычайно малые значения масс фотонов, благодаря чему фотоны, несущие информацию, не взаимодействуют друг с другом, а пересекающиеся потоки электромагнитного излучения, состоящие из совокупности фотонов, не возмущают друг друга.

Таблица 1 – Параметров фотонов различных участков спектра электромагнитных колебаний

№	Область спектра	Частота, Гц	Длина волны, м	Масса, кг	Энергия, эВ
1	Низкочастотные	$10^1 \dots 10^4$	$3 \cdot 10^4 \dots 3 \cdot 10^{-1}$	$10,7 \cdot 10^{-48} \dots 0,7 \cdot 10^{-46}$	$4 \cdot 10^{-13} \dots 4 \cdot 10^{-11}$
2	Радио	$10^4 \dots 10^9$	$3 \cdot 10^4 \dots 3 \cdot 10^{-1}$	$20,7 \cdot 10^{-46} \dots 0,7 \cdot 10^{-41}$	$4 \cdot 10^{-11} \dots 4 \cdot 10^{-6}$
3	Реликт (макс.)	$3 \cdot 10^{11}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-39}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$
4	Инфракрасные	$10^{12} \dots 3,9 \cdot 10^{14}$	$3 \cdot 10^{-4} \dots 7,7 \cdot 10^{-7}$	$0,7 \cdot 10^{-38} \dots 0,3 \cdot 10^{-35}$	$4 \cdot 10^{-1} \dots 1,60$
5	Видимый свет	$3,9 \cdot 10^{14} \dots 7,9 \cdot 10^{14}$	$7,7 \cdot 10^{-7} \dots 3,8 \cdot 10^{-7}$	$0,3 \cdot 10^{-35} \dots 0,6 \cdot 10^{-35}$	$1,60 \dots 3,27$
6	Ультрафиолет	$7,9 \cdot 10^{14} \dots 1 \cdot 10^{17}$	$3,8 \cdot 10^{-7} \dots 3 \cdot 10^{-9}$	$0,6 \cdot 10^{-35} \dots 0,7 \cdot 10^{-33}$	$3,27 \dots 4 \cdot 10^2$
7	R-излучение	$10^{17} \dots 10^{20}$	$3 \cdot 10^{-9} \dots 3 \cdot 10^{-12}$	$0,7 \cdot 10^{-33} \dots 0,7 \cdot 10^{-30}$	$4 \cdot 10^2 \dots 4 \cdot 10^5$
8	γ -излучение	$10^{20} \dots 10^{24}$	$3 \cdot 10^{-12} \dots 3 \cdot 10^{-18}$	$0,7 \cdot 10^{-30} \dots 0,7 \cdot 10^{-24}$	$4 \cdot 10^5 \dots 10^{11}$

Человечество находится на этапе перехода от индустриального общества к информационному и его следующей фазе – обществу, построенному на данных космического мониторинга. В связи со сложившейся ситуацией возникла острая необходимость прорыва в мир передовых информационных технологий. Решение поставленной проблемы может быть получено на основе законов квантовой физики. Принципы квантовой физики представляют фундаментальное доказательство Всеобщего закона Природы. Они часто являются единственными источниками информации о структуре вещества и процессах, происходящих в нём. Творцы этой науки осмелились переступить границу *наглядного воображения*. Согласно современным физическим представлениям объект, как источник информации, может находиться одновременно в двух и более состояниях. В связи с этим квантовую сущность материального мира нельзя постичь, к этому положению современной науки нужно привыкнуть. В самом деле, представить себе присутствие микрочастицы одновременно во всех точках пространства невозможно. Но, как оказалось, идеалистическое понятие «квантовая природа материи» удачно сочетается с материалистической диалектикой. Поэтому для количественной характеристики объекта требуется *большой* объём информации.

Рассмотрение процесса ЭИО в БО с квантовых позиций привело к открытию *квантовой телепортации* информации. Поясним этот эффект следующим образом. Согласно одному из фундаментальных

законов квантовой физики (принцип неопределённости Гейзенберга) следует, что состояние двух частиц *A* и *B* (квантов информации), разлетевшихся в произвольных направлениях после взаимодействия (обмен информацией), взаимобусловлено, что проявляется мгновенно и на любом расстоянии между *A* и *B*. Проще говоря, при действии на частицу *A* информация передаётся и частице *B*, где бы та не находилась. Более того, частица *B* может получить информацию раньше, чем частица *A* её пошлёт (*реинтерпретация* событий). Проведенные эксперименты подтверждают это утверждение, причём было установлено наличие связи между состояниями фотонов на гигантских для микромира расстояниях – более 10км. Отражением этих закономерностей на внешнюю сторону человеческой жизни могут быть загадочные явления, случаи телепатии и предвидения будущего. Большая группа нейрофизиологов ищет путь к овладению внутренней операционной системой мозга – *нейрональной цепи*, ответственной за принятие решений. Они уже близки к обретению способности оценивать глубину и модальность эмоций и впечатлений, а также способности определять действие их на принятие решений.

Эффект квантовой телепортации позволяет осуществлять мгновенный ЭОИ в любых цифровых системах без потерь и искажений. Однако, если человек попадает в неадекватные условия, например, в электромагнитное поле, его психологический аппарат начинает работать так, что из памяти, из накопленных знаний, образов и их комбинаций может сложиться специфическая эмоция и подчас галлюцинация. Сверхдлительное общение с компьютером может повлечь изменение нейронных связей в головном мозге человека, в результате чего ослабевают нервные связи, участвующие в коммуникации Face-to-Face, что повлияет на его способность читать, обучаться и общаться друг с другом. Заболевание начинается с нарушения ЭИО, приводящих вначале к структурным изменениям, а затем и к функциональным расстройствам органов БО. Информационное загрязнение опаснее других видов загрязнений. Наиболее чувствительными к нарушению ЭИО является нервная, иммунная, эндокринная и половая система. Проблема иммунодефицита является следствием нарушения ЭИО внутри организма и внутри клеточного в частности. Информационно-энергетическое нарушение вызывает заболевание вначале отдельных органов, а затем и всего организма.

Информационные процессы в клетке живых организмов совершаются со скоростью ~30 ГФл. У них есть первичный и вторичный метаболизм, в одной клетке заключено несколько геномов: не только ядерного, но и геномы хлоропластов и митохондрий – три генома функционируют вместе, непрерывно обмениваясь информацией. Установлено, что одна единственная клетка БО способна хранить информацию до того, как она будет перемещена в долговременную па-

мять. Поэтому в перспективе будет построен быстродействующий компьютер на основе живой клетки. Мир начнёт радикально меняться, люди будут расти честными и искренними. Главным фактором производства станет не капитал, а знания, полученные человеком. Возможно, это будет единственный способ противостоять части общества, в котором потенциально смертельные технологии стали общедоступными. Расширение объёма межличностного информационного общения открывает дорогу Вселенскому Разуму. В скором будущем информация будет делать с нами чудеса: исчезнет последний барьер между личностями, связанный с тем, что каждый человек мыслит себя отличным, независимым от других. Программисты США разместили по всему миру ~30 тыс. устройств для фиксации информации, представляющей угрозу безопасности страны. Сканирование лиц и сетчатки глаза позволяет отыскать любого человека, находящегося в пределах нашей планеты. Специалисты утверждают, что через ~50 лет автомашины согласно заложенной в них программе будут передвигаться без водителя в любом мегаполисе.

