



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Кафедра «Електротехніка і електромеханіка
імені професора В. В. Овчарова»



Національний
технічний
університет
України
«Київський
політехнічний
інститут імені Ігоря
Сікорського»



Національний
університет
біоресурсів і
природокористування
України



Національний
університет
«Запорізька
політехніка»



Харківський
національний
технічний
університет
сільського
господарства імені
Петра Василенка



Сумський
національний
аграрний
університет

Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем



МАТЕРІАЛИ

II Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції
пам'яті В. В. Овчарова

10 листопада – 26 листопада 2020 року

Мелітополь

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Національний університет біоресурсів і природокористування
України

Харківський національний технічний університет сільського
господарства імені Петра Василенка

Національний університет «Запорізька політехніка»

Сумський національний аграрний університет

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

МАТЕРІАЛИ

II Всеукраїнської науково-практичної
інтернет-конференції пам'яті В. В. Овчарова

10 листопада – 26 листопада 2020 року

Мелітополь
2020

УДК 621.3(043.2)

Т 13

Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем: матеріали II Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції пам'яті В. В. Овчарова (Мелітополь, 10 листопада - 26 листопада 2020 р) / ТДАТУ; орг. ком. В. М. Кюрчев, В. Т. Надикто, І. П. Назаренко [та ін.]. - Мелітополь: ТДАТУ, 2020. - 114 с.

У матеріалах конференції викладені результати досліджень, які присвячені сучасному стану та перспективам розвитку електротехнічних систем: питанням загальної електротехніки, електромеханічних комплексів і систем, електротехнологій та електротехнологічних систем, електроенергетичних систем і систем електропостачання, комп'ютерно-інтегрованих технологій та технічних інформаційних систем.

Видання розраховане для науковців, аспірантів, студентів, фахівців, які працюють за напрямками конференції.

Матеріали видані в авторській редакції. Відповідальність за зміст наданих матеріалів, точність наведених даних та відповідність принципам академічної доброчесності несуть автори.

Адреса організаційного комітету:

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
факультет енергетики і комп'ютерних технологій,
кафедра електротехніки і електромеханіки імені професора В. В. Овчарова,
ауд. 1.125

пр-т Богдана Хмельницького, 18, м. Мелітополь, Запорізька область, Україна,
72310

e-mail: dina.nesterchuk@tsatu.edu.ua

Сайт конференції: <http://www.tsatu.edu.ua/etem/internet-konferencija/>

© Колектив авторів, 2020

© Дизайн та макетування.
Кафедра електротехніки і електромеханіки імені професора В. В. Овчарова Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного

Голова організаційного комітету:

Кюрчев Володимир Миколайович – ректор ТДАТУ, член-кореспондент НААН України, д.т.н., професор, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Співголова:

Надикто Володимир Трохимович – проректор з наукової роботи та міжнародної діяльності, директор НДІ механізації землеробства півдня України, член-кореспондент НААН України, д.т.н., професор, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Науковий комітет конференції:

Назаренко Ігор Петрович – декан факультету енергетики і комп'ютерних технологій, д.т.н., професор, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Діордієв Володимир Трифонович – завідувач кафедри електроенергетики і автоматизації, академік МААО, д.т.н., професор, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Квітка Сергій Олексійович – завідувач кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В. В. Овчарова, к.т.н., доцент, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Острроверхов Микола Якович – завідувач кафедри теоретичної електротехніки, д.т.н., професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Козирський Володимир Вікторович – завідувач кафедри електропостачання ім. проф. В. М. Синькова, д.т.н., професор, заслужений діяч науки і техніки України, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Мірошник Олександр Олександрович – завідувач кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту, д.т.н., професор, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Тиховод Сергій Михайлович – завідувач кафедри теоретичної і загальної електротехніки, д.т.н., доцент, Національний університет «Запорізька політехніка»

Яковлев Валерій Федорович – професор кафедри енергетики та електротехнічних систем, к.т.н., професор, Сумський національний аграрний університет

Соломаха Олександр Вікторович – заступник технічного директора «НПП «Преобразователь-комплекс», к.т.н.

Організаційний комітет конференції:

Квітка Сергій Олексійович – к.т.н., доцент, завідувач кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В. В. Овчарова

Нестерчук Діна Миколаївна – к.т.н., доцент кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В. В. Овчарова

Вовк Олександр Юрійович – к.т.н., доцент кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В. В. Овчарова

Курашкін Сергій Федорович – к.т.н., доцент кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В. В. Овчарова

Ковальов Олександр Вікторович – старший викладач кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В. В. Овчарова

Щербина Марина Олександрівна – навчальний майстер кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В. В. Овчарова

ЗМІСТ

Секція 1. Загальна електротехніка

Виготовлення та дослідження гетероструктури на основі CDS Кідалов В. В., Дяденчук А. Ф.	8
Аналіз методів компенсації реактивної потужності Бурлаков А. В., Вовк О. Ю.	10
Аналіз способів боротьби з втратами активної потужності в лініях електропередачі Грищенко О. С., Вовк О. Ю.	12

Секція 2. Електромеханічні комплекси і системи

Robust speed control of hybrid excited synchronous machine with field weakening Mykola Ostroverkhov, Vadim Chumack, Yevhen Monakhov	14
Аналіз методів побудови систем керування електроприводами прокатних станів Стьопкін В. В., Абіді Монтасар, Барсуков О. О.	16
Частотно-регульований електропривод механізму пересування електродів дугової сталеплавильної печі з автоматичним регулятором Березін О. О., Куваєв В. Ю., Нежурін В. І.	18
Методика расчета оптимальных периодичностей технического обслуживания электромеханических систем Кажан В. Е., Безуглый В. А., Лозовенко Я. В., Паппу А. В.	20
Удосконалення методики діагностування технічного стану занурюваних електродвигунів систем сільськогосподарського водопостачання Миронець С. Д., Ковальов О. В.	22
Дослідження втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні під дією струмового навантаження Квітка С. О.	24
Якість електроенергії та її вплив на експлуатаційну надійність трифазних асинхронних електродвигунів Нестерчук Д. М.	27
Втрати потужності в асинхронному електродвигуні в умовах відхилення живлячої напруги Вовк О. Ю.	29

Дослідження теплових процесів асинхронного електродвигуна та розробка пристрою контролю і захисту від аварійних режимів роботи Квітка С. О.	31
Вплив несиметрії напруги мережі на ковзання і момент обертання асинхронного двигуна Попова І. О.	34
Заходи щодо економії електроенергії на зернопунктах Постнікова М. В.	36
Аналіз методів теплового розрахунку електричних двигунів Жарікова А. О., Квітка С. О.	38
Мультифункційне реле захисту низьковольтних трифазних асинхронних електродвигунів Кривцов Д. О., Нестерчук Д. М.	40
Періодичний контроль функціонального стану механічної частини робочої машини з асинхронним електроприводом в експлуатації Вовк О. Ю.	42
Пристрій діагностування та захисту групи асинхронних електродвигунів Попова І. О.	44
Дослідження витрат ресурсу ізоляції заглибного електродвигуна Курашкін С. Ф.	46
Оптимізація експлуатаційних показників електрифікованого ґрунтообробного мотоблоку Ковальов О. В.	48
Енергетичний аудит на підприємствах переробки і зберігання зерна Постнікова В. А., Постнікова М. В.	50
Обґрунтування структурної схеми електромеханічної системи обробітку ґрунту Ковальов О. В.	52
Ефективність пневматичних зерноочисних сепараторів САД Тимофєєв С. А., Постнікова М. В.	54
Вибір оптимальної структури захисту асинхронного двигуна при несиметрії напруги мережі Іванов М. В., Попова І. О.	56
Тепловізійне діагностування високовольтних електродвигунів насосних станцій Тимофєєв С. О., Курашкін С. Ф.	58

Обґрунтування електроприводу ґрунтообробного агромодуля Груненко М. А., Ковальов О. В.	60
Розрахунок потужності електродвигуна трієра потокової лінії очищення зерна Чернецький В. А., Постнікова М. В.	63

Секція 3. Електротехнології та електротехнологічні системи

Обґрунтування критеріїв оцінки енергетичної ефективності роботи свиновідгодівельних комплексів Чміль А. І., Олійник Ю. О.	65
Удосконалення математичного забезпечення АСУ випарного відділення цукрового заводу Ляшенко С. О., Фесенко А. М.	67
Подільно-множувальний блок пристрою оцінки якості біологічних структур фіксованої геометричної форми Яковлев В. Ф.	69
Електрогідравлічний ефект в електроплазмолізі Сіренко В. Ф., Манченко О. О.	71
Тензометричний метод визначення маси зразка в процесі сушіння Савойський О. Ю.	72
Обґрунтування методів сушіння насіння соняшника Кіба Є. О., Журавель Д. П.	74
Енергоефективний метод використання надлишку тепла сонячного колектора Абаджян Є. Б., Постол Ю. О.	76
Обґрунтування технології виробництва сметани в умовах невеликих підприємств Облещенко А. Д., Квітка С. О.	78
Огляд нового обладнання для ресурсозбереження при виробництві молочної продукції Волкова І. Д., Гулевський В. Б.	80
Блок-схема алгоритму функціонування системи вентиляції в ремонтній майстерні Уколов К. С., Постнікова М. В.	83
Обґрунтування узагальненої структури приладу обліку теплової енергії і теплоносія Цвентух М. Ю., Нестерчук Д. М.	85
Контроль температурного режиму в зерносховищі Жук А. В., Постнікова М. В.	87

Обробка плодів СВЧ-випромінюванням при виробництві соків Д'яченко Б. А., Вовк О. Ю.	89
Технологічні вимоги до процесу приготування пивного солоду Панков Д. В., Постнікова М. В.	91
Вибір раціональної технології підготовки молока до сквашування при переробці на сир Іванов М. В.	93
Аналіз існуючих технологій виробництва кефіру Сідельников Б. Ю., Постнікова М. В.	95
Обґрунтування параметрів якості інгредієнтів при замісі тіста для макаронних виробів Щербаков С. В.	97

Секція 4. Електропостачання та електроенергетичні системи

Способи комплексного енергопостачання сільськогосподарських споживачів Сіренко В. Ф., Манченко С. О.	100
Аналіз методів зменшення втрат напруги в електричних мережах Удовиченко К. О., Лисенко О. В.	101
Акустичне діагностування високовольтних трансформаторів Галавура М. М., Курашкін С. Ф.	103
Визначення стану трансформаторів за допомогою тепловізійного контролю Жарікова А. О., Чебанов А. Б.	105
Зменшення втрат енергії в понижуючих трансформаторних підстанціях мереж низької напруги Нікульча М. В., Адамова С. В.	107
Вплив навантаження на споживання реактивної потужності силовими трансформаторами Абраменко В. В., Курашкін С. Ф.	109

Секція 5. Комп'ютерно-інтегровані технології та технічні інформаційні системи

Апаратно-програмне виконання інтелектуальної системи за контролем та прогнозуванням величини струму витоку в мережі тваринницького приміщення Козирський В. В., Герасименко В. П., Майбородіна Н. В.	111
---	-----

Секція 1. Загальна електротехніка

УДК 681.382.473

ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕТЕРОСТРУКТУРИ НА ОСНОВІ CDS

Кідалов В. В., д.ф.-м. н.

Дяденчук А. Ф., к.т.н.

alena.dyadenchuk@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. У зв'язку з ростом тенденції до мініатюризації вимірювальних приладів і розвитком технологій виготовлення матеріалів з високими експлуатаційними характеристиками, все більшу важливість набуває зниження взаємного впливу матеріалів, що контактують всередині одного приладу.

Внаслідок різнорідності шарів гетероструктури у них виникають залишкові напруги, викликані різницею в тепловому розширенні з'єднаних матеріалів. Ці напруги можуть впливати на характеристики не лише структур, але й на параметри виготовлених на їх основі приладів.

Наразі, завдяки використанню в ролі віконного шару в сонячних елементах, перспективними залишаються плівки сульфід кадмію.

Для формування шарів CdS використовується досить велика кількість методів: молекулярно-променева епітаксія, осадження з металоорганічних з'єднань в паровій фазі, сублимація в закритому об'ємі, піроліз аерозолів, осадження в хімічній ванні, електрохімічне осадження [1].

Незважаючи на велику кількість робіт, присвячених дослідженню CdS, актуальною є задача оптимізації технології виготовлення і вивчення характеристик гетероструктур, що містять шари CdS.

У зв'язку з вищевикладеним представляються актуальними подальші дослідження присвячені оптимізації технології та покращенню властивостей гетероструктури CdS/Si.

Метою дослідження є отримання методом хімічного поверхневого осадження плівок CdS із водних розчинів кадмій-вмісних солей на монокристалічних підкладках Si, а також розрахунок пружних механічних напружень у виготовленій структурі.

Основні матеріали дослідження. Синтез плівок CdS на кремнієвих підкладках відбувався методом хімічного поверхневого осадження з водного розчину [2-3].

Перед зануренням у приготовлений розчин кремнієві підкладки знежирювали чотирьохлористим вуглецем і хімічно полірували у 10 %-му розчині бром у абсолютному метиловому спирті для зняття шару порушеної структури. Далі підкладки нагрівалися до температури 80° С протягом 15 хвилин [4].

Напівпровідникові підкладки Si після процесу ХПО за усією робочою поверхнею були покриті суцільною плівкою жовто-зеленого кольору. За результатами скануючої електронної мікроскопії встановлено, що плівка CdS має товщину близько 1,5 мкм.

З використанням енергодисперсійного рентгенівського аналізатора досліджено елементний склад плівок CdS на Si, встановлено, що отримані покриття CdS мали майже стехіометричний склад, що по усій площі зразка залишався незмінним.

У двошарових структурах зазвичай виникають різні деформації стиснення-розтягування, що виникають через неузгодженість параметрів решітки і відмінність коефіцієнтів термічного розширення плівки і підкладки.

Теоретично розраховано величину деформації у виготовлених гетероструктурах, яка згідно розрахунків становить 3,2 ГПа. Позитивне значення пов'язано з деформацією розтягування. Низьке значення залишкової деформації свідчить про високу якість отриманих плівок ZnO.

Висновки. У роботі проаналізовано фізико-технологічні аспекти отримання плівок CdS на поверхні монокристалічного кремнію.

Розглянута технологія дозволила отримати гетероструктуру з низьким значенням залишкової деформації.

Список використаних джерел

1. Structural characterisation of CdS layers deposited on porous p-type GaAs / A. Missaouia et al. *Microelectronics Journal*. 2007. Vol. 38, № 1. P. 96–101. DOI: 10.1016 / j.mejo.2006.09.021.
2. Dyadenchuk A. F., Kidalov V. V. Films CdS Grown on porous Si Substrate. *Journal of Nano- and Electronic Physics*. 2018. Vol. 10, № 1. P. 01007.
3. Спосіб отримання плівок CdS на поруватих підкладках Si : пат. 123226 Україна, МПК H01L 31/073 (2012.01) C23C 14/02 (2006.01) G02B 1/10 (2015.01) / А. Ф. Дяденчук, В. В. Кідалов. № u201701460; заявл. 16.02.2017; опубл. 26.02.2018, Бюл. № 4.
4. Трегулов В. В. Исследование гетероструктур CdS/Si (p), изготовленных методом гидрохимического осаждения CdS. *Вестник Рязанского государственного университета им. С.А. Есенина*. 2011. № 32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-geterostruktur-cds-si-p-izgotovlennyh-metodom-gidrohimicheskogo-osazhdeniya-cds> (дата обращения: 08.10.2020).

УДК 621.137

АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Бурлаков А. В., студент

Bartem746@gmail.com

Науковий керівник:

Вовк О. Ю., к.т.н.

Oleksandr.vovk@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Одними з найбільших споживачів електричної енергії на підприємствах є асинхронні електродвигуни, які споживають для своєї роботи як активну електричну енергію, так і реактивну [1, 2]. Споживання реактивної енергії обумовлює підвищене навантаження на лінії електропередачі, призводячи до збільшення втрат потужності у них, а також до зростання спадань і втрат напруг в лініях. Це обумовлює збільшення відхилень напруг на затискачах навантажень, що викликає зменшення їх ефективності і термінів експлуатації [3–5]. Проблемою стає можливе виведення реактивної складової потужності з мережі, або наближення коефіцієнта потужності до одиниці [6].

Основні матеріали дослідження. З метою компенсації реактивної потужності було виявлено два основні методи: природний та штучний, також відомий як поперечний. Природний метод передбачає організацію та удосконалення електрообладнання з метою зменшення генерації відхилень напруги та потужності навантажень. Штучний метод включає в себе застосування спеціальних компенсуючих пристроїв. Такі пристрої дозволяють збільшити, або ж утримувати задане значення коефіцієнта потужності, а також значно зменшити негативні явища, пов'язані з наявністю в мережі реактивної складової. На даний момент не існує універсального методу компенсації, який би задовольняв всі вимоги і не мав би недоліків. Отже, існує кілька подібних методів, кожен з яких має свою сферу застосування, а також власні переваги і недоліки.

До засобів штучного методу компенсації реактивної потужності відносять: конденсаторні батареї, синхронні двигуни, вентильні статичні джерела реактивної потужності.

Конденсаторні батареї набули найбільшого поширення на промислових підприємствах. За своєю суттю, вони є джерелом ємнісної потужності, так як майже завжди реактивна потужність навантаження має індуктивний характер. Широке застосування конденсаторів для компенсації реактивної потужності пояснюється їх значними перевагами в порівнянні з іншими видами компенсуючих пристроїв: незначні питомі втрати активної потужності, відсутність обертових частин, простота монтажу та експлуатації, відносно невисока вартість, мала маса, а також відсутність шуму під час роботи [7].

Але такі установки не позбавлені недоліків. Основні з них: наявність залишкового заряду, що підвищує небезпеку при обслуговуванні; чутливість до перенапруг і поштовхів струму, можливість тільки східчастого, а не плавного регулювання компенсуючої потужності. І хоч даний метод компенсації здатний регулювати реактивну потужність тільки східчасто, цього цілком достатньо, щоб значно знизити негативні фактори зниженого коефіцієнта потужності.

Втрати потужності, після використання компенсуючого пристрою можуть бути розраховані за формулою:

$$\Delta P = \frac{(P^2 + (Q - Q_k)^2)R}{U_{ном}^2} + \Delta P_{КП}, \quad (1)$$

де P – активна потужність, споживана навантаженням, $Вт$;
 Q – реактивна потужність, споживана навантаженням до компенсування, $ВАр$;
 Q_k – реактивна потужність компенсуючого пристрою, $ВАр$;
 R – активний опір навантаження, $Ом$;
 $U_{ном}$ – номінальна напруга навантаження, $В$;
 $\Delta P_{КП}$ – втрати активної потужності в компенсуючому пристрої, $Вт$.

Синхронні двигуни – інший вид компенсуючих пристроїв. При збільшенні струму збудження вище номінального значення, синхронні двигуни можуть виробляти реактивну потужність, отже, їх можна використовувати як засіб компенсації реактивної потужності [8]. Перевагою синхронних двигунів, використовуваних для компенсації реактивної потужності, в порівнянні з конденсаторними батареями, є можливість плавного регулювання згенерованої реактивної потужності. Недоліком є те, що активні втрати у даному методі більші, ніж для конденсаторних батарей. Як правило, в системах енергопостачання промислових підприємств використовують комбінований метод. Тобто основну частину потужності компенсують східчасто конденсаторними батареями, а синхронними двигунами компенсують решту. Управління компенсуючою потужністю загалом здійснюється автоматично.

Висновки. У роботі розглянуті різні методи компенсації реактивної потужності. Розглянуто їх особливості та принцип дії, а також переваги та недоліки кожного з них.

Список використаних джерел

1. Вовк О. Ю., Квітка С. О. Технологія періодичного контролю роботоздатності асинхронних електродвигунів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2011. Вип. 11, т. 3. С. 80–88.
2. Овчаров В. В., Вовк О. Ю. Загальна електротехніка: навчальний посібник. Мелітополь: Люкс, 2018. 310 с.
3. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Квітка О. С. Вплив відхилення напруги живлячої мережі на втрати активної потужності в асинхронному електродвигуні. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки*. Харків, 2015. Вип. 164: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 121-123.
4. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Дідур В. А. Вплив відхилення живлячої напруги на ресурс ізоляції асинхронних електродвигунів поточкових технологічних ліній. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 9, т. 2. DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-25.
5. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Квітка О. С. Вплив зниження напруги живлячої мережі на теплове зношення ізоляції асинхронного електродвигуна. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки*. Харків, 2014. Вип. 153: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 79-81.
6. Мельников Н. А. Реактивная мощность в электрических цепях. Москва: Энергия, 1975. 128 с.
7. Кабышев А. В. Компенсация реактивной мощности в электроустановках промышленных предприятий: учебное пособие. Томск: ТПУ, 2012. 234 с.
8. Железко Ю. С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергетики. Москва: Энергоатомиздат, 1985. 224 с.

УДК 621.315.1

АНАЛІЗ СПОСОБІВ БОРОТЬБИ З ВТРАТАМИ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ЛІНІЯХ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

Грищенко О. С., студент

alexandr.grichenkov@gmail.com

Науковий керівник:

Вовк О. Ю., к.т.н.

Oleksandr.vovk@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Оскільки основним видом енергії, яку споживають різноманітні машини і механізми на виробництві, є саме електрична енергія, яка живить промислових та побутових споживачів за допомогою розподільних електричних мереж, енерговитрати в таких мережах значною мірою визначають загальну енергоефективність живлення споживачів електричної енергії [1]. Тому проблема енергозбереження в сучасних умовах є дуже важливою.

Основні матеріали дослідження. Однією з характерних особливостей функціонування електричних систем є те, що кількість виробленої енергії завжди дорівнює кількості спожитої, тобто в кожний момент часу існує точний баланс для активної та реактивної енергії і потужності. Транспортування і перетворення електричної енергії завжди відбувається з втратами самої енергії. Майже всі елементи електричної мережі, крім активної потужності, споживають реактивну потужність. Головні споживачі реактивної потужності – це асинхронні двигуни і трансформатори [2 – 4].

Наявність реактивної потужності у мережі призводить до додаткових втрат активної потужності. Ці втрати, в кінцевому випадку, прямо пропорційні квадрату реактивної потужності. Одночасно збільшується втрата і спадання напруги в мережі. Внаслідок цього також зменшується пропускна здатність трансформаторів і проводів ліній. Це викликає необхідність їх передчасної заміни. Всі ці обставини призвели до того, що для споживачів електроенергії в промисловості нормований середньозважений коефіцієнт потужності дорівнює 0,90 – 0,92 [5].

Розглянемо способи зменшення втрат [6 – 7].

Перший спосіб заснований на зниженні опору нульового проводу. Полягає він в повторному заземленні нульового проводу на кожній опорі лінії та на кожному навантаженні. У цьому випадку паралельно опору нульового проводу підключається опір землі між нулем трансформатора підстанції і нулем споживача.

Другий спосіб заснований на застосуванні спеціальних стабілізаторів напруги на вході в будинок або інший об'єкт. Такі стабілізатори бувають як однофазного, так і трифазного типу. Вони збільшують коефіцієнт потужності та забезпечують стабілізацію напруги на виході в межах 5% при зміні напруги на вході не більше 30%.

Третій спосіб зниження втрат здійснюється за рахунок використання трифазного підключення. При такому підключенні знижуються струми по кожній фазі, а отже і втрати в лінії, крім того, можна рівномірно розподілити навантаження.

Четвертий спосіб полягає у використанні пристроїв компенсації реактивної потужності. Якщо навантаження має активно-індуктивний характер, наприклад, різні електродвигуни, то це конденсатори, якщо ємності, то це спеціальні індуктивності.

П'ятий спосіб полягає у збільшенні напруги в лінії електропередачі. Це основний спосіб зменшення втрат в лінії. За допомогою трансформаторних підстанцій напруга збільшується до 1 МВ, а потім ступінчасто зменшується до 0,38 кВ.

Висновки. Таким чином, наведені способи боротьби з втратами в лінії вирішують проблему лише частково. Тому подальші дослідження повинні бути спрямовані на винайдення провідників або способів передачі електричної енергії, які будуть позбавлені існуючих недоліків.

Список використаних джерел

1. Овчаров В. В., Вовк О. Ю. Загальна електротехніка: навчальний посібник. Мелітополь : Люкс, 2018. 310 с.
2. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Дідур В. А. Вплив відхилення живлячої напруги на ресурс ізоляції асинхронних електродвигунів поточкових технологічних ліній. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 9, т. 2. DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-25.
3. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Квітка О. С. Вплив відхилення напруги живлячої мережі на втрати активної потужності в асинхронному електродвигуні. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки*. Харків, 2015. Вип. 164: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 121-123.
4. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Квітка О. С. Вплив зниження напруги живлячої мережі на теплове зношення ізоляції асинхронного електродвигуна. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки*. Харків, 2014. Вип. 153: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 79-81.
5. Кудрин Б. И. О потерях электрической энергии та мощности в электрических сетях. *Энергетика*. 2003. № 2. С. 3–5.
6. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / под ред. В. Н. Казанцева. Москва: Энергоатомиздат, 1983. 368 с.
7. Овчинников А. В. Потери электроэнергии в распределительных сетях 0,38–6 (10) кВ. *Новости ЭлектроТехники*. 2003. № 1. С. 15–17.

Секція 2. Електромеханічні комплекси і системи

УДК 621.3.078

ROBUST SPEED CONTROL OF HYBRID EXCITED SYNCHRONOUS MACHINE WITH FIELD WEAKENING

Mykola Ostroverkhov, Doctor of Technical Sciences n.ostroverkhov@hotmail.com
Vadim Chumack, PhD chumack_kpi@ukr.net
Yevhen Monakhov, PhD emonachov@gmail.com
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv

Introduction. In hybrid excited synchronous machine (HESM) the magnetic flux is created by permanent magnets located on rotor and electric excited winding on stator. This advantage provides maximum torque and acceleration at the start-up and speed over nominal. The excitation current has a nominal value at low speeds in the first control zone with a constant torque. In a case when speed is greater than the nominal value in the second control zone with a constant mechanical power, the excitation current is being decreased. The issue of quality control system of HESM is the presence of parametric disturbances. The electrical resistance of the machine's windings may be changed due to the heating. The total moment of inertia may be changed due to changes in the kinematics of the mechanism. The parameters of the equivalent circuit of machines may be calculated with errors. Another issue is the coordinate disturbances due to the mutual influence of the regulated coordinates on each other, which is inherent to any induction machines. Solution of mentioned issues by classical methods of theory of automatic control requires additional algorithms for identification, adaptation or compensation. It increases the cumbersomeness of the control system. Analysis of control optimization methods showed that the solution can be found on the basis of the concept of reverse tasks of dynamics in combination with the minimization of local functionals of instantaneous energy values. The method is based on the inverse of the direct Lyapunov method for stability analysis. The control loop has a predefined Lyapunov function in the form of an instantaneous energy value. As the result of optimization, a certain minimum value of the quality functional can be obtained, which provides a admissible dynamic control error. It ensures robustness to parametric disturbances and dynamic decomposition of the interrelated system.

Materials and results obtained. The study of control was carried out on 4 different HESM, that have same size and nominal speed, but have different types of permanent magnets. The main parameters of HESM are given in table 1. The studies were carried out at the start-up of HESM under load on a linearly increasing task signal to twice the nominal speed for a period of 1 to 3 seconds. The parameters of four HESM have different values according to the table 1, but control system ensures low sensitiveness to parameter's change. Adjustment of controllers is not required. The nature of the change in speed control errors for all 4 HESM has almost the same value. The graphs merge with each other (Fig. 1). The system ensures 2nd-order astatism, as it seen by the absence of error over a period from 1 to 3 seconds. The maximum absolute dynamic error is 0,18 rad/s. The stator voltage is limited by value U_{max} when the speed is greater than nominal. It is provided by reduction of excitation current. The control system regulates the excitation current within $0 < i_f < i_{fn}$. The speed is controlled in first zone at stabilization of the nominal torque $M_n = const$ in period of time since 1 to 2

seconds. In second zone when, the control is provided at the stabilization of mechanical power $P_n=const$ in the period of time since 2 till 3 seconds.

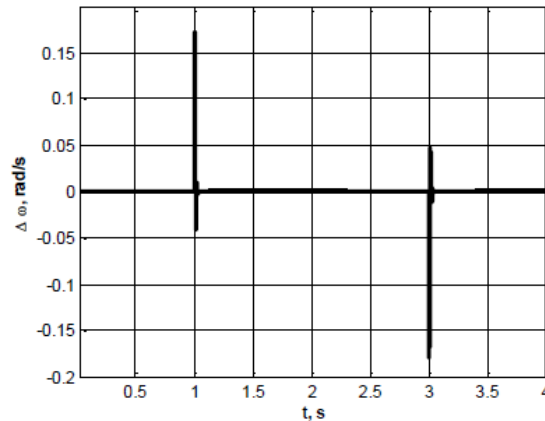


Figure 1. The speed error graph

Table 1 - Parameters of electrical machine

Parameters	Parameter`s values for machines with different types of permanent magnets			
	NdFeB N42	Alnico 5	Sm2-Co17	FeB Y10T
Mechanical power P, W	128,6	113,1	127,1	120,3
Torque M, Nm	1,637	1,44	1,62	1,53
Rotation speed N, rpm	750			
Stator current I_s , A	1			
Excitation voltage U_f , V	8			
Excitation current I_f , A	1			
Stator inductance L_d , H	0,0995	0,0888	0,0959	0,0584
Stator inductance L_q , H	0,0994	0,0902	0,0958	0,0708
Mutual inductance L_m , H	0,0753	0,0693	0,0792	0,1111
Stator resistance R_s , Ohm	7,2			
Excitation winding inductance L_f , H	0,025			
Excitation winding resistance R_f , Ohm	8			
Permanent magnet flux ψ_0 , Wb	0,1176	0,1004	0,11157	0,06947
Pole pairs Z_p	4			
Moment of inertia J, kg·m ²	0,00182			

Conclusions. The results of study of speed control of HESM with magnetic flux weakening showed high quality of control. The control is developed on the basis of concept of reverse task of dynamics with combination of local functionals of instantaneous values of energies. The control system ensures robustness to parameter`s change and dynamic decomposition of HESM without appliance of adaptation or compensation algorithms. The controllers don`t include the parameters of machine and differential operation that leads to simplicity of implementation. The study of control was carried out for 4 different HESM without adjustment of controllers in a case of doubling the speed over nominal. The control system maintains constant torque in first zone of control and constant mechanical power in second control zone by adjustment of excitation current. In second control zone system limits the maximum stator voltage supply.

УДК 621.3:669

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

Стьопкін В. В., к.т.н.

vasilstopkin@gmail.com

Абіді Монтасар, студент

Барсуков О. О., студент

Національна металургійна академія України, м. Дніпро

Актуальність та постановка проблеми. Головними споживачами електроенергії у складі прокатного стану є електропривода великої потужності, що використовуються для обертання валків прокатних клітей і у багатьох випадках це електропривод постійного струму із системою генератор-двигун (Г-Д) або тиристорний перетворювач-двигун (ТП-Д). Наприклад, ПАТ ІНТЕРПАЙП Нижньодніпровський трубопрокатний завод (м. Дніпро) має прокатні електропривода постійного струму 480 кВт із системою Г-Д (тривалковий калібрувальний стан) та 3150 кВт із системою ТП-Д (прошивний стан). ТОВ ІНТЕРПАЙП НІКО ТЬЮБ (м. Нікополь) має електропривода постійного струму трубопрокатний агрегатів ТПА350 (прошивні стани – 3680 кВт, автомат стан – 2300 кВт, розкатні стани – 630 кВт, калібрувальні стани – 400 кВт) та ТПА 30-102 (прошивні стани – 3680 кВт, безперервний стан – 1900 кВт, редуційний стан – 1400 кВт, калібрувальний стан – 600 кВт). Системи керування (СК) електроприводами прокатних клітей будуються з використанням лінійних П та ПІ- регуляторів. Зміна параметрів електроприводів в процесі роботи обумовлена нелінійністю характеристик двигунів, зміною властивостей прокату, зносу обладнання і т. д. Параметри регуляторів задаються як правило під час налагодження та вже не є оптимальними, що призводить до погіршення якості перехідних процесів та призводить до зниження енергоефективності агрегату. Вирішенням такої проблеми є побудова адаптивних систем керування електроприводом прокатної кліті.

Основні матеріали дослідження. Використанні лінійних регуляторів вносить вимоги лінійності до об'єкта керування, що є недоліком схеми для керування приводом прокатної кліті, так як вона володіє суттєвими нелінійностями. Зміна параметрів об'єкта керування відбувається внаслідок: нелінійності характеристик приводного двигуна; зміни температури, розмірів та швидкості прокату; зносу обладнання, що викликає неконтрольовані люфти у механічній частині електропривода. Ударна зміна навантаження при захваті та розгоні привода при прокатці із заготовкою призводить до зміни моменту навантаження головного привода у 1,5-2 рази при наявності люфтів.

Побудову адаптивних систем керування розділяють на два підходи. Перший передбачає заміну існуючих регуляторів на регулятори іншої структури. Другий передбачає розробку системи, яка оперативно буде налагоджувати параметри лінійних регуляторів у процесі роботи. Розглянемо підходи окремо.

Використання адаптивних регуляторів. Відомий спосіб реалізації адаптивної системи керування із використанням налагоджувального корегувального пристрою зі зміною його коефіцієнта передачі. Також відома система керування електроприводом зі змінною структурою із необхідністю створення системи ідентифікації, яка дозволить СК автоматично налагоджувати регулятори на

потрібний режим роботи, змінювати структуру регуляторів. Запропоновані методи доцільні при відомій моделі привода.

Використання оптимального керування. Основні напрямки: аналітичне конструювання регуляторів (АКР); побудова спостерігача стану та використання модальних регуляторів. Практичне застосування методу АКР ускладнено тим, що із підвищенням порядку об'єкта керування швидко зростають чисельні та аналітичні перешкоди, які пов'язані з необхідністю вирішення нелінійних рівнянь. Використання спостерігачів як налагоджувальних моделей об'єкта є одним із підходів до побудови адаптивної СК. Модальні регулятори побудовані на основі складання зворотних зв'язків за вектором стану, їх застосування дозволяє підвищити швидкодію СК та її точність у динамічних режимах. Звісно для застосування таких методів необхідна адекватна математична модель прокатної кліті.

В останній час у СК електроприводами почали використовуватися інтелектуальні методи керування: нечітка логіка та нейронні мережі. У роботі [1] розглядається можливість заміни П- та ІІ- регуляторів нечіткими. Причому головним недоліком старої системи є необхідність побудови точної моделі об'єкта. Нечітка логіка позиціонується як найбільш проста та надійна, дозволяючи враховувати нелінійності електропривода постійного струму. Досліди виконані у MATLAB [2], показують, що застосування нечіткої логіки може покращити як статичні, так і динамічні показники привода. Недоліком цього метода з його правилами, є жорстка прив'язка до характеристик конкретного об'єкта. У роботі [3] розглянуто застосування нейромережевого регулятора для керування електроприводом. Перевагою такого методу є врахування нелінійностей електродвигуна. Недоліками підходу є наявність повноцінної вибірки для проведення автономного навчання, яку у реальному виробництві важко отримати. Також відомим є метод розпізнавальної динамічної оптимізації [4], який передбачає етапи навчання на відомій моделі об'єкта.