Нанотехнологии впервые позволят человеку создавать объекты неживой и живой Природы с заданными свойствами и не существовавшими прежде в Природе. Распыленная в нужном месте «умная пыль», состоящая из *нанороботов* (полупроводниковых нанокристаллов), передаёт детальную информацию о месте своего нахождения. Более того, нанороботы могут с громадной скоростью клонировать себе подобных. Для борьбы с ними разработаны *антинанороботы*. У человека имеется внутренний процессор – мозг, который работает на своём могучем языке, общаясь с его медленным сознанием. Часто готовность к выполнению опережает осознанность решения. Язык, наше привычное средство общения с компьютером, будет претерпевать изменения в процессе общения с ним. Нас ожидает революция компьютерной техники, связанная с разработкой речевых интерфейсов. Информационные возможности человека следует расширять коммуникативным путём, т.е. расширяя возможности компьютера. Уже сейчас можно легко получить информацию, если правильно сформулировать вопрос. В частности возможно конструирование «одноатомного» лазера, который сможет найти применение в квантово-информационных технологиях, например, в создании быстродействующего квантового компьютера. Они будут оперировать на языке более высокого уровня, со сложностью и полнотой, невыразимой словами (*метаязык*). Это может наступить через 10-15 лет. Рудименты метаязыка находятся в человеке с момента его рождения: никто не учит ребёнка непосредственно выражать свои чувства. Эмоции, «написанные» на наших лицах, создаются и посылаются подсознательно. Также подсознательно нами воспринимаются эмоции других индивидов. Так возникла, в частности, *нейроэстетика*, которая анализирует активность различ-

ных мозговых структур при восприятии ими информационных сигналов. В скором будущем информация будет делать с нами чудеса: исчезнет последний барьер между личностями, связанный с тем, что каждый человек мыслит себя отличным, независимым от других. Дальнейшее развитие человечества приведёт к образованию интеллектуального континуума, в котором отдельные личности будут всё меньше отделимы друг от друга. Вполне возможно, что этот процесс приведёт к образованию *мыслящей материи*.

На основании изложенного положения разрабатываются квантовые компьютеры. В этих компьютерах единица информации – это не просто количественная характеристика нахождения атома в одном из двух состояний (энтропия не изменяется), но, возможно, одновременно в обоих состояниях (энтропия увеличивается): атом одновременно (но с разной степенью вероятности!) присутствует во всех точках пространства. Это «присутствие» длится до тех пор, пока не возникнет необходимость определить его «истинное» местоположение, но такая попытка безнадежно изменит всю картину изначальных вероятностей [2]. Для выполнения ряда сложных вычислительных задач предлагается использовать принципиально новые единицы измерения объёма информации – квантовые биты (*кубиты*), которые наряду с двумя возможными значениями «0» и «1» могут также находиться суперпозиции этих двух состояний. Учёные Института молекулярной биологии и генетики НАНУ предложили концепцию динамической стабильности и самоорганизации биомакромолекул в неравновесных условиях, которые моделируют функционирование живой клетки, а также концепцию динамической структурной адаптации макромолекул в процессах узнавания. Следует, однако, отметить, что квантовое состояние элементарных частиц неустойчиво, и потребуется немало времени для его стабилизации. Быстродействие квантовых компьютеров повышается на несколько порядков, они позволят осуществить мгновенный(!) обмен информацией в любых цифровых системах без потерь. Конструкторы вычислительных машин уже в 2008 г. обещали разработать квантовый компьютер мощностью в 1 *Мкубит*. Он сможет одновременно регистрировать больше потоков данных, чем содержится частиц во Вселенной. В ближайшие 10-15 лет компьютерный разум сможет конкурировать с человеческим мозгом, он станет выполнять несложные (пока!) мыслительные задачи. Таким образом, скоро компьютеры получат возможность самостоятельной эволюции.

Мозг человека – удивительный биокомпьютер. Основные биоритмы головного мозга человека, как отмечалось выше, происходят на частоте $\nu=7-8$ Гц, т.е. колебания этой частоты мозг преобразует в электрические сигналы. Он является электрическим генератором импульсов мощностью до 25 Вт. Живые клетки получают энергию для своей жизнедеятельности из распада углеводов (1 кг углеводов даёт

энергию в 17,2 МДж) и расщепления жира (1 кг жира выделяет энергию 39,1 МДж). Структура базы знаний человека и человеческой памяти носит иерархический и перестраиваемый характер. Процесс мышления лежит в основе научного поиска. Движение мысли – это движение электрических импульсов биотока по нервным волокнам. При многократном движении мысли человека в одном и том же «направлении» устанавливаются и тренируются конкретные связи между нейронами головного мозга, образуются своеобразные цепочки нейронов, характерных для каждой области мышления. Тем самым формируются устойчивые стереотипы мышления. Многократная тренировка движения одних и тех же мыслей закрепляет память и создаёт устойчивые стереотипы. После образования цепочки «опускаются» в глубокие уровни памяти (подсознание), которые затем группируются в сознание. Структура памяти и структура базы знаний человека зависит от системы воспитания и образования (особенно в детстве и юношеские годы), от частоты использования конкретных мыслей и от возраста человека. «Накатанные» – часто используемые структуры мышления (фрейматы и стереотипы) помещаются в фундамент памяти и задают менталитет. Далее человек смотрит на мир через призму своего менталитета. Поэтому, видит не столько глаз, сколько разум. Другие цепочки, не подвергаемые тренировке, теряют свои свойства, деградируют или даже отмирают. Если человек не тренирует мозг, он потеряет гибкость, глубину и широту своего мышления, а также способность к новациям (творческое мышление). Часто наступает депрессия – результат плохого питания мозга. (К сожалению, количество депрессантов в мире ежегодно увеличивается на ~5%.) Человек становится умственным инвалидом, у него деградируют и отмирают никогда не работавшие альтернативные связи между нейронами, разрушаются цепочки нейронов. Восстановить творческое мышление мозга можно, но чем старше человек, тем труднее, а иногда просто невозможно это сделать.

В будущем будет перерабатываться гигантский объём информации о действиях каждого индивидуума. *Homosapiens* превратится в *homofuturies*. Облик и ум современного *homosapiens* определяется прежде всего информацией, заложенной в ДНК, т.е. ген человека является генеральной конструкцией для строительства наших организмов, которая дана нам Природой. Уже стало возможным построение универсальных биоэлектрофизических моделей первичных механизмов возбудимости живых организмов и механизмов ЭИО, благодаря найденным экспериментальным доказательствам поведения клеток организма. С помощью этих моделей можно объяснить взаимодействие клеток с окружающей средой. Уже составлена трёхмерная компьютерная карта мозга человека, над которой в течение нескольких лет в 6 странах мира работали 20 тыс. нейрохирургов и невропатоло-

гов. Данные для карты получены в результате сканирования мозга 7 тыс. чел. Она ещё нуждается в детализации. Но уже в результате проделанной работы выяснили, какие области мозга управляют теми или иными элементами человеческой жизнедеятельности. В частности установлено, что в стабильности главной информационной молекулы ДНК огромную роль играет связанная вода. Скоро элементарно будут «ковыряться» в наших живых (!) мозгах. Отпадёт надобность обмена информацией известным нам способами, будет разработан телепатический обмен информацией, мысли любого человека перестанут быть тайной для других. Вооружившись картой мозга человека, можно будет в любое время снять с него любую информацию в любом объёме. Более того, возбуждая активность определённых точек на карте, можно будет формировать мышление человека и таким образом управлять им. ЭИО, таким образом, рассматривается как биоэлектрическая трансформация энергии, времени и пространства.

Ричард Докинз в 1976 г. выдвинул концепцию *идеосферы*, которая является для мира мыслей тем же, чем биосфера для животного мира [3]. Чтобы мысль – продукт деятельности человеческого мозга стала материальной субстанцией, ей нужно «стать» словами. И, наоборот, каждое слово, каждое предложение вызывает в нашем сознании множество образов и понятий. Наш ум – продукт общего опыта, накопленный предшествующими поколениями. Но, обречённые умереть, мы останемся частью будущего, т. к. будем способствовать накоплению человеческого опыта. Нейрофизиологи работают над проблемой снятия информации с мозга умирающего человека и передачи её младенцу (*кодирование* клеток). Овладев внутренней операционной системой, нейрофизиологи будут способны «промывать мозги». Для этого будет разработан *сканнер* мозга. Пентагон выделил учёным нескольких университетов грант в \$4 млн на разработку технологии, которая позволила бы читать мысли человека. Во исполнение поставленного задания учёные стали изучать электроэнцефалограммы мозга пациентов, попросив их задумать определённое слово. В начале 2008 г. Джек Галант из Калифорнийского университета США продемонстрировал возможность предсказывать по снимку головного мозга человека, полученного путём сканирования, одну из набора «картинок», которую в данный момент рассматривал пациент. Японские исследователи научились делать подобное с помощью магнитно-резонансной томографии. Предложенные методики позволяют «*считывать*» мысли любого человека, причём каждое изображение можно разделить на необходимое количество *пикселей*, т.е. качество информации будет максимально высоким.

Следует, однако, признать, что подобные исследования, как это не странно, представляют опасность для человечества. Согласно объёмным и всесторонним исследованиям социологов, психологов и пси-

хиатров популярны в настоящее время интернет-сети могут рассматриваться как толчок и своеобразная ловушка для людей с тонкой душевной организацией, ранимой эмоциональной системой и некрепкой психикой. Сети воодушевляют интернет-пользователей на невероятные фантазии, которые зависимые от Интернета люди воплощают в виртуальном пространстве, заменяющим им целый мир. Наблюдая за «подсевшими» на виртуальную реальность компьютерного мира пользователями, становится страшно от того количества животной агрессии, которую они выпускают перед монитором, ставшим для них реальностью. Виртуальное пространство даёт пользователям возможность безграничного общения, поиска партнёров без личного знакомства с ними: на одежде человека крепится запрограммированное устройство, с помощью которого его владелец находит (или его находят) необходимый для общения субъект, имеющий запрограммированный прибор. Компьютерная игромания – страшная психологическая болезнь XXI века. С усилением влияния на нашу жизнь Интернета непременно изменяется как восприятие межличностного общения, так и само общение: за реальный разговор люди принимают переписку по электронной почте и за поддержание дружеских отношений – отправку виртуальных подарков. Не все люди могут моментально адаптироваться к такой действительности и во время разграничить е и живую жизнь. Всегда есть кто-то, наделённый более слабой психикой – тот, кто всё воспринимает очень близко к сердцу и поэтому попадает в силки «вторичной» реальности. Тот, кто однажды перестанет идентифицировать себя простыми людьми. Именно они и составляют группу риска синдрома нового времени. Учёные установили: больные с таким диагнозом убеждены в том, что они играют роль. Обратной стороной этой игры становится восприятие виртуального мира как реально существующей действительности. Он начинает заменять живое общение. Драматизм ситуации заключается в том, что из этого «шоу» выйти нельзя – неучастие в нём грозит десоциализацией и изоляцией. Неспособные к восприятию огромных объёмов информации люди не могут грамотно использовать преимущества высокотехнологичных новинок, призванных облегчить нам быт и скорость общения. Попавшихся в силки «другой» жизни лечить крайне тяжело, т. к. основной проблемой в этом вопросе является то, что врачей они воспринимают как актёров. Чтобы «выйти» из «шоу», молодёжь всё чаще, к сожалению, прибегает к суициду.

Выводы. Вполне вероятно, что человечество живёт в *матрице*, смоделированной гигантским компьютером. Находясь в такой «матрице», большинство людей не осознают то, что их жизни и весь окружающий мир – иллюзия, а их тела покоятся в оболочках, заполненных специфическим веществом. Возможно, что в этой «матрице» у человека вообще нет тела, а его мозг представляет собой только сеть, состоящую из

компьютерных микросхем и управляемую неким футуристическим оператором. Но для многослойных построений виртуальной реальности требуется огромная вычислительная мощь. Благодаря технологическому прогрессу можно создать компьютер, обладающим вычислительной мощью, превышающей объединённый интеллект всех землян. Операторы, работающие на таких сверхмощных компьютерах, могут создать виртуальные миры, населённые виртуальными людьми, обладающими полностью развитой виртуальной нервной системой. И если, вопреки прогнозам специалистов, человечеству не удастся создать компьютер необходимой мощности, то при разработке нового виртуального мира он может рухнуть. И вовсе не по причине взрыва, а благодаря краткому сообщению на мониторе главного дизайнера – «недостаточно памяти для продолжения программы» или же... «конец игры»...

Литература

1. Кучин В.Д. Универсальный количественный закон развития животного мира Земли / В.Д.Кучин, В.Т.Хомич, И.В.Теодорович // Науковий вісник НАУ, 2007. – №108. – С.245-251.