Висновки. Розглянуті методи передбачають заміну регуляторів та передбачають наявність існуючої математичної моделі об'єкта. Доцільним може виступати альтернативне рішення – розробка методів налагодження вже існуючих регуляторів у СК приводом з метою побудови системи, їх оперативного налагодження у реальному масштабі часу.

Список використаних джерел

1. Изосимов С. Д., Черный С.П. Использование нечеткого регулятора для управления электродвигателем постоянного тока при случайном характере нагрузки. *Современные направления теоретических и прикладных исследований* 2012: Материалы международной научно-практической конференции, 2012. – №1. С. 59–66.
2. Ahmed M. Fuzzy logic speed control of DC motors fed by singleended primary inductance converters (sepic). IEEE conference. – 2008. – P. 343–347.
3. Применение методов нейронных сетей и генетических алгоритмов в решении задач управления электроприводами / В. Б. Клепиков и др. *Электротехника*. 1999. № 5. С. 2–6.
4. Стьопкін В. В. Використання методу розпізнавальної оптимізації в системах керування технологічними процесами. *Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем КМОСС - 2019*. V міжнародна науково-технічна конференція, 2019. – Режим доступу до ресурсу: <http://orgconf.com/event/conf-CMOSS2019>.

УДК 621.365.2

ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ ЕЛЕКТРОДІВ ДУГОВОЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ З АВТОМАТИЧНИМ РЕГУЛЯТОРОМ

Березін О. О., студент

Куваєв В. Ю., інженер

kuvaev@i.ua

Нежурін В. І., к.т.н., доцент

Національна металургійна Академія України, м. Дніпро

Актуальність та постановка проблеми. Дугові сталеплавильні печі (ДСП) широко застосовуються в чорній металургії України для виробництва легованих сталей. Основною вимогою до систем автоматичного регулювання (САР) режимів роботи ДСП є необхідність якісної стабілізації електричного режиму на кожній технологічній стадії процесу плавки [1]. Діючі дугові сталеплавильні електропечі, наприклад ДСП-3, обладнані приводами постійного струму з автоматичними регуляторами АРДМ-Т (тиристорний). Основною задачею їх є регулювання активної електричної потужності, що здійснюється зміною напруги пічного трансформатора при пересуванні електродів. При цьому змінюється також довжина дуги, що відповідно змінює напругу дуги, силу струму та активну потужність печі. Автоматичні регулятори дугових печей реагують на відхилення повної електричної провідності фази від заданого значення. Використання цього параметру дозволяє легко запалювати дугу, підтримувати потужність печі, знизити коливання живлячої напруги.

На сучасному етапі розвитку металургійної промисловості України в цілому економічна ситуація вимагає модернізації існуючих виробничих фондів. Одним з перспективних напрямків модернізації є застосування таких типів електродвигунів та перетворювачів електроенергії, які відповідають зростаючим вимогам до якості технологічних процесів, а також удосконалення систем керування приводами, побудованих на сучасній елементній базі з використанням програмованих контролерів та комп'ютерної техніки, що дозволяє успішно вирішувати проблему енергозбереження засобами електропривода.

Основні вимоги, що висуваються до регулятора потужності дугової печі, наступні: 1) зона нечутливості регулятора повинна бути не більш 3-6% в період розплавлення та 2-4% в інші періоди плавки, 2) швидкодія, яка забезпечує ліквідацію короткого замкнення або обриву дуги за 1,5-3 с, 3) виключення непотрібних пересувань електродів при короткочасних порушеннях режиму роботи печі, 4) можливість достатньо плавної зміни потужності печі в межах 20-125% від номінальної з точністю до 5%, 5) можливість переходу з автоматичного керування на ручне, 6) зупинка всіх електродів при відсутності живлячої напруги [1]. З урахуванням цього, найбільш поширеними є регулятори потужності АРДМ-Т, які можуть встановлюватися на печах ємністю до 200 т. Регулятор виконано на базі комплектних тиристорних перетворювачів постійного струму з роздільним керуванням. Вони забезпечують час розгону приводу 0,6с, зона нечутливості має 2 фіксовані значення 5 та 7%, швидкість пересування електродів – до 5 м/хв. [1]. З метою виключення недоліків, характерних для приводів постійного струму, запропоновано регулятор з використанням електропривода пересування електродів на основі системи «перетворювач частоти – асинхронний двигун» (ПЧ-АД), можливість використання якого в загальному вигляді проаналізовано в

роботі [3], де доцільність його використання обґрунтовано з точки зору енергозбереження засобами електроприводу.

Основні матеріали досліджень. Використання перетворювача частоти з векторним керуванням дозволяє істотно збільшити діапазон, точність регулювання, підвищити швидкодію електроприводу. Цей метод забезпечує безпосереднє керування моментом та швидкістю двигуна [4]. Обертаючий момент визначається струмом статора, який створює магнітне поле збудження. При безпосередньому керуванні моментом необхідно змінювати, окрім амплітуди, і фазу струму статора, тобто вектор струму. Для керування вектором струму, а отже, положенням магнітного потоку статора щодо ротора потрібно знати точне положення ротора у будь-який момент часу. Завдання вирішується або за допомогою датчика положення ротора, або визначенням положення ротора шляхом обчислень по відомим параметрам двигуна. У якості цих параметрів використовуються струми і напруга обмоток. Головним принципом векторного керування є поділ каналів керування швидкістю й потокозчепленням, що задовольняє вимогам до регулятора ДСП [1]. Імітаційні моделі системи керування електроприводом механізму пересування електродів регулятора ДСП для базового та запропонованого варіантів виконані у програмному продукті MATLAB 6.5 (у підпрограмі SIMULINK 4.0) [2] та проаналізовані з точки зору якості систем керування [4]. Дослідження систем на імітаційних моделях підтвердило, що система з векторним регулюванням швидкості забезпечує час перехідних процесів на 16% менше, ніж система ТП-Д, а статична помилка складає 0 % проти 3%. Розгін здійснюється з перерегулюванням не більше 5%, що відповідає налаштуванню системи на технічний оптимум. Таким чином, розроблена система може бути використана для керування електроприводом механізму пересування електрода ДСП - 3 з АРДМ.

Висновки. Реалізація електроприводу механізму пересування електродів дугової сталеплавильної печі з використанням частотного перетворювача з векторним керуванням та асинхронного двигуна є достатньо перспективним напрямом модернізації і, як показали дослідження з використанням моделювання на імітаційних моделях, дозволяє підвищити швидкодію привода, зменшивши час перехідних процесів, зменшити втрати енергії при перехідних процесах пуску асинхронного двигуна, що є особливо актуальним у зв'язку з високою кількістю пусків двигунів приводу пересування електродів за цикл плавки.

Список використаних джерел

1. Фотиев М. М. Электропривод и электрооборудование металлургических цехов. Москва: Металлургия, 1983. 288 с.
2. Минеев А. Р., Коробов А. И., Погребиский М. Я. Моделирование электротехнологических процессов и установок. Москва: Спутник +, 2004. 124 с.
3. Попов А. Е. Применение частотного управления приводом перемещения электродов в автоматических регуляторах дуговых электропечей. *Известия вузов. Сер. Электромеханика*. 2005. № 2. С. 78-80.
4. Анучин А. С. Системы управления электроприводов: учебник. Москва: МЭИ, 2015. 373 с.

УДК 621.313.3:669

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНЫХ ПЕРИОДИЧНОСТЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Кажан В. Е., к.т.н.

45vjan@ukr.net

Безуглый В. А., магистрант

Лозовенко Я. В., магистрант

Паппу А. В., магистрант

Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепр

Актуальность и постановка проблемы. Необходимость оценки качества проводимых мероприятий по техническому обслуживанию (ТО) обусловлена непосредственно повышением эффективности и качества, уменьшением материальных и временных затрат на эксплуатацию металлургических электромеханических систем (ЭМС), в т. ч. электроприводов прокатных станков, мостовых кранов, станков и др. систем, а также совершенствованием их системы ТО (СТО). В частности, на степень функциональной готовности ЭМС к применению очень влияет частота проведения разных видов ТО, т.е. их периодичностей. Поэтому оценка периодичностей проведения ТО является важной и актуальной задачей, решаемой на всех этапах "жизненного" цикла ЭМС, представляющих собой многообъектовые и функционально связанные технологические комплексы. В работе рассматривается методика и алгоритм определения оптимальных периодичностей ТО ЭМС металлургических технологических комплексов. Для решения задачи предлагается полумарковская модель эксплуатации ЭМС, позволяющая получить аналитическое выражение и рассчитать оптимальные периодичности ТО, исходя из условия обеспечения максимального коэффициента готовности системы при изменяющемся во времени параметре потока отказов.

Основные материалы исследования. При большой периодичности проведения ТО в ЭМС накапливаются скрытые отказы, приводящие к увеличению времени простоя системы. При уменьшении периодичности ТО увеличивается частота нахождения ЭМС в режиме ТО, что, в свою очередь, ведет к снижению её уровня готовности и увеличению затрат. Анализ СТО ЭМС указывает на то, что ТО проводятся с неизменными во времени объемами и периодичностями, принимая за величину параметра потока отказов его среднее значение на интервале эксплуатации. Однако, на практике показатели надежности ЭМС, в частности параметр потока отказов, являются изменяющимися во времени величинами. В силу этого имеет смысл определять такие значения периодичностей ТО, которые обеспечивали бы на протяжении всего "жизненного" цикла ЭМС максимальный коэффициент готовности. Тогда задача определения оптимальных периодичностей ТО ЭМС может быть сформулирована следующим образом. Известны закон изменения параметра потока $\Lambda(t)$ и вероятность обнаружения $P_{обн}$ отказов, вероятность отказов $P_{от}$, продолжительности τ_p различных видов ТО, текущего ремонта $\tau_{тр}$, а также другие характеристики СТО. Определить для любого шага эксплуатации y ($y = \overline{1, Y}$) длительностью T_y такие значения периодичностей T_p^* ТО, которые обеспечивают максимальную величину коэффициента готовности ЭМС. Основные этапы решения такой задачи: построение модели процесса эксплуатации ЭМС; вывод расчетного соотношения для коэффициента готовности как функции параметров технического состояния ЭМС и СТО; получение аналитического выражения для определения оптимальных периодичностей q -го вида ТО. Решение первого этапа

задачі ґрунтується на використанні полумарковської моделі процесу експлуатації ЕМС, заданого на множині дискретних станів і можливих переходів на інтервалі експлуатації [1,2]. В будь-який произвольний момент часу ЕМС може знаходитися в одному з станів $S_k \in S$ графа станів і переходів (ГСП), наведеного на рисунку 1: s_1 - ЕМС працює і готова до застосування, s_2 - на ЕМС проводиться ТО при умові, що в апараті немає аварій; s_3 - в апараті ЕМС існують приховані аварії; s_4 - на ЕМС проводиться ТО, в час якого виявляються приховані аварії; s_5 - проводиться поточний ремонт апаратури.

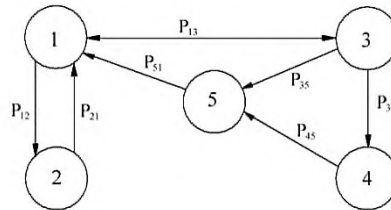


Рисунок 1. Граф станів і переходів ЕМС в процесі її експлуатації

Вичерпуючими характеристиками полумарковського процесу є матриця умовних функцій розподілу $F(t) = \|F_{kl}(t)\|$ часу перебування ЕМС в стані S_k до переходу в стан S_l ($S_k, S_l \in S$) і матриця умовних ймовірностей переходів $P = \|P_{kl}\|$ ($k, l = \overline{1, N}$), де N - кількість станів процесу.

Аналіз математичних методів показує, що найбільш адекватною математичною моделлю є полумарковська модель процесу експлуатації ЕМС, і представленої в вигляді орієнтованого графа станів і переходів. На основі цієї моделі отримана система рівнянь, приведена до одного рівняння 3-го порядку, аналітичним рішенням якого є математичне вираження для визначення значення оптимальної періодичності T_p^* ТО ЕМС

$$T_p^* = -\frac{1}{\Lambda_y} \ln \left(1 - 3\sqrt{\frac{\beta}{2} + \sqrt{\left(\frac{\beta}{2}\right)^3 + \left(\frac{\beta}{2}\right)^2}} - 3\sqrt{\frac{\beta}{2} - \sqrt{\left(\frac{\beta}{2}\right)^3 + \left(\frac{\beta}{2}\right)^2}} \right), \quad (1)$$

зв'язуюче тривалість ТО з параметрами технічного стану ЕМС і ТО. Згідно цьому співвідношенню, проводиться розрахунок, побудова і аналіз графіків кривих періодичностей ТО в функції тривалості проведення ТО.

Висновки. Отримано на основі полумарковської моделі процесу експлуатації аналітичне співвідношення, що дозволяє розрахувати оптимальні умови забезпечення максимуму коефіцієнта готовності періодичності ТО, що дає можливість керувати нестационарним процесом експлуатації ЕМС і створити адаптивну АСУ технічним станом ЕМС.

Список використаної літератури

1. Барлоу Р., Прошан Ф. Статистична теорія надійності і випробувань на безотказність / пер. з англ. Н. А. Ушакова. Москва: Наука, 1979. 327 с.
2. Корольок В. С., Турбин А. Ф. Полумарковські процеси і їх застосування. Київ: Наукова думка, 1976. 184 с.
3. Корн Г. А., Корн Т. М. Справочник по математиці для наукових працівників і інженерів. Визначення, теореми, формули. Москва: Наука, 1984. 831 с.
4. Ястребенецький М. А., Іванова Г. М. Надійність автоматизованих систем управління технологічними процесами. Москва: Энергоатомиздат, 1989. 264 с.

УДК 621.313.13

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗАНУРЮВАНИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ СИСТЕМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Миронець С. Д.¹, інженер

MironetsSD@gmail.com

Ковальов О. В.², інженер

alekstdaty1979@gmail.com

¹Відокремлений структурний підрозділ «Мелітопольський фаховий коледж Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного»

²Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Існуючі системи водопостачання сільськогосподарських об'єктів побудовані переважно таким чином, що вода до них подається з артезіанських свердловин за допомогою спеціальних насосних агрегатів. Складнощі у діагностуванні технічного стану цього обладнання полягають у тому, що воно знаходиться у свердловині на значній глибині і персонал не має безпосереднього доступу до нього. Існують методи непрямого визначення технічного стану електродвигуна приводу занурюваного насосу, але вони не дають повної уяви про його поточний стан.

Основні матеріали дослідження. Відомо, що при виконанні планового технічного обслуговування насосних установок необхідно періодично вимірювати струм електродвигуна та опір ізоляції обмоток і кабелю живлення відносно заземлених частин насосної установки. За результатами таких вимірювань можна зробити узагальнений висновок про зношеність окремих елементів електричної частини установки та про погіршення стану ізоляції. Не завжди даної інформації достатньо для остаточного прийняття рішення про проведення позапланового технічного обслуговування або ремонту електронасосної установки. Звідси виникає питання пошуку додаткових параметрів, за якими можна зробити висновок про ушкодження окремих складових електронасосної установки.

Для контролю технічного стану занурюваних електродвигунів систем водопостачання без підняття із свердловини було розроблено спеціальний діагностичний пристрій типу КИ-6301. За допомогою цього пристрою здійснюють автоматичний контроль за технічним станом занурюваних електродвигунів. Він має ряд переваг, але призначений для діагностування електричних параметрів занурюваних електродвигунів [1]. Досвід експлуатації пристрою КИ-6301 свідчить, що він має ряд недоліків, зокрема щодо труднощів у налаштуванні [2].

Електронасосні установки працюють в дуже складних умовах, на їх працездатність впливають такі фактори, як водяне середовище, наявність тиску, абразивні частинки у воді та ін. Тому конструкція таких електронасосних установок і матеріали, що використовують для їх виготовлення мають великий запас міцності.

Проаналізувавши причини виникнення несправностей електронасосів систем водопостачання можна відмітити, що значна їх частина припадає на механічні пошкодження, до яких можна віднести: відшарування і розрив у підшипникових вузлах гуми; зношення підшипникових поверхонь, через присутність в рідині із свердловини твердих механічних домішок більше

0,01%; зношенні і навіть поломка пластикових частин крильчатки насоса; корозія металевих частин обладнання [3].

Більшість із зазначених дефектів будуть причиною розбалансування обертових частин електронасосної установки і як наслідок буде спостерігатися підвищення вібрації водонапірного трубопроводу. Слід звернути увагу на те, що кожний вид пошкодження буде створювати свій, характерний як правило лише для нього характер пульсацій.

Якщо до основних вимірювань додатково проводити вимірювання вібрацій, що виникають при роботі електронасосної установки та відстежувати динаміку і характер їх змін у процесі роботи електронасосної установки, то можемо встановити причини їх зміни. Характер зміни пульсацій буде набувати свого розвитку у процесі експлуатації установки.

Згідно проведених досліджень на інших видах електричного обладнання [4-6] можна відмітити, що склад і характер пульсацій у працюючому обладнанні містить інформацію про джерело виникнення цих пульсацій. Проаналізувавши спектр існуючих вібрацій і характер їх зміни, при їх проведенні з певною періодичністю, можливо визначати з великою ймовірністю характер ушкодження, що набуває розвитку у діючій установці і можливий ресурс безаварійної роботи обладнання.

Висновки. Всебічне діагностування технічного стану діючої електронасосної установки, з метою виявлення реального технічного стану устаткування, дозволить уникнути нераціональної витрати коштів на проведення передчасного технічного обслуговування, що передбачає проведення високовартісного демонтажу обладнання і витягування його із свердловини або ремонту, з причини поломки електронасосної установки.

Список використаних джерел

1. Єрмолаєв С. О., Мунтян В. О., Яковлев В. Ф. Експлуатація енергообладнання та засобів автоматизації в системі АПК: підручник. Київ, 2003. 543 с.
2. Лут М. Т., Окушко О. В., Чайн Д. В. Пристрій контролю технічного стану занурювальних електродвигунів установок водопостачання. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Техніка та енергетика АПК*. 2016. Вип. 256. С. 205-212.
3. Перечень неисправностей погружных электронасосов типа ЭЦВ и причины их возникновения. URL: <http://gidromashina.ru/products/pumps/submersible/perechen-neispravnostej-pogruzhnyix-elektronasosov-tipa-eczv.html> (дата звернення: 09.10.2020).
4. Яблоков А. Е. Обеспечение эксплуатационной надежности оборудования методами вибрационной диагностики. *SWorld*. 2014. URL: <https://docplayer.ru/112083493-Obespechenie-ekspluatacionnoy-nadezhnosti.html> (дата звернення: 09.10.2020).
5. Отчет № 1. Вибродиагностика компрессорного оборудования. ООО «Брянская мясная компания». URL: <https://docplayer.ru/124031636-Otchet-1-vibrodiagnostika-kompressornogo-oborudovaniya-ooo-bryanskaya-myasnaya-kompaniya.html> (дата звернення: 09.10.2020).
6. Генкин М. Д., Соколова А. Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. – Москва, 1987. 288 с.

УДК 621.313.33

ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В АСИНХРОННОМУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІ ПІД ДІЄЮ СТРУМОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Квітка С. О., к.т.н.

sergei.kvitka1965@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми.

Перетворення енергії в асинхронному електродвигуні (АД) супроводжується незворотними втратами, що проявляються у вигляді теплоти, виділення якої відбувається в елементах конструкції. Джерелами теплоти в асинхронному електродвигуні, головним чином, є активні частини (обмотки, осердя) і підшипники.

Під час дослідження теплових процесів асинхронних електродвигунів у багатьох роботах [1-4] велика увага приділяється визначенню втрат активної потужності і їх розподілу в окремих вузлах і активних елементах електродвигуна. Однак, вони не в повній мірі дозволяють враховувати вплив зміни струму в обмотці статора і ротора при визначенні теплових втрат.

Тому, дослідження і визначення втрат активної потужності у вузлах та активних елементах асинхронного електродвигуна під дією струмового навантаження є важливим при визначенні його теплового стану.

Основні матеріали дослідження. Точність визначення теплового стану асинхронного електродвигуна в результаті теплового розрахунку багато в чому залежить від точності обліку всіх теплових втрат. Велике значення має розподіл теплових втрат в окремих вузлах і активних елементах електродвигуна. Так, втрати в обмотці статора ΔP_{12} розподілені між тілами 1 (ΔP_1) і 2 (ΔP_2), потужність ΔP_5 – суму електричних втрат в обмотці ротора $\Delta P_{ЕЛ.2}$ і половини додаткових втрат $\Delta P_{ДОБ}$ [2, 5, 6].

Втрати активної потужності в асинхронному електродвигуні знайдемо виходячи з його Г- подібної схеми заміщення.

Електричні втрати в обмотці статора [2]

$$\Delta P_{12} = \Delta P_{ЕЛ.1} = 3 \cdot r_{1\theta} \cdot I_1^2, \quad (1)$$

де r_1 - активний опір фази обмотки статора при температурі θ , Ом;

I_1 - діюче значення сили струму в обмотці статора, А.

Додаткові втрати активної потужності в асинхронному електродвигуні [2]

$$\Delta P_{ДОБ} = 0,005 P_{1H}, \quad (2)$$

де ΔP_{1H} - номінальна споживана потужність, Вт.

Втрати в роторі [2]

$$\Delta P_5 = \Delta P_{ЕЛ.2} + 0,5 \Delta P_{ДОБ}, \quad (3)$$

де $\Delta P_{ЕЛ.2}$ - електричні втрати активної потужності в обмотці ротора, Ом.

$$\Delta P_{ЕЛ.2} = 3 \cdot r_{2\theta}'' \cdot (I_2'')^2, \quad (4)$$

де $r_{2\theta}''$ - приведений активний опір фази обмотки ротора при температурі θ , Ом;

I_2'' - приведений струм електродвигуна, А.

Практичний інтерес представляють залежності втрат активної потужності в активних елементах електродвигуна у функції розрахункової температури при різних значеннях кратності сили струму. Для проведення досліджень був вибраний асинхронний електродвигун 4AM112M4У3.

Графічні залежності втрат активної потужності в обмотці статора і в роторі асинхронного електродвигуна 4AM112M4У3 у функції розрахункової температури при різній кратності сили струму наведені на рис. 1 і рис. 2.

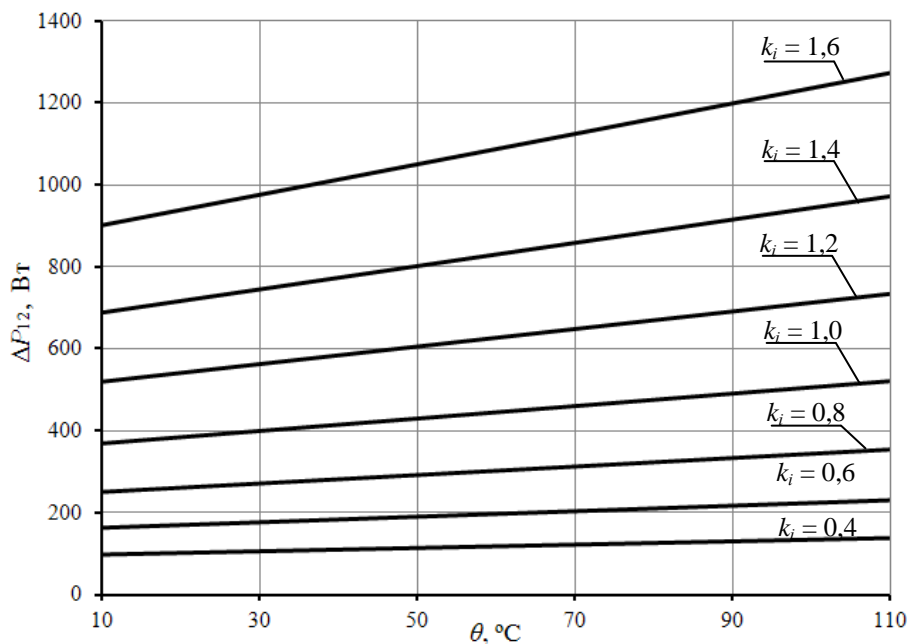


Рисунок 1. Залежності втрат активної потужності в обмотці статора асинхронного електродвигуна 4AM112M4У3 у функції розрахункової температури при різній кратності сили струму

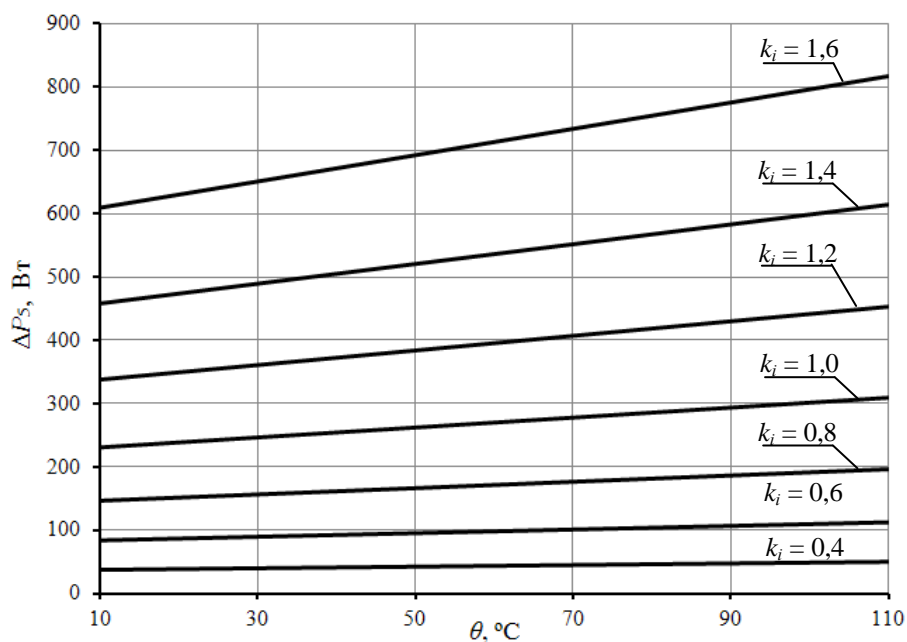


Рисунок 2. Залежності втрат активної потужності в роторі асинхронного електродвигуна 4AM112M4У3 у функції розрахункової температури при різній кратності сили струму

Активні опори r_θ при температурі, яка відрізняється від розрахункової, визначаються за формулою [2]

$$r_\theta = r \left(\frac{\frac{1}{\alpha} + \theta}{\frac{1}{\alpha} + \theta_p} \right), \quad (5)$$

де r - активний опір при розрахунковій температурі, Ом;

θ_p - розрахункова температура, °С;

α - температурний коефіцієнт опору матеріалу.

Висновки. Аналіз отриманих результатів показує, що втрати активної потужності в обмотці статора і роторі асинхронного електродвигуна знаходяться у лінійній залежності від розрахункової температури і суттєво зростають при збільшенні кратності сили струму.

Список використаних джерел

1. Сипайлов Г. А., Санников Д. И., Жадан В. А. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах: учебник. Москва: Высшая школа, 1989. 239 с.

2. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Дослідження втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2017. Вип. 7, т. 1. С. 126-134.

3. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Квітка О. С. Розрахункове визначення втрат активної потужності в асинхронних електродвигунах за паспортними даними // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки. Харків, 2017. Вип. 186: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 80-82.

4. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Квітка О. С. Вплив відхилення напруги живлячої мережі на втрати активної потужності в асинхронному електродвигуні. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки. Харків, 2015. Вип. 164: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 121-123.

5. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Математична модель теплового стану асинхронного електродвигуна у нестационарних режимах. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки. Харків, 2016. Вип. 175: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 140-142.

6. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Теплова модель асинхронного електродвигуна в стаціонарних режимах. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки. Харків, 2015. Вип. 164: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 118-120.

7. Конструкция и расчет трехфазных асинхронных электродвигателей: учеб. пособие к курсовому и дипломному проектированию / В. А. Потапкин и др. Новочеркасск: ЮРГТУ(НПИ), 2009. 171 с.

УДК 621.3.004.163

ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ НАДІЙСНІСТЬ ТРИФАЗНИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Нестерчук Д. М., к.т.н.

dina.nesterchuk@tsatu.edu.ua

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. Зниження терміну служби трифазних асинхронних електродвигунів (АД) пов'язано з відхиленням показниками якості електроенергії від нормованих значень. Згідно [1] якість електричної енергії – це сукупність властивостей електричної енергії відповідно до встановлених стандартів, які визначають ступінь її придатності для використання за призначенням. Розробка комплексних систем автоматизації для обліку та контролю показників якості електроенергії є актуальним питанням сьогодення.

Надійність електропостачання та якість електроенергії є основними складовими, за якими оцінюється автоматизований електропривод. Об'єднання функціональних можливостей сучасних мікропроцесорних пристроїв захисту та автоматизованих систем енергообліку дозволить підвищити надійність роботи АД. Аналіз [2] дозволив встановити, що в усіх країнах з розвинутою промисловістю підключення потужних нелінійних навантажень, які деформують форму кривих струму і напруги електричної мережі, допускається тільки при дотриманні вимог щодо забезпечення якості електроенергії та при наявності спеціальних пристроїв корегування. При цьому сумарна потужність нелінійного навантаження, яке вводиться знову в експлуатацію, не повинна перевищувати 3...5% від потужності всього навантаження енергокомпанії. Питання, що стосуються якості електроенергії в Україні, є предметом особливої стурбованості.

Основні матеріали дослідження. Проблема з якістю електроенергії призводить до наступних наслідків: збільшення втрат енергії в мережах; перегрів АД, що прискорює старіння ізоляції та підвищує ймовірність аварії в результаті однофазних коротких замикань та їх переходу в багатofазні замикання; збільшення споживання електроенергії та необхідної потужності обладнання; відмови і помилкові спрацьовування пристроїв релейного захисту і автоматики. Економічні збитки від невідповідності показників якості електроенергії складаються з двох складових: технологічну та електромагнітну. За даними [3] технологічна складова обумовлена впливом на продуктивність технологічних машин й механізмів та собівартістю продукції підприємств, при цьому електромагнітна складова визначається скороченням терміну служби ізоляції обмоток АД через прискорене теплове та електричне старіння. Зниження терміну служби АД при несинусоїдності, несиметрії та відхиленні напруги пов'язані з тепловим старінням ізоляції через збільшення температури ізоляції обмотки статора. Збільшення температури призводить при незначній несиметрії напруги до несиметрії струмів, а також до перегрівання ізоляції за рахунок додаткових втрат активної потужності в обмотках статора, ротора й сталі АД.

В табл.1 наведені узагальнені дані щодо впливу основних показників якості електроенергії на режими роботи АД.

Таблиця 1 – Узагальнені дані щодо впливу основних показників якості електроенергії на режими роботи АД [4]

Вид показника якості	Характер зміни показника та зміни у роботі АД	
Відхилення напруги при нормі $\pm 10\%$	при зниженні напруги на 10% обертаючий момент змінюється пропорційно квадрату напруги, а саме зменшується на 10%, температура обмоток підвищується на 7°C , збільшується час пуску, ковзання збільшується на 27%	при збільшенні напруги на 10% обертаючий момент змінюється пропорційно квадрату напруги, а саме, збільшується на 12%, що призводить до перевантаження за струмом, пусковий струм збільшується на 12%, $\cos \varphi$ знижується на 5%
Несиметрія напруги (перекіс фаз)	виникають зворотні обертальні магнітні поля, вібрація та руйнування підшипників та обмоток, як наслідок несиметрія струмів та нагрівання, строк служби зменшується на 10...15%	
Несинусоїдність напруги	перевищення допустимих коефіцієнтів 2, 5 та 8 гармоніки призводить до значного росту напруги зворотної послідовності та до перегрівання АД та виходу його з ладу; перевищення допустимих значень 3 та 9 гармоніки призводить до зростання напруги нульової послідовності та до появи асиметрії фазної напруги, при цьому робочий та пусковий струми зменшуються на 25% та збільшується споживання з мережі живлення реактивної потужності на 3...7%; збільшення допустимих значень 4 та 7 гармонік прямої послідовності призводить до росту активного опору ротора та до погіршення механічної характеристики АД.	

Застосування мікропроцесорних електронних лічильників, які встановлюються для комерційного та технічного обліку у складів автоматизованих систем комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ), дозволяє поєднувати релейний захист та систему АСКОЕ за такими показниками: перевантаження, неповнофазний режим, несиметрія струмів та напруг, що дозволяє здійснювати моніторинг якості електричної енергії, як на стороні енергопостачальної організації, так й на стороні споживача.

Висновки. Вимоги споживачів до якості електроенергії постійно зростають, так як вихід показника якості за допустимі межі може привести до виходу з ладу АД, а значить до суттєвих матеріальних втрат, тому стає доцільним розробка та впровадження автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку.

Список використаних джерел

1. ДСТУ EN 50160:2014. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності. [Чинний від 2014-10-01]. Київ, 2014. 32 с.
2. Адамова С. В. Аналіз впливу якості електроенергії на роботу струмоприймачів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2018. Вип. 8, т. 2. DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-39.
3. Жежеленко И. В., Саенко Ю. Л., Горпинич А. В. Влияние качества электроэнергии на сокращение срока службы и снижение надежности электрооборудования. *Электрика*. 2008. № 3. С. 4.
4. Нестерчук Д. М. Захист асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2011. Вип. 11, т. 3. С. 56-65.

УДК 621.313.33

ВТРАТИ ПОТУЖНОСТІ В АСИНХРОННОМУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІ В УМОВАХ ВІДХИЛЕННЯ ЖИВЛЯЧОЇ НАПРУГИ

Вовк О. Ю., к.т.н.

Oleksandr.vovk@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. У сучасному електроприводі, призначеному для електромеханічного перетворення енергії, у якості приводних пристроїв найчастіше застосовують асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором через їх високу конструкційну надійність [1 – 3]. Разом з тим експлуатація вказаних двигунів в даний час пов'язана з багатьма проблемами. Основною з них є живлення асинхронних двигунів неякісної електроенергією [4, 5]. Достовірно відомо, що навіть незначні відхилення якості живлячої напруги призводять до негативних наслідків, пов'язаних зі старінням ізоляції і зниженням таких енергетичних показників роботи асинхронних двигунів як коефіцієнт корисної дії і коефіцієнт потужності [6, 7]. При відхиленні живлячої напруги від номінального значення активна потужність на валу асинхронного двигуна залишається практично постійною, але в ньому відбувається зміна втрат активної потужності [8, 9]. Це призводить до зміни нагріву асинхронного електродвигуна та, як наслідок, до зміни швидкості теплового зношення його ізоляційної конструкції.