2. Кучин В.Д. Энтропийная оценка процессов в клетках живых организмов / В.Д.Кучин, И.В.Теодорович // Здоров'я та довголіття. Інтегративна медицина. – К.: 2007. – С.98-102.

3. Докинз Р. Эгоистический ген. Пер. с англ. / Р.Докинз.–М.: Мир, 1993. – 318 с.

БИОЛОГІЧНИ ОСНОВИ МЕХАНІЗМУ СПРИЙНЯТТЯ ІНФОРМАЦІЇ ЖИВИМИ ОРГАНІЗМАМИ

Никифорова Л., Гаєвська І., Попрядухін В.

Анотація

Розглядаються процеси в мозку, які супроводжують отримання та реєстрацію інформації. Наводяться результати проведеного аналізу наявних даних, на основі якого побудований біологічний механізм сприйняття інформації живими організмами.

BIOLOGICAL BASIS OF THE INFORMATION PERCEPTION MECHANISM BY LIVING ORGANISMS

L. Nikiforova, I. Gaievskaya, V. Popryadukhin

Summary

It was considered brain processes, accompanying receipt and registration information. The results of the analysis of available data were presented, on the base of which the biological mechanism of information perception by living organisms was constructed.

УДК 631.363.21

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ЗЕРНОДРОБИЛКИ УДАРНО-ОТРАЖАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Миронов К.Е., аспирант.*

Нижегородский государственный инженерно-экономический институт, г. Княгинино. Российская Федерация

Тел.: (157) 904 900 5850

Аннотация—в данной статье указаны основные требования, предъявляемые к дробилкам фуражного зерна, описывается устройство и принцип работы разработанной дробилки ударно-отражательного действия, приводятся результаты проведенных однофакторных экспериментов и их анализ

Ключевые слова —дробилка, измельчение, зерно, качество, энергоемкость, производительность, удар.

Постановка проблемы. В сельском хозяйстве для измельчения фуражного зерна применяются зернодробилки, среди которых наибольшее распространение нашли молотковые дробилки. Однако, при всех своих достоинствах, они имеют и ряд недостатков, наиболее характерным из которых является переизмельчение зерна, что несет за собой потери при транспортировке продукта и усвояемости его животными [1].

Анализ последних исследований. Равномерность размеров измельченных частиц, минимальное количество целых зерен и отсутствие пылевидной фракции являются важнейшими качественными показателями измельчения, от которых зависит продуктивность животных [2,3,4]. Также зернодробилки должны обеспечивать максимальную производительность при минимальных энергозатратах.

Формулирование цели статьи. В работе необходимо выполнить анализ экспериментальных исследований разработанной дробилки ударно-отражательного действия.

Основная часть. Нами предлагается улучшить качество измельчения зернодробилки за счет увеличения площади решета, через которое отводится измельченный продукт. Для этого мы предлагаем устанавливать решето не только на барабане дробилки, но и на боковых стенках

* Научный руководитель – д.т.н. Савинных П.А.

©асп. Миронов К.Е.

камеры измельчения. Нами разработана экспериментальная установка ударно-отражательного действия[3], представленной на рис. 1.

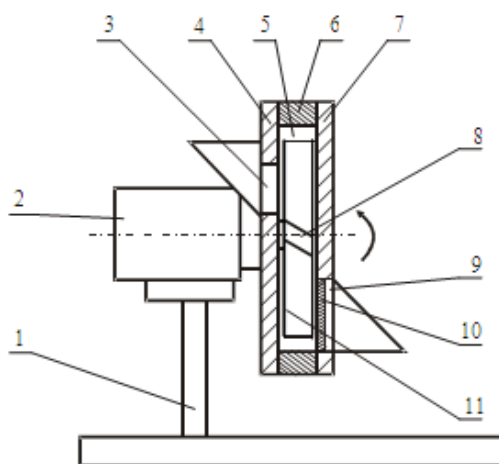


Рис. 1. Конструкция дробилки зерна ударно-отражательного действия: 1 – станина, 2 – электродвигатель, 3 – окно для загрузки, 4,7 – боковые стенки-плиты, 5 – камера измельчения, 6 – барабан, 8 – било ротора, 9 – выгрузное окно, 10 – решето, 11 – ротор.

Дробилка работает следующим образом: зерно из бункера через загрузное окно 3 самотеком поступает в камеру измельчения 5, где попадает под удары бил 8, жестко закрепленных на роторе и расположенных под углом относительно своих осей. Далее частицы отлетают к плите 7 и, измельчаясь, отводятся через выгрузное окно 9.

Установка изготавливалась таким образом, чтобы можно было изменять максимальное количество факторов. Нами был проведен ряд однофакторных экспериментов, направленных на влияние исследуемых факторов на показатели зернодробилки. Факторы, которые мы изменяли на этом этапе:

1. Угол атаки бил ротора (45, 60, 75 градусов);
2. Размеры и расположение выгрузного окна (окно сектором 30 градусов и окно 360 градусов с полной выгрузкой);
3. Работа выгрузного окна с решетом (диаметр отверстий 3 мм) и без него.

В первом случае мы использовали угол атаки бил ротора 45 градусов. Выгрузное окно представляло из себя сектор 30 градусов без решета. На гистограмме (рис. 2) мы видим, что в данном случае имеется очень большое содержание крупной фракции (более 3 мм) и соответственно целых зерен, что недопустимо для скармливания животным.

Далее при использовании тех же факторов, что и в первом случае, мы установили решето в выгрузном окне. На гистограмме (рисунок 3) можно наблюдать, что степень измельчения увеличилась, одна-

ко мы имеем очень большое содержание пылевидной фракции (частицы размерами менее 0,2 мм), что также недопустимо.

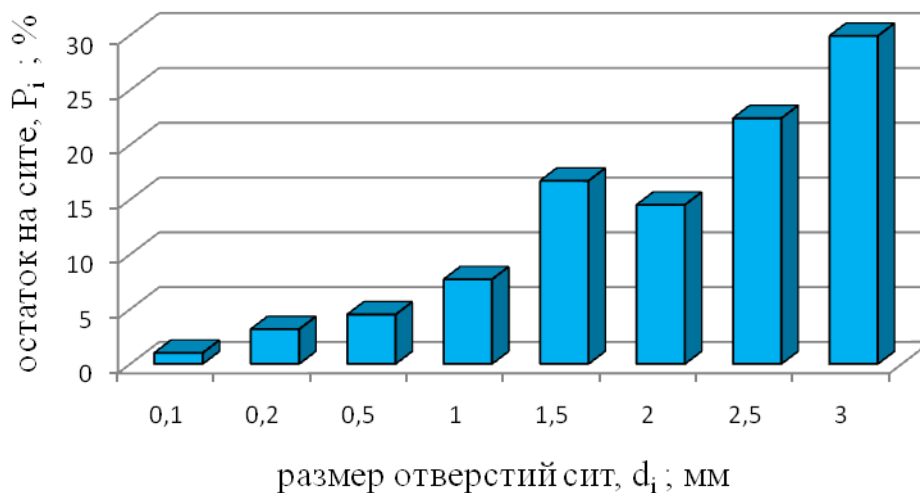


Рис. 2. Гистограмма распределения частиц.

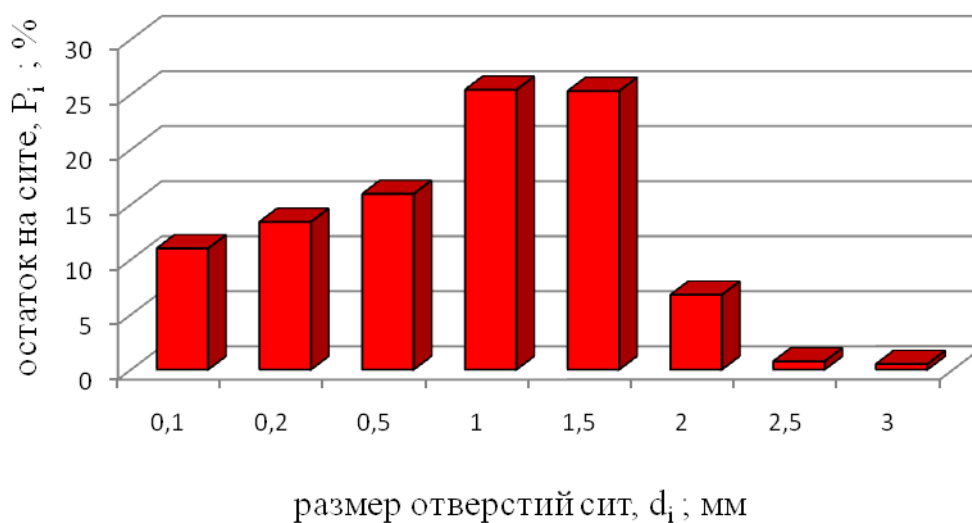


Рис. 3. Гистограмма распределения частиц.

Затем, при использовании того же угла атаки бил, мы увеличили пропускную способность выгрузного окна до 360 градусов без использования решета. На гистограмме (рис. 4) видно, что, как и в первом случае, на выходе имеется большое количество недоизмельченного продукта и целых зерен.

Далее, основываясь на результатах предыдущих испытаний, было принято решение использовать полную выгрузку в 360 градусов с решетом (диаметр отверстий 3мм), изменяя угол атаки бил ротора.

В первом случае использовался угол 45, во втором 60, в третьем 75 градусов. Согласно гистограмме 5 следует вывод, качество измель-

ченного материала достаточно высокое, и равномерность помола от угла атаки при всех прочих равных факторах меняется незначительно.

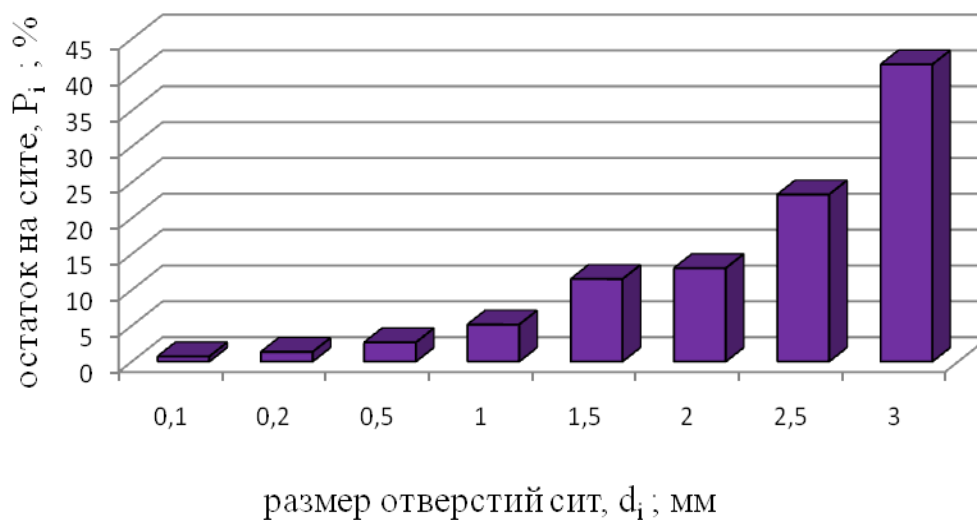


Рис. 4. Гистограмма распределения частиц.

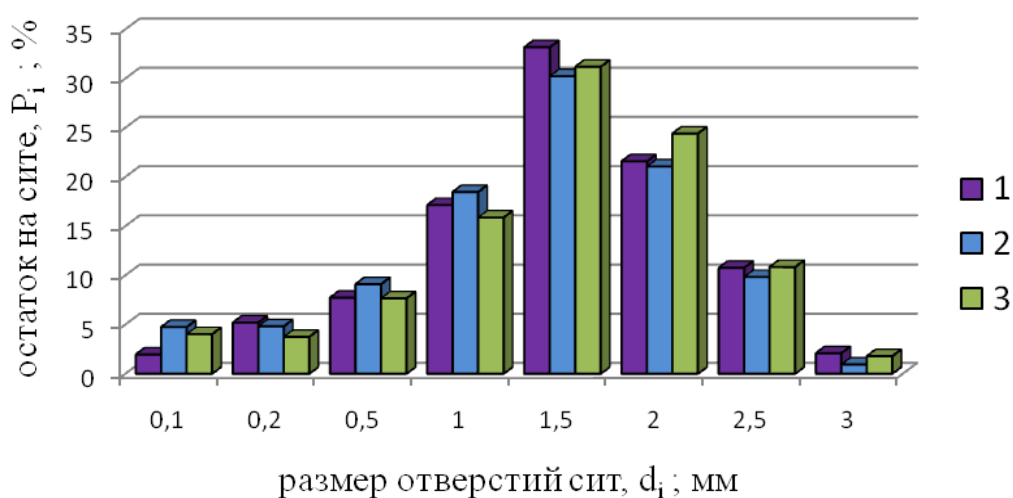


Рис. 5. Гистограмма распределения частиц.

Выводы. При увеличении более тупого угла атаки бил ротора (45, 60, 75 градусов) растет энергопотребление зернодробилки (при угле в 75 градусов по сравнению с 45 выросло в 2 раза), однако растет и производительность (при угле в 75 градусов по сравнению с 45 выросло на треть).

В настоящее время продолжают исследования, направленные на оптимизацию качественных и количественных показателей зернодробилки ударно-отражательного действия.