Основні матеріали дослідження. Існуючі методи аналізу впливу зниження напруги на затискачах асинхронного електродвигуна на втрати потужності в ньому не дозволяють в повній мірі враховувати завантаження асинхронного електродвигуна та вид механічної характеристики робочої машини, яку він приводить у рух [10, 11]. В результаті дослідження було встановлено математичні залежності втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні у функції коефіцієнту відхилення напруги та коефіцієнту завантаження електродвигуна з урахуванням виду механічної характеристики робочої машини. Застосування отриманих залежностей для аналізу експлуатаційних режимів роботи електродвигуна 4A100S2У3 показало, що при номінальному завантаженні найбільш небезпечним для нього з точки зору його нагріву та теплового зношення ізоляційної конструкції є зниження напруги на його затискачах через те, що втрати активної потужності за даних умов перевищують не тільки номінальне значення, а й значення при підвищеній напрузі (рис.1). На рисунку 1 показані залежності втрат активної потужності ΔP у функції коефіцієнта завантаження k_3 для асинхронного електродвигуна приводу робочої машини з параболічною механічною характеристикою при різних значеннях коефіцієнта відхилення живлячої напруги k_U .

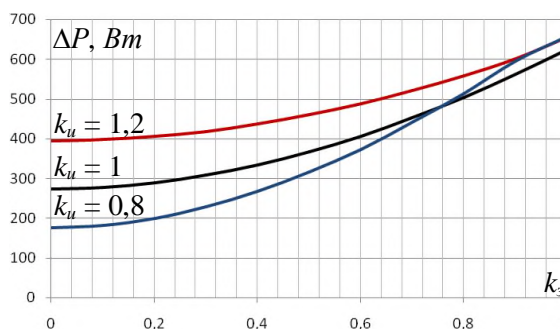


Рисунок 1. Залежності $\Delta P = f(k_3)$ при $x = 2$ та різних k_U

Висновки. У роботі запропонована методика оцінки впливу відхилення живлячої напруги на втрати активної потужності в асинхронному електродвигуні з урахуванням виду механічної характеристики робочої машини.

Список використаних джерел

1. Овчаров В. В. Вовк О. Ю. Теоретичні передумови комплексного діагностування асинхронних електродвигунів. *Праці Таврійського державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2001. Вип. 1, т. 21. С. 4-6.
2. Вовк О. Ю. Періодичне діагностування асинхронних електродвигунів в експлуатації. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2005. Вип. 32. С. 74-85.
3. Вовк О. Ю., Квітка С. О. Технологія періодичного контролю роботоздатності асинхронних електродвигунів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2011. Вип. 11, т. 3. С. 80-88.
4. Вовк О. Ю. Квітка С. О., Квітка О. С. Вплив зниження напруги живлячої мережі на теплове зношення ізоляції асинхронного електродвигуна. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки*. Харків, 2014. Вип. 153: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 79-81.
5. Вовк О. Ю. Квітка С. О., Квітка О. С. Вплив відхилення напруги живлячої мережі на втрати активної потужності в асинхронному електродвигуні. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки*. Харків, 2015. Вип. 164: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 121-123.
6. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Дідур В. А. Вплив відхилення живлячої напруги на ресурс ізоляції асинхронних електродвигунів поточкових технологічних ліній. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 9, т. 2. DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-25.
7. Вовк О. Ю. Квітка С. О., Квітка О. С. Контроль витрати ресурсу ізоляції асинхронних електродвигунів при відхиленні напруги живлячої. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Сер. Технічні науки*. Мелітополь, 2015. Вип. 15, т. 2. С. 154-159.
8. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Волошина А. А., Стребков О. А. Розробка системи забезпечення ресурсоенергозберігаючого експлуатаційного режиму роботи асинхронного електродвигуна. *Енергетика і автоматика*. 2016. № 4 (30). С. 89-97.
9. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Дослідження втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2017. Вип. 7, т. 1. С. 126-134.
10. Кузнецов В. В., Николенко А. В. О моделях функционирования асинхронного двигателя в условиях некачественной электроэнергии. *Восточноевропейский журнал передовых технологий*. 2015. № 1/8 (73). С. 37-42.
11. Овчаров С. В. Ресурсоенергозберегающие эксплуатационные режимы силового электрооборудования. Киев, 2012. 293 с.

УДК 621.313.33

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ТА РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ КОНТРОЛЮ І ЗАХИСТУ ВІД АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ

Квітка С. О., к.т.н.

sergei.kvitka1965@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми.

У наш час в агропромисловому виробництві для захисту асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи використовують різні технічні засоби [1-6]. Однак недоліки, які мають відомі пристрої захисту, обмежують їх застосування на виробництві [1-6].

Тому дослідження теплових процесів асинхронних електродвигунів та розробка пристроїв захисту останніх від аварійних режимів роботи в процесі їх експлуатації, є актуальним питанням, яке спрямоване на підвищення експлуатаційної надійності трифазних асинхронних електродвигунів.

Основні матеріали дослідження. Основною характеристикою експлуатаційної надійності електродвигуна є його працездатність. Для оцінки працездатності електродвигуна введемо параметр, такий як витрата ресурсу ізоляції обмоток, який будемо визначати через швидкість теплового зношування ізоляції.

Проведені дослідження асинхронного електродвигуна типу АИР100L4У3 при неповнофазному режимі роботи, а саме: змінювання швидкості теплового зношування ізоляції ε при змінюванні коефіцієнта завантаження K_3 . Результати дослідження у вигляді залежності $\varepsilon = f(K_3)$ наведені на рис. 1.

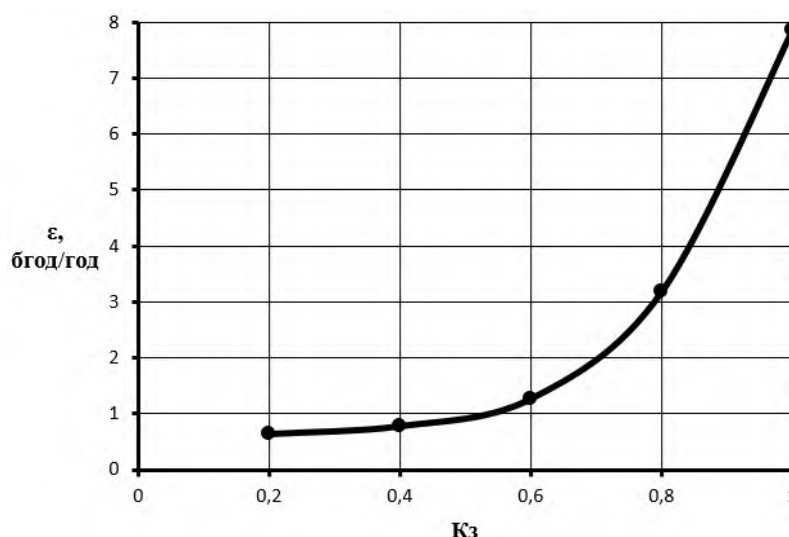


Рисунок 1. Залежність швидкості теплового зношування ізоляції обмотки статора асинхронного електродвигуна у функції коефіцієнта завантаження

Таким чином, на підставі проведеного дослідження можна зробити висновок про те, що робота в неповнофазному режимі навіть малозавантаженого асинхронного електродвигуна супроводжується інтенсивним процесом теплового зношування ізоляції обмотки статора.

Запропонований пристрій контролю і захисту групи трифазних асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи (рис. 2) призначений для відключення електродвигунів від мережі змінного струму у випадках відхилення напруги в мережі живлення нижче або вище заданих значень, при небезпечному підвищенні споживаного електродвигуном струму і небезпечних перевищеннях температури ізоляції обмотки статора електродвигуна.

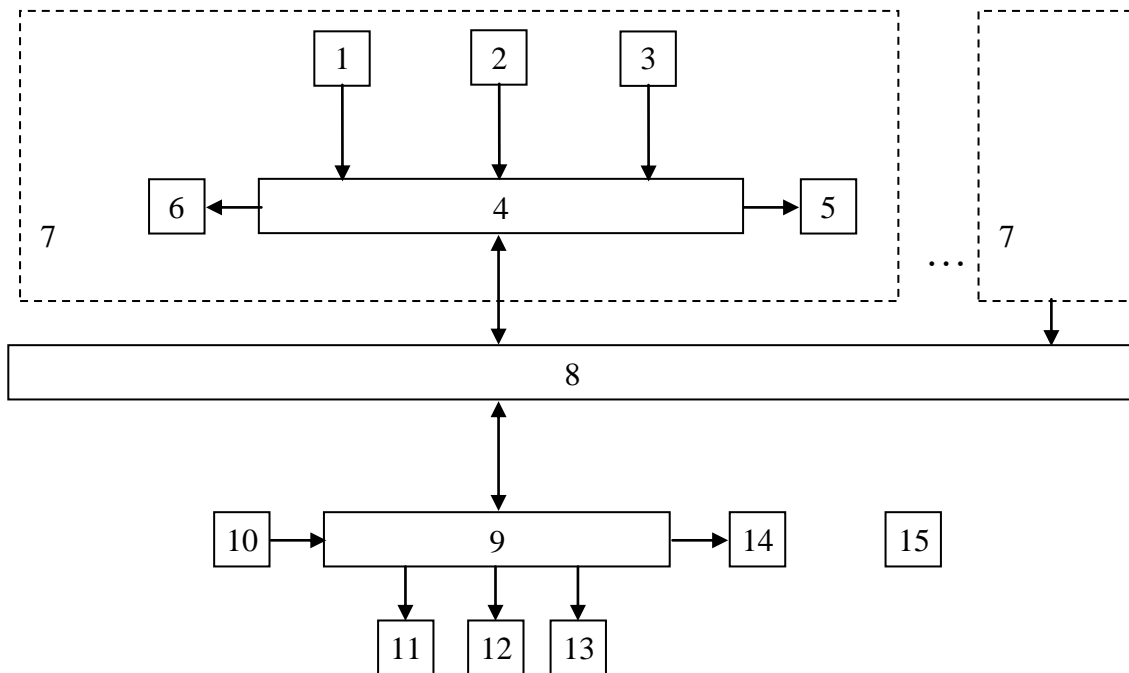


Рисунок 2. Пристрій контролю і захисту групи трифазних асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи

Пристрій побудований на мікроконтролері 9, який є провідним пристроєм, і декількох мікроконтролерах 4, які є відомими пристроями. Зв'язок між мікроконтролерами здійснюється за допомогою двонаправленої двопровідної шини 8.

Пристрій складається з блоків контролю електродвигунів 7, до складу кожного з яких входить мікроконтролер 4, блок контролю температури ізоляції обмотки статора електродвигуна 1, блоки контролю струму 2 і напруги 3, блок світлової сигналізації 5, блок реле 6. Крім того, до складу пристрою входять мікро-контролер 9, блок вводу даних 10, блок цифрової індикації 11 і світлової сигналізації 12, пристрій пам'яті 13, комунікаційний порт 14 і блок живлення 15.

Блоки контролю електродвигунів 7 призначені для контролю струму, що споживається електродвигуном, напруги живлення, температури ізоляції обмотки статора та керування електродвигуном. Призначенням цих блоків є вимірювання і перетворення відповідних діагностичних параметрів в інформативний електричний сигнал, який для подальшої обробки надходить на відповідні порти мікроконтролера 4.

Мікроконтролер 4 здійснює порівняння вхідних діагностичних параметрів із заданими величинами уставок. В залежності від величини вхідних діагностичних параметрів (після їх порівняння із значеннями уставок) мікроконтролер 4 видає сигнал на блок сигналізації 5 або сигнал на відключення відповідного електродвигуна за допомогою блоку реле 6.

Мікроконтролер 9 задає основний потік даних на двонаправленій шині 8, здійснює керування мікроконтролерами 4 і обробку даних, які надходять від них.

Залежно від стану мікроконтролер 9 видає сигнал на блок цифрової індикації 11 і блок світлової сигналізації 12. Для введення даних і керування пристроєм у схемі передбачений блок вводу даних 10.

Пристрій є програмованим, тому в ньому передбаченим роз'єм для підключення програматора. Комунікаційний порт 14 призначений для обміну даними між пристроєм і комп'ютером.

Електричне живлення пристрою здійснюється від блоку живлення 15.

Висновки. Робота в неповнофазному режимі супроводжується інтенсивним процесом теплового зношування ізоляції обмотки статора асинхронного електродвигуна. Запропонований пристрій контролю і захисту групи асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи дозволяє контролювати струм, який споживається електродвигуном, фазну напругу живлення, температуру ізоляції обмотки статора і, при небезпечному їх відхиленні, автоматично відключати електродвигун, що дозволяє захистити його від основних аварійних режимів роботи, підвищити експлуатаційну надійність і зменшити вихід електродвигунів з ладу до 5...7 %. Розроблений пристрій також дозволяє отримувати кількісну інформацію про сумарне теплове зношування ізоляції обмотки статора, повністю використовувати переважувальну здатність електродвигуна в межах допустимих перевищень температури.

Список використаних джерел

1. Овчаров В. В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве. Киев: УСХА, 1990. 168 с.

2. Квітка С. О., Нестерчук Д. М., Квітка О. С. Дослідження теплових процесів асинхронних електродвигунів під дією струмового навантаження та розробка пристрою захисту від аварійних режимів роботи. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2013. Вип. 13, т. 5. С. 172-177.

3. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Стьопін Ю. О., Квітка О. С. Дослідження теплових процесів асинхронних електродвигунів під впливом неповнофазного режиму роботи. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Сер. Технічні науки*. Мелітополь, 2015. Вип. 15, т. 2. С. 218-222.

4. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Пристрій контролю функціонального стану та захисту групи асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки*. Харків, 2014. Вип. 153: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 85-87.

5. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Пристрій контролю функціонального стану і захисту асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки*. Харків, 2017. Вип. 186: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 90-92.

6. Квітка С. О., Безменнікова Л. М., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Пристрій захисту групи трифазних асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2012. Вип. 12, т. 2. С. 23-27.

УДК 621.313.33

ВПЛИВ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГИ МЕРЕЖІ НА КОВЗАННЯ І МОМЕНТ ОБЕРТАННЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Попова І. О., к.т.н.

irirnapopova54@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Несиметрію напруг мережі слід віднести до особливостей експлуатації асинхронних двигунів (АД) у сільськогосподарському виробництві [1].

Основні матеріали дослідження. У АД в робочому режимі повні опори прямої і зворотної послідовностей відрізняються по величині, при чому $Z1 > Z2$, і є функцією ковзання S [2].

Приймаємо припущення, що момент, який розвивається двигуном, дорівнює моменту опору робочої машини і алгебраїчній сумі моментів прямої та зворотної послідовностей

$$M = M_c = M_1 - M_2. \quad (1)$$

З рівняння рівноваги системи «робоча машина - АД»

$$M_0 + (\kappa_3 M_{c.n.} - M_0) \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^x = M_1 - M_2. \quad (2)$$

Момент опору робочої машини, залежить як від коефіцієнта завантаження κ_3 робочої машини, так і коефіцієнта x , що характеризує зміну моменту опору при зміні швидкості ($x = 0, 1, 2$). Висловимо у (3) частоту обертання ω і ω_n через ковзання S і S_n

$$M_0 + (\kappa_3 M_{c.n.} - M_0) \left(\frac{1 - S}{1 - S_n} \right)^x = M_1 - M_2. \quad (3)$$

Залежності моментів M_1 і M_2 від симетричних складових напруг прямої U_1 і зворотної U_2 послідовностей визначим, лініаризувавши механічні характеристики АД на робочих ділянках при номінальній напрузі і в несиметричному режимі роботи при напрузі прямої і зворотної послідовностей, оскільки робоча ділянка механічної характеристики досить жорстка. Маємо наступні залежності

$$M_1 = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0 - \omega_n} \left(\frac{U_1'}{U_n} \right)^2 M_n = \frac{S}{S_n} \left(\frac{U_2'}{U_n} \right)^2 M_n, \quad (4)$$

$$M_2 = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} M_{II2} = M_{II2} S = \left(\frac{U_2'}{U_n} \right)^2 M_{II} S. \quad (5)$$

Підставимо (4), (5) у (3) і одержимо рівняння:

$$M_0 + (\kappa_3 M_{c.n.} - M_0) \left(\frac{1-S}{1-s_H} \right)^x = \frac{S}{S_H} \left(\frac{U_1'}{U_H} \right)^2 M_H - \left(\frac{U_2'}{U_H} \right)^2 M_{II} S, \quad (6)$$

З рівняння (6) виходить, що ковзання s є функцією моменту опору тертя M_0 , моменту опору при номінальній швидкості $M_{c.n.}$, коефіцієнта завантаження κ_3 , коефіцієнта x , симетричних складових напруги прямої U_1' і зворотної U_2' послідовностей, а також величини номінального ковзання s_H . Вирішимо рівняння (6) і одержимо залежності ковзання при несиметрії напруги АД для коефіцієнта

$$x=0 \quad s = \frac{\kappa_3}{\frac{u_1}{s_H} - u_2^2 m_{II}}, \quad (7)$$

$$x=1 \quad s = \frac{m_0 + \frac{\kappa_3 - m_0}{1-s_H}}{\frac{\kappa_3 - m_0}{1-s_H} + \frac{1}{s_H} u_1^2 - m_{II} u_2^2}, \quad (8)$$

$$x=2$$

$$\frac{\kappa_3 - m_0}{(1-s_H)^2} s^2 + \left[m_{II} u_2^2 - \frac{1}{s_H} u_1^2 - 2 \frac{(\kappa_3 - m_0)}{(1-s_H)^2} \right] s + m_0 + \frac{\kappa_3 - m_0}{(1-s_H)^2} = 0, \quad (9)$$

$$\text{де } m_0 = \frac{M_0}{M_H}, \quad m_{c.n.} = \frac{M_{c.n.}}{M_H} = 1, \quad m_k = \frac{M_k}{M_H}, \quad u_1 = \frac{U_1'}{U_H}, \quad u_2 = \frac{U_2'}{U_H},$$

M_H - номінальний момент АД при номінальній фазній напрузі U_H і номінальній частоті f_H .

Висновки. Згідно з наданою методикою, ковзання s можна визначити при відомих коефіцієнтах несиметрії u_1 , u_2 , коефіцієнті завантаження κ_3 робочої машини та в залежності від коефіцієнта механічної характеристики x .

Список використаних джерел

1. Попова І. О., Нестерчук Д. М., Попядухін В. С. Аналіз впливу несиметричних навантажень на режими роботи трифазного асинхронного електродвигуна. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки.* Вип. 186. Харків, 2017. С. 85-87.

2. Попова І. О. Контроль режимів роботи асинхронних двигунів при несиметрії напруг мережі: автореф. дис. канд. тех. наук: 05.09.16. Мелітополь: ТДАТА, 2003. 22 с.

УДК 621.31:631.24

ЗАХОДИ ЩОДО ЕКОНОМІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ЗЕРНОПУНКТАХ

Постнікова М. В., к.т.н.

marina.postnikova@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Сучасна ситуація на ринку енергоресурсів обумовлює необхідність аналізу ефективності використання енергії при функціонуванні будь-якого виробництва паралельно з урахуванням кількісних і якісних показників. У зв'язку з дефіцитом енергоресурсів виникає необхідність економії енергії взагалі і електроенергії зокрема [1].

Основні матеріали дослідження. Виробничі дослідження дозволили сформулювати рекомендації, що дозволяють реалізувати заходи щодо зниження питомої витрати електроенергії на потокових лініях зернопунктів [2].

Рекомендації відносяться до вибору режимів роботи потокових ліній і реалізовані у вигляді номограм, що дозволяють визначити завантаження, продуктивність потокової лінії, які забезпечують протікання процесу очищення зерна з мінімально можливими питомими витратами електроенергії [3].

Реалізація рекомендацій у вигляді номограм обумовлена її наочністю, простотою визначення необхідних параметрів, а також можливістю вирішення зворотного завдання - знаходження параметрів потокової лінії за значеннями питомих витрат електроенергії [3].

Номограми побудовані для потокових ліній очищення зерна ЗАВ-25 (рис. 1). Побудова номограм заснована на зміні значення питомої витрати електроенергії $W_{\text{пит}}$ потокових ліній залежно від технологічної схеми, продуктивності Q потокової лінії, коефіцієнта завантаження K_z , що забезпечують протікання процесу очищення зерна з мінімальною питомою витратою електроенергії. Номограми побудовані для різних технологічних схем і потокових ліній очищення зерна.

Функціонально номограма поділена на чотири квадранти. У квадранті 1 зображено сімейство прямих, що відображають залежність споживаної потужності P потокової лінії від продуктивності при різних технологічних схемах агрегатів ЗАВ-25.

У квадранті 2 зображено сімейство кривих, що характеризують вплив продуктивності Q на питому витрату електроенергії при різних технологічних схемах. З використанням сімейства кривих в квадранті 3 враховується вплив коефіцієнта завантаження технологічної схеми на питому витрату електроенергії потокової лінії.

Квадрант 4 є завершальним у процесі визначення режимів роботи потокових ліній. По вісі 1 визначаються значення споживаної потужності потокової лінії (кВт), відповідні технологічним схемам. На вісі 2 - продуктивність потокової лінії (т/год.), а на вісі 3 - питома витрата електроенергії (кВт·год./т) для різних технологічних схем. На вісі 4 - коефіцієнт завантаження обладнання потокової лінії.

Працюють з номограмою таким чином. На вісі 2 визначають точку, відповідну фактичній продуктивності потокової лінії (т. а). Далі паралельно вісі 3 проводять пошукову пряму до перетину з кривою, що відповідає певній технологічній схемі і отримують точку F, яка визначає значення питомої витрати електроенергії (т. М). Після цього паралельно вісі 2 проводять пошукову пряму до

перетину в квадранті 3 з кривою, відповідної технологічній схемі (т. К). Який при цьому буде коефіцієнт завантаження визначають, проводячи пряму перпендикулярну вісі 3 (т. Е). У квадранті 4 при цьому визначається номінальна потужність, відповідна даній технологічній схемі.

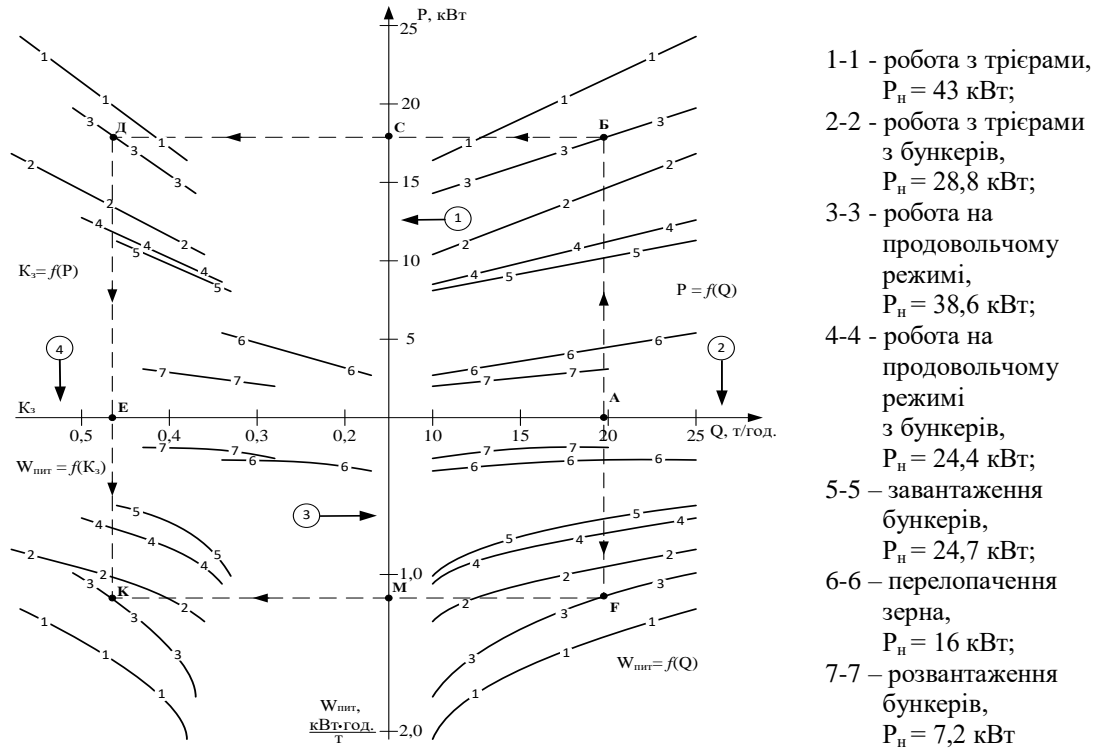


Рисунок 1. Номограми залежностей електроспоживання для ЗАВ-25

Висновки. Запропоновані в роботі номограми електроспоживання для різних технологічних схем зерноочисного агрегату ЗАВ-25 дозволяють визначити завантаження, продуктивність потокової лінії, які забезпечують протікання процесу очищення зерна з мінімально можливими питомими витратами електроенергії, обговорені і схвалені на технічній раді Запорізького обласного, Мелітопольського районного управління сільського господарства і рекомендовані до впровадження. Впровадження енергозберігаючих режимів роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах дозволить знизити витрати електроенергії на технологічні процеси післязбиральної обробки зерна в господарствах Запорізької і Херсонської областей на 8-10 %.

Список використаних джерел

1. Постнікова М. В. Енергозберігаючі режими роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.09.03. Мелітополь, 2011. 22 с.
2. Постнікова М. В., Назар'ян Г. Н., Никифорова Л. С., Михайлов Є. В., Карпова О. П. Шляхи раціональних витрат електроенергії потокових ліній очищення зерна. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2012. Вип. 12, т. 2. С. 111-116.
3. Постнікова М. В. Практичні рекомендації шляхів зниження витрат електроенергії в умовах експлуатації на зернопунктах. *Енергетика і автоматика*. 2014. № 4 (22). С. 90-96. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/eia_2014_4_12.pdf (дата звернення: 09.11.2020).

УДК 621.313

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТЕПЛООВОГО РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ

Жарікова А. О., магістрант

annalife91@gmail.com

Квітка С. О., к.т.н.

sergei.kvitka1965@gmail.com

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. Метою теплового розрахунку електричної машини є визначення розподілу температур по її об'єму і визначення теплових потоків. Результати теплового розрахунку дають можливість оцінити допустимість режимів роботи для даних умов. Тому, питання про тепловий стан електричного двигуна є ключовим питанням його працездатності в цілому [1-4].

Основні матеріали дослідження. У сучасній практиці проектування і теплового дослідження електричних двигунів застосовуються наступні методи теплових розрахунків [1]:

- аналітичний метод або метод температурних полів;
- метод теплових параметрів;
- метод еквівалентних теплових схем.

Метод еквівалентних теплових схем (ЕТС) набув найбільшого поширення зважаючи на простоту і достатню точність розрахунку. Недолік методу полягає в тому, що він дає не повну картину температурного поля, а тільки деякі середні значення температури для окремих елементів машини.

Даний метод заснований на використанні теплових опорів [1-3], які з'єднуються в теплову мережу, яка імітує реальні шляхи передачі теплових потоків в машині, і передбачає аналогію теплового потоку з електричним струмом, засновану на однаковій формі основного закону теплопровідності (закон Фур'є) і електричного струму (закон Ома).

Вузли теплової схеми імітують окремі частини електродвигуна. Якщо у будь-якій частині електродвигуна присутні розподілені за об'ємом джерела теплоти, то при складанні еквівалентної теплової схеми вони замінюються зосередженим джерелом (джерелом теплового потоку), поміщеним у вузол, що імітує цю частину. Вузли з внутрішнім тепловиділенням на схемі позначаються кружками, вузли без тепловиділення - точками [1-3].

Метод еквівалентних теплових схем заснований на розбитті електричної машини на елементи виходячи з подавання трьохмірних температурних полів одномірними і подібності теплових та електричних процесів. При цьому система з розподіленими параметрами замінюється схемою із зосередженими параметрами. Розміри елементів визначаються допустимою похибкою усереднення перевищень температур у різних частинах.

У зв'язку з цим виникає необхідність ділення однорідних тіл, таких як обмотка статора, осердя статора асинхронного електродвигуна і ін. на окремі ділянки. Температура окремих елементів визначається шляхом рішення системи рівнянь теплового балансу: алгебраїчних - для стаціонарних і звичайних диференціальних – для нестаціонарних теплових режимів.

Основні допущення методу ЕТС:

- дійсні розподілені джерела теплоти і теплові опори або провідності замінюються зосередженими і постійними величинами, що не залежать від теплового потоку;

- питомі теплоємності і коефіцієнти теплопровідності матеріалів, повітря постійні і рівні середнім значенням для діапазону робочих температур.

Такий підхід дає можливість застосовувати в методі ЕТС добре розроблену теорію електричних кіл і звести метод ЕТС до вирішення системи рівнянь (для стаціонарного режиму) виду

При цьому приймається, що відвід тепла в оточуюче середовище відбувається від тіла n , яке пов'язане з цим середовищем тепловою провідністю Λ_{no} .

В результаті рішення системи рівнянь можна по відомим значенням провідностей і втратах в елементах електричної машини визначити середні значення температури її елементів.

До переваг методу ЕТС слід віднести порівняльну простоту опису теплових явищ у всьому об'ємі електричної машини при достатній точності теплових розрахунків. Як зазначається в [1], зіставлення результатів розрахунку по методу ЕТС з результатами точного рішення двомірних задач методом температурних полів показало, що похибка у визначенні середньої температури не перевищує 4 % і максимальної температури - 7,5 %. Така точність цілком задовільна для практичних цілей.

Велике значення в методі ЕТС приділяється вибору кількості елементів схеми. Найбільшу кількість інформації, звичайно, отримуємо при великій кількості елементів, однак, при цьому доводиться стикатися з труднощами рішення великої системи алгебраїчних рівнянь.

У результаті теплового розрахунку можна отримати температурне поле, але в більшості випадків для стаціонарних теплових режимів роботи достатньо визначити середню або максимальну температуру активних елементів асинхронного електродвигуна, яка необхідна для контролю допустимого рівня нагріву [1].

Висновки. Таким чином, умовою підвищення точності та універсальності методик теплового розрахунку є розширення експериментальних і теоретичних досліджень як у відношенні кількості факторів, що впливають, так і діапазону їх змінювання.

Список використаних джерел

1. Сипайлов Г. А., Санников Д. И., Жадан В. А. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах: учебник. Москва: Высшая школа, 1989. 239 с.
2. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Математична модель теплового стану асинхронного електродвигуна у нестационарних режимах. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки.* Харків, 2016. Вип. 175: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 140-142.
3. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Теплова модель асинхронного електродвигуна в стаціонарних режимах. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки.* Харків, 2015. Вип. 164: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 118-120.
4. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Нестерчук Д. М. Математична модель теплового стану асинхронного електродвигуна у стаціонарних режимах. *Сучасні наукові дослідження на шляху до Євроінтеграції: матеріали міжнар. наук.-практ. форуму (21-22 червня 2019 р.): у 2-х ч.* Мелітополь, 2019. Ч. 1. С. 230-233.

УДК 621.313.33

МУЛЬТИФУНКЦІЙНЕ РЕЛЕ ЗАХИСТУ НИЗЬКОВОЛЬТНИХ ТРИФАЗНИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Кривцов Д. О., студент

detshik2102@gmail.com

Нестерчук Д. М., к.т.н.

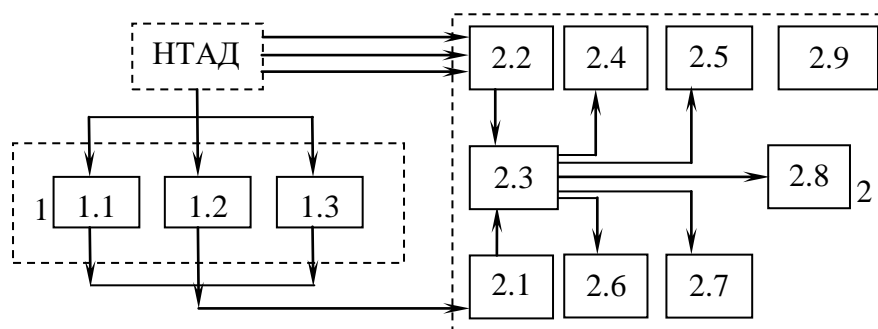
dina.nesterchuk@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Надійність низьковольтних асинхронних електродвигунів (АД) визначаються надійністю обмоток, технічний стан яких залежить від стану ізоляції. В процесі експлуатації на АД впливають експлуатаційні чинники, які призводять до виникнення аварійних режимів. Аналіз літературних джерел [1, 2] дозволив зробити висновок, що розповсюдженими пристроєм серед пристроїв моніторингу та захисту є пристрої релейного захисту й автоматики, які налагоджені на характеристики та параметри спрацювання у відповідності з технічними характеристиками АД, але, які, у більшості випадків, не об'єктивно реагують на зміну експлуатаційних чинників.

Основні матеріали дослідження. Авторами досліджень пропонується обґрунтування структури мультифункційного реле захисту АД з к.з. ротором та розробка схеми структурної. Реле призначено для здійснення постійного контролю наявності напруги живлення та фазних струмів з автоматичним відключенням АД при виникненні аварійного режиму. Реле забезпечує ефективний захист АД при замиканнях на «землю» обмотки статора, при технологічних перевантаженнях та при перевантаженнях за струмом, при обриві проводу, а також здійснюється дистанційний обмін та передача вимірювальної інформації з диспетчерським пультом керування.

На рисунку 1 наведена розроблена структурна схема мультифункційного реле низьковольтних трифазних асинхронних електродвигунів.



НТАД – низьковольтний трифазний асинхронний електродвигун; 1 – комплект перетворювачів струму; 2 – реле; 1.1 – диференційний трансформаторний перетворювач струму; 1.2 та 1.3 – датчики струму; 2.1 - блок обробки сигналів з комплекту перетворювачів струму; 2.2 – блок захисту від неповнофазного режиму роботи; 2.3 – мікроконтролер; 2.4 – блок керування НТАД; 2.5 – світловий індикатор «Робота»; 2.6 - світловий індикатор «Аварія»; 2.7 – блок цифрової інформації; 2.8 – порт комунікаційний; 2.9 – блок живлення реле

Рисунок. 1 Схема мультифункційного реле низьковольтних трифазних асинхронних електродвигунів

- Розглянемо призначення кожного структурного блоку реле більш детально:
- диференційний трансформаторний перетворювач струму (1.1) захищає від струму витoku;
 - датчики струму (1.2) та (1.3) призначені для вимірювання та перетворення фазних струмів АД, слід відзначити, що комплект перетворювачів струму містить три тороїдальні датчики струму, два з яких – це датчики фазних/лінійних струмів, через які проводять силові проводи, а третій є диференційним зі збільшеним діаметром осердя;
 - блок обробки сигналів з комплекту перетворювачів струму (2.1) призначений для обробки та перетворення електричних вимірювальних сигналів з комплекту (1) для функціонування мікроконтролера (2.3);
 - блок захисту АД від неповнофазного режиму роботи (2.2) контролює величину та рівень напруги мережі живлення, а також захищає АД від неповнофазного режиму роботи [3];
 - мікроконтролер (2.3) здійснює збір електричних вимірювальних сигналів з блоків 2.1 та (2.2), оброблює їх та порівнює з нормованими величинами уставок за струмом, а також формує електричні сигнали керування на блоки (2.4)...(2.8);
 - блок керування НТАД (2.4) формує електричний сигнал на відключення АД у випадку аварійного стану;
 - світловий індикатор «Робота» (2.5) надає світловий сигнал зеленого кольору при робочому стані електродвигуна;
 - світловий індикатор «Аварія» (2.6) надає світловий сигнал червоного кольору при аварійному режимі роботи електродвигуна;
 - блок цифрової інформації (2.7) призначений для візуалізації вимірювальної інформації при роботі електродвигуна та при наявності аварійного режиму;
 - порт комунікаційний (2.8) здійснює комунікацію реле з диспетчерським пультом керування за допомогою радіоканалу за протоколом RS-485 [3];
 - блок живлення (2.9) реле призначене для подачі живлення на блоки пристрою.