Литература

1. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм / С.В.Мельников. – Л.: «Колос», 1978. – 560 с.
2. Сыроватка В.И. «Механизация приготовления кормов: Справочник»/[В.И.Сыроватка, А.В. Демин, А.Х. Джалилов и др.]. - М.: Агропромиздат, 1985. – 340 с.
3. ГОСТ Р 51848–2001 Продукция комбикормовая. Термины и определения.
4. ГОСТ 13496.8–72 Комбикорма. методы определения крупности размола и содержания неразмолотых семян и дикорастущих растений.
5. Савинных П.А. Дробилка зерна ударно-отражательного действия [Электронный ресурс] / П.А. Савинных, К.Е. Миронов // Научный вісник Таврійського державного агротехнологічного університету.– Мелітополь: Електронне наукове фахове видання ТДАТУ. – 2012. – Вип. 2,т.4. – С.48-51.– Режим доступу: http://archive.nbuv.gov.ua/e-journals/nvtdau/2012_4/pdf12v2t4/12spoara.pdf.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ЕНЕРГОЄМНІСТЬ ЗЕРНОДРОБАРКИ УДАРНО-ВІДБИВНОЇ ДІЇ

Миронов К.Е.

Анотація

Уданій статті наведені основні вимоги, які висуваються до дробарок фуражного зерна, описується конструкція та принцип роботи дробарки ударно-відбивної дії, що розробляється, наведено результати проведених однофакторних експериментів і їх аналіз

THE STUDY OF FACTORS AFFECTING THE PROCESS OF POUNDING IN CORN-CRUSHER OF SHOCK-REFLEXIVE ACTION

K.Mironov

Summary

This paper identifies the main requirements for feed grain crushers, describes a device and operation of designed crusher of shock-reflexive action, the results and analysis of single-factor experiments are given.

УДК 631:563

ЩОДО ПИТАННЯ ВПЛИВУ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ЗРОСТАННЯ І ФІЗІОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ РОСЛИН

Сторожук Л.О., к.і.н.,

Червінський Л.С., д.т.н.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тел.: (044) 527-85-22

Анотація – обґрунтовується необхідність штучного до опромінення рослин довгохвильовим ультрафіолетовим опроміненням при вирощуванні рослин у відкритому ґрунті.

Ключові слова – Сонячне випромінювання, рослини, озон, закони оптики, ділянки спектру випромінювання, період часу.

Постановка проблеми. Сучасний розвиток Життя і розвиток рослин неможливо уявити без Сонячного випромінювання. Частина спектру випромінювання, яка сприймається людським оком як світло, часто називають фізіологічною радіацією або фотосинтезно-активною радіацією (ФАР, або FAR) тому, що багато фізіологічних процесів в рослинах не можуть проходити без його участі.

Лише під світлом рослини нормально ростуть, квітнуть і плодоносять. Тільки під ним в зеленому листі проходить найважливіший фізіологічний процес – фотосинтез. Крім того, світло має значний регуляторний і формуючий вплив на рослину.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженнями встановлено, що під дією видимого випромінювання в рослинах здійснюється утворення хлорофілу, формуються листя, квіти, плоди, відбувається синтез вітамінів, ферментів і інших речовин. В природних умовах рослини виростають під дією всього спектру Сонячного випромінювання, в якому окрім видимого випромінювання присутні ультрафіолетове і інфрачервоне. Причому, гранична довжина хвилі випромінювання і його інтенсивність залежать від часу доби (кута нахилу Сонця до горизонту) і пори року.

Формулювання мети статті. Метою дослідження є визначення співвідношення різних ділянок спектру випромінювання Сонця залежно від кута нахилу над горизонтом (на широті Києва).

Основна частина. Нижче приведена табл. 1, в якій показано

співвідношення різних ділянок спектру випромінювання Сонця залежно від кута нахилу над горизонтом, що відповідає широті Києва.

Таблиця 1– Спектральний склад сонячного випромінювання при різній висоті Сонця над горизонтом (в %) [1].

Інтенсивність ділянок спектру оптичного випромінювання, %	Висота Сонця, град			
	0,5	10	30	50
Ультрафіолетова (295-380)	0	1,0	2,7	3,2
Видима (380-780)	31,2	41,0	43,7	43,9
У тому числі:				
Фіолетова (380-4430)	0	0,8	3,8	4,5
Синя (430-490)	0	4,6	7,8	8,2
Зелена (490-570)	1,7	5,9	8,8	9,2
Жовта (570-600)	4,1	10,0	9,8	9,7
Червона (600-780)	25,4	19,7	13,5	12,2
Інфрачервона (780-34000)	68,8	58,0	54,6	52,3
Всього, %	100	100	100	100

Аналіз даних таблиці показує, що при 50⁰розташуванні Сонця над поверхнею землі (Європейська широта, рівня Києва) співвідношення частин спектру складає: ультрафіолетове випромінювання – 3,2%, видиме – 43,7%, інфрачервоне – 54,6% всього випромінювання. По відношенню до видимого випромінювання ультрафіолетове складає близько 8%, що свідчить про його біологічний вплив на живу природу Землі.

В літературі рослинницького напрямку прийнятий умовний розподіл ультрафіолетового випромінювання на довгохвильове (280 – 380 нм) і короткохвильове (10 – 280 нм). Дослідженнями встановлено, що короткохвильове ультрафіолетове випромінювання, так зване бактерицидне випромінювання, навіть в невеликих дозах спричиняє дуже шкідливу дію на рослини. Достатньо 10 – 15 хв опромінювання, щоб наступила повна загибель рослин, що викликається денатурацією білків і порушенням функцій цитоплазми клітин. Зовні ознаки пошкодження виявляються в пожовтінні і побурінню листя, скручуванні стебла і відмиранні точок зростання. Така летальна дія короткохвильового ультрафіолетового випромінювання обумовлена відсутністю його в живій природі - ця частина спектру оптичного випромінювання Сонця не досягає земної поверхні тому, що цілком поглинається озоном у верхніх прошарках атмосфери Землі. Нижня межа падаючого на Землю випромінювання залежить в основному від висоти Сонця над горизонтом. Усереднені результати багаторічних досліджень приведені в табл. 2[1].

Таблиця 2– Залежність короткохвильової межі випромінювання Сонця від кута нахилу до горизонту.

Висота Сонця над горизонтом, град.	1	2	3	5	7	10	15	30	40	50
Гранична довжина хвилі, нм.	420	382	352	327	318	312	306	300	297	295

З табл. 2 видно, що на широті Києва в спектрі випромінювання Сонця взимку (10^0 - 15^0) відсутнє випромінювання з довжиною хвиль коротше 306-312 нм і лише влітку о півдні (50^0) межа ультрафіолетового випромінювання знижується до 295 нм. Звідси витікає, що при вирощуванні в теплицях і парниках, покритих склом, рослини навіть влітку удержують тільки довгохвильове ультрафіолетове проміння з нижньою межею близько 300-360 нм.

Ультрафіолетове випромінювання підкоряється тим же законам оптики, що і видиме. Тому при вимірюванні кількості оптичної енергії, падаючої на рослину, треба враховувати не тільки пряме випромінювання від джерела, але і відбите від сусідніх предметів. За сучасними даними, поглинання зеленим листом випромінювання в діапазоні 330 – 400 нм досягає 92% від падаючого на його поверхню [1,2].

На кількість природного ультрафіолетового випромінювання, яке досягає поверхні Землі, великий вплив має також прозорість атмосфери. Як правило, на великих висотах (3000 м) частка довгохвильового ультрафіолетового випромінювання в загальному спектрі Сонця у багато разів більше, ніж над рівнем моря. Краща акліматизація рослин з південних широт в суворих умовах високогір'я (Памір) може бути пояснений більшою пристосованістю цих рослин до ультрафіолетового випромінювання [1].

За літературними даними (рис.1) інтенсивність прямої сонячної радіації в літній полудень під Москвою досягає $1,37 \text{ кал/см}^2\text{хв}$ (955 Вт/м^2) [2].

В практиці вирощування рослинне обхідно знати сумарну інтенсивність, що включає обидва види сонячної радіації (табл. 3).

Таблиця 3– Співвідношення прямого і розсіяного випромінювання Сонця на поверхні Землі залежно від його розташування над горизонтом.

Висота Сонця над горизонтом °	0	5	10	20	30	40	50
Пряма радіація %	0	36	56	71	77	80	82
Розсіяна радіація %	100	64	44	29	23	20	18

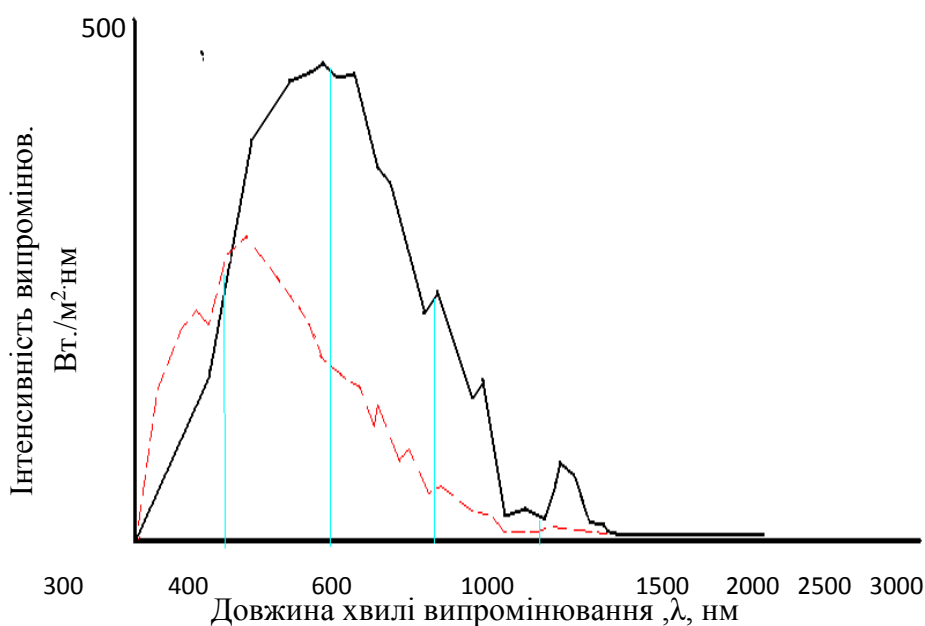


Рис.1. Спектр прямого (-) і розсіяного (--) природного випромінювання на широті півночі України.

Оскільки до сходу Сонця (появи його над горизонтом) на рослини потрапляє тільки розсіяна радіація від неба, а потім, у міру збільшення висоти Сонця над горизонтом, частка прямої радіації відносно зростає, а частка розсіяної швидко зменшується.

В табл. 4, приведеній нижче, узагальнені результати багаторічних досліджень метеорологів країн СНГ за зміною спектрального складу і інтенсивності Сонячного випромінювання протягом року.

Аналіз даних табл. 4 показує, що на широті Києва природне ультрафіолетове випромінювання Сонця складає від 64 Вт/м^2 влітку до 13 Вт/м^2 зимою, при інтенсивності всього спектру відповідно – 965 Вт/м^2 і 250 Вт/м^2 .

Слід зазначити, що розсіяне випромінювання має велике значення в житті рослин. Період часу, коли пряме сонячне випромінювання потрапляє на листя, значно менше за загальну тривалість світлого періоду доби. Крім того, пряме випромінювання використовується лише частиною листя (до листя, що знаходиться в тіні і в глибині крони, воно не доходить). Для рослин більш сприятливий спектральний склад розсіяного випромінювання, близько 50-60% якого складає фізіологічно активне випромінювання. В прямому світлі Сонця при висоті його над горизонтом від 30° до 70° фізіологічно-активне випромінювання складає близько 35-40%.

Приведені результати свідчать, що довгохвильове ультрафіолетового випромінювання (від 295 до 380 нм) є невід'ємною складовою

природного Сонячного випромінювання і в помірних дозах необхідне для нормального розвитку рослин. Це випромінювання проникає крізь епідерміс поверхні листя і робить значний вплив на життєдіяльність рослин.

Таблиця 4– Сумарна природна опроміненість ($\text{Вт}/\text{м}^2$) в деяких пунктах країн СНГ в ясний полудень 15-го числа даного місяця для різних ділянок спектру [1].

Пункт	Ділянка спектра	Місяці			
		березень	червень	вересень	грудень
Норільськ	280—4000	305	725	387	0
	380—790	180	440	230	0
	280—400	21	52	25	0
С.Петербург	280—4000	450	860	540	75
	380—790	270	515	330	45
	280—400	35	57	34	5
Москва	280—4000	535	920	620	130
	380—790	325	540	375	80
	280—400	39	60	39	8
Київ	280—4000	620	965	695	250
	380—790	375	565	425	145
	280—400	43	64	46	13
Одеса	280—4000	710	1030	760	325
	380—790	430	605	450	190
	280—400	44	68	50	18
Ашхабад	280—4000	515	1050	880	465
	380—790	490	615	525	280
	280—400	53	72	57	29

Висновки. Наведені передумови дають підставу припустити, що доопромінення штучним ультрафіолетовим випромінюванням в діапазоні 295—380 нм сприятиме вирощуванню нормальних рослин і отриманню великого урожаю. Проте дотепер існує підхід обмежуватися тільки спостереженням над дією природного ультрафіолетового випромінювання на рослину і мало проводиться відповідних експериментів в закритому ґрунті, зокрема унаслідок відсутності необхідних джерел випромінювання. В рослинництві створилося помилкове враження, що ультрафіолетове випромінювання в цілому або марно, або шкідливо для рослин.