Висновки. Запропоноване multifunkційне реле захисту низьковольтних трифазних асинхронних електродвигунів дозволить вирішити задачу підвищення експлуатаційної надійності електроприводу робочих машин технологічних ліній.

Список використаних джерел

1. Гольдберг О. Д., Хелемская С. П. Надежность электрических машин: учебник / под ред. О. Д. Гольдберга. Москва: Академия, 2010. 288 с.
2. Кузнецов Н. Л. Надежность электрических машин. Москва: МЭИ, 2006. 432 с.
3. Нестерчук Д. М. Захист асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2011. Вип. 11, т. 3. С. 56-65.

УДК 621.313.33

ПЕРІОДИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ МЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ РОБОЧОЇ МАШИНИ З АСИНХРОННИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Вовк О. Ю., к.т.н.

Oleksandr.vovk@tsatu.edu.ua

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. Асинхронні електроприводи становлять близько 95 % загальної кількості електроприводів і споживають більше половини електроенергії галузі [1, 2], але у процесі експлуатації на підприємствах агропромислового комплексу України щорічно відмовляє в середньому 20 – 25 % наявного парку електродвигунів [3, 4] (при випробуваннях на надійність за цей термін відмовляє 2 – 3 % [5, 6]), що призводить до незапланованих матеріальних витрат, пов'язаних з раптовою зупинкою технологічних ліній, а також на ремонт асинхронних двигунів. Причина – недостатній рівень експлуатації означених електродвигунів на підприємствах агропромислового комплексу, зокрема – відсутність достатньої інформації не тільки про їх стан, але і про стан механічної частини робочої машини [7, 8]. Тому одна із складових підвищення рівня експлуатації як асинхронних електродвигунів, так і робочих машин в цілому – це своєчасний контроль асинхронних електродвигунів і механічних частин робочих машин, які вони приводять в дію.

Основні матеріали дослідження. Методи періодичного діагностування, що існують не цей час, спрямовані виключно на контроль функціонального стану асинхронних електродвигунів, а стан механічних частин робочих машин залишається поза увагою [9, 10], хоча відомо, що стан механічної частини робочої машини безпосередньо впливає на функціональну здатність приводного асинхронного електродвигуна. Тому пропонується здійснювати оцінку функціонального стану механічної частини робочої машини за допомогою дослідів холостого ходу системи «електродвигун – робоча машина» та асинхронного електродвигуна на початку експлуатації та через певний проміжок часу експлуатації. Якщо виконати дослід холостого ходу системи «електродвигун – робоча машина» на початку експлуатації, то отримаємо базове значення потужності, що втрачається в механічній частині робочої машини, яка не завантажена технологічною сировиною ($P_{X(PM)B}$). Якщо виконати вказаний дослід через певний проміжок часу, то отримаємо поточне значення потужності, що втрачається в механічній частині робочої машини, яка не завантажена технологічною сировиною ($P_{X(PM)П}$). У разі однаковості вказаних значень ($P_{X(PM)B} = P_{X(PM)П}$) механічна частина робочої машини буде мати номінальний функціональний стан. У разі збільшення вказаної потужності, але не більше за критичну потужність на валу асинхронного електродвигуна $P_{KR(AD)}$ ($P_{X(PM)B} < P_{X(PM)П} \leq P_{KR(AD)}$) механічна частина робочої машини буде мати неномінальний функціональний стан і її не можна номінально завантажувати технологічною сировиною. У разі збільшення вказаної потужності понад значення критичної потужності на валу асинхронного електродвигуна $P_{KR(AD)}$ ($P_{X(PM)B} < P_{X(PM)П} > P_{KR(AD)}$) механічна частина робочої машини буде мати нефункціональний стан.

Висновки. У роботі запропонована методика визначення поточного функціонального стану механічної частини робочої машини за результатами дослідів холостого ходу асинхронного електродвигуна і робочої машини, не завантаженої робочою сировиною.

Список використаних джерел

1. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Волошина А. А., Стребков О. А. Розробка системи забезпечення ресурсоенергозберігаючого експлуатаційного режиму роботи асинхронного електродвигуна. *Енергетика і автоматика*. 2016. № 4 (30). С. 89-97.
2. Овчаров В. В. Вовк О. Ю. Теоретичні передумови комплексного діагностування асинхронних електродвигунів. *Праці Таврійського державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2001. Вип. 1, т. 21. С. 4-6.
3. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Квітка О. С. Експлуатаційний контроль функціонального стану осердя та механічної системи асинхронних електродвигунів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2017. Вип. 7, т. 1. С. 85–93.
4. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Безменнікова Л. М. Обґрунтування параметрів функціонального стану асинхронних електродвигунів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2008. Вип. 8, т. 9. С. 129-137.
5. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Дослідження втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2017. Вип. 7, т. 1. С. 126–134.
6. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Теплова модель асинхронного електродвигуна в стаціонарних режимах. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки*. Харків, 2015. Вип. 164: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 118-120.
7. Вовк О. Ю., Квітка С. О. Технологія періодичного контролю роботоздатності асинхронних електродвигунів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2011. Вип. 11, т. 3. С. 80–88.
8. Вовк О. Ю. Періодичне діагностування асинхронних електродвигунів за енергетичними показниками. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем: матеріали I Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конференції пам'яті В. В. Овчарова*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 37-38.
9. Вовк О. Ю. Періодичне діагностування асинхронних електродвигунів в експлуатації. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2005. Вип. 32. С. 74–85.
10. Вовк О. Ю. Обґрунтування діагностичних параметрів асинхронних електродвигунів для періодичного контролю. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем: матеріали I Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конференції пам'яті В. В. Овчарова*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 43-44.
11. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Безменнікова Л. М. Метод періодичного діагностування асинхронних електродвигунів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2010. Вип. 10, т. 4. С. 39-46.

УДК 621.316.9

ПРИСТРІЙ ДІАГНОСТУВАННЯ ТА ЗАХИСТУ ГРУПИ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Попова І. О., к.т.н.

irnapopova54@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Розвиток електромеханічних систем приводить до ускладнення структури, через що підвищуються вимоги щодо оцінки їх поточного технічного стану і експлуатаційної надійності. Зі всього парку асинхронних електродвигунів, що знаходяться в експлуатації, більше 60% виробило свій ресурс [1].

Якщо ретельно контролювати експлуатаційні режими роботи силового електрообладнання та його поточний технічний стан, застосовувати нові технічні засоби діагностування і захисту – то це дозволить продовжити ресурс роботи.

У разі застосування пристроїв діагностування для захисту групи електродвигунів, що входять до складу технологічної лінії, то це зменшить витрати на ліквідацію наслідків аварії АД і експлуатаційних витрат на ремонт АД.

Раніше було встановлено [2], що швидкість теплового зносу ізоляції ε електродвигуна залежить від механічної характеристики робочої машини, коефіцієнту несиметрії напруги за зворотною послідовністю $k_{U2\%}$ та коефіцієнту завантаження робочої машини k_3 .

Під час несиметрії напруги живлення зменшується обертаючий момент електродвигуна, в наслідок чого зростають фазні струми, підвищується нагрів обмотки статора і тепловий знос ізоляції.

Основні матеріали дослідження. З огляду на важність оцінювання експлуатаційного режиму роботи і впливу на швидкість теплового зносу ізоляції АД несиметрії напруги живлення з урахуванням перевищення температури їх обмоток, можна висунути вимоги до пристрою захисту групи АД: контроль напруги зворотної послідовності мережі живлення технологічної лінії; світлова сигналізація про досягнення несиметрії напруги граничного припустимого значення; контроль перевищення температури обмоток кожного двигуна; відключення технологічної лінії при досягненні перевищення температури обмотки електродвигуна гранично припустимого значення; світлова індикація режимів роботи контрольованих АД.

Згідно з цими вимогами складена структурна схема пристрою захисту, яка наводиться на рисунку 1.

Пристрій передбачає захист групи з п'яти асинхронних електродвигунів, але їх кількість може бути як зменшена, так і збільшена.

Основним елементом захисного пристрою є мікроконтролер МК, до якого поступає інформація з одного боку від фільтру напруги зворотної послідовності ФЗНП, а з іншого – через фільтр Ф від первинних перетворювачів температури, виконаних на базі аналогу лямбда-діоду АЛД1-АЛД5 і перетворювачів температури ПТ1-ПТ5. Сигнал мікроконтролера подається до блоку керування та сигналізації БКС.

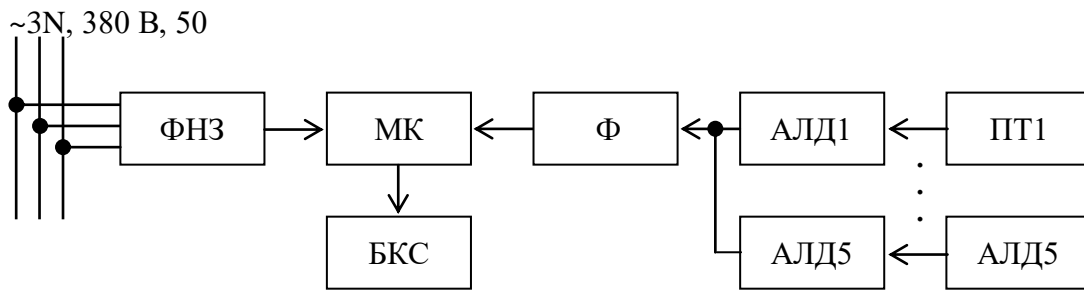


Рисунок 1. Структурна схема захисного пристрою

У мікроконтролері АТМЕГА328Р-PU [3] до аналогового порту через резонансний фільтр-пробку підключені перетворювачі температури, виконані на аналогії лямбда-діоду (АЛД).

АЛД складається з пари польових транзисторів і резистивного містка, до одного плеча якого включений позистор, вбудований в лобову частину обмотки статора електродвигуна.

Застосування нелінійного резистора (позистора) дає змогу впливу температури обмотки на ширину вольт-амперної характеристики (ВАХ) АЛД. Зі зміною ширини ВАХ відбувається зміна напруги відсічки, при якій транзистори закриваються і АЛД не проводить струм, таким чином АЛД у черговому режимі струм не витрачає і АЛД є енергоекономічним перетворювачем температури.

Висновок. Розроблений пристрій захисту дозволяє підвищити експлуатаційну надійність групи електродвигунів за рахунок безперервного діагностування експлуатаційних режимів роботи.

Це дозволить зменшити експлуатаційні витрати і підвищити термін їх служби.

Список використаних літератури

1. Попова І. О., Грищенко О. К. Аналіз впливу асиметрії напруги на процес теплового іносу ізоляції асинхронних електродвигунів. *Труди Таврической государственной агротехнической академии*. Мелітополь, 1998. Вып. 1, т. 8. С. 14-18.
2. Попова І. О., Курашкін С. Ф. Визначення можливостей перетворювача на основі аналога лямбда-діода за допомогою вольт-амперних характеристик. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2018. Вып. 8, т. 2. DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-27.
3. ATmega328P. 8-bit AVR Microcontroller Programmable Flash. Atmel Corporation. / Rev.: 7810D-AVR-01/15. 2015. [Online]. Available: http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf.

УДК 621.313.13

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИТРАТ РЕСУРСУ ІЗОЛЯЦІЇ ЗАГЛИБНОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Курашкін С. Ф., к.т.н.

stones@ukr.net

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Експлуатаційна надійність заглибних електродвигунів артезіанських свердловин є невисокою. Скудність інформації про поточний стан роботи електродвигуна приводить до помилкових спрацювань захисних пристроїв, що веде до перебоїв подачі води споживачам, в той час як електронасосний агрегат може працювати [1]. В якості об'єктивного критерію оцінки режиму роботи заглибного електродвигуна, при якому можна відключати електродвигун від мережі, пропонується витрата ресурсу ізоляції електродвигуна.

Основні матеріали дослідження. Ресурс роботи до першого капітального ремонту заглибного електродвигуна прийнято вважати базовим ресурсом. Його витрати пов'язані в основному з швидкістю теплового зносу ізоляції [2].

Швидкість теплового зносу ізоляції розраховується за виразом:

$$\varepsilon = \varepsilon_n e^{B \left(\frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{k_n \tau_n + \vartheta_{cp} + 273} \right)}, \quad (1)$$

- де ε_n – номінальна швидкість теплового зносу ізоляції, бгод/год;
 B – показник, що характеризує ізоляцію даного класу, К;
 θ_n – абсолютна номінальна температура ізоляції, К;
 k_n – коефіцієнт втрат енергії;
 τ_n – номінальне перевищення температури ізоляції, °С;
 ϑ_{cp} – температура навколишнього середовища, °С.

Фактичні втрати активної потужності являють собою суму номінальних втрат в сталі і фактичних втрат в обмотці:

$$\Delta P = \Delta P_{cn} + k^2 \Delta P_{mn}, \quad (2)$$

- де ΔP_{cn} – номінальні втрати потужності в сталі, Вт;
 ΔP_{mn} – номінальні втрати потужності в обмотці, Вт;
 k – кратність завантаження електродвигуна за струмом.

Введемо поняття критерію оцінки режиму роботи, в якості якого приймається коефіцієнт витрат ресурсу ізоляції k_p – він являє собою відношення швидкості теплового зносу ізоляції ε до його номінального значення ε_n . З урахуванням перетворень:

$$k_p = e^{B \left(\frac{1}{\theta_n} - \frac{1}{\tau + \vartheta_{cp} + 273} \right)}, \quad (3)$$

Дослідимо витрати ресурсу ізоляції заглибного електродвигуна ПЭДВ 2,8-140 в функції завантаження за струмом, прийнявши температуру води артезіанської свердловини $\vartheta_{cp} = 10$ °С. Для електродвигуна, що досліджується:

$\theta_n = 353 \text{ K}$; $B = 9500 \text{ K}$; $\tau_n = 70 \text{ }^\circ\text{C}$; $\vartheta_{cp,n} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Delta P_{ст.н} = 270 \text{ Вт}$; $\Delta P_{м.н} = 564 \text{ Вт}$;
 $a = 0,48$.

Результати розрахунку наведені в табл. 1.

Таблиця 1

k	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
ΔP , Вт	270,0	382,8	495,6	608,4	721,2	834,0	946,8	1059,6	1172,4
k_p	0,00	0,04	0,09	0,22	0,48	1,00	2,02	3,94	7,42

За результатами розрахунку отримана залежність $k_p = f(k)$, яка наводиться на рис. 1.

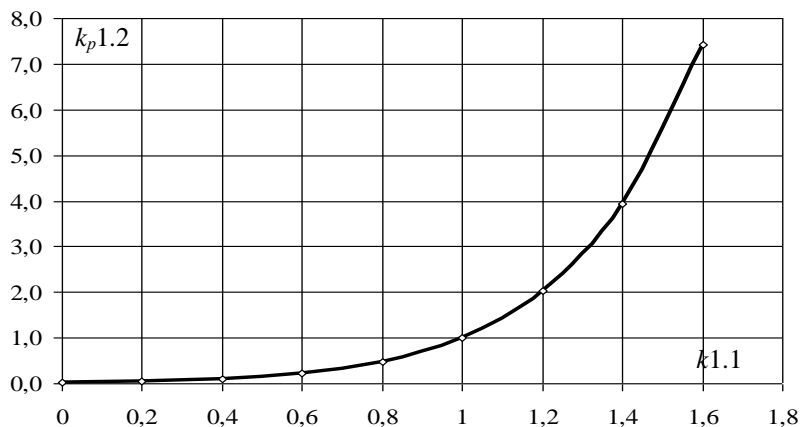


Рисунок 1. Залежність коефіцієнта витрат ресурсу ізоляції в функції кратності струму навантаження заглибного електродвигуна

За отриманою залежністю умовою нормального режиму заглибного електродвигуна є:

$$k_p \leq 1. \quad (4)$$

Алгоритм розрахунку коефіцієнту витрати ресурсу ізоляції можна застосувати в пристрої функціонального діагностування електродвигуна заглибного насосу [3].

Висновки. Запропонований критерій оцінки режиму роботи заглибного електродвигуна – коефіцієнт витрат ресурсу ізоляції k_p може виступати в якості об'єктивного параметру діагностування, за яким відбувається функціональне діагностування режиму роботи.

Список використаних джерел

1. Курашкін С. Ф., Овчаров С. В., Островский А. В. Діагностування перетворення електричної енергії в заглибному електродвигуні. *Праці Таврійського державного агротехнічного університету*. Мелітополь, 2010. Вип. 10, т. 4. С. 34-38.
2. Мамедов О. Г. Научные основы повышения эксплуатационной надежности погружных электродвигателей: монография. Баку: Элм, 2010. 183 с.
3. Курашкін С. Ф. Математична модель і пристрій діагностування експлуатаційних режимів роботи електродвигуна заглибного насосу. *Вісник Харківського національного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*. Харків, 2010. Вип. 102: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 131-132.

УДК 631.31.07

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕКТРИФІКОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО МОТОБЛОКУ

Ковальов О. В., інженер

alekstady1979@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Створення в Україні електрифікованих енергоефективних засобів малої механізації (мотоблоків, міні-тракторів, агромодулів та ін.) є актуальним питанням [1]. Важливим питанням є питання оптимізації експлуатаційних показників малогабаритної техніки [2].

Основними експлуатаційними показниками електрифікованого мотоблоку є сила тяги, потужність тягового електродвигуна швидкість руху та повна маса. Зазвичай експлуатаційні показники визначаються на початковому етапі розробки мотоблоку за результатами аналізу заданих технологічних циклів роботи і умов експлуатації [3]. Метою дослідження є отримання на основі планування експерименту рівняння регресії, яке адекватно описує область оптимуму параметра оптимізації мотоблоку.

Основні матеріали досліджень. При рішенні задач оптимізації складних об'єктів для адекватного описання області оптимуму, як правило використовують поліном другого порядку

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{j,i=1}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2. \quad (1)$$

Така математична модель може бути отримана для описання і дослідження області оптимуму параметру оптимізації електромоблоку на основі планів другого порядку, методика проведення якого наведена в [4]. При цьому в якості функції цілі або параметру оптимізації приймається сила тяги мотоблоку F і в якості незалежних змінних: корисна потужність приводного електродвигуна P , швидкість руху V і повна маса мотоблоку G . Позначення факторів та рівні їх варіювання приведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Фактори варіювання та їх рівні

Фактори	P	V	G
Одиниці вимірювання	κBm	m/c	κH
Позначення факторів	X_1	X_2	X_3
Рівні варіювання:			
верхній, $X_{i,B}$	3,0	1,2	2,7
нижній, $X_{i,H}$	0,6	0,4	0,9
нульовий, $X_{i,0}$	1,8	0,8	1,2
Інтервал варіювання, ΔX_i	1,2	0,4	0,9

Особливість застосування методу планування експерименту полягає в тому, що замість проведення натурального експерименту з фізичним об'єктом, використовується його математична модель з набором розрахункових формул, що визначають функціональну залежність параметру оптимізації від факторів і властивостей досліджуваного об'єкту. Таким чином, значення факторів матриці планування визначимо за наступним рівнянням

$$F = \frac{P \cdot \eta_{\Sigma}}{V} + \psi \cdot G, \quad (2)$$

де η_{Σ} – сумарний ККД електроприводу мотоблоку;
 ψ – сумарний коефіцієнт опору руху коліс.

Рівняння регресії в кінцевому варіанті прийме вигляд

$$y = 3,1 + 1,4x_1 - 1,03x_2 + 0,72x_3 - 0,75x_1x_2 + 0,26x_1^2 + 0,12x_2^2 + 0,22x_3^2. \quad (3)$$

Рівняння регресії (3) з урахуванням даних таблиці 1 і співвідношеннями між факторами в фізичних та кодованих одиницях

$$P = x_1 \cdot 1,2 + 1,8 [кВт]; V = x_2 \cdot 0,4 + 0,8 [м / с]; G = x_3 \cdot 0,9 + 1,2 [кН]. \quad (4)$$

Отримане адекватне рівняння параметру оптимізації мотоблоку (3) в наведеному вигляді достатньо ускладнює дослідження області оптимуму, тому його необхідно представити в типовій канонічній формі. Перехід до канонічної форми виконується переносом початку координат факторного простору в точку центру поверхні відклику і поворотом осей на визначений кут в факторному просторі. При цьому паралельний перенос початку координат в центр усуває лінійні члени і змінює величину вільного члену в вихідному рівнянні, а поворот осей виключає взаємодію факторів [2].

В результаті канонічного перетворення, рівняння (3) прийме вигляд

$$Y - Y_S = B_{11}X_1^2 + B_{22}X_2^2 + B_{33}X_3^2, \quad (5)$$

де Y – значення параметру оптимізації;

Y_S – значення параметру оптимізації в центрі поверхні відклику, тобто в новому початку координат;

$B_{11}; B_{22}; B_{33}$ – коефіцієнти канонічного рівняння.

Висновки. Застосування ортогонального центрального композиційного плану з реалізацією його методом планування математичного експерименту дозволило отримати рівняння регресії другого порядку, що адекватно описує область оптимуму параметру оптимізації, в якості якого прийнята сила тяги електромоблоку. При цьому незалежними змінними є основні експлуатаційні показники мотоблоку: потужність електродвигуна, швидкість руху і повна маса. За результатами проведених досліджень рекомендовано наступні раціональні границі варіювання основних експлуатаційних показників, що слід враховувати на стадії проектування електромоблоків легкої та середньої серій: $P = 1,5...3,0$ кВт; $V = 0,4...1,0$ м / с; $G = 0,8...1,6$ кН.

Список використаних джерел

1. Назаренко І. П., Ковальов О. В., Герасименко В. П. Енергозберігаюча система обробітку ґрунту на базі електрифікованого мотоблоку. *Енергетика і автоматика*. 2018. № 5 (39). С. 48-58.

2. Ковальов О. В., Назар'ян Г. Н., Куценко Ю. М. Аналітичне визначення оптимальних експлуатаційних показників електрифікованого ґрунтообробного мотоблоку. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*. Харків, 2011. Вип. 30. С. 108-111.

3. Ковальов О. В., Куценко Ю. М., Назар'ян Г. Н. Розрахунок потужності та вибір тягового електродвигуна приводу мотоблока. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2010. Вип. 10, т. 8. С. 228-238.

4. Назар'ян Г. Н. Практический курс планирования эксперимента: учебное пособие. Мелітополь, 1999. 66 с.

УДК 631.14:621.31

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ПЕРЕРОБКИ І ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА

Постнікова В. А., студент

v.postnikova2000@gmail.com

Постнікова М. В., к.т.н.

marina.postnikova@tsatu.edu.ua

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. Питання пошуку можливих шляхів енергозбереження паливно-енергетичних ресурсів, їх ефективне використання та контроль, в наш час, залишаються відкритими і актуальними.

Одним з ключових моментів у цій сфері є проведення якісного енергетичного аудиту – обстеження підприємства з метою визначення ефективності енерговикористання, оцінки потенціалу енергозбереження і розробки найбільш ефективних засобів його реалізації.

При цьому повинен бути комплексний підхід, коли приділяється рівна увага усім видам енергоресурсів і типам енергообладнання. При розробці і оцінці енергозберігаючих проектів враховуються внутрішні і зовнішні зв'язки об'єктів, які досліджуються.

Для відбору енергозберігаючих заходів і проектів існує один критерій – економічна ефективність.

Основні матеріали дослідження. Енергозбереження починається на підприємстві з наведення порядку у використанні енергії при існуючому обладнанні і режимів роботи. Першим кроком у цьому напрямку є енергетичний аудит (обстеження) підприємства. Енергетичний аудит – перший етап впровадження на підприємстві енергетичного менеджменту.

Загальні вимоги до стратегії енергетичного аудиту [1]: можливість її застосування для всіх типів виробництва і господарства; облік усіх видів енергії; сприяння зменшенню витрат часу аудитором шляхом повсюдної стандартизації; можливість ідентифікації етапів для впровадження роботи або умов її припинення; можливість її використання як бази для співробітництва між різними аудиторами.

Для проведення енергоаудиту потрібна методична база, яка включає дві категорії: нормативно-правова база [2] і інформаційно-методологічна база. В таблиці 1 представлені деякі джерела, які є в розпорядженні енергоаудитора, а також перелік документів, в яких є необхідність.

На всіх підприємствах переробки і зберігання зерна повинен бути організований розрахунковий облік, за яким оплачують енергосистемі вартість електроенергії, яка була використана підприємством, і внутрішній (технічний або оперативний) облік, який служить для оцінки ефективності використання електроенергії окремими цехами, процесами, агрегатами. Підприємства при складанні енергобалансу використовують обидві системи обліку, які доповнюють одна одну.

Внутрішній облік не завжди дозволяє повно і обґрунтовано підійти до розрахунку по використанню електроенергії на тій або іншій ділянці борошномельного підприємства або підприємства зберігання зерна через недостатню кількість приладів обліку.

На млинах необхідно встановити наступний облік електроенергії: загальний (розрахунковий); на процес подрібнення; на процес підготовки зерна до помелу; на процес транспортування готової продукції; на технологічну вентиляцію; на пневмотранспорт; на освітлення.

Таблиця 1 - Методична база енергоаудиту

Категорія	Що є	Що потрібно
Нормативно-правова база	<ul style="list-style-type: none"> – Закон України «Про енергозбереження»; – Правила проведення енергетичних обстежень організацій; – Регіональні закони; – Будівельні стандарти; – Стандарти на електроенергію; – Правила обліку електроенергії 	<ul style="list-style-type: none"> – Нормативи на енергоємність продукції; – Норми на енергоспоживання для побутових приладів; – Стандарти на теплоенергію; – Податкове стимулювання енергозбереження
Інформаційно-методологічна база	<ul style="list-style-type: none"> – Керівництво з налагодження обладнання; – Довідники з проектування; – Застарілі галузеві норми з енергоспоживання; – Закордонні керівництва з енергоаудиту; – Довідкова література 	<ul style="list-style-type: none"> – Керівництво з обстеження типових об'єктів; – Методи розрахунку показників енергоефективності; – Нові галузеві норми; – Методи економічного аналізу; – Учбова література

На підприємствах зберігання зерна, окрім загального обліку для розрахунків з енергосистемою, необхідно організувати наступний внутрішній оперативний облік витрат електроенергії: на процес сушки; на процес очищення; на технологічну вентиляцію; на транспортувальні операції; на освітлення.

Проведені дослідження показали, що факторами, які суттєво впливають на величину питомих витрат електроенергії, є технологічні фактори [3]. Тому основні резерви економії електроенергії необхідно шукати в великих потенціальних можливостях технологічних процесів. Наступні по значущості є механічні фактори, які виявляють величину витрат енергії на холостий хід обладнання і характеризують його технічний стан. На останньому місці знаходяться енергетичні фактори.

Звідси видно, що роль технології в використанні електроенергії і відповідальність за дотримання норм споживання електроенергії повинні бути підвищені.

Висновки. Застосування енергоаудиту дає можливість успішно вирішити проблему економії енергоресурсів. Якісно проведений енергоаудит дозволяє скоротити енергоспоживання за рахунок налагодження енергоефективності експлуатації об'єктів до 30-40 %, підвищити економію енергоресурсів за рахунок енергоефективної поведінки споживачів до 20 %. Норми енергоспоживання повинні переглядатися в міру удосконалення системи машин для переробки і зберігання зерна.

Список використаних джерел

1. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль, 2001. 984 с.
2. Постнікова М. В. Нормування енергоспоживання – один із шляхів раціонального використання електроенергії на елеваторах. *Енергозабезпечення технологічних процесів* : зб. тез доп. VIII Міжнар. наук.-практ. конф. пам'яті І. І. Мартиненко (м. Мелітополь, 13-14 черв. 2019 р.). Мелітополь: ТДАТУ, 2019. С. 18.
3. Постнікова М. В. Енергозберігаючі режими роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.09.03. Мелітополь, 2011. 22 с.

УДК 631.3.01-83

ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Ковальов О. В., інженер

alekstdaty1979@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. В наш час створення електрифікованих енергоефективних засобів для обробітки ґрунту (мотоблоків, агромодулів, міні-тракторів, мотокультиваторів та ін.) є актуальним питанням [1,2]. Перспективним шляхом підвищення енергетичних показників роботи та покращення ходових якостей є обґрунтування раціональної структурної та електромеханічної схеми системи обробітки ґрунту [3,4].

Основні матеріали досліджень. Електропривод мотоблока являє собою послідовне з'єднання елементів в енергетичній частині, що утворюють силовий канал, що показує процеси передачі і перетворення енергії. Структура такого електроприводу наведена на рис. 1. В її складі - силові елементи, які беруть безпосередню участь в процесі перетворення електричної енергії в механічну, і елементи, що перетворюють інформацію, необхідну для керування процесами перетворення енергії.

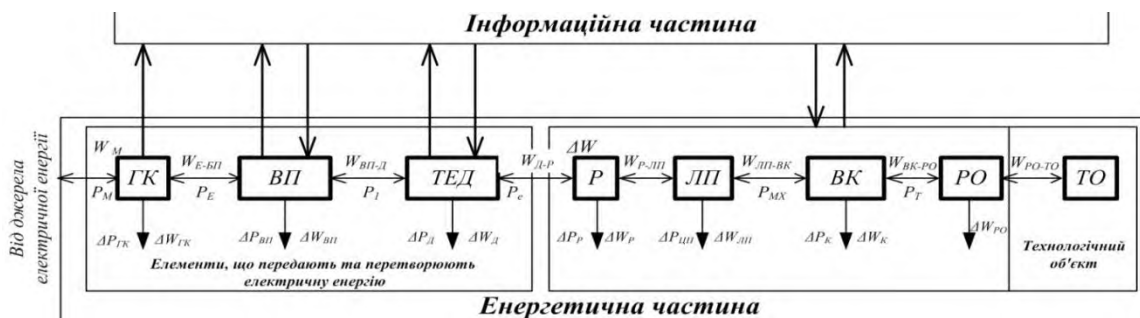


Рисунок 1. Структурна схема системи обробітки ґрунту

На рис. 2 наведено приклад фізичної реалізації послідовного силового каналу електромеханічної системи обробітки ґрунту на базі електрифікованого мотоблоку. Розглянемо «зліва-направо» елементи силового каналу, які беруть участь в перетворенні енергії. Першим показаний елемент силового каналу, який представляє собою гнучкий кабель (ГК), по якому здійснюється підведення електроенергії з мережі змінного струму. Будемо вважати, що з ГК пов'язані характеристики напруги, що підводиться - частота, величина падіння напруги при зміні споживаного струму і т. і. Якість напруги живлення впливає на режими роботи наступних елементів і, навпаки, характеристики і режими наступних елементів визначають режим і втрати енергії в кабелі.

Вентильний перетворювач перетворює електричну енергію змінного струму в електричну енергію постійного струму, необхідну для подальшого електромеханічного перетворювача у вигляді тягового електродвигуна. Крім того, вентильний перетворювач виконує роль пристрою керування рівнями потоків енергії до тягового електродвигуна. Фізичною реалізацією перетворювача може бути тиристорний керований випрямляч і інші перетворюючі пристрої.

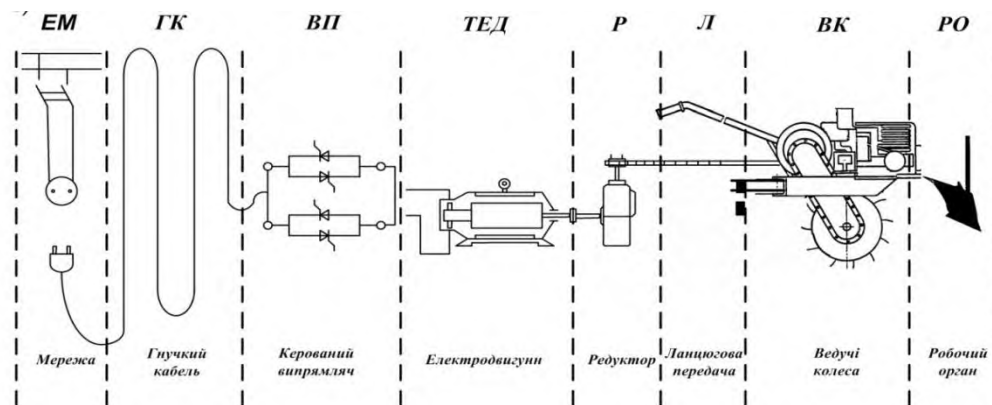


Рисунок 2. Електромеханічна схема системи обробітку ґрунту

Тяговий електродвигун при перетворенні електричної енергії в механічну задає, з урахуванням параметрів і навантажень механічної частини, характер механічного руху і змінні, що визначають цей рух: електромагнітний момент і кутову швидкість при обертальному русі; силу тяги і лінійну швидкість при поступальному русі робочого органу.

При електромеханічному перетворенні енергії в тяговому електродвигуні виникають втрати енергії. Стосовно до електромеханічної системи обробітку ґрунту, змінні, задані тяговим двигуном перетворюються до вигляду і параметрів, необхідних на робочому органі, наприклад культиваторі при обробці ґрунту. Тому в складі силової частини енергетичного каналу передбачаються передавальний механізм, що зв'язує тяговий електродвигун з виконавчим механізмом.

У розглянутому прикладі в якості передаючого механізму використовується редуктор, що знижує швидкість і збільшує момент, отриманий на виході двигуна до величини, необхідної виконавчому механізму, роль якого виконують ведучі колеса, що обертаються на валу і переміщаються по ґрунту з необхідною швидкістю.

Висновки. Запропоновано структурну та електромеханічну схеми системи обробітку ґрунту на базі електрифікованого ґрунтообробного мотоблоку, що зазначають особливості взаємодії інформаційної, енергетичної та механічної складових системи. Розроблені схеми можуть бути використані при проектуванні та дослідженні електрифікованої малогабаритної техніки.

Список використаних джерел

1. Ковальов О. В., Куценко Ю. М., Назар'ян Г. Н. Розрахунок потужності та вибір тягового електродвигуна приводу мотоблока. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2010. Вип. 10, т. 8. С. 228-238.
2. Кувачов В. П., Куценко Ю. М., Ковальов О. В., Єгнат'єв Є. І. Електрифікований агромодуль – ефективне рішення проблем механізації рослинництва. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2012. Вип. 12, т. 2. С. 86-92.
3. Ковальов О. В. Тягові характеристики та керування мотоблоком з електроприводом по максимуму ККД. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Харків, 2008. № 30. С. 509-510.
4. Electric Drive of Small-Sized Soil-Cultivating Motoblock / O. Kovalov et al. *2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP)*. Kremenchuk, 2020. DOI: 10.1109/PAEP49887.2020.9240884.