Вважаємо за необхідне звернути увагу науковців на даний стан проблеми.

Література

1. Ультрафіолетовая радиация Солнца и неба / [В.А. Белинский, М.П. Гараджа, Л.М. Меженная, Е.И. Назваль]. – М.: Наука, 1968. – 400 с.
2. Дубров А. П. Действие УФ радиации на растения / А. П. Дубров – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 245 с.
3. Клешнин А.Ф. Растение и свет. Учебное пособие / А.Ф. Клешнин. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 322 с.
4. Меркулов А.А. Облучение плодов и овощей УФ лучами / А.А. Меркулов. – М.: 1959. – 126 с.
5. Прикупец Л.Б. Оптимизация спектра излучения при выращивании овощей в условиях интенсивной светокультуры / Л.Б. Прикупец, А.А. Тихомиров // Светотехника. – №3. – 1992. – С.5-7.
6. Чумаченко В.А. УФ излучение и повышение урожая зерновых культур / В.А. Чумаченко // Светотехника. – №7, 1964. – С.16-22.
7. Lockhart J.A. The effect of UV radiation on plants / J.A. Lockhart, U. Brodführer-Franzgrotte // Hand. d. Pflanzenphysiol. W. Ruhland (Hrsg). Berlin-Göttingen: Heidelberg, 1961. – №16. – P.532.

К ВОПРОСУ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА РОСТ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАСТЕНИЙ

Сторожук Л.А., Червинский Л.С.

Аннотация

Обосновывается необходимость искусственного дооблучения растений длинноволновым ультрафиолетовым излучением при выращивании растений в сооружениях защищенной почвы.

ON THE ISSUE OF ULTRAVIOLET RADIATION ON THE GROWTH AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS PLANTS

L.Storozhuk, L.Chervinsky

Summary

The necessity of lamplight of plants is grounded long-wave ultraviolet radiation at growing of plants in building of the protected soil.

ЗМІСТ

<i>Братута Э.Г., Семеней А.Р.</i> Диагностика водогрейного агрегата пиролизного типа	3
<i>Шинкаренко В.Ф.</i> Генетические программы структурной эволюции антропогенных систем (междисциплинарный аспект)	11
<i>Овчаров В.В., Вовк А.Ю.</i> Пути снижения энергозатрат в мобильных агрегатах	21
<i>Никифорова Л.Е., Гаевская И.В.</i> Вода – основной источник будущей теплоэнергетики	27
<i>Козирський В.В., Герасименко В.П., Майбородіна Н.В.</i> Моделювання струму витоку асинхронного двигуна в залежності від параметрів режиму роботи та опору ізоляції	37
<i>Радько І.П.</i> Формування покриття композиційних контакт-деталей та дослідження на міцність зчеплення в процесі напилювання	44
<i>Ксенз Н.В., Леонтьев Н.Г., Сидорцов И.Г.</i> Энергосбережение в технологиях с/х производства за счёт использования озоноздушных смесей	53
<i>Савченко П.И., Гуревич В.И.</i> Многофункциональная релейная защита: новые перспективы или новые проблемы?	60
<i>Берека О.М., Науменко О.В.</i> Дослідження швидкості потоку зернової маси в камері обробки при гравітаційному витіканні	65
<i>Федорейко В.С., Рутило М.І., Іскерський І.С.</i> Імітаційне моделювання системи керування потоковою лінією виробництва твердого біопалива	71
<i>Юдаев И.В., Ракитов С.А., Филиппченкова Н.С.</i> Экономическая оценка применения автономной системы электроснабжения на базе ВИЭ крестьянских (фермерских) хозяйств Волгоградской области	78
<i>Червінський Л.С., Романенко О.І.</i> Методика розрахунку дози ультрафіолетового опромінення насіння огірка в установці транспортерного типу	84
<i>Гриб О.Г., Жданов Р.В., Гапон Д.А., Зуев А.А.</i> Современное аппаратное обеспечение устройств учета и мониторинга показателей качества электрической энергии	90
<i>Шведчикова И.А.</i> Эволюционно-экспериментальные исследования функционального класса магнитных сепараторов	96
<i>Решетюк В.М., Шворов С.А., Чапний М.В., Чапний В.М., Снівак В.М.</i> Дослідження процесів в технологічному комплексі по озонуванню плодоовочевої продукції	104

<i>Метельский В.П., Заболотный А.П., Даус Ю.В.</i> Разработка электротехнического комплекса на основе возобновляемых источников энергии	111
<i>Кунденко Н.П., Кунденко А.Н.</i> Исследования влияния акустических колебаний на процессы криоконсервации	118
<i>Мірошник О.В.</i> Оптимізація структури схем сільських розподільних електромереж 6-10 кВ з реклоузерами	123
<i>Никифорова Л.Е., Гаевская И.В., Орел И.А.</i> Универсальный характер законов неживой природы	129
<i>Орловский И.А.</i> О мощности в электрической цепи с вентилем	141
<i>Василенко В. В., Комаров В. М.</i> Моделювання та експериментальні дослідження електромагнітних процесів у системі передачі електроенергії по одному проводу	151
<i>Горобей В.П., Лузін В.А., Вожегова Р.А.</i> Дослідження робочих органів зернової сівалки для технології з мінімальною обробкою ґрунту	162
<i>Баев В.И., Юдаев И.В.</i> Методика оценки параметров разрядного контура и рабочих электродов электропропольщика	171
<i>Войтов В.А., Вороновський І.Б.</i> Зниження енерговитрат при виробництві твердого палива з біосировини	182
<i>Лисиченко М.Л., Гузенко В.В.</i> Аналіз динамічної стійкості асинхронного електропривода при відхиленні напруги	188
<i>Никифорова Л.Е., Гаевская И.В., Попрядухин В.С.</i> Биологические основы механизма восприятия информации живыми организмами	193
<i>Мионов К.Е.</i> Исследование факторов, влияющих на энергоемкость зернодробилки ударно-отражательного действия	205
<i>Сторожук Л.О., Червінський Л.С.</i> Щодо питання впливу ультрафіолетового випромінювання на зростання і фізіологічні параметри рослин	210

Наукове фахове видання

Праці Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск 13, том 4.

Свідоцтво про державну реєстрацію – Міністерство юстиції
13503-2387 ПР від 03.12.2007 р.

Відповідальний за випуск – Никифорова Л.Є.

Підписано до друку 31.05.2013 р. друк. Rizo. Друкарня «Люкс».
9,1 умов. друк. арк. тираж 100 прим.

73312 ПП Верескун.
Запорізька обл., м. Мелітополь, вул. К. Маркса, 10
тел. (0619) 44-45-11