УДК 631.362.3.003.13

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПНЕВМАТИЧНИХ ЗЕРНООЧИСНИХ СЕПАРАТОРІВ САД

Тимофєєв С. О., студент

sergejtimofeev82@gmail.com

Постнікова М. В., к.т.н.

marina.postnikova@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Зернові культури є основними сільськогосподарськими культурами в Україні. Вони забезпечують основні потреби в сировині для харчової промисловості. Зернові культури складають значну частину кормової бази для сільськогосподарських тварин та мають велике значення в продовольчій базі країни. Потреби в зернових культурах великі і об'єми виробництва відповідно теж великі.

Як показує аналіз стану якості зерноочистки в Україні і СНД в цілому, в даний час приблизно 90 % зерноочисних комплексів були введені в експлуатацію ще в 1970-1980-х роках і сепаратори, що застосовуються на них, вже застаріли за всіма основними технологічними показниками [1].

Сепаратори нового часу - це зерноочисні машини з принципово іншим у порівнянні з попереднім поколінням ЗАВ принципом очищення. Ефективність роботи цих агрегатів є важливим показником для збереження електроенергії та зменшення загальних втрат, який слід підвищувати. Покращення загального ККД зерноочисних агрегатів є актуальною проблемою.

Основні матеріали дослідження. Основне завдання очищення зернового матеріалу полягає у відділенні від потоку вороху всіх домішок та щуплого, битого і пошкодженого зерна основної культури. За умови якісного очищення підвищуються поживні і смакові властивості продовольчого і фуражного зерна. Очищене насіннєве зерно сортують і калібрують для одержання насіннєвого матеріалу, однакового за розмірами (товщиною, шириною), вагою або іншими ознаками. Для високоякісного очищення зерна перспективним є застосування пневматичних зерноочисних сепараторів [1].

Український виробник ТОВ «НВФ «Аеромех»^{ТМ} пропонує модельний ряд пневматичних зерноочисних сепараторів САД (рис. 1, а) продуктивністю від 4 до 150 т/год., які можуть застосовувати під час попереднього та первинного очищення і калібрування зерна [2].

Потужність електроприводу таких машин в межах від 0,55 кВт до 31 кВт, в залежності від продуктивності машини.

Пневматичні зерносепаратори САД складаються із бункера-живильника, регулятора подачі зерна, віброжолоба, вентилятора високого тиску, струйного генератора, камери сепарації, циклону, жолобів та патрубків-насіннепроводів для різних фракцій зерна, бункера повернення, електричної системи з електродвигунами та ящика керування.

Робота сепаратора базується на принципі взаємодії бокового потоку повітря та зерна, яке подається у цей потік повітря (рис. 1 б). Зерно 1 подається у бункер-живильник 2, а потім за допомогою регулятора подачі 3 направляється на віброжолоб 4, де відбувається розпушування і вирівнювання потоку зерна по ширині камери сепарації 7.

В камері сепарації проходить розділення зерна за масою внаслідок дії на нього повітряних потоків 8, створених вентилятором високого тиску 5 та

утворених струйним генератором 6. Після сепарування зерно розподіляється по жолобах різних фракцій насіння 10 і направляється у приймальні бункери 11 або фасується у мішки.



а – загальний вигляд

б – схема роботи

1 – зерно; 2 – бункер-живильник; 3 – регулятор подачі зерна; 4 – віброжолоб;
5 – вентилятор високого тиску; 6 – струйний генератор; 7 – камера сепарації;
8 – повітряні потоки; 9 – циклон; 10 – жолоби різних фракцій насіння; 11 –
приймальні бункери; 12 – пристрій зворотних фракцій; 13 – бункер повернення
Рисунок 1 – Пневматичний зерноочисний сепаратор САД

Під час виконання високоточного калібрування частина зерна через пристрій зворотних фракцій 12 попадає у бункер повернення 13, з якого подається у бункер-живильник для повторної сепарації. Циклон 9 уловлює пил, легкі домішки та мілко дисперсні частини. Принцип роботи сепаратора — це поділ зерна за вагою із точністю $\pm 3\%$. Однак, якщо частинки зерна, землі або стебел однієї ваги з зерном, то вони будуть в одному лотку з поправкою на парусність. Тому попередня, а іноді й первинна очистка обов'язкова.

Як приклад, САД-100 має наступні технічні характеристики:

- продуктивність: на попередньому очищенні – до 150 т/год, на первинному очищенні – до 100 т/год, на калібруванні (сортуванні) – до 40 т/год;
- споживана потужність: 31 кВт;
- габарити: довжина – 3830 мм, ширина – 1700 мм, висота – 3850 мм;
- маса 2220 кг.

Висновки. Пневматичні зерносепаратори є сучасними засобами для очищення зернових культур. Їх ККД досить високий, що характеризує їх ефективність. Показники витрати електричної енергії в цих машинах нижче ніж у інших зерноочисних сепараторів. Широке впровадження пневматичних зерноочисних сепараторів дозволить покращити процес очищення зерна та зробити його більш якісним.

Список використаних джерел

1. Технології та обладнання для переробки зерна. <https://www.olis.com.ua> [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.olis.com.ua/ukr/zernoochistitelnij-agregat-zav-niva-50b.html>
2. Сучасні зерноочисні машини. <http://agro-business.com.ua> [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1302-suchasni-zernoochysni-mashyny.html>.

УДК 621. 316. 929

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ЗАХИСТУ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ПРИ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГИ МЕРЕЖІ

Іванов М. В., студент

ivanov.maksus@gmail.com

Попова І. О., к.т.н.

irina.popova54@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. При аналізі показників якості електричної енергії й енергозбереження, особливостей роботи асинхронного електроприводу при несиметричних режимах встановлено, що наряду з нормативними показниками несиметрії напруги мережі та відхилення напруги мережі, при розробці захисного пристрою при несиметрії напруги мережі необхідно враховувати такі електричні складові, як: споживана активна потужність, значення фазних струмів, симетричні складові напруги прямої та зворотної послідовностей [1].

Основні матеріали дослідження. Проведений аналіз діагностуючих пристроїв асинхронного двигуна при несиметричних режимах, захистів по струму (максимальному, мінімальному, нульової послідовності і теплової дії), по напрузі (прямої, зворотної і нульової послідовностей) та неповнофазних режимів роботи в наслідок обриву фази або нульового проводу, по температурі (обмотки статора, сталі статора або корпусу) дозволили зробити такі висновки, що:

- у пристроях, що реагують на зміни величини струму (електромагнітної та індукційної дії) необхідне реле часу, для уникання відключення при запуску або піковому навантаженні;

- пристрої захисту по напрузі, побудованих на фільтрах симетричних складових, не відключають АД в разі обриву фази після місця підключення обмотки;

- для ефективності спрацювання струмового захисту необхідно встановлювати елементи, що враховують температуру обмоток;

- у загальному випадку для захисту АД від аварійних режимів, що викликані несиметрією напруги мережі доцільно використовувати комбіновані пристрої в залежності від параметрів роботи АД [2].

Дослідження різних систем АД від несиметрії напруги мережі дозволили запропонувати оптимальну структурну схему захисту, на яку покладається виконання наступних умов:

- здійснення контролю несиметрії напруги на обмотках статора і відключення АД при досягненні граничного значення несиметрії напруги мережі; здійснення контролю перевищення температури обмоток статора асинхронного двигуна в нормальних та пікових режимах роботи; здійснення відключення АД при досягненні граничного значення перевищення температури обмоток; забезпечення світлової сигналізації при аварійному режимі роботи і при перевищення значень струмів на обмотках статора АД (рис. 1) [3].

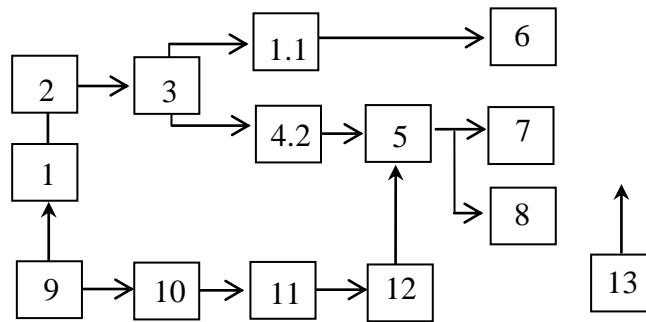


Рисунок 1. Оптимальна структурна схема захисту АД при несиметрії напруги мережі

Таким чином захист повинен містити: 1 – АД; 2 – фільтр зворотної послідовності; 3- операційний підсилювач; 4 – датчики контролю напруги 4.1, струму 4.2; 5 – логічний елемент «АБО»; 6,7 – світлову сигналізацію при граничній і глибокій несиметрії; 8 – звукову сигналізацію відключення АД; 9 – датчик температури обмоток АД; 10 – стабілізоване джерело струму; 11 – тригер Шмідта; 12 – логічний елемент «НІ»; 13 – стабілізоване джерело живлення

Висновки. Розроблена структурна схема дозволить розробити принципову схему захисту, що підвищить строк експлуатації АД.

Список використаних джерел

1. Попова І. О., Мінкін О. В. Ресурсозберігаючий пристрій захисту від несиметричних режимів асинхронних двигунів двигуна. *Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку*: матеріали Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. (17 листопада 2018 р). Переяслав-Хмельницький, 2018. Вип. 46. С. 495-499.

2. Попова І. О. Контроль режимів роботи асинхронних двигунів при несиметрії напруг мережі: автореф. дис. канд. тех. наук: 05.09.16. Мелітополь: ТДАТА, 2003. 20 с.

3. Попова І. О., Курашкін С. Ф., Попрядухін В. С. Контроль несиметрії напруги на затискачах асинхронних електродвигунів технологічної лінії. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації*: матеріали ХХІХ Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. Переяслав-Хмельницький, 2017. Вип. 29. С. 650-652.

УДК 621.313.13:621.384.3

ТЕПЛОВІЗІЙНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

Тимофєєв С. О., магістрант

sergejtimofeev82@gmail.com

Курашкін С. Ф., к.т.н.

stones@ukr.net

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. Сучасне промислове виробництво, рослинництво, житлово-господарське господарство тощо потребують безперервного водопостачання у великому об'ємі. Для цього у якості приводів відцентрових насосів з високою продуктивністю застосовуються потужні високовольтні електродвигуни. Через значні габарити та потужності, експлуатація таких електричних машин значно відрізняється на відміну від звичайних асинхронних електродвигунів. Високовольтні електродвигуни мають достатньо високу вартість, тому вихід їх з ладу веде до суттєвих витрат. Отже під час експлуатації важливою є оцінка технічного стану електродвигунів в цілому, а також їх конструктивних елементів зокрема [1, 2]. Одним з основних методів оперативного контролю технічного стану високовольтних електродвигунів є термографічна (тепловізійна) діагностика. Перевагою цього експрес-методу є можливість оцінки поточного технічного стану електричної машини безпосередньо під час експлуатації.

Основні матеріали дослідження. Задачею тепловізійного діагностування є виявлення дефектів елементів високовольтних електродвигунів, та їх завчасне усунення. Тепловізійне діагностування має ряд переваг порівняно з традиційними методами: достовірність, об'єктивність і точність одержаних даних; безпека персоналу під час проведення діагностування; відсутність необхідності відключення обладнання; відсутність необхідності підготовки робочого місця; великий обсяг виконуваних робіт за одиницю часу; можливість визначення дефектів на ранній стадії розвитку; малі трудовитрати.

Застосування тепловізійної діагностики засноване на тому, що практично всі види дефектів обладнання викликають зміну температури дефектних елементів і, як наслідок, зміну інтенсивності інфрачервоного випромінювання. Для проведення діагностування використовуються тепловізійні вимірювальні прилади – тепловізори. Діапазон вимірюваних температур складає $-40...+2000$ °С. Принцип роботи тепловізора заснований тому, що всі фізичні тіла нагріті нерівномірно, внаслідок чого складається картина розподілу інфрачервоного випромінювання. Іншими словами, тепловізор фіксує температурну різницю «об'єкт / фон» і відтворює інформацію у вигляді зображення (термограми) [3]. Термограма – це багатоелементне двомірне зображення, кожному елементу якого приписується колір або градація кольору або градація яскравості екрану. Температурні поля об'єктів розглядаються у вигляді кольорового зображення, де градації кольору відповідають градації температур. На рис. 1 представлений приклад. На конструктивній схемі трифазного електродвигуна (рис. 2) позначені місця можливих температурних аномалій, що дозволяє виконувати діагностування контактних з'єднань, корпусів підшипників, частин електричних машин (обмотки статора, активної частини і т. п.), системи охолодження електричних машин тощо.

Граничні тривало припустимі перевищення температури частин електричних машин при температурі навколишнього середовища 40 °С регламентуються ГОСТ 533-851 ГОСТ 609-841, якщо вони не вказані в стандартах або ТУ на конкретний електродвигун.

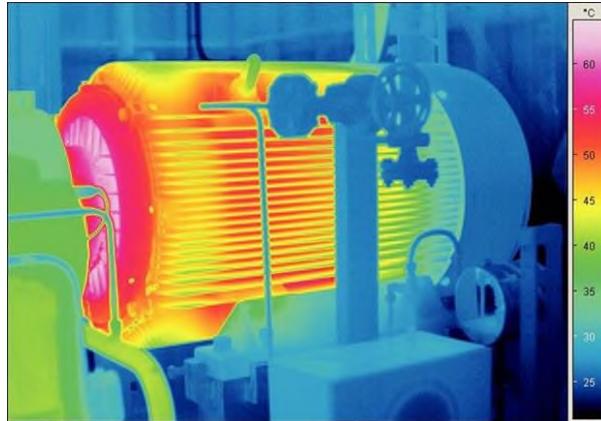


Рисунок 1. Термограма високовольного електродвигуна

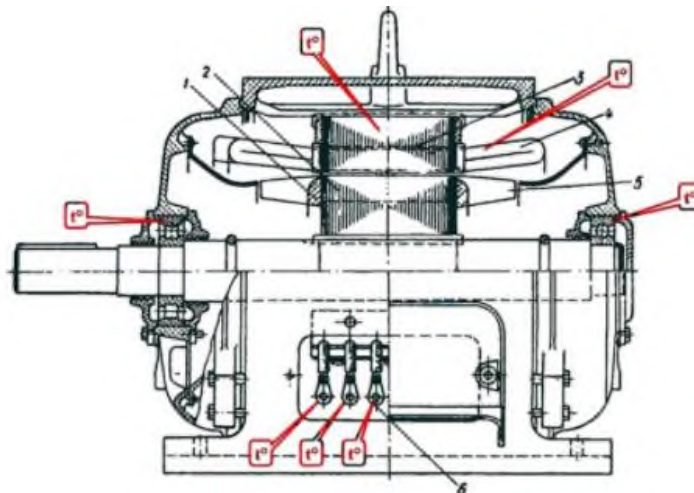


Рисунок 2. Конструктивна схема трифазного асинхронного електродвигуна

Висновки. Тепловізійне діагностування високовольних електродвигунів насосних станцій є актуальним методом діагностування. Він має суттєві переваги, які дозволяють попереджувати передчасний вихід електродвигунів з ладу і суттєво знизити витрати на ремонт електрообладнання.

Список використаних джерел

4. Vovk A., Kurashkin S., Popova I. Defective units determination of asynchronous motor during periodic diagnosis. *Topical issues of the development of modern science. Abstracts of the 1st International scientific and practical conference.* Sofia, 2019. P. 170-173.

5. Курашкін С. Ф., Попова І. О. Параметри діагностування перетворення електричної енергії в асинхронному електродвигуні. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету.* Мелітополь, 2017. Вип. 7, т. 1. С.158-161.

6. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций: учебное пособие / А. И. Хальясмаа и др. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 64 с.

УДК 631.37

ОБГРУНТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ҐРУНТООБРОБНОГО АГРОМОДУЛЯ

Груненко М. А., студент

rheinmetall439x@gmail.com

Ковальов О. В., інженер

alekstdaty1979@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Тенденції розвитку сучасного сільгоспвиробництва направлені головним чином на вирішення таких задач як зменшення виробничих витрат, підвищення врожайності і збереження родючості ґрунту. Що стосується останнього, то сьогодні науковцями пропонується велика кількість досліджень, направлених на призупинення деградації родючого шару ґрунту, яке відбувається внаслідок його переущільнення ходовими системами енергетичних засобів і сільськогосподарських машин за рахунок створення малогабаритної ґрунтообробної техніки невеликої маси [1,2]. В такий ситуації багатьма науковцями розглядається напрямок революціонування сільського господарства за рахунок переходу від тракторно-комбайнових технологій до мостової. Але ж, ідея мостового землеробства дотепер не впроваджена. Аналіз досліджень цього напрямку показує, що причинами тому є велика матеріалоємність агромотів (агромотулів) та недостатні наукові напрацювання.

Основні матеріали дослідження. Вага агромотуля $G_{ам}$ визначається за умови зчеплення рушіїв з ґрунтом. Зчеплення повинно бути достатнім для того, щоб агромотуль на горизонтальній ділянці змог розвивати задане номінальне тягове зусилля при роботі на агрофоні нормальної вологості з буксуванням не більше допустимого, яке, наприклад, для колісних тракторів становить $\delta_n = 14-16\%$ [3].

$$G_{ам} = \frac{P_{кр.н}}{\lambda_k \varphi_k - f_k}, \quad (1)$$

де $P_{кр.н}$ – номінальне тягове зусилля, кН;
 λ_k – коефіцієнт навантаження ведучих коліс;
 φ_k – коефіцієнт зчеплення;
 f_k – коефіцієнт опору перекочування.

Припустимо, що для покращення зчіпних якостей агромотуля його всі колеса ведучі. В такому випадку значення коефіцієнта навантаження $\lambda_k = 1$. Коефіцієнти φ_k та f_k в першому наближенні попередніх розрахунків прийmemo на рівні значень для колісних тракторів при роботі на полі, підготовленому під посів ($\varphi_k=0,4-0,6$; $f_k=0,16-0,18$). Залежність величини тягового зусилля агромотуля від ваги (діапазон варіювання 5-10 кН) представлено в [4], з чого свідчить, що реалізація тягових зусиль агромотулем до 4,5 кН потребує необхідну його масу до 1 т.

Вибір потужності тягового електродвигуна є однією з найбільш складних і відповідальних задач, що виникає в процесі створення тягового електродвигуна будь-яких мобільних агрегатів і транспортних систем, у тому числі і агромотуля на початковій стадії їх розробки.

Основною вимогою і критерієм правильного вибору електродвигуна є відповідність його потужності і параметрів умовам технологічного процесу робочої машини. Номінальну експлуатаційну потужність тягового електродвигуна агромотуля $N_{ам}$ визначається за умови реалізації на заданому агрофоні номінального тягового зусилля при заданій швидкості руху $v_{ам}$ по горизонтальній ділянці

$$N_{ам}^e = \frac{(P_{кр.н} + P_f) v_{ам}}{\eta_{мп} (1 - \delta_n)}, \quad (2)$$

де P_f – сила опору перекочування, $P_f = f_k \cdot G_{ам}$ кН;
 $\eta_{мп}$ – механічний ККД трансмісії.

У попередніх розрахунках механічний ККД трансмісії приймається рівним $\eta_{мп}=0,95-0,98$. Для більш точних розрахунків потужності за рівнянням (2) необхідно тяговий ККД визначати з урахуванням реальної компоновки механічної передачі приводу рушіїв агро модуля: типу редуктора, можливого використання додаткової ланцюгової передачі та ін. Швидкість руху агро модуля $v_{ам}$ при підстановці в рівняння (2), приймається відповідно до доцільного діапазону швидкостей, що встановлені на основі досліджень та спостережень за роботою мобільних агрегатів [5].

Необхідна експлуатаційна потужність тягового електродвигуна агро модуля в залежності від тягового зусилля по (2) представлена на рис. 1.

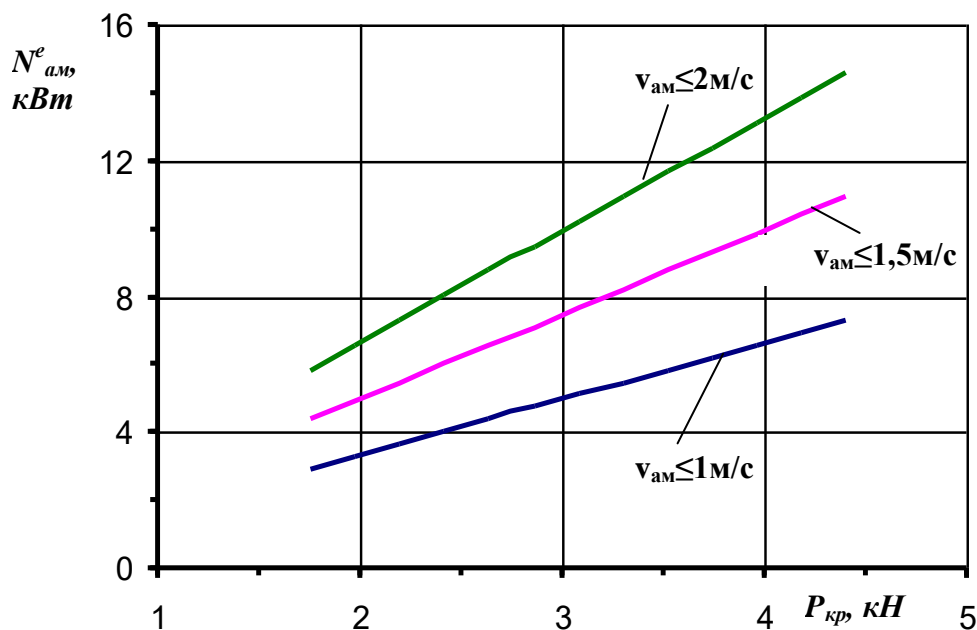


Рисунок 1. До розрахунку експлуатаційної потужності тягового електродвигуна приводу агро модуля

Аналіз рис. 1 свідчить, що за умови тягової здатності агро модуля до 4,5 кН потужність тягового електродвигуна повинна становити мінімум 10 кВт. Графіки потужності можуть бути використані на практиці для визначення розрахункової потужності тягових електродвигунів у приводі агро модулів.

Електрифікований агро модуль з електроприводом призначений для виконання агротехнічних операцій по обробці ґрунту: оранки, культивуації, нарізки борозен, підгортання боронування і ін.

Розглянемо модель електрифікованого агро модуля, який можна створити наприклад на базі елементів конструкцій дощувальних машин (рис. 2) та реалізувати в рослинництві. Основними елементами агро модуля є: 1 – остов-рама, 2 – енергетична установка (тяговий електродвигун), 3 – кабель електричного живлення, 4 – механізм приводу рушіїв, 5 – рушії, 6 – навісний механізм, 7 – додатковий баластний вантаж.

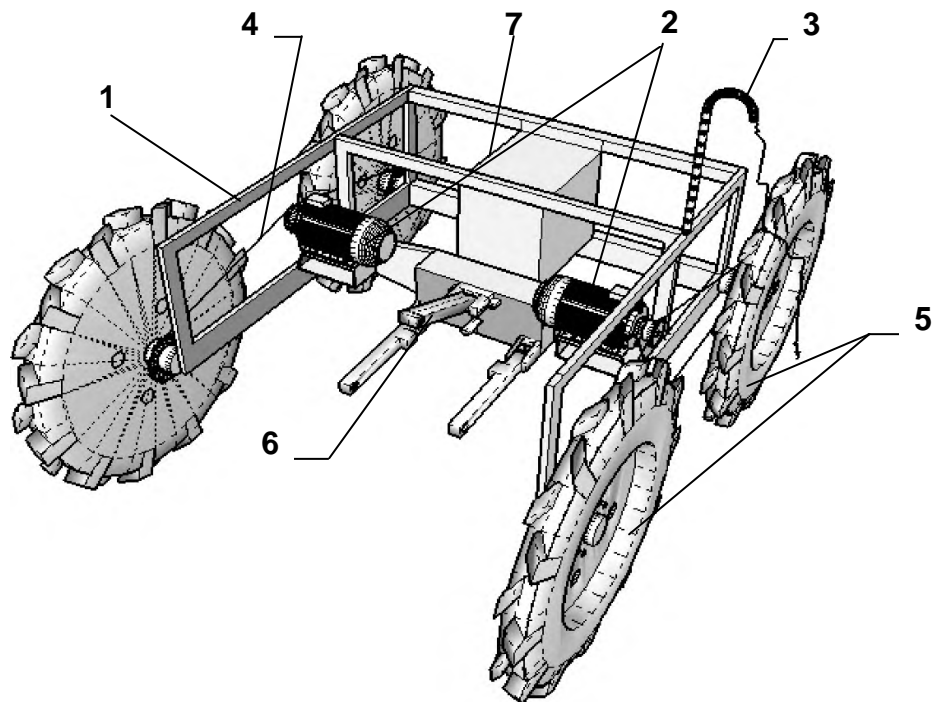


Рисунок 2. Модель електрифікованого агро модуля

Висновки. Альтернативою тракторам з двигунами внутрішнього згоряння є використання енергетичних засобів на основі електрифікованих агро модулів, що вирішує низку проблем в механізації рослинництва. З аналізу тягових розрахунків випливає, що реалізація тягових зусиль агро модулем до 4,5 кН потребує необхідну його масу до 1 т., а для забезпечення робочих швидкостей його руху до 1,5 м/с потужність тягового електродвигуна повинна становити мінімум 10 кВт. Результат порівняльної оцінки енергетичних показників, регульовальних і пускових властивостей двигунів постійного та змінного струму дозволив рекомендувати для приводу агро модуля з централізованим електропостачанням двигуни постійного струму в комплекті з керованим випрямлячем.

Список використаних джерел

1. Назаренко І. П., Ковальов О. В., Герасименко В. П. Енергозберігаюча система обробітку ґрунту на базі електрифікованого мотоблоку. *Енергетика і автоматика*. Київ: НУБіП, 2018. № 5 (39). С. 48-58.
2. Ковальов О. В. Тягові характеристики та керування мотоблоком з електроприводом по максимуму ККД. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Харків, 2008. № 30. С. 509-510.
3. Ковальов О. В., Куценко Ю. М., Назар'ян Г. Н. Розрахунок потужності та вибір тягового електродвигуна приводу мотоблока. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2010. Вип. 10, т. 8. С. 228-238.
4. Кувачов В. П., Куценко Ю. М., Ковальов О. В., Єгнат'єв Є. І. Електрифікований агро модуль – ефективне рішення проблем механізації рослинництва. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2012. Вип. 12, т. 2. С. 86-92.
5. Kovalov O., Kvitka S., Solomakha O., Gerasymenko V. Development of a Motor Speed Observer for a Electrified Soil-Cultivating Motoblock. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. Cham, Springer International Publishing, 2019. P. 365-374.

УДК 621.313.13:631.36

РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОДВИГУНА ТРІЄРА ПОТОКОВОЇ ЛІНІЇ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА

Чернецький В. А., магістрант
Постнікова М. В., к.т.н.

chernetskiyvladiks@gmail.com
marina.postnikova@tsatu.edu.ua

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. Зернові є основними сільськогосподарськими культурами в Україні. Для забезпечення харчової промисловості сировиною, а також для інших галузей виробництва потрібна велика кількість зернових. За 2020 рік в Україні було зібрано 26,8 млн. тон пшениці. Технологічний процес збору пшениці має багато етапів, одним з яких є очищення та сортування. Всі ці процеси відбуваються в промислових масштабах, саме для цього і використовують зерноочисні агрегати (ЗАВ).

Основне завдання післяжнивної обробки зерна - доведення його до необхідних кондицій по чистоті і вологості при найменших втратах і витратах праці. Успішне виконання цього завдання залежить від застосування комплексної механізації робіт у поєднанні з поточковим методом збирання врожаю. Для цього здебільшого використовуються ЗАВ та трієрні блоки. Трієрний блок здійснює очищення від великих і дрібних домішок на трієрних циліндрах. Найчастіше трієрні блоки ставлять на ЗАВ після попереднього і первинного очищення. На один бункер ЗАВ можна поставити два трієрних блоки. Трієрні блоки призначені для очищення зерна від домішок. Підвищення продуктивності цих блоків є важливою задачею.

Енергоефективність трієрів пов'язана з питаннями надійної та економічної роботи зернопункту. Це можливо при відповідності електроприводів характеристикам робочих машин. У зв'язку з цим необхідність розрахунків з визначення потужності електродвигунів, які входять до поточної лінії, є актуальною проблемою [1].

Основні матеріали дослідження. Конструкція трієрного блока настільки вдала, що дозволяє не лише розділяти зерна за розміром, але і відокремити від нього і кукіль і вівсюг, ці "вічні" супутники більшості зернових. Особливості конструкції трієрного блока такі, що він досить якісно робить очищення, але вимогливий до налаштування залежно від вологості зерна і це необхідно враховувати, щоб добре зерно не йшло у відходи. Для виключення погіршення якості очищення рекомендується періодично оглядати циліндри: чи не налипнули сторонні домішки на полотно; чи не ослабів повітряний потік аспірації; чи не викривився приймальний лоток. При належному нагляді трієрний блок працюватиме надійно і довго.

Переваги трієрних блоків: міра очищення зерна більше 75 %; незначні відходи зерна – 2 %; зручність і простота підбору під зерно потрібних полотен; загальне споживання енергії менше 3 кВт·год/т; можливість роздільної роботи циліндрів.

Облаштування трієрних блоків дозволяє робити відбір тільки того сміття, яке або довше за основний матеріал - зерно, або коротше. Це можливо завдяки незалежним приводам обох циліндрів. За необхідністю зерно послідовно пропускається через обидва циліндри очищення і звільняється від усіх сторонніх

складових. На такий вибір впливає конкретний стан зерна і кінцева мета очищення.

Для підвищення ККД трієрних блоків необхідно використовувати сучасний електропривод та трансмісії з сучасних матеріалів. Модернізація окремих частин та вузлів агрегату також дозволить збільшити загальну продуктивність.

Потужність, що споживається електродвигуном привода трієра ЗАВ-10.90000 [2]

$$P_{\text{дв}} = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot Q}{\eta_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{пер}}}, \quad (1)$$

де Q – продуктивність трієра, кг/год.;

$\eta_{\text{тр}}$, $\eta_{\text{дв}}$, $\eta_{\text{пер}}$ – коефіцієнт корисної дії відповідно трієра, двигуна, передачі.

Для вирішення питання відповідності електропривода характеристикам робочої машини необхідно розрахувати потужність електродвигуна трієра, який входить до потокової лінії очищення зерна. Розглянемо це на прикладі трієрного блоку ЗАВ-10.90000 [2].

Продуктивність трієра прямо пропорційна площі поверхні вічка [3]

$$Q = q_F \cdot F, \quad (2)$$

де q_F – коефіцієнт пропорційності, який представляє собою питому продуктивність, кг/(год·м²), $q_F = 650 \div 850$ кг/(год·м²) для пшениці;

F – площа поверхні вічка, м², $F = 4,025$ м² [3].

Розрахункові дані представлені в табл. 1.

Таблиця 1 - Розрахункові дані продуктивності та потужності електродвигуна для трієра ЗАВ-10.90000 ($P_{\text{н}} = 2,2$ кВт) для ЗАВ-20, ЗАВ-40, ЗАВ-25

q_F , кг/(год·м ²)	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100
Q , т/год.	2,616	2,818	3,019	3,22	3,421	3,623	3,824	4,025	4,226	4,428
$P_{\text{дв}}$, Вт	581	627	671	716	760	806	850	894	939	984

Висновки. Як видно з розрахункових даних, фактична потужність електродвигуна трієра нижча за номінальну на 20-30 %, тобто поточна лінія очищення зерна працює не в номінальному режимі. Це необхідно враховувати при нормуванні електроспоживання на зернопунктах.

Список використаних джерел

1. Постнікова М. В. Енергозберігаючі режими роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.09.03. Мелітополь, 2011. 22 с.

2. Постнікова М. В. Анализ энергозатрат технологических процессов очистки зерна на триерах. *Вестник аграрной науки Дона*. 2015. № 2 (30). С. 17-21.

3. Бобирь А. М., Постнікова М. В. Енергоефективність трієрів потокових ліній очищення зерна. *Всеукраїнська науково-технічна конференція магістрантів і студентів ТДАТУ (присвячується 80-річчю Запорізької області): зб. тез доп. всеукр. наук.-техн. конф. (м. Мелітополь, 19-23 листоп. 2018 р.)*. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. С. 27.

Секція 3. Електротехнології та електротехнологічні системи

УДК 631.17:631.223.6

ОБҐРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СВИНОВІДГОДІВЕЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ

Чміль А. І., д.т.н.

a.chmil@ukr.net

Олійник Ю. О., аспірант

oljinik1202@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

Актуальність та постановка проблеми. Проблеми пов'язані з підвищенням рівня енергетичної ефективності в тваринництві не є новими для України загалом і для кожного її регіону зокрема. Енергоефективність та енергозбереження на сьогоднішній день є одними із найважливіших пріоритетів соціально-економічного розвитку в глобальному, національному та регіональному вимірах [5].

Нова енергетична стратегія України-це забезпечення енергетичної безпеки та перехід до енергоефективного та енергоощадного використання енергоресурсів з використанням новітніх технологій [3]. Галузь тваринництва відіграє важливу роль в продовольчій сфері країни, разом з тим є однією з найенергоємніших [4]. В сучасних умовах ефективна робота великих свиновідгодівельних комплексів вимагає пошуку способів підвищення енергоефективності роботи та зниження найбільш енергоємних ділянок. Однією з енергоємних ділянок комплексу є прибирання та утилізація гною. Важливим завданням є знаходження нових способів очистки відходів та обґрунтування критеріїв оцінки ефективності роботи розробленого обладнання [1, 2].

Основні матеріали дослідження. В умовах енергетичної та економічної кризи важливим напрямком в ефективній роботі тваринницьких комплексів є впровадження механізму енергозбереження [4], який передбачає комплекс заходів направлений на проведення паливно-енергетичної оцінки, оптимізацію енергетичних потоків та управління ними.

Для виходу на оптимальні енерговитрати потрібно пов'язувати їх з отриманим кінцевим продуктом. Оцінку енергетичної ефективності роботи свиновідгодівельних комплексів використовуємо за допомогою системно-енергетичного підходу використавши коефіцієнт біоенергетичної ефективності, кількісним виразом якого є відношення енергії, акумульованої у продукції (енерговміст продукції), до сумарних витрат енергії на її виробництво (енергоємність продукції):

$$\eta_{БЕЕ} = \frac{E_{П}}{\sum_{i=1} \sum_{j=1} C_{ij}^k X_{ij}^k},$$

де $E_{П}$ – енерговміст тваринницької продукції, ГДж/ц; C_{ij}^k – енергетичний еквівалент k - го елемента i - го виду витрат для кожного технологічного процесу j , ГДж/(ц, м², люд. год); X_{ij}^k – величина k - го елемента i - го виду витрат для кожного технологічного процесу j , (ц, м², люд. год); i, k – види витрат і їх елементів: прямі (електроенергії, палива і мастильних матеріалів), непрямі (на виробництво кормів,

племінних тварин, лікарські препарати тощо), інвестиційні (машин, споруд тощо), живої праці (робітників, службовців); j – технологічні процеси (годівля, доїння, прибирання гною, підтримання мікроклімату тощо) .

Використання коефіцієнта біоенергетичної ефективності дає змогу не лише проаналізувати роботу комплексу, а також знайти найбільш енергоємні ділянки для вдосконалення та підвищення ефективності їх роботи та знаходження оптимального за потужністю.

Одним із головних чинників підвищення енергоефективності роботи не лише свиновідгодівельних комплексів, а й малих ферм із зниженими витратами енергоресурсів – є впровадження нових вискоелективних та ресурсозберігаючих технологій. Застосування системного біоенергетичного аналізу дозволяє перевищити можливості техніко-економічного аналізу з виявлення резервів невідновлюваних енергоресурсів [1, 2].

Висновки. Використання системно-енергетичного підходу для визначення коефіцієнта біоенергетичної ефективності в умовах економічної кризи дає можливість з достатньою точністю моделювати вплив різних факторів на енергетичну та економічну ефективність роботи комплексів. Застосування системного біоенергетичного аналізу дозволяє перевищити можливості техніко-економічного аналізу з виявлення резервів невідновлюваних енергоресурсів.

Список використаних джерел

1. Чміль А. І., Олійник Ю. О., Сагайдак В. В. Методика визначення енергоефективності вирощування продукції тваринництва. *Енергетика та автоматика*. 2018. № 6. С. 118-124.
2. Чміль А. І. Енергетична ефективність і екологічна безпека замкнутих еколого-біотехнічних систем в тваринництві: монографія. Київ: Компринт, 2015. 163 с.
3. Іщенко С. В., Малиш М. В. Методичні підходи до оцінки ефективності управління енергозабезпеченням підприємства. *Ефективна економіка*. 2016. № 2. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2016_2_22 (дата звернення: 06.09.2020).
4. Неміш П. Д. Сутність, оцінка та напрями підвищення ефективності механізму енергозбереження АПК. *Інноваційна економіка*. 2013. № 7. С. 46-53.
5. Енергоефективність у регіональному вимірі. Проблеми та перспективи: аналітична доповідь / А. І. Шевцов, В. О. Бараннік, М. Г. Земляний, Т. В. Рязова. м. Дніпропетровськ, 2014. 78 с.

УДК [681.5: 519.71]:664.1

УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АСУ ВИПАРНОГО ВІДДІЛЕННЯ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

Ляшенко С. О., д.т.н.

lyashenkosa05@ukr.net

Фесенко А. М., інженер

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків

Актуальність та постановка проблеми. Визначено вплив роботи випарного відділення на енергоефективність роботи заводу та на якісні показники продукції. Проведеним дослідженням показано вплив змін якісних показників соку, що виникають у процесі випарювання, на якість цукру. Важливим напрямком у роботі АСУ випарним відділенням є контроль за якістю продукції та енергоефективністю режимів роботи, що забезпечують цю якість. У зв'язку зі складністю процесу випарювання соку у багатокорпусній випарній установці і впливом різних показників процесу, як технологічного, так і якісного характеру, важливого значення набуває розробка та застосування математичного забезпечення АСУ, яке дасть можливість відображати реальні зміни в процесі випарювання, і яке може використовуватися в управлінні технологічним процесом випарювання.

Метою роботи є підвищення ефективності роботи АСУ випарного відділення цукрового заводу за рахунок удосконалення математичного забезпечення з використанням сучасних критеріїв якості.

Основні матеріали дослідження. У роботі запропонована удосконалена методика розрахунку теплового режиму випарювання для АСУ по якісних показниках соку, яка полягає у застосуванні наступних розрахунків: розрахунок випарювання води; визначення температурних депресій та густини розчину за корпусами; коригування температурної депресії та тиску розчину; визначення істинних значень температури грюючої пари, вторинної пари, розчину; розрахунок витрати грюючої пари, випареної води по корпусам, кінцевих концентрацій; визначення коефіцієнтів тепловіддачі і теплопередачі; розрахунок теплового навантаження і площ нагріву багатокорпусної випарної установки (БВУ).

Удосконалення методики теплового розрахунку для АСУ полягає у тому, що у розрахунок випарювання води при визначенні концентрації вводиться такий якісний показник як кольоровість.

Алгоритм застосування розрахунку теплового режиму випарювання для математичного забезпечення АСУ БВУ відповідно до запропонованої методики відображено на рис. 1 і полягатиме у наступному порядку дій:

1. Перед входом соку у випарну установку визначають відповідність вхідних технологічних показників соку нормативним. Показники, що характеризують сок, надаються до бази даних (D) АСУ ТП випарного відділення для розрахунку теплового режиму роботи БВУ. Після розрахунку теплового режиму БВУ дані подаються до бази даних А та Е.

1.1. У випадку, коли значення інформаційних показників, отриманих з бази даних (А) до бази даних (D), відповідають нормативним, то необхідно провести розрахунок теплового режиму роботи БВУ, і за отриманими технологічними та якісними показниками через контролер (К) здійснювати вплив на тепловий режим роботи випарних апаратів виконавчими органами керування (Е).

1.2. Якщо показники, отримані з бази даних (А) і надані у базу даних (D), не відповідають нормативним, то необхідно значення інформаційних показників надати знову до бази даних (А) для усунення цих невідповідностей.

2. Після того, як почався процес випарювання, отримуються і використовуються для скоригованого розрахунку теплового режиму значення інформаційних показників, отриманих з бази даних (В) корпусів БВУ.

2.1. Якщо значення показників процесу випарювання, що отримуються з бази (В) і потрапляють до (D), після перевірки відповідають нормативним значенням, то процес продовжується.

2.2. За невідповідності значень показників процесу випарювання, що отримуються з бази даних (В) і скеровуються до бази даних (D), робиться перерахунок режимів роботи ВУ, і скориговані значення подаються до контролера (К). Відкориговані значення з контролера подаються на орган керування (Е).

3. На виході сиропу з ВУ значення показників з бази даних (С) надходять до бази (D), де проводиться перевірка значень цих показників.

3.1. У випадку, коли значення вихідних показників сиропу в базі даних (D) відповідають нормативним значенням, то випарювання буде продовжуватися.

3.2. За невідповідності нормативним значенням, отримані показники подаються до бази даних (D), де буде проводитись коригування розрахунку, і після перерахунку дані подаються до контролера (К) для подальшого коригування роботи органу керування (Е).

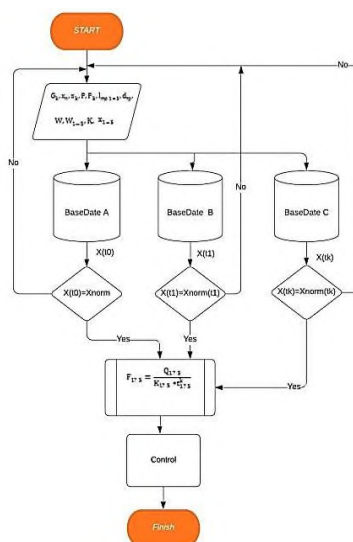


Рисунок 1. Алгоритм застосування розрахунку теплового режиму випарювання для математичного забезпечення АСУ БВУ

Висновок. У роботі розглянуто обґрунтовано застосування удосконаленої методики розрахунку теплового режиму випарювання соку для АСУ БВУ по якісних показниках соку і розроблено алгоритм управління тепловими режимами роботи для математичного забезпечення АСУ БВУ цукрового заводу.

Список використаних джерел

1. Improvement of Mathematical Support and Implementation of Modern Criteria of Juice Quality in the Automated Process Control Systems at the Sugar Mill Evaporation Station / S. Liashenko et al. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*. 2020. Т. 8, № 5. С. 2683-2690. DOI: <https://doi.org/10.30534/ijeter/2020/75862020>.

УДК 631.17:534.6

ПОДІЛЬНО-МНОЖУВАЛЬНИЙ БЛОК ПРИСТРОЮ ОЦІНКИ ЯКОСТІ БІОЛОГІЧНИХ СТРУКТУР ФІКСОВАНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ

Яковлев В. Ф., професор

vfyakov@gmail.com

Сумський національний аграрний університет, м. Суми

Актуальність та постановка проблеми. Виробництво сільськогосподарської продукції, відповідно стандартам, неможливо без належного контролю якості останній на усіх етапах технологічного процесу переробки.

Позитивне вирішення цієї задачі можливо тільки при широкому впровадженні сучасних методів і технічних засобів неруйнівного експресного контролю якісних ознак продукції, особливо фіксованої геометричної форми (яблука, баштанні, томати, лимон, апельсин та ін.). Особливо важко визначати названі ознаки в технологічному потоці, що призведе до значних втрат часу, знижує продуктивність та збільшує собівартість кінцевого продукту. Тому наукові дослідження, які направлені на створення технічних систем, що забезпечують експресний неруйнівний контроль якісних ознак вище названих біологічних структур в технологічному процесі є актуальними [1, 2]. Із порівняння переваг та недоліків різних методів контролю, які можуть бути реалізовані у технічному засобі, найбільш перспективним є акустичний, який дозволяє оцінювати якісні ознаки продукту по параметрам акустичного поля [1, 2, 3].

Викладене вище визначає мету та основні задачі досліджень і дозволяє сформулювати основні принципи побудови блоків технічних засобів неруйнівного експресного контролю. Задача полягає у розробці технічного засобу, який може виконувати необхідні функції обробки вхідних сигналів, які несуть інформацію о якісних ознаках продукту. Цю функцію у пристрої контролю якісних ознак біологічних об'єктів виконує подільно-множувальний блок, схему якого наведено на рис. 1.

Основні матеріали дослідження. Схема складається із операційних підсилювачів DA1 та DA2, польових транзисторів VT1... VT3, масштабних транзисторів R1... R10. Диференційний підсилювач DA1 сумісно з VT1 та резисторами R1, R2, R5, R7, R8 представляють собою компенсаційну схему перетворення вхідної напруги U_2 у провідність Y1 польового транзистору VT1.

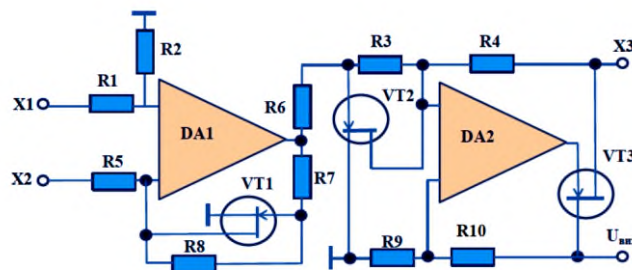


Рисунок 1. Схема функціонального блоку

Диференційний підсилювач **DA2** керує транзистором **VT3**, який сумісно з резисторами **R4**, **R9**, **R10** представляє коло, що управляється опором польового транзистора **VT3**. Коло із опору **VT3** та **R9**, **R10** дозволяє здійснювати лінійне регулювання опором входу **2** та провідністю входу **1**. На виході блоку маємо напругу $U_{\text{вих}}$, яка буде дорівнювати:

$$U_{\text{вих}} = k \frac{U_1 U_3}{U_2}, \quad (1)$$

де k – коефіцієнт пропорційності; $U_1 \dots U_3$ – значення напруг на входах функціонального блоку, В.

Наведену теоретичну модель (1) складено із рядом допущень, тому виникає необхідність перевірки її точності експериментальними методами у всьому діапазоні зміни вхідних сигналів, пропорційних $U_1 \dots U_3$.

Для лінеаризації моделі до розгляду прийнята не вихідна залежність (1), а її логарифм. Було проведено повно факторний експеримент, в якому у якості відгуку прийнято $\ln U_{\text{вих}}$, а у якості факторів $X_1 \dots X_3$ ($\ln U_1$, $\ln U_2$, $\ln U_3$).

Після проведення експерименту та обробки результатів отримано наступне рівняння регресії:

$$\ln Y = -2,51 + 0,93 \ln X_1 - 0,9 \ln X_2 + 0,89 \ln X_3. \quad (2)$$

Точність перетворення функціонального блоку визначалася по відхиленню коефіцієнту підсилювання k_U від середнього значення $\overline{k_U}$:

$$\overline{k_U} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Y X_2}{X_1 X_3}, \quad (3)$$

$$s_k^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (k_U - \overline{k_U})^2, \quad (4)$$

де s_k - середнє квадратичне відхилення значення;
 n - кількість дослідів.

Після визначення вище названих показників отримано: $\overline{k_U} = 0,01$; $s_k^2 = 1,03 \cdot 10^{-8}$; $s_k = 1,0148 \cdot 10^{-4}$. Отримані дані свідчать про те, що максимальна похибка перетворення вхідних величин функціональним блоком, при вірогідності $P = 0,95$, складає: $\Delta k_{Umax} = 2s_k = 2,0296 \cdot 10^{-4}$, тобто близько двох відсотків.

Висновки. Проведені теоретичні та експериментальні дослідження свідчать про те, що отримані емпіричні та теоретичні математичні моделі запропонованого функціонального блоку можуть бути використані для кількісної оцінки впливу відхилення параметрів блоку на його вихідні характеристики з достатньою ступеню точності.

Список використаних джерел

1. Іноземцев Г. Б., Яковлев В. Ф., Козирський В. В. Застосування акустичних технологій в аграрному виробництві : навчальний посібник. Київ: ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2013. 171 с.

2. Яковлев В. Ф. Визначення якості сільськогосподарської продукції методом акустичної емісії. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки.* Харків, 2015. Вип. 164: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 75-77.

3. Квітка С. О., Яковлев В. Ф., Нікітіна О. В. Електроніка та мікросхемотехніка: навчальний посібник / за ред. В. Ф. Яковлева. Київ: Аграрна освіта, 2010. 329 с.

УДК 631.17

ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИЙ ЕФЕКТ В ЕЛЕКТРОПЛАЗМОЛІЗИ

Сіренко В. Ф., к. т. н.

snaumen105@ukr.net

Манченко О. О., магістрант

Сумський національний аграрний університет, м. Суми

Актуальність та постановка проблеми. Використання високопотенціального та екологічно чистого виду - електричної енергії сприяє впровадженню технологічних процесів з високою інтенсивністю і з мінімальними викидами. Особливо ефективним при переробці сільськогосподарської продукції є безпосередня взаємодія електричних і магнітних полів та вплив на харчову сировину. Широко відомі електросепарування зернового матеріалу, очистка забрудненого повітря в електрофільтрах, нагрів рідких та вологих матеріалів прямим пропусканням електричного струму. Головною особливістю для цих процесів є безпосереднє перетворення електричної енергії в механічну дію. Але час дії не може бути довготривалим із-за значних теплових ефектів.

Основні матеріали дослідження. Вже 90 років відоме відкриття Л.А. Юткіна, який виявив потужну дію імпульсного високовольтного іскрового розряду в воді та водних розчинах, що отримало згодом назву «ефекту Юткіна», або ж «електрогідродинамічного ефекту (ЕГЕ)». Обладнання для реалізації електрогідравлічного ефекту складається із високовольтного трансформатора, випрямляча струму, накопичувальних конденсаторів, перемикача та розрядника. В процесі роботи відбувається відносно повільне накопичення енергії в конденсаторах (від часток секунди до декількох десятків секунд) і швидкий (близько 10^{-4} секунди) іскровий розряд із виділенням в гідравлічному середовищі накопиченої енергії високої потужності в декілька мегават. Величина енергії розряду залежить від відстані між електродами, ємності конденсаторної батареї та напруги зарядки. По мікроскопічному каналу проходить іскра, протікає струм з дуже великою щільністю енергії, що спричиняє розігрів середовища до температури в $30\ 000\ ^\circ\text{C}$ і створюється тиск в першій ударній хвилі до ста тисяч атмосфер. Цей ефект супроводжується також ультрафіолетовим випромінюванням високої інтенсивності. Друга ударна хвиля меншої потужності заявляється внаслідок конденсації в парогазовій області, де відбувається кавітаційний процес. Таким чином отримано інструмент для інтенсивної дії на рослину сировину. Електрогідравлічний ефект в рідкому середовищі фруктів та їх соків призводить до руйнації клітинних мембран [1,2]. Така дія ефекту сприятиме інтенсифікації процесів плазмолізу на клітинному рівні.

Висновки. В роботі показаний спосіб інтенсифікації процесу видалення соку із зменшеним тепловим навантаженням з додатковим використанням потужних імпульсів ЕГЕ, може прискорити отримання готової продукції належної якості.

Список використаних джерел

1. А. с. 221479 (СРСР). Способ разрушения клеточных структур растительных и животных тканей / Л. А. Юткин, Л. И. Гольцова. Заявл. 15.01.66, № 1050541/30-15, Опубл в Б. И., 1983, № 2.

2. А. с. 469275 (СРСР). Способ приготовления кормов, преимущественно грубых / Л. А. Юткин, Л. И. Гольцова. Заявл. 09.07.65, № 1017099/30-15, Опубл в Б. И., 1983, № 1.

УДК 621.44

ТЕНЗОМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ МАСИ ЗРАЗКА В ПРОЦЕСІ СУШІННЯ

Савойський О. Ю., інженер

o.savoiskyi@gmail.com

Сумський національний аграрний університет, м. Суми

Актуальність та постановка проблеми. Сушіння – одна із найпоширеніших технологій переробки продукції для довготривалого зберігання.

Збереження енергетичних ресурсів, зниження втрат сировини, поліпшення якості одержуваних продуктів вимагає розробки і впровадження нових високоєфективних методів обробки, установок і технологій з оптимальним технічним рішенням.

Тому наукові дослідження, які направлені для вирішення даної проблеми є актуальними.

Основні матеріали дослідження. На базі лабораторії кафедри енергетики та електротехнічних систем Сумського НАУ було розроблено експериментальну сушильну установку, в якій реалізовано ідею поєднання додаткових методів нагріву сировини (ультразвукового та прямого електричного) в процесі конвективно-радіаційного сушіння [1].

Однією з найскладніших задач під час дослідження процесу є визначення динаміки зміни вологості зразків в залежності від часу сушіння. Для знаходження даного параметру необхідно через встановлені проміжки часу зважувати дослідний зразок.

Часте діставання з сушильної шафи зразка призводить до його охолодження та зміни температурного режиму процесу, що негативно впливає на відтворюваність експерименту.

Для вирішення даної задачі нами запропоновано метод автоматичного визначення маси в процесі сушіння, що виключає необхідність видалення зразка з сушильної шафи для зважування. Робота пристрою базується на тензометричних методах вимірювання пружних деформацій [2].

Чутливий елемент пристрою являє собою сталюю пластину прямокутного перерізу 1 (рис. 1), яка прикріплена одним кінцем до корпусу, а її вільний кінець несе площадку 3, на яку встановлюється досліджуваний зразок. З обох сторін встановлено по два тензорезистори 2, наклеєні вздовж пластини та з'єднані за схемою «повний міст».

Існують різні схеми підключення тензорезисторів.

Нами була обрана схема повного містка з чотирипровідним підключенням, оскільки вона володіє високою точністю вимірювань, а також не чутлива до температурних змін в тензорезисторах, які наклеєні на пластину, а також до температурних змін опору з'єднувальних провідників.

Під дією ваги зразка пластину деформується, тим самим змінюючи опір встановлених тензорезисторів та значення вихідного сигналу містка.

Дані з вимірювального містка надходять на 24-бітний аналого - цифровий перетворювач.

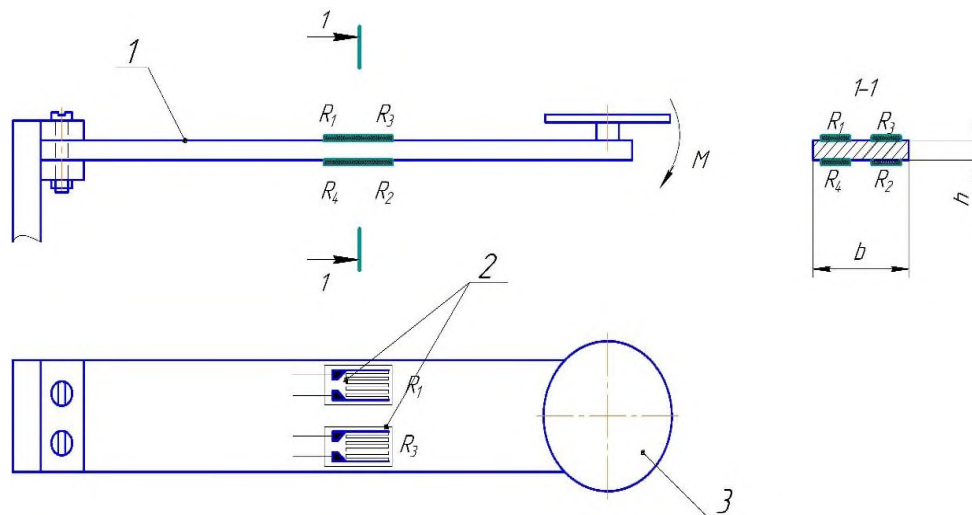


Рисунок 1. Чутливий елемент пристрою для вимірювання маси зразків

Далі через мікроконтролер типу Arduino сигнал передається на ПК, де за допомогою програм для накопичення масиву даних (excel, блокнот, labview) і подальшої їх обробки отримуємо зміну маси зразка в реальному часі.

Програмування мікроконтролера та калібрування датчика проводиться на мові C/C++ з використанням вбудованих бібліотек в програмному середовищі Arduino IDE [3].

Висновки. Запропонований в роботі автоматичний метод визначення маси зразків на основі тензометрії дозволить зменшити похибку вимірювання параметрів, а також значно полегшити процес дослідження в цілому.

Список використаної джерел

1. Спосіб комбінованого сушіння біологічних об'єктів: пат. 127324 Україна: МПК (2018.01) F26B 7/00, F26B 5/0.2 (2006.01) / В. Ф. Яковлев, О. Ю. Савойський, В. Ф. Сіренко. № у 2018 02036; заявл. 27.02.2018; опубл. 25.07.2018, Бюл. № 14.

2. Мехеда В. А. Тензометрический метод измерения деформаций: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. 56 с.

3. Сайт Arduino: Arduino IDE 1.8.13. URL: <https://www.arduino.cc/en/software> (дата звернення: 03.10.2020).

УДК 631.17:633.854.78

ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ СУШІННЯ НАСІННЯ СОНЯШНИКА

Кіба Є. О., магістрант

evgeniy231217@icloud.com

Журавель Д. П., д.т.н.

dmytro.zhuravel@tsatu.edu.ua

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. Сушіння – це процес термічної обробки матеріалу з метою зниження його вологості, в результаті чого покращується якість продукції, запобігається його псування і злежування, знижується вага та покращуються умови транспортування і зберігання. Вологі матеріали сушать різними способами, які можна звести до двох основних принципів: видалення вологи з матеріалу без зміни її агрегатного стану та видалення вологи з матеріалу зі зміною її агрегатного стану [1-5].

Основні матеріали дослідження. Перший принцип оснований на зневодненні, тобто механічному видаленні вологи та сорбційному сушінні. Механічний спосіб зневоднення застосовується при наявності вільної вологи. Сорбційний спосіб застосовують головним чином для сипких матеріалів, які зовсім не витримують термічного сушіння або при нагріванні утрачають цінні властивості.

Другий принцип зневоднення пов'язаний з витратами теплоти на зміну агрегатного стану вологи, перетворення її з рідкого стану в газоподібний. По способу підводу теплоти до об'єкту сушіння визначають наступні способи: конвективний, кондуктивний, радіаційний, електричний, молекулярний.

Конвективний спосіб використовується для сушіння сипкого матеріалу (зерна, кормів та ін.).

Кондуктивним є спосіб сушіння при якому вологий матеріал торкається до підігрітої поверхні та отримує теплоту безпосередньо від неї шляхом кондукції.

При радіаційному способі сушіння теплота підводиться до матеріалу у вигляді променистої енергії.

Сублімація (або молекулярне сушіння) здійснюється при умові глибокого вакууму.

Електричне сушіння здійснюється струмами високої частоти (СВЧ).

Сушіння вологих матеріалів не тільки теплотехнічний, а і технологічний процес. Мета сушіння отримати матеріал з найкращими якостями. Тому вибір способу визначається властивостями даного матеріалу та оптимальним режимом сушіння. Визначення методу сушіння обумовлено енергією зв'язку вологи з матеріалом. При видаленні вільної вологи без зміни її агрегатного стану енергія витрачається на гідравлічний опір твердого скелета тіла. При видаленні вологи зв'язаної зі зміною її агрегатного стану енергія витрачається як на подолання цієї сили, так і на теплоту пароутворення. Механічне зневоднення потребує менших витрат вологи, ніж теплове сушіння. Однак, механічні способи зневоднення застосовуються не для всіх сільськогосподарських матеріалів.

Сорбційне сушіння або сушіння змішуванням з вологопоглиначем, не потребує витрати теплоти на нагрівання та енергій на вентилявання та забезпечує зберігання якісних показників матеріалу (особливо для насінневого зерна). Однак, сушіння триває дуже довго, потребує зайвих приміщень, виділення та регенерації вологопоглинача.

Кондуктивний (контактний) метод сушіння не забезпечує рівномірного підігрівання матеріалу: шар, що торкається поверхні, перегрівається, в той час, як шар віддалений від поверхні, менше нагрівається та довше сушаться. Такий спосіб малоєфективний, потребує великої витрати палива, та забезпечує низьку швидкість сушіння.

Сушіння сільськогосподарських матеріалів в полі СВЧ, не дивлячись на переваги (швидкий та рівномірний нагрів матеріалу), не знайшов застосування внаслідок значної витрати електричної енергії.

Сушіння інфрачервоним випромінюванням супроводжується сильним нагріванням поверхні матеріалу, внаслідок чого утворюється значний температурний градієнт, що заважає видаленню вологи з матеріалу. Необхідне імпульсне випромінювання, при якому в період опромінення поверхня матеріалу нагрівається та зневоднюється, а в період відлежування волога від внутрішніх шарів переходить до зовнішніх. Не дивлячись на переваги, сушіння інфрачервоним випромінюванням не отримало достатнього розповсюдження внаслідок низького ККД генератора інфрачервоного випромінювання та значної витрати електричної енергії.

Сублімаційний спосіб сушіння застосовується для сушіння фруктів, овочів, різних біологічних препаратів. Однак, широкого застосування цей спосіб не отримав через порівняно низьку продуктивність сушильних установок, складності обладнання, та високої вартості сушіння.

Висновки. Для сушіння сільськогосподарських матеріалів, які досить добре переносять порівняно високі температури, застосовують теплові способи сушіння, та найбільш розповсюджений з них - конвективний. Особливість цього способу в тому, що для підводу теплоти до об'єкту сушіння використовується та видалення випареної вологи застосовують сушильний агент. Інші способи теплового сушіння складніші та менш ефективні, і тому рідко застосовуються.

Список використаних джерел

1. Журавель Д. П., Зубкова К. В., Елісов Р. Д. Розробка удосконаленої схеми сушіння насіння соняшника. *Актуальні проблеми дисциплін природничо-наукової підготовки сучасних інженерів*: матеріали Всеукр. студентської наук.-практ. конф. Херсон, ХДАУ, 2010. С. 101-104.
2. Журавель Д. П., Петренко К. Г. Теоретичні дослідження теплотехнічних процесів сушіння насіння соняшника. *Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії*: матеріали I-ї Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конференції. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 18-21.
3. Журавель Д. П., Петренко К. Г. Обґрунтування вимог до сушіння насіння соняшника. *Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії*: матеріали I-ї Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конференції. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 101-102.
4. Журавель Д. П., Петренко К. Г. Оцінка біологічних та енергетичних властивостей насіння соняшника. *Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії*: матеріали I-ї Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конференції. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 26-28.
5. Надійність обладнання харчової галузі: навчальний посібник / Ю. Г. Сухенко та ін. Київ: Компрінт, 2019. 370 с.

УДК 621.311.243

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД ВИКОРИСТАННЯ НАДЛИШОК ТЕПЛА СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА

Абаджян Є. Б.¹, учень

abadgan@nvk16mel.pp.ua

Постол Ю. О.², к.т.н.

yuliapostol111@gmail.com

¹Мелітопольський навчально-виховний комплекс №16, м. Мелітополь

²Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь

Постановка проблеми. Зараз ведеться активний пошук альтернативних джерел енергії, таких як вода, земля і сонце [1, 2]. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми на даний момент є перетворення сонячної енергії в низькопотенційне тепло з використанням сонячних колекторів (СК), як основного елемента сонячних водонагрівальних установок (СВУ). Сонячний колектор являє собою теплообмінник особливого роду. На відміну від звичайних використовуваних в промисловості теплообмінників, в яких передача тепла відбувається від одного теплоносія до іншого, в СК передача тепла до теплоносія (рідини, повітря) надходить від віддаленого джерела енергії - Сонця.

Основні матеріали дослідження. Сонячні водонагрівальні установки (СВУ), основним елементом яких є сонячний колектор, в зимову пору року, коли температура навколишнього середовища і щільність потоку сонячного випромінювання низькі, не здатні самостійно забезпечити споживача гарячою водою, тому їх додатково підключають до котельнь або до теплової насосної установки (ТНУ) [3]. Використання комбінованих систем СВУ-ТНУ є конкурентним порівняно з традиційними системами опалення. Через зниження вартості пристроїв даний шлях опалення стає вельми привабливим.

У разі з'єднання СВУ - ТНУ тепла енергія з СК, акумулюється в весняний і літній період, наприклад, в ґрунті дозволяє збільшити температурний рівень низько потенційного джерела тепла для ТНУ, що збільшує продуктивність теплового насоса. У даній розробці розглянута можливість використання в якості додаткового підігріву води котельню. Але частина тепла з СК акумулюється за літні місяці, коли ККД колектора найвищий, і немає необхідності витратити тепло на опалення, в спеціальному теплому акумуляторі під шаром ґрунту (як у випадку з'єднання СВУ-ТНУ), і може стати основою для побудови теплиць. Для збільшення раціональності витрати тепла можна відокремити теплоакумулятор захисним екраном, щоб тепло не витрачалося на обігрів глибинних шарів ґрунту.

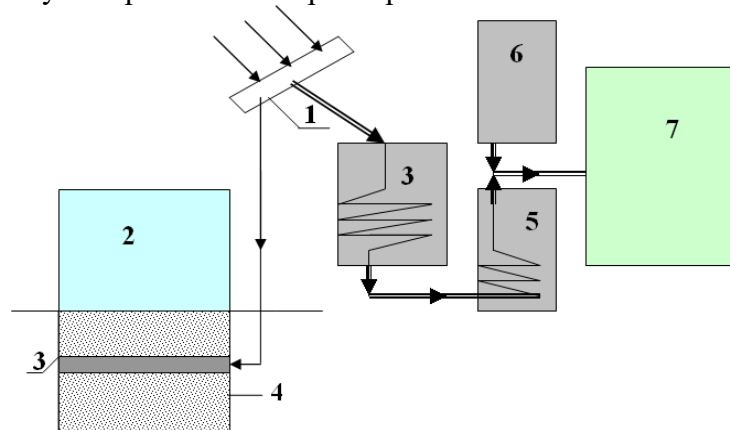
Переваги даної моделі в тому, що: по-перше, надлишки енергії використовуються з користю, а значить ККД СВУ, а зокрема СК зростає; по-друге, для обладнання теплиці не потрібно використовувати додаткове, складне устаткування, тому що відбувається безпосередньо нагрів ґрунту.

Раніше надлишкову енергію СВУ використовували тільки для підігріву води в плавальних басейнах. Споруда теплиць для клімату України підходить більше, і зустрічається практично на всій території країни.

У той час як виконується основне завдання СВУ з обігріву та гарячого водопостачання житлового приміщення, можна здійснити і побічну - відведення надлишок тепла з СК в ґрунт теплиці для вирощування овочів взимку.

Дана розробка буде актуальна для індивідуальних житлових будинків, з присадибними ділянками достатньою площею для побудови теплиці. Використання «енергоефективної» теплиці в комплексі з сонячною

водонагрівальною установкою, основним елементом якої є сонячний колектор (СК), значно зменшує витрати на електроенергію та опалення.



1 - сонячний колектор; 2 - приміщення теплиці; 3 - акумулятор тепла;
4 - ґрунт; 5 - накопичувальний бак; 6 - котельня; 7 - опалювальне приміщення.

Рисунок 1. Принципова схема системи сонячного опалення та гарячого водопостачання з підключеною до системи теплицею

Переваги сонячних колекторів в порівнянні з традиційними джерелами енергії: практично безкоштовна енергія на десятиліття; одноразові витрати на установку - подальша експлуатація практично безкоштовна; просто підключається як в існуючу опалювальну систему, так і в нову; незалежність від традиційного підвищення цін на енергоносії; великий термін експлуатації; простий монтаж; можливість застосування для всіх типів дахів; практично не додається тепло в приземні шари атмосфери, не створюється тепличний ефект і не відбувається забруднення повітря.

Сонячні колектори - це екологічно чистий спосіб отримання тепла. І через це частка сонячних колекторів зростає по відношенню до традиційних джерел енергії. Наприклад, в Євросоюзі очікується, що системи, які забезпечують постачання гарячої води в побуті, опалення приміщень взимку та охолодження влітку, складуть основну частку ринку систем сонячного теплопостачання до 2020-2030 років. [4]

Висновки. Використання низькопотенційної теплової енергії сонця і ґрунту є основним напрямком розвитку енергозберігаючих технологій житлово-комунального господарства.

Список використаної літератури

1. Постол Ю. О., Закревський Д. Реалізація політики з енергозбереження. *Проблеми механізації та електрифікації технологічних процесів*: матеріали VI Всеукр. наук.-техн. Інтернет-конференції молодих учених. Мелітополь, ТДАТУ, 2019. Вип. VI. С. 17-20.

2. Кукис В. С., Романов В. А., Постол Ю. А. Двигатели Стирлинга вчера, сегодня, завтра. *Ползуновский альманах*. 2009. № 3, т. 1. С. 93–98.

3. Бурцева С. О., Постол Ю. О. Ефективність теплових насосів. *Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії*: матеріали I Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конференції. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 33-34.

4. Трикоз В. О., Постол Ю. О. Енергоефективність та енергозбереження. *Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії*: матеріали I Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конференції. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 63-65.

УДК 637.146.3

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА СМЕТАНИ В УМОВАХ НЕВЕЛИКИХ ПІДПРИЄМСТВ

Облещенко А. Д., студент

anastasiyaobl333@gmail.com

Квітка С. О., к.т.н.

sergei.kvitka1965@gmail.com

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. В Україні на даний час активно розвиваються невеликі підприємства молочної продукції.

На малих молокопереробних підприємствах в основному використовують теж саме обладнання, що й на великих підприємствах. Відрізняються вони в основному продуктивністю, габаритами і потужністю. За складом обладнання і технологічних схем роботи міні-цехи займають проміжне положення між молочними блоками і міськими молочними заводами. Головна різниця полягає в технологічних процесах виробництва [1, 4, 5].

Саме такі цехи малої потужності зазвичай призначені для виробництва сметани.

Основні матеріали дослідження. Сметана є одним з найпоживніших кисломолочних продуктів харчування, що виробляється сквашуванням нормалізованих пастеризованих вершків чистими культурами мезофільних молочнокислих білків, з додаванням чи без додавання термофільного молочнокислого стрептокока [2].

Вершки та знежирене молоко очищуються від механічних домішок, охолоджують до температури та зберігають для подальшої переробки.

Надалі вершки та сухе незбиране молоко розчиняють у воді, охолоджують до температури 5⁰С та витримують 3 години. Суміш перемішується та направляється на переробку [3].

Сепарування відбувається при підігріванні молока до температури 43⁰С [3].

Вершки спочатку нормалізують по жиру, після пастеризують при температурі 87⁰С з витримкою близько 5 хвилин в залежності від виду сметани [3].

Гомогенізують охоложені вершки до температури 65⁰С під тиском 15МПа [3].

Гомогенізують вершки після пастеризації, що дозволяє позбутися неоднорідної консистенції. Завдяки тепловій обробці знищується стороння мікрофлора, а також поліпшується якість готового продукту та утворюються летучі ароматичні речовини. Гомогенізація знижує стабільність білкової фази, а подальша пастеризація може викликати появу пластівців білка. Проведення гомогенізації до пастеризації інтенсифікує утворення пригару та погіршує ефективність пастеризації внаслідок підвищення в'язкості гомогенізованих вершків, що є захисним бар'єром для бактерій. Але разом з тим, у процесі гомогенізації до пастеризації знижується можливість окиснення ліполізу у вершках, що позитивно впливає на якість готового продукту [2].

Пастеризацію вершків проводять при високих температурах для того, щоб максимально знищити сторонню мікрофлору, яка при підвищеному вмісті жиру має більшу опірність до теплової обробки, для зруйнування імунних тіл, що заважають розвитку молочнокислих бактерій, інактивації ферментів [2].

Після гомогенізації та пастеризації вершки охолоджують до температури сквашування приблизно 26⁰С при використанні закваски, приготовленої на мезофільних молочнокислих стрептококах.

Заквашування вершків здійснюється завдяки внесенню в них бактеріальної закваски в процесі або після заповнення ними ємності.

У невеликих підприємствах виробництва сметани в основному використовують виробничі закваски у кількостях 3% від загальної маси вершків. Оптимальну кількість закваски, що приготовлена на пастеризованому або стерилізованому молоці, встановлюють в залежності від її активності та умов виробництва.

Сквашуванню вершки піддаються не більше 10 годин, в залежності від температури, кількості та виду закваски. Специфічний смак та запах сметана отримує завдяки зброджуванню молочного цукру з утворенням молочної кислоти та ароматичних речовин під час сквашування. Сквашені вершки перемішуються 10 хвилин, щоб одержати однорідну консистенцію, потім охолоджують до температури 19⁰С [3].

Завершальним та найважливішим процесом виробництва сметани, що формує органолептичні властивості продукту є визрівання. При цьому, накопичуються ароматичні речовини, продукти ліполізу та протеолізу. Тривалість визрівання саме у дрібній тарі складає 7 годин при температурі 3⁰С [3]. Після чого вважається, що продукт готовий до реалізації.

Готовий продукт фасують, упаковують та маркують.

Висновки. Останнім часом спостерігається значний ріст малих підприємств молочної продукції, що запроваджують нові технології та таким чином розширяють попит споживачів до продукції.

Проаналізувавши різноманітні технології було встановлено, що технологія виробництва сметани в умовах невеликих підприємств складається з таких операцій: приймання та підготовка сировини; сепарування молока; нормалізація, гомогенізація та пастеризація вершків; охолодження вершків; заквашування та сквашування вершків; охолодження та визрівання сметани; фасування, упакування, маркування сметани; зберігання сметани.

Список використаних джерел

1. Створення міні-цеху з виробництва молочних продуктів. URL: <https://propozitsiya.com/ua/stvorennya-mini-cehu-z-virobnictva-molochnih-produktiv> (дата звернення: 06.10.2020).
2. Сметана. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Сметана> (дата звернення: 06.10.2020)
3. Технологія молочних продуктів: підручник / Г. Є. Поліщук та ін. Київ: НУХТ, 2013. 502 с.
4. Облещенко А. Д., Квітка С. О. Аналіз технологій виробництва йогуртів. *Матеріали VII Всеукраїнської науково-технічної конференції магістрантів і студентів ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. С. 45.
5. Облещенко А. Д., Квітка С. О. Порівняльний аналіз резервуарного і термостатного технологій виробництва йогурту. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем: матеріали I Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конференції пам'яті В. В. Овчарова, (20 травня-04 червня 2020 р.)*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 87-88.

УДК 637.1.02

ОГЛЯД НОВОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Волкова І. Д., студент
Гулевський В. Б., к.т.н.

rein.feur.07@gmail.com
vadym.hulevskiy@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Молочна галузь - одна з передових галузей харчової промисловості, що є перспективною базою для впровадження ресурсозберігаючих заходів. Загально відомо, що повна переробка всіх компонентів молока, раціональне використання побічних продуктів, зниження нормативних втрат - найважливіші фактори для збільшення обсягів виробництва молочної продукції та підвищення ефективності роботи підприємства. Перероблення всіх компонентів молока є доцільним, адже молоко характеризується високою харчовою та поживною цінністю [1, 2].

Висока продуктивність виробництва молочної продукції залежить від багатьох умов: доцільності вибраної технології, стану електрифікації й автоматизації [3] та ресурсозбереження. Також не треба забувати про те що, силові електрообладнання повинне якісно забезпечувати нормальне протікання технологічного процесу при заданій тривалості роботи робочої машини та високої економічної ефективності. При виборі раціонального електроприводу необхідно дотримуватись наступних умов:

- найбільш повна відповідність силового обладнання характеристикам технологічного обладнання;
- максимальне використання потужності електродвигуна в процесі роботи машини;
- відповідність елементів електроприводу умовам навколишнього середовища;
- відповідність електроприводу.

Ресурсозбереження – це прогресивний напрям підвищення ефективності виробництв. Ресурсозберігаючі заходи на підприємствах молочної галузі України є дуже актуальним та економічно вигідним впровадженням, що забезпечує не тільки економію сировинних ресурсів, а й впливає на зростання виробництва продукції при тих самих кількостях незбираного молока, палива. Завданням ресурсозберігаючих заходів є виконання наступних функцій та принципів:

- стимулювання раціонального використання молочної сировини та впровадження ресурсо- і енергозберігаючих технологій;
- забезпечення потреб споживачів на необхідному рівні, що ґрунтується на сучасних теоріях харчування;
- розроблення інноваційних технологій, що передбачає використання вторинних молочних ресурсів в рецептурах молочних продуктів;
- забезпечення зниження негативного впливу на навколишнє середовище за рахунок застосування нових екозберігаючих технологій безвідходного виробництва;
- екологічний моніторинг, що полягає у проведенні обліку витрат сировинних ресурсів підприємствами та організаціями галузі;

- підвищення професійного рівня, екологічної освіти та виховання, забезпечення потрібною інформацією.

Перешкоджають впровадженню вказаних заходів проблеми, що характерні майже для всіх підприємств молокопереробної галузі України. Основними з них є:

- застаріла технологія виробництва і обладнання, низький рівень автоматизації;

- недостатній кваліфікаційний рівень працівників;

- відсутність джерел фінансування ресурсозберігаючих заходів;

- недостатня кількість інформації;

- відсутність правових засад відповідальності за нераціональне використання молочних ресурсів;

- відсутність належного контролю за ресурсозбереженням з боку органів державного управління;

- відсутність централізованого обліку використаних ресурсів тваринного походження;

Вирішення даних проблем буде сприяти раціональному та ефективному використанню всіх видів ресурсів, що задіяні на підприємстві.

Основні матеріали дослідження. Переоснащення молочної галузі необхідно здійснювати за рахунок власного ресурсного, виробничого і науково-технічного потенціалу та в значній мірі за рахунок модернізації виробництва і впровадження нових технологій. Важливим чинником оновлення працюючого обладнання є його моральний знос. Для здійснення своєї ефективної діяльності підприємства повинні провести заміну використовуваного ними застарілого обладнання.

Ось декілька основних машин нового типу [4]:

1. Резервуар для прийняття молока, який має наступні характеристики:

Виробник: «INOXPA»

Обладнання: *Reception of Raw Milk*

Тип: *ED-5*

Об'єм: *500 л/год.*

Температура нагрівання: *25 – 35⁰C.*

Переваги:

• Можливість підключення до центральної системи очищення *CIP*.

• Манометр для виявлення закупорки вторинного фільтра.

• Шафа керування, вбудована з нержавіючої сталі *AISI 304*.

• Включає: регулятор температури, регулювання насоса та відключення живлення, кнопки та робочі індикаторні ліхтарі.

2. Обладнання для пастеризації, з такими характеристиками:

Виробник: «*Dion engineering*»

Обладнання: «*Standard Milk Pasteurizer*»

Тип: *PMS500RSH*

Об'єм: *500 л/год.*

Температура нагрівання: *95⁰C.*

Переваги:

• Не потрібно наявності джерела гарячої води.

• Теплообмінник фірми *GEA* - Німеччина.

• Компактний дизайн, відповідний для мінімального робочого приміщення.

3. Сироробна ванна з електронагрівачем:

Обладнання: Сироробна ванна з електронагрівачем

Тип: *ME-650*

Мінімальний об'єм: 130 л.
Максимальний об'єм: 650 л.
Температура нагрівання: 95⁰С
Споживана потужність: 20 кВт.

Переваги:

- обладнання оснащено процесором.
- є електричний міксер з постійною швидкістю обертання 22 об\хв;
- пристрій нахилу для легкого і повного спорожнення ємності;
- кришка з нержавіючої сталі з шарніром;
- теплообмінник;
- циркуляційний насос та запобіжний клапан.

4. Прес для сиру:

Тип: ПС-24

Кількість голів сиру за один раз: 24 шт.

Тиск стисненого повітря, що надходить в пневмоциліндри, МПа (кгс/см²): 0,6.

Максимальне зусилля пресування, кН/кгс: 720.

5. Датчик у камері дозрівання:

Виробник: «TEXAS INSTRUMENTS»

Тип: LM73СІМК-0/НОРВ

Тип інтерфейсу: Послідовний (2-провідний)

Тип виходу: Цифровий

Тип упаковки: TSOT

Робоча температура (max): 15⁰С

Робоча температура (min): - 4⁰С

Робоча напруга живлення (тип): 3,3 / 5 (В)

Операційний клас: ІС

Струм живлення: 0,495 (мА)

Висновки. Одним з основних напрямків при виробництві молочної продукції є розробка принципово нових технологій і обладнання, що забезпечують глибоку, комплексну, енерго- і ресурсозберігаючу переробку сільськогосподарської сировини і напівфабрикатів на основі інноваційних фізико-хімічних та електрофізичних способів і методів. Проведений огляд дасть можливість вирішення проблем переоснащення обладнання для раціонального використання молочної сировини та впровадження ресурсо- і енергозберігаючих технологій.

Список використаних джерел

1. Волкова І. Д., Гулевський В. Б. Виробництво сирів в країнах Євросоюзу. *Матеріали VII Всеукраїнської науково-технічної конференції магістрантів і студентів ТДАТУ* (11-22 листопада 2019 р.). Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 64 с.

2. Волкова І. Д., Гулевський В. Б. Проблеми і перспективи розвитку сироробної промисловості. *Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії: матеріали I Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конференції* (м. Мелітополь, 08-26 червня 2020 р.). Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 75-77.

3. Гулевський В. Б., Кузнецов І. О. Современные тенденции в автоматизации технологических процессов. *Енергозабезпечення технологічних процесів: зб. тез доповідей VIII Міжнарод. наук.-практ. конф. пам'яті І.І. Мартиненка*, 13-14 червня 2019 р. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. С.44.

4. Молочное оборудование. *INOXPA*: веб-сайт. URL: <https://www.inoxpa.com.ua/molochnoe-oborudovanie> (дата звернення: 07.10.2020).

УДК 628.83:631.25

БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМУ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ В РЕМОНТНІЙ МАЙСТЕРНІ

Уколов К. С., студент

kirill58743@gmail.com

Постнікова М. В., к.т.н.

marina.postnikova@tsatu.edu.ua

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. Система контролю та регулювання вентиляції в приміщенні ремонтної майстерні є актуальною задачею. В залежності від призначення приміщень і технологічних процесів, що відбуваються в них, змінюється і характер шкідливих виділень, що забруднюють повітря. Це надлишкове надходження в приміщення тепла, вологи, газів, пару і пилу. В зв'язку з цим, мета вентиляції – видалити з приміщення забруднене повітря і подати відповідно чисте повітря.

Основні матеріали дослідження. В залежності від способів, що викликають рух повітря, систему вентиляції підрозділяють на природну і штучну.

При природній вентиляції повітрообмін відбувається за рахунок різниці щільності зовнішнього повітря і повітря всередині приміщення. Такий повітрообмін відбувається за рахунок відкриття фрамуг, дверей, витяжних шахт.

При штучній вентиляції повітря переміщується за допомогою вентилятора з електроприводом, тобто механічно. Механічна вентиляція має, в порівнянні із природною, ряд переваг: великий радіус дії внаслідок значного тиску, що створюється вентилятором; можливість змінювати або зберігати необхідний об'єм повітря незалежно від метеорологічних умов, можливість піддавати повітря, що вводиться в приміщення, попередній обробці: очистці, підігріву або охолодженню; можливість організації оптимального повітроподілу з подачею повітря безпосередньо до робочих місць.

В залежності від призначення, розрізняють припливні і витяжні системи вентиляції. За допомогою витяжних систем вентиляції видаляється забруднене повітря з приміщення. Припливні системи вентиляції забезпечують подачу в приміщення зовнішнього повітря.

Витяжні системи складаються з наступних конструктивних елементів: витяжних шахт; повітроводів, по яким повітря видаляється з приміщення в витяжну камеру; витяжної камери, де встановлюється вентилятор з електроприводом; витяжної шахти, скрізь яку повітря видаляється в атмосферу; пристроїв регулювання.

Припливні системи вентиляції складаються з наступних елементів: повітроприймального пристрою, скрізь який зовнішнє повітря поступає в систему; припливної камери, в якій розташовується вентилятор з електродвигуном; мережі повітроводів, по яким повітря від вентилятора подається в окремі приміщення; припливних отворів або насадок, скрізь які повітря поступає в приміщення; жалюзних ґрат; пристроїв регулювання.

Основними частинами припливної системи є: утеплена повітряна засувка, вентилятор з електродвигуном, регульвальний клапан на теплоносії, калорифер.

Зовнішнє повітря поступає в вентиляційну камеру скрізь повітрозбірник. Повітря нагрівається до температури 20-22°C в калорифері і вентилятором подається по повітроводу в приміщення.

Така система забезпечує сприятливі умови для перебування людей в приміщеннях і для створення нормальних умов праці в ремонтній майстерні.

Крім основних частин, в цій системі є ще датчики температури, виконавчий механізм регулювального клапана, виконавчий механізм утепленої засувки.

Одна з основних особливостей цієї системи полягає в інерційності датчика температури, який не встигає відреагувати на зміну температури припливного повітря в тому випадку, коли виконавчий механізм регулюючого клапана на теплоносії забезпечує повне відкриття клапана на 30 с, що призводить до перегріву. Потім поступає імпульс від датчика на закриття клапана, після чого поступає переохолодження, що небажано, і весь процес повторюється.

Таким чином, в системі датчик – клапан виникають незатухаючі коливання і постійність температури припливного повітря, яке вимагається, не забезпечується, тобто така система є нестійкою.

Для усунення коливань використаний ступінчатий імпульсний переривач (СПП), який обмежує час дії імпульсу від датчика до клапана і створює необхідні паузи між імпульсами, при яких клапан на теплоносії займає таке проміжне положення, яке забезпечує задану температуру припливного повітря, тому така система з СППом стає стійкою.

Блок-схема – це представлення алгоритму розв'язування або аналізу задачі за допомогою геометричних елементів (блоків), які позначають операції, потік, дані тощо. В середині блоків міститься інформація про операції, що підлягають виконанню.

Основні властивості алгоритмів: зрозумілість для виконавця – виконавець алгоритму повинен розуміти, як його виконувати; дискретність – алгоритм повинен представляти процес рішення задачі як послідовне виконання простих етапів; визначеність – кожне правило алгоритму має бути чітким і однозначним; результативність – полягає в тому, що за кінцеве число кроків алгоритм або повинен приводити до рішення задачі, або після кінцевого числа кроків або часу зупинитися із-за неможливості отримати рішення з видачею відповідного повідомлення; загальність – алгоритм рішення задачі розробляється в загальному вигляді.

Блок-схема алгоритму функціонування системи вентиляції ремонтної майстерні приведена на рис. 1.

Висновки. Як видно з аналізу питання, для забезпечення оптимального мікроклімату в ремонтній майстерні необхідно застосовувати ступінчатий імпульсний переривач.

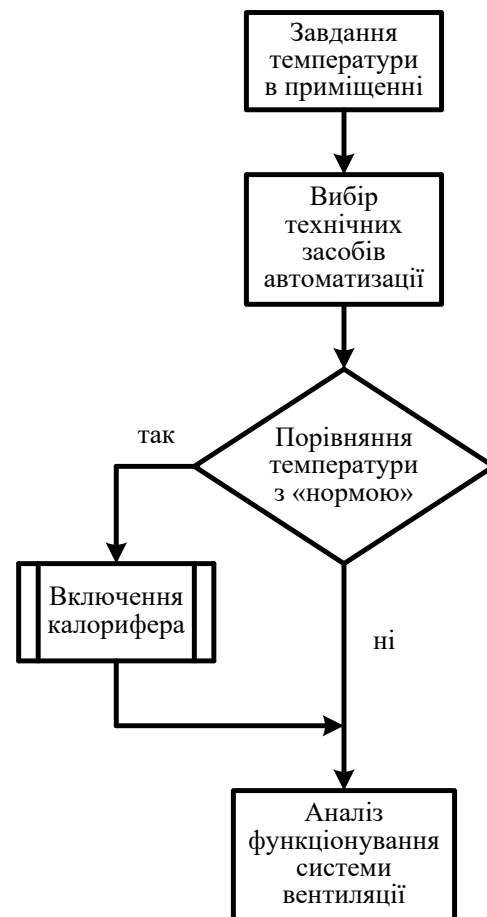


Рисунок 1. Блок-схема алгоритму функціонування системи вентиляції

УДК 681.5.08

ОБГРУНТУВАННЯ УЗАГАЛЬНЕНОЇ СТРУКТУРИ ПРИЛАДУ ОБЛІКУ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ І ТЕПЛОНОСІЯ

Цвентух М. Ю., студент
Нестерчук Д. М., к.т.н.

maxtsventuh30@gmail.com
dina.nesterchuk@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Політика енергозбереження в Україні передбачає комплексне впровадження енергозберігаючих заходів, а саме, оснащення енергоспоживачів приладами вимірювання, обліку та регулювання. Така стратегія є доцільною, так як суттєво вплине на скорочення споживачів палива, енергії та ресурсів в економіці та в невиробничій сфері [1].

Основним пріоритетним питанням є впровадження енергозбереження через створення автоматизованих систем обліку енергоресурсів та основі сучасних систем збору інформації від первинних перетворювачів обліку, її зберігання та ефективне використання при здійсненні розрахунків за використаний енергоресурс [2].

Тільки можливість реальної економії здатна стимулювати населення і підприємців застосовувати у себе сучасне обладнання і регулювати споживання енергії. При цьому і теплостачальні й експлуатаційні підприємства втрачають можливість компенсувати за рахунок користувачів свої втрати. В умовах, коли вартість спожитої теплової енергії становить вагомую частку в вартості послуг (в першу чергу - комунальних) та продукції, організація комерційного обліку тепла набуває найважливішу роль.

Основні матеріали дослідження. Сучасний ринок пропонує повний спектр обладнання для обліку споживання теплової енергії на виробничих підприємствах, об'єктах сфери послуг та в комунальній сфері. Облік теплової енергії здійснюється за допомогою комплексу, який містить механічні, вимірювальні та електронні пристрої, що передбачають контроль, реєстрацію показників теплоносія. Аналіз літературних джерел [1...3] надав можливість описати узагальнену структуру приладу для обліку теплової енергії, яка наведена на рис. 1.

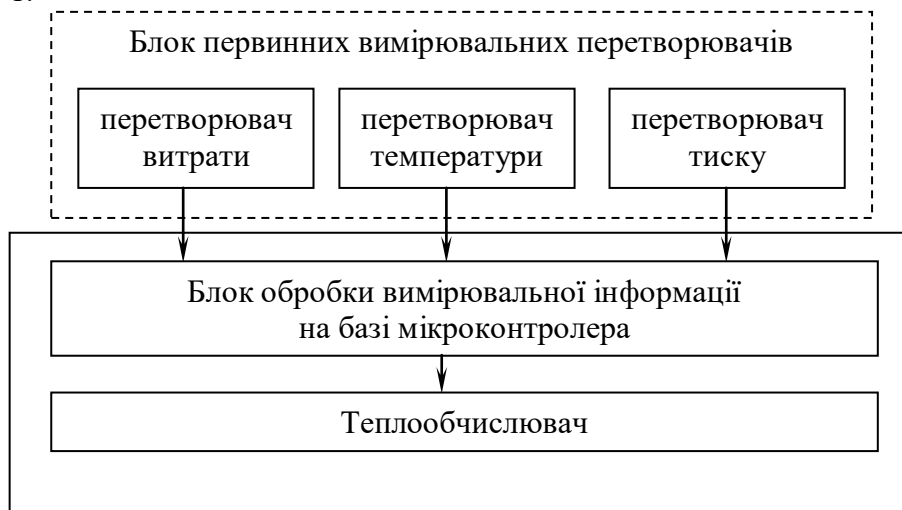


Рисунок 1. Узагальнена структура приладу для обліку теплової енергії

За даними [1...3] існують різні способи вимірювання витрати теплоносія, а саме, електромагнітний, ультразвуковий, вихровий та тахометричний.

В [4] авторами детально описаний спосіб електромагнітного вимірювання витрати теплоносія та представлена схема структурна електромагнітного витратоміра-лічильника для системи обліку теплової енергії.

Розглянемо призначення блоку обробки вимірювальної інформації на базі мікроконтролера та теплообчислювача.

Блок здійснює перетворення сигналу від блоку первинних вимірювальних перетворювачів витрати, температури й тиску в електричні вимірювальні сигнали в мікроконтролері для подальшого функціонування теплообчислювача.

Теплообчислювач надає цифрові значення теплової енергії, кількості спожитого теплоносія, та його параметри (температури й тиск), архівує отримані дані і передає інформацію на комп'ютер або безпосередньо на пристрій, що друкує, а також реєструє час роботи пристрою обліку та його самодіагностування.

Надійність, як властивість теплотічильника, характеризуються надійністю його елементів в процесі його експлуатації, при цьому основним елементом, надійність якого фактично визначає надійність теплотічильника в цілому, є витратомір.

Висновки. Тому впровадження енергозберігаючих технологій в умовах дефіциту енергоресурсів формує вимоги до системи обліку теплової енергії, а саме: точність, надійність, оперативність роботи та рівень автоматизації. Все це визначає актуальність удосконалення систем обліку та контролю за витратами енергоресурсів в умовах ринкових відносин між постачальником та споживачем.

Список використаних джерел

1. Смородин С. Н. Системи и узлы учета расхода энергоресурсов: учебное пособие. Санкт-Петербург: СПбГТУРП, 2014. 20 с.
2. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житлово-комунального господарства України. Луганськ: Місячне сяйво, 2010. 696 с.
3. Кремлевский П. П. Расходомеры и счетчики количества веществ: справочник. Санкт-Петербург: Политехника, 2002. Кн.1. 409 с.
4. *Нестерчук Д. М.* Електромагнітний витратомір-лічильник для системи обліку теплової енергії. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2017. Вип. 7, т. 1. С. 176–187.

УДК 631.24:628.8

КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ В ЗЕРНОСХОВИЩІ

Жук А. В., студент

andryusha.zhuk.80@gmail.com

Постнікова М. В., к.т.н.

marina.postnikova@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Основним завданням при зберіганні зерна є збереження його кількості і якості. Відповідно система зберігання повинна зробити можливим подальше проходження цього процесу, який для різних культур має тривалість від декількох тижнів до майже півроку. Найважливішими умовами для подальшого проходження процесу післязбирального дозрівання є вологість зерна на рівні 13-14%, температура в межах +20...+30°C, а також присутність кисню в просторі між зернами. В результаті у зерні можуть підвищуватися енергія проростання і схожість, а також поліпшуватися окремі технологічні властивості [1, 2].

Дотримання всіх правил при закладці зерна на зберігання дозволяє сільськогосподарським виробникам забезпечити збереження всіх якісних показників врожаю і мінімізувати можливі втрати. Тому питання контролю температурного режиму в зерносховищі є актуальними [2].

Основні матеріали дослідження. Правила зберігання зерна припускають виконання умов підготовки зерносховища і зерна на закладку, режиму зберігання (температура, вологість і ін.) (таблиця 1).

Таблиця 1. Технологічна характеристика сховищ різного типу

Тип сховища	Переваги	Недоліки	Призначення
Наземний склад	Стабільний режим зберігання, мінімальне пошкодження і дроблення зерна, можливість роздільного зберігання	Невисокий рівень механізації та контролю за якістю, низький коефіцієнт використання території, невелика місткість	Зберігання насінневого зерна, кукурудзи, олійних культур, тривале зберігання зерна
Бетонний силос	Стабільний режим зберігання, можливість частого перезавантаження	Складне обслуговування та контроль якості. Дроблення зерна при завантаженні	Тимчасове та тривале зберігання зерна
Металевий силос	Високий рівень експлуатації та контролю за якістю, широкий типорозмірний ряд	Залежність від метеоумов, дроблення зерна при завантаженні	Концентрація та тимчасове зберігання зерна

Згідно з правилами зберігання зерна його вологість повинна бути на рівні 10-12%, коли в ньому перестають відбуватися біохімічні процеси, практично повністю припиняють свій розвиток комахи, кліщі і мікроорганізми. В результаті, зерно може зберігатися протягом декількох років і кількісні втрати не перевищать 0,04% на рік [3].

Якщо на зберігання закладають зерно, у якого підвищена вологість, то дихання продукту активізується, що сприяє розвитку мікроорганізмів і різних шкідників. Все це викликає самозігрівання зернової маси, так як починає виділятися багато тепла, і внаслідок, втрату маси до 8% та якості продукту. У деяких випадках відбувається псування запасів, якщо температура підвищується до +55°C [1].

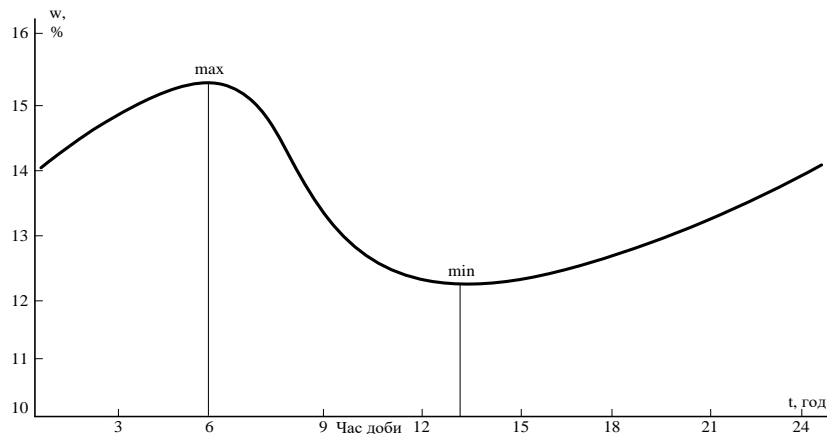


Рисунок 1. Графік залежності вологості зерна від часу доби

Кожен тип зерна має свій критичний рівень вологості, при якому починається інтенсивне дихання. Так, для гречки, пшениці, жита, рису та ячменю цей рівень становить 14,5-15,5%, для бобових культур рівень становить 15-16%, для кукурудзи, вівса і проса - 13,5-14,5%. (рисунок 1). Варто відзначити, що розвиток пліснявих грибів загрожує виділенням токсинів, які є отруйними для тварин і людини. Надмірна вологість зерна призводить до проростання продукту, а це знижує його якісні характеристики і підвищує кількісні втрати [3].

Важливим правилом зберігання зерна є підтримання оптимального рівня температури в сховищі. Найбільш прийнятною вважається температура нижче +10°C, тоді інтенсивність дихання зернової маси низька, шкідники і мікроорганізми розвиваються дуже повільно, виключений процес самозігрівання. При цьому, в охолодженому стані можна зберігати навіть вологе зерно, але сухе зерно таки є найбільш стійким в процесі зберігання. Перед тим, як закласти нову партію врожаю, необхідно виконати одне просте правило зберігання зерна - дезінсекцію приміщення, устаткування, транспортних засобів і тари, яку здійснюють газовим або аерозольним способом.

Висновки. Як видно з аналізу питання, контролю температурного режиму в зерносховищі необхідно приділити увагу, особливо оптимізації процесу.

Список використаних джерел

1. Постнікова М. В. Характеристика і енергоємність технологічних процесів на елеваторах. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем*: матеріали I Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. пам'яті В. В. Овчарова (20 травня - 04 червня 2020 р.). Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 45-46.
2. Постнікова М. В. Вплив факторів на енергоємність транспортерів зернопунктів. *Проблеми та перспективи сталого розвитку АПК*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (м. Мелітополь, 7-14 квіт. 2015 р.). Мелітополь: ТДАТУ, 2015. Т. 4: Технічні науки, ч. 1. С. 8-11.
3. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. [Чинний від 2019-06-10]. Київ, 2019. 19 с.

УДК 664.1.039

ОБРОБКА ПЛОДІВ СВЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯМ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СОКІВ

Д'яченко Б. А., студент
Науковий керівник:

Diatchienko74@gmail.com

Вовк О. Ю., к.т.н.

Oleksandr.vovk@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. У наш час існує значна потреба у мінімізації витрат при виробництві та підвищенні якості вихідного продукту. Кожний виробник прагне досягти найкращого співвідношення ціна-якість.

Агропромислове виробництво постійно нарощує виробництво продукції. Але на протязі усього циклу виробництва втрачається певна частина продукту. На етапі переробки продукція втрачається через такі фактори, як низький вихід, брак, зниження поживних властивостей [1].

Важливою задачею є збільшення виходу соку з плодів та ягід без окиснення, помутніння, зменшення поживної цінності, оскільки від цього залежить не лише товарний вигляд а й поживна цінність. Також правильна технологія дозволить зменшити загальну кількість операцій з соком та виключити непотрібні і навіть шкідливі [2, 3].

Традиційні методи мають той основний недолік, що включають подрібнення цілих плодів що викликає окиснення та помутніння при відтиску з мезги, знижуючи харчову цінність соку [4, 5].

Одним з потенційно ефективних засобів вирішення проблеми є використання електромагнітної енергії [6].

Основні матеріали дослідження. Для розв'язання поставленої задачі було розглянуто метод обробки плодів СВЧ опромінюванням. Для досліду використовували яблука.

Плоди яблук обробляються ЕМП СВЧ, частотою 2400 ± 50 МГц протягом 2-3,5 хв., при цьому температура яблук по всьому об'єму досягає $80-90^\circ\text{C}$, що сприяє запобіганню подальшого окиснення.

При обробці СВЧ опромінюванням фенольні ферменти інактивуються, а проникність клітинної оболонки збільшується. Обробка яблук протягом часу до 2 хв. не дає ефективних результатів у той час як обробка протягом часу 4 хв. і більше навпаки знижує вихід соку.

Спосіб виробництва соку заснований на застосуванні ЕМП СВЧ на цілі плоди дозволяє отримати неокиснений, світлий сік з оптичною щільністю 0,2 - 0,3, у той час як у соку отриманому за традиційною технологією цей показник знаходиться у межах 0,8 - 0,9.

Встановлено що різниця між виходом соку при використанні традиційних технологій та при застосуванні ЕМП СВЧ складає приблизно 10%. Також даний спосіб дозволяє виключити такі технологічні процеси як дроблення, підігрівання, освітлення, що у свою чергу дозволяє заощадити на електропостачанні.

Висновки. У роботі представлено ефективний метод обробки яблук та інших подібних плодів з застосуванням технології обробки СВЧ полем, що дозволяє не проводити операції дроблення, освітлення та підігрівання перед фільтрацією.

Представлена технологія дозволяє отриманий продукт, що володіє відмінними органолептичними показниками, стабільний до окиснення. Вміст фенольних речовин та аскорбінової кислоти більший, ніж у половину у порівнянні з продуктом отриманим традиційним методом.

За умови використання представленої технології передбачається зниження витрат електричної енергії аж до 40%.

Список використаних джерел

1. Оленев Н. В. Интенсификация технологии переработки плодово-ягодного сырья путём применения электрофизических методов нагрева продукции. *Харчова наука і технологія*. 2010. № 3(12). URL: [file:///C:/Users/diatc/Downloads/Khnit_2010_3_30%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/diatc/Downloads/Khnit_2010_3_30%20(2).pdf) (дата звернення: 15.11.2020)
2. Джаруллаев Д. С. Научно-технические принципы создания интенсивных технологий переработки плодово-ягодного сырья с использованием электромагнитного поля сверхвысокой частоты: автореферат дисс. ... докт. техн. наук: 05. 18. 13 / Кубанский гос. технологический университет. Краснодар, 2005. 49 с
3. Мельник Ю. Ф. Микроволновая технология: новые возможности. *Микроволновые технологии в народном хозяйстве*. 2009. № 7-8. С. 6-8.
4. Демьянчук Б. А. Принципы и применения микроволнового нагрева. Одесса: Черноморье, 2004. 520 с.
5. Остапенков А. Н. Стерилизующие свойства электромагнитных полей СВЧ-диапазона волн. *Электронная обработка материалов*. 1981. № 1. С. 68–70.
6. Овчаров В. В., Вовк О. Ю. Загальна електротехніка: навчальний посібник. Мелітополь: Люкс, 2018. 310 с.

УДК 663.43

ТЕХНОЛОГІЧНІ ВИМОГИ ДО ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ ПИВНОГО СОЛОДУ

Панков Д. В., студент

dima.pankov047@gmail.com

Постнікова М. В., к.т.н.

marina.postnikova@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Приготування пивного солоду складається з таких стадій: підготовка зерна ячменю; замочування зерна; пророщування зерна; висушування; відокремлення паростків; дозрівання солоду. Кожна з цих стадій повинна виконуватися відповідно до технологічних вимог. Від цього залежить якість продукту. Тому питання дотримання нормативних вимог до технологічного процесу приготування пивного солоду є актуальними.

Основні матеріали дослідження. Технологія приготування пивного солоду наступна:

1. Підготовка ячменю складається в очищенні та сортуванні зерна. Необхідність сортування ячменю перед зберіганням зумовлена тим, що зерна різного розміру мають різну водопоглинальну здатність, дрібні зерна більш інтенсивно поглинають вологу і в подальшому швидше розвиваються, ніж великі. Для забезпечення однакової вологості при замочуванні і рівномірного розвитку при пророщуванні, ячмінь після первинного і вторинного очищення сортують на ситах на три фракції за товщиною зерна: менше 2,2 мм - 3 гатунок (кормовий); 2,2 - 2,5 мм - 2 гатунок; більше 2,5 мм - 1 гатунок.

2. Замочування зерна здійснюється з метою активації ферментних систем і появи паростка. Початковий вміст води в ячмені становить 14...15%. Активні життєві процеси в зародку розпочинаються при вологості 30%, при 38% ячмінь проростає швидко і рівномірно; добре розчинення ендосперму і накопичення ферментів спостерігається при вологості 44...48% і вище.

Для зволоження зерно після миття і дезінфекції залишають у воді на 2...4 години, а потім без води - на 12...14 годин. У період повітряної паузи зерно зрошують з форсунок 1...1,5 години з одночасним ворущінням, а потім 25...30 хв. проводять продування повітрям, створюючи стабільні умови для аеробного дихання зерна.

Витрати води на змочування ячменю повітряно-зрошувальним способом становлять: 2,0 м³/т на миття; 1,0 м³/т на замочування зануренням три зміни води; 0,2 м³/т замочування зрошувальним способом за одну операцію, протягом замочування здійснюють 25 таких операцій тривалістю 15 хв кожна.

Таким чином, загальна кількість води V (м³) на замочування ГЯ (т) ячменю повітряно-зрошувальним способом становить: для світлого солоду зерно замочують до вологості 42...44%, темного солоду - 45...47%.

Тривалість замочування при температурі 12°C - 56 годин, а при температурі 15°C - 48 годин. При більшій температурі зерно закисає.

3. Пророщування ячменю проводять з метою накопичення в ньому ферментів, розпушування та руйнування стінок зерна для полегшення видобутку крохмалю, білкових і інших речовин при приготуванні сула. Температура пророщування для світлого солоду 18°C і для темного солоду - до 24°C.

Пророщування здійснюють у солодовнях двох різних типів. Пневматичні солодовні ящикного типу складаються з прямокутних відкритих ящиків з

цегляними або залізобетонними стінками і сітчастим дном на висоті 1...1,8 м від основного дна. Шар зерна складає 0,6...1 м. Знизу регулюють подачу повітря, а зверху – видалення CO₂, що утворюється при диханні зерна. Для запобігання переплетіння корінців солоду застосовують ворухителі. У перший день ворухать два рази, температура зерна 12...14°C; на другий і третій день - 3 рази, температура зерна 15...18°C; на четвертий і п'ятий день - по 2 рази, температура зерна 18...20°C.

Тривалість пророщування світлого солоду 7 діб, а темного - 9 діб, але ферменти накопичуються в основному за перші 5 діб, в наступні часи відбувається ферментативний гідроліз.

4. Висушування. Із зеленого солоду не можна одержати пиво. Для додання необхідних властивостей (специфічного смаку, кольору, аромату) і гарного збереження його сушать до залишкової вологості 2...2,5%. Різні температурні режими і тривалість сушіння дозволяє одержати солод наступних видів: білий, світлий, карамельний, темний, жарений і ін.

Існують 3 стадії висушування: фізіологічна - відбувається при температурі 40°C, триває до вмісту води 35...30%. Завдання першого етапу температурної обробки – зупинити процес розвитку паростка; ферментативна - відбувається при температурі 40...75°C, триває до вологості 10%. При виробництві світлого солоду тривалість ферментної стадії намагаються скоротити для запобігання його потемніння. Для цього швидко знижують вологість солоду до 10%. При виробництві темного солоду, навпаки, зневоднення проводять повільно, знижуючи вміст води до 20%. Хімічна стадія настає при температурі вище 75°C, коли ферменти інактивуються і закінчується при температурі 80°C для світлого солоду і біля 105°C для темного солоду. При цих температурах солод витримують 3...4 години, знижуючи вологість світлого солоду до 3...5%, темного - до 1,5...2,5%. Хімічна стадія характеризується утворенням меланоїдинів. У світлому солоді цих речовин мало, хімічної стадії практично немає, тому він має високу ферментативну активність. У темного солоду цих речовин багато, але ферментативна активність значно нижче, чим світлого солоду в результаті інактивації ферментів під час висушування при високій температурі.

Висушування солоду триває 18...20 годин і відбувається воно на одноярусних сушарках. Шар солоду на решітках становить 0,8...1,3 м. Нагріте повітря подається відцентровим насосом знизу і проходить крізь шар продукту, що висушується.

5. Відокремлення паростків. По закінченні сушіння у сухого солоду відокремлюють паростки, які можуть бути причиною гіркої смаку пива. Паростки відокремлюють на паростковідбивних машинах. Потім солод очищають від пилу і крупки і направляють на пакування.

6. Дозрівання солоду. Свіжевисушений солод непридатний для переробки і перед надходженням на виробництво його необхідно витримувати у сховищах не менше 30 діб при температурі до 20°C. Під час зберігання вміст води у солоді підвищується на 2...3%, у ньому відбуваються сприятливі фізико-хімічні перетворення (збільшується об'єм зерна, вміст азотистих і мінеральних речовин, підвищується активність ферментів та ін.), що сприяє підвищенню якості солоду.

Висновки. Якщо всі технологічні вимоги до процесу приготування пивного солоду будуть дотримані, то охолоджений і сухий солод при оптимальній температурі і вологості може зберігатися без втрат якості до 2 років. Якість солоду характеризується вмістом в ньому екстрактивних речовин і тривалістю оцукрювання.

УДК 637.3

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ МОЛОКА ДО СКВАШУВАННЯ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ НА СИР

Іванов М. В., студент

ivanov.maksus@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Виготовлення сиру має доволі енергозатратну і ресурсозатратну технологію. Тому вибір оптимальної технології виробництва сиру є питанням актуальним. Сироваріння ставить особливі вимоги до якості молока. Крім того, що молоко має відповідати загальним вимогам до сировини для молочної промисловості, воно ще й повинне бути біологічно повноцінним, придатним для виробництва сиру, утворювати щільний згусток під дією сичужного ферменту. Здатність до зсідання під дією сичужного ферменту – одна з найважливіших якостей молока для сироваріння. При аналізі показників якості сквашування молока та підготовці його до процедури сквашування, особливостей підготовки молока до сквашування різними заквасками встановлено, що наряду з нормативними показниками якості молока при розробці технології сквашування треба враховувати такі складові, як: температура сквашування, мікрофлора молока, здатність зсідатися.

Основні матеріали дослідження. Сир виробляється з молока, яке має наступні фізико-хімічні і біологічні властивості: нормальні смак, запах, колір, консистенцію і свіжість; нормальний склад, достатню кількість і потрібне співвідношення казеїну й жиру; нормальні властивості білків і солей; необхідний якісний та кількісний склад мікрофлори; не знижену здатність зсідатися.

Задача підготовки молока до зсідання – забезпечити необхідні для виробництва сиру склад і властивості молока. Вона охоплює визрівання, пастеризацію, нормалізацію молока за жиром, внесення робочої закваски, кальцію хлориду, сичужного ферменту, харчового барвника для надання сиру необхідного за стандартом кольору.

Визрівання доброякісного молока здійснюється протягом 10 – 15 годин за температури 8 – 10°C, що сприяє розвитку і накопиченню молочнокислої мікрофлори, результатом чого є підвищення кислотності молока на 1 – 2°T.

Жирність – один із основних показників товарної якості сиру. Для одержання сиру визначеної жирності потрібно знати також вміст білка або казеїну і відношення жир – казеїн, а жирність суміші розраховувати за формулою

$$Ж_{см} = \frac{K \cdot B \cdot Ж_c}{100}, \quad (1)$$

де $Ж_{см}$ - жирність суміші, %;

B - вміст білків у молоці, %;

$Ж_c$ - відносна жирність сиру, %;

K - коефіцієнт, встановлений для сирів 50%-ї жирності він дорівнює 2,07, для сирів 45%-ї жирності 1,98.

В сироварінні молоко пастеризують переважно у пластинчастих пастеризаційно-охолоджувальних установках. Теплова обробка молока поєднується з його механічним очищенням, нормалізацією, з бактеровідділенням, вакуумкондецюванням та охолодженням. Молоко пастеризують переважно при температурі не більше 65-70°C, щоб не було проблем з зсіданням. Охолодження

молока поєднують з внесенням компонентів: бактерицидної закваски 0,3-0,5%, 10-40 г 40% водного розчину кальція хлориду, сичужного ферменту з розрахунку на 100 кг нормалізованого молока [1].

Для зсідання молока використовують ферментний препарат – сичужний порошок, який виробляють на спеціальних заводах із слизової оболонки сичуга молочних телят або ягнят. Здатності, що забезпечує зсідання сичужному порошку, надає хімозолін, хоча й інші протеолептичні ферменти здатні спричинити зсідання молока [1].

Щоб підвищити кислотність молока зсідання додають сичужний фермент. Оптимальна кислотність для дії ферменту рН 5,9...6,0. При рН вище 6,5 вплив ферменту припиняється. Масу сичужного ферменту, необхідного для зсідання молока в заданий час, визначають за формулою

$$M_{\phi} = \frac{MP \cdot 0,1}{60 \cdot \tau}, \quad (2)$$

де M_{ϕ} – маса 1%-го розчину сичужного порошку;

M – маса молока, л;

P – тривалість зсідання на 100 мл підігрітого до температури зсідання молока 10 мл розчину ферменту (відлік ведуть від моменту додавання розчину до утворення нормального згустку);

τ – прийнятий час зсідання молока, хвилина.

Ферменти сичужного порошку частково зберігаються у згустку (хоча під час відділення сироватки від згустку, більшість ферментів переходять у сироватку) і далі виявляють свій вплив під час визрівання твердого сиру.

На рис. 1 показана схема оптимальної технології підготовки молока до сквашування (зсідання).

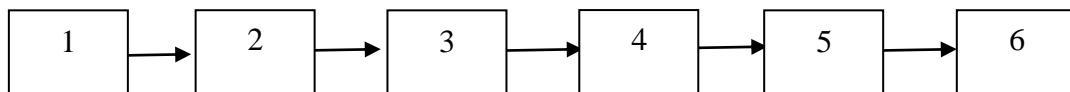


Рисунок 1. Схема технологічних операцій підготовки молока до зсідання

Послідовність операцій наступні: 1 – охолодження молока (8-10°C); 2 – визрівання молока (10-15годин); 3 – складання нормалізованої суміші і очищення (35-40°C); 4 – пастеризація нормалізованої суміші (65-70°C); 5 – охолодження до температури зсідання (32-35°C); 6 – внесення необхідних компонентів (бактерицидної закваски, кальція хлориду, сичужного ферменту).

Висновки. Створення оптимальної схеми технологічних операцій дозволить якісно підготувати молоко до сквашування та зменшити енергетичні ресурси при виробництві сиру.

Список використаних джерел

1. Машкін М. І., Париш Н. М. Технологія виробництва молока і молочних продуктів. Київ: Вища освіта, 2006. 222 с.
2. Технологічне обладнання для переробки продукції тваринництва: навч. посібник / О. В. Гвоздев та ін.; за ред. О. В. Гвоздева. Суми: Довкілля, 2004. 420 с.

УДК 637.146.21

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА КЕФІРУ

Сідельников Б. Ю., студент

bogdansidelnikov@gmail.com

Постнікова М. В., к.т.н.

marina.postnikova@tsatu.edu.ua

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. Відомо, що кефір корисний для здоров'я людини: в кефірі містяться корисні мікроорганізми, які позитивно впливають на травлення і допомагають при захворюваннях шлунково-кишкового тракту. Кефір виробляють із суцільного коров'ячого молока (щільністю не нижче $1,028 \text{ г/см}^3$), із знежиреного молока (не нижче другого гатунку, кислотністю 19°T (Тельнера), із використанням вершків (вміст жиру не більше 30% і кислотність плазми не вище 24°T), молока, відновленого із сухого (або суцільного вищого гатунку, знежиреного) [1]. Кефір утворюється завдяки сквашуванню молока так званими кефірними грибками. Ці грибки являють собою конгломерат різноманітних мікроорганізмів, у тому числі й дріжджів [2, 3]. На даний момент існує дві технології виробництва кефіру: термостатним та резервуарним способами. Необхідно проаналізувати всі технології виробництва кефіру з метою виявлення переваг та недоліків кожного з способів.

Основні матеріали дослідження. Кефір виробляють двома способами резервуарним та термостатним (рисунок 1) [4]. При виробництві термостатним способом молоко після заквашування в танку одразу розливають в споживчу тару, і направляють до термостатів для сквашування та дозрівання, при температурі $36\text{-}38^\circ\text{C}$. Тобто це створює необхідність наявності термостатної камери, в якій кожна упаковка повинна знаходитися в однакових умовах. Це призводить до підвищення енергозатрат, а отже і підвищення собівартості продукту. Готовий продукт направляють в холодильні камери для зберігання [4].

При резервуарному способі виробництва кефіру після внесення закваски в молоко, процеси сквашування, дозрівання та охолодження продукту здійснюються в резервуарі, і тільки готовий охолоджений продукт розливають в споживчу тару. Цей спосіб дозволяє знизити собівартість продукту в 1,5 рази і на 35-37% підвищити продуктивність праці, зменшити виробничі площі за рахунок ліквідації громіздких термостатних камер. При цьому збільшується знімання продукції з 1 м^2 виробничої площі і знижує витрати теплоти і холоду. Також він дозволяє здійснити більш повну механізацію та автоматизацію технологічного процесу за рахунок застосування більш складних резервуарів заквашування.

Сквашування молока проводять у спеціальних двостінних вертикальних ємностях, обладнаних мішалками з автоматичним пристроєм. Часткове перемішування або розрізання згустку призводить до відділення сироватки, а збовтування мішалкою до піноутворення, що у свою чергу викликає відділення сироватки. Автоматичний пристрій забезпечує протікання сквашування по визначеному циклу: перемішування – спокій – перемішування, а також служить для вмикання системи охолодження. Охолодження здійснюють холодною водою або розсолем, що циркулює по кільцевому зазору між внутрішньою і середньою ємностями. Середня ємність постачена теплоізоляцією, облицьована захисним кожухом. Заквашене молоко сквашується в ємності до необхідної кислотності. Отриманий згусток охолоджується в тій же ємності, при цьому через кожні 30-40 хв. включається мішалка для розмішування згустку і більш швидкого його охолодження [4].

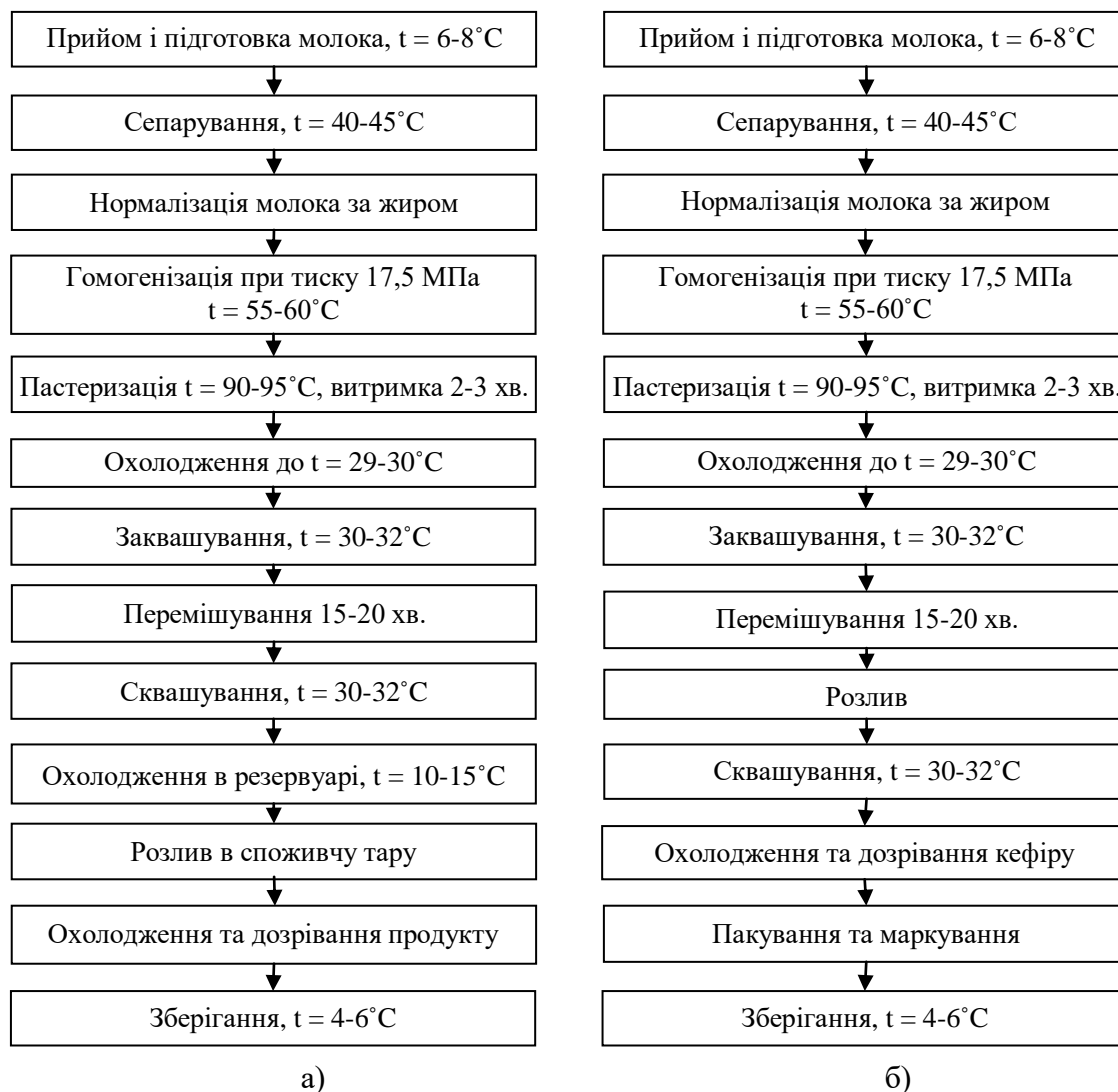


Рисунок 1. Технологічні схеми виробництва кефіру резервуарним (а) та термостатним (б) способом

Висновки. З аналізу існуючих технологій виробництва кефіру видно, що виробництво кефіру резервуарним способом має ряд переваг перед термостатним. Але в масштабах великого виробництва, з високим показником відпускнуї спроможності більш раціональним буде використання термостатного способу, так як процес заквашування молока і сквашування кефіру відбувається в різних технологічних об'єктах.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 4417:2005. Кефір. Технічні умови. [Чинний від 2006-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 9 с.
2. Технології виробництва кефіру. URL: https://studopedia.ru/17_121325_tehnologiya-virobnitstva-kefiru.html (дата звернення: 01.11.2020).
3. Порівняльна, товарознавча характеристика кефірів. URL: <https://www.docsity.com/ru/porivnyalna-tovarovnavcha-harakteristika-kefiriv/1462592/> (дата звернення: 01.11.2020).
4. Термостатний та резервуарний способи виробництва кисломолочних продуктів. URL: <https://studfile.net/preview/5200008/page:3/> (дата звернення: 09.11.2020).

УДК 664.691

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ІНГРЕДІЄНТІВ ПРИ ЗАМІСІ ТІСТА ДЛЯ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ

Щербаков С. В., студент

sherbak16032000@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Макаронні вироби мають ряд переваг перед найбільш поширеними харчовими продуктами, так як є доступними усім групам населення України, мають низьку вартість, мають швидкий та зручний спосіб приготування, здатні забезпечити усіма необхідними макро- та мікронутрієнтами для повноцінного функціонування організму людини. Вони характеризуються тривалими умовами зберігання, транспортабельністю, швидкістю і простотою приготування, а також високою поживною цінністю й засвоюваністю. Якість макаронних виробів залежить від якості інгредієнтів, що входять до складу тіста. Так у них міститься 9 - 13% білків, 75 – 79% - вуглеводів, 0,9% - жирів, 0,6% - мінеральних речовин. [1]. Макаронне тісто найпростіше, оскільки не містить дріжджів, олії, які входять до складу інших борошняних виробів.

На рисунку наведений порядок додавання основних інгредієнтів у макаронне тісто (1).

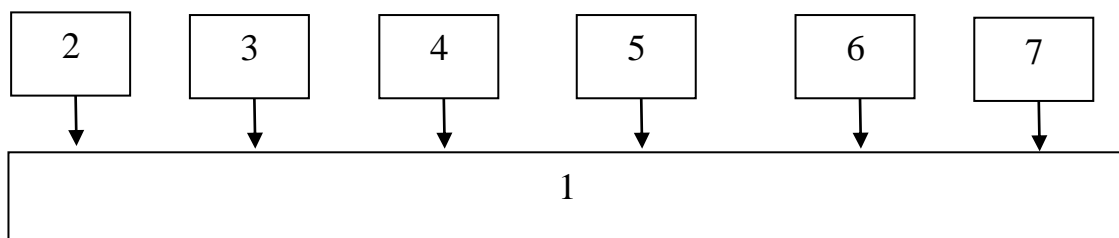


Рисунок 1. Перелік основних інгредієнтів макаронного тіста

Основним інгредієнтом є борошно (2) з пшениці твердих сортів. Вимоги, що висуваються до якості борошна пшеничного викладені у ДСТУ 46.004-99 «Борошно пшеничне. Технічні умови». Напівфабрикати виробів з борошна виготовляються згідно стандарту ДСТУ 29002006. «Напівфабрикати виробів з борошна. Загальні технічні умови».

При сортовому помелі зерна необхідно відокремити від нього оболонки і зародок, а ендосперм зерна перетворити на борошно. Хімічний склад борошна відрізняється від хімічного складу зерна більш низьким вмістом клітковини, мінеральних речовин, жиру і білка при більшому вмісті вуглеводів. Більш високі сорти борошна отримують з центральної частини ендосперму, тому в них входить більша кількість крохмалю в порівнянні з низькими сортами борошна і менша кількість білкових речовин, цукру, жирів і вітамінів, ферментів та мінеральних речовин, так як вони зосереджені в основному у периферійних частинах ендосперму. Крохмаль становить 4/5 сухої речовини борошна, при чому на частку амілози припадає близько 23...26%, амілопектину – 74...77%. Наявність у пшеничному борошні деякої кількості ліпідів (від 1,1...2,2 г на 100 г борошна)

також має суттєве значення для формування структури тіста. Досвід закордонних дослідників показав, що структура клейковини залежить від наявності ліпідів, дозволяє їм при формуванні макаронів складатися у характерні для клейковини шари, що поліпшує смак макаронних виробів при їхній варці. Вітаміни і ферменти знаходяться у зародку і периферійних частинах ендосперму, тому у борошні практично немає жиророзчинних вітамінів і дуже мало водорозчинних. Ферментів у борошні невелика кількість, але вони відіграють важливу роль у біохімічних процесах, що відбуваються під час виробництва макаронних виробів.

На сьогоднішній час встановлено, що знебарвлення макаронної продукції не відбувається, але макаронні вироби темніють з часом, якщо вироблені з твердих сортів пшениці, а з борошна м'яких сортів набувають з часом сірий відтінок.

Запаси борошна на складах виробництв здійснюється після технохімічного контролю сировини безтарним способом у бункерах або тарним – у мішках [2]. Температура на складі повинна бути не нижче 8...12°C в зимовий час і не вище 25°C, відносна вологість – не більше 70%. Приймання та зберігання борошна на складах підприємств здійснюється після технохімічного контролю сировини безтарним способом (у бункерах або тарним – у мішках). При дотриманні оптимальних умов зберігання якості борошна поліпшується: колір борошна стає світлішим, спостерігається зміцнення клейковини зростання її пружності, зменшення розтяжності. Підготовка борошна складається з підігріву у зимовий час до 10...20°C, змішування, просіювання через контрольні сита, магнітної очистки (перепуск борошна через магнітне поле), зважування.

Вода питна (3) повинна бути прозорою, безколірною, без присмаку і запахів, не містити органічні домішки і суспензії, відповідати вимогам СНІП 2.1.4.1074-01 «Питна вода». Для замісу макаронного тіста можна використовувати воду будь-якої жорсткості, вона не повинна містити іони NH_4^+ і NO_2^- , токсичні метали (свинець, кадмій, барій, ртуть і миш'як) вище гранично допустимої концентрації. Іон NO_3^- може бути у концентрації не більше 30 мг/кг, а іон Cl^- у кількості 10...100 мг/л.

Додатковою сировиною (4) є харчові добавки (для додання певних властивостей виробам і збереження їх якості), збагачуючі добавки (для підвищення їхньої харчової цінності, смакоароматичні добавки (для придбання ними певного смаку і аромату) і поліпшувачі борошна з метою отримання макаронних виробів заданої якості.

Одночасно здійснюється підготовка додаткової сировини. Курячі яйця (4) (згідно ДСТУ 5028:2008 Яйця курячі харчові. Технічні умови), які призначені для промислової переробки на продукти харчування, додають з розрахунку 260 - 400 яєць на 100 кг борошна. Яйця на складі підприємства зберігаються на стелажах у холодильній камері при температурі від двох до чотирьох градусів не більше як 5 днів.

Меланж (5) – це сухий яечний продукт, яечна маса зі складом білка і жовтка (згідно ДСТУ 8719:2017 Продукти яечні. Технічні умови) або заморожений меланж, який перед вживанням розморожують, банки занурюють у ванну з теплою водою (45°C) на 3 – 4 год. Перед відкриванням банки з меланжем ретельно миють. Меланж проціджують за допомогою сита з отворами не більше 3 мм. Меланж розбавляють водою 1:1 для кращого проціджування, розморожений меланж треба використати протягом 3 – 4 год.

Додатковою сировиною (6) в якості рецептурних компонентів можуть бути морквяна паста, порошок сухої ламінарії, соєве борошно, різні кальцієві препарати, сухе соєве молоко, томатні продукти тощо. Сіль кухонна (7) (яка

повинна відповідати ДСТУ 3583–97 (ГОСТ 13830–97) Сіль кухонна. Загальні технічні умови) використовується за рецептурою макаронного тіста у вигляді розчину.

Висновки. Від параметрів якості інгредієнтів, що входять до макаронного тіста, залежить якість макаронних виробів і це сприяє отриманню виробів вищого гатунку.

Список використаної літератури

1. Щербаков С. В., Попова І. О. Технологічне обладнання лінії з виробництва макаронних виробів. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації*: матеріали Міжнарод. наук.-практ. Інтернет-конференції. Переяслав, 2020. Вип. 63. С. 518-521.

2. Осипова Г. А. *Технология макаронного производства*: учеб. пособие. Орел: ОрелГТУ, 2009. 152 с.

Секція 4. Електропостачання та електроенергетичні системи

УДК 631.171:621.3

СПОСОБИ КОМПЛЕКСНОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ СПОЖИВАЧІВ

Сіренко В. Ф., к.т.н.

snaumen105@ukr.net

Манченко С. О., магістрант

Сумський національний аграрний університет, м. Суми

Актуальність та постановка проблеми. Взагалі енергетична система будь-якої країни, в тому числі і України, є комплексною, що поєднує різні джерела генерації: теплові, атомні, гідроелектростанції та електростанції, що використовують альтернативні відновлювальні джерела енергії, які в кінцевому результаті утворюються сонячною енергією. Внаслідок верифікації генеруючих потужностей і забезпечується стабільність всієї енергетичної системи. За прогнозами експертів енергетичного агентства, світове споживання буде зростати високими темпами і в найближчі 30-50 років буде витрачена значна частка викопних видів палива. Тому для забезпечення потреб людства необхідно в світовому балансі збільшувати частку поновлюваних джерел енергії (ПДЕ) в енергетичному балансі хоча б до 30%.

Основні матеріали дослідження. В Україні є достатній потенціал вітрової та сонячної енергії. Але вони мають суттєвий недолік, а саме, виробництво електричної енергії залежить як від погодних умов, так й від сезону і часу доби. Для автономних електростанцій енергопостачання можливе тільки за умов акумулювання енергії в економічно вигідних кількостях та доповнення дизель-генераторними потужностями. Тому виникає необхідність комунікації цих об'єктів та багаторазового перетворення електричного струму. Вітрогенератори та дизель-генератори виробляють змінний струм, що необхідний споживачу; сонячні батареї виробляють постійний струм відносно невеликої напруги, акумуляторні батареї споживають і віддають електроенергію також постійної напруги. Такий різний характер електричного струму вимагає використання комбінованих установок різної конфігурації, при цьому: варіант 1. якщо орієнтуватись на умови споживання електроенергії, тоді вибудовується централізована установка із спільною шиною змінного струму та інверторами-трансформаторами для джерел постійного струму; варіант 2. якщо за основу взяти спільну лінію постійного струму, тоді схема ускладнюється випрямлячами для джерел змінного струму та інверторами-трансформаторами на виході до споживачів. Ці дві установки окрім складності будови, мають і велику кількість перетворень струму, що в кінцевому результаті знижує загальний коефіцієнт корисної дії; варіант 3. найбільшу ефективність має комбінована установка зі змішаним з'єднанням з одним блоком силової електроніки. До нього надходять струми вітрогенераторів, дизель-генератора та сонячної батареї. Блок взаємодіє із акумуляторною батареєю та постачає споживачам змінний електричний струм належної якості. За необхідності, при надлишках виробленої енергії, він направляє частину струму в мережу.

Висновки. Варіант 1 - доцільний, коли є найбільша частка вітряної енергії, що може напряму передаватись споживачеві. Варіант 2 - має перевагу при домінуванні сонячної складової у вироблюваній енергії. А варіант 3 із запропонованою узагальненою сполучною схемою є найбільш збалансованим та економічним.

УДК 621.316.9

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Удовиченко К. О., студент

kostyan1210@gmail.com

Лисенко О. В., к.т.н.

olga.lysenko@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Постановка проблеми. Зниження якості електроенергії проявляється у зростанні втрат потужності та енергії; зменшенні терміну служби обладнання; технологічному збитку. Реактивна потужність і енергія погіршують показники роботи енергосистеми, тобто завантаження реактивними струмами генераторів електростанцій збільшує витрату палива; збільшуються втрати в мережах і приймачах; збільшується спад напруги в мережах. Реактивний струм додатково навантажує лінії електропередачі, що призводить до збільшення перерізів проводів і кабелів і відповідно до збільшення капітальних витрат на зовнішні і внутрішні мережі. Реактивна потужність разом з активною потужністю враховується постачальником електроенергії, а отже, підлягає оплаті по тарифах, що діють, тому складає значну частину рахунку за електроенергію.

Аналіз останніх досліджень. Одним з факторів, що збільшує втрати напруги в мережі – реактивна складова потужності. Втрати напруги ΔU на ділянці електричної мережі визначаються так:

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_{\text{ном}}}, \quad (1.1)$$

де P – активна потужність, кВт;

Q – реактивна потужність, кВАр;

R і X – відповідно активний і реактивний опори ЛЕП, Ом;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна потужність мережі. [1]

Основні споживачі реактивної потужності – асинхронні електродвигуни, які споживають 40% всієї потужності спільно з побутовими і власними потребами; електричні печі 8%; перетворювачі 10%; трансформатори всіх ступенів трансформації 35%; лінії електропередачі 7%. [2]

Формулювання цілей. Проаналізувати можливості зменшення втрат напруги в електричних мережах.

Основні матеріали дослідження. Зниження втрат напруги (ΔU) досягається вибором перетину провідників лінії електропередач за припустимою втратою напруги або із застосуванням поздовжньої ємнісної компенсації (ПЄК) реактивного опору лінії.

Під час вибору перетину провідників також чимало уваги приділяється матеріальній складовій, яка залежить від вартості матеріалу провідника, його довжини та діаметру. А використання ПЄК призводить до підвищення струмів короткого замикання при X (реактивний опір) - >0 . [1]

Завдяки послідовному включенню конденсаторів K (ПЄК) втрати напруги в лінії визначаються:

$$\Delta U = \frac{P \cdot R + Q \cdot (X - X_k)}{U_{\text{ном}}} = \Delta U_a + \Delta U_p, \quad (1.2)$$

де X_k – частина реактивного опору, що компенсується конденсаторами, Ом;

ΔU_a – частина напруги, що відповідає активній потужності, В;

ΔU_r – зниження втрат напруги за рахунок компенсації реактивної потужності, В.

Таким чином послідовне вмикання конденсаторів компенсує частину реактивного опору лінії, звідси зменшується значення ΔU_r .

Щоб відхилення напруги у споживачів було у межах стандарту на початку лінії напругу підвищують і тоді у споживачів, які підключені на початку лінії буде додатне відхилення, а в кінці лінії від'ємне.

Використовується 3 типи компенсації:

Одинична компенсація – краща там, де: потрібна компенсація потужних (понад 20кВт) споживачів; потужність, яка споживається постійно протягом тривалого часу.

Групова компенсація – застосовується для випадку компенсації декількох індуктивних навантажень, які розташовані поруч і вмикаються одночасно, підключених до одного розподільного пристрою і які компенсуються однією конденсаторною батареєю.

Централізована компенсація. Для підприємств, які потребують змінної реактивної потужності постійно ввімкнені батареї конденсаторів не прийнятні, оскільки при цьому може виникнути режим недокомпенсації або перекомпенсації. У цьому випадку конденсаторна установка оснащується спеціалізованим контролером і комутаційно-захисною апаратурою. При відхиленні значення $\cos\varphi$ від заданого значення контролер вмикає або відмикає ступені конденсаторів. Перевага централізованої компенсації полягає в наступному: ввімкнена потужність конденсаторів відповідає спожитій в конкретний момент часу реактивній потужності без перекомпенсації або недокомпенсації.

Для розрахунку параметрів конденсаторної установки в мережі знімають характерні добові графіки навантаження і поточне значення $\cos\varphi$, за якими визначають середнє значення коефіцієнта потужності за період. Знаючи фактичний і потрібний (за умовами компенсації) коефіцієнт потужності, а також споживання активної електроенергії, можна розрахувати потрібну потужність конденсаторної установки. [2]

Висновки. Зменшення втрат напруги в електричних мережах можливо за допомогою оптимально вибору перетину провідника або з використанням поздовжньої ємнісної компенсації. Використання конденсаторних установок дозволяє: розвантажити живлячі лінії електропередачі, трансформатори і розподільні пристрої; зменшити витрати на оплату електроенергії; при використанні певного типу установок знизити рівень вищих гармонік; подавити мережеві перешкоди, понизити несиметрію фаз; зробити розподільні мережі надійнішими і економічними.

Список використаної літератури

1. Зниження втрат напруги – Економіка енергетики. URL: https://pidru4niki.com/73812/ekonomika/znizhennya_vtrat_naprugi (дата звернення: 08.10.2020).

2. Компенсація реактивної потужності URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Компенсація_реактивної_потужності (дата звернення: 08.10.2020).

УДК 621.314.212

АКУСТИЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Галавуря М. М., магістр
Курашкін С. Ф., к.т.н.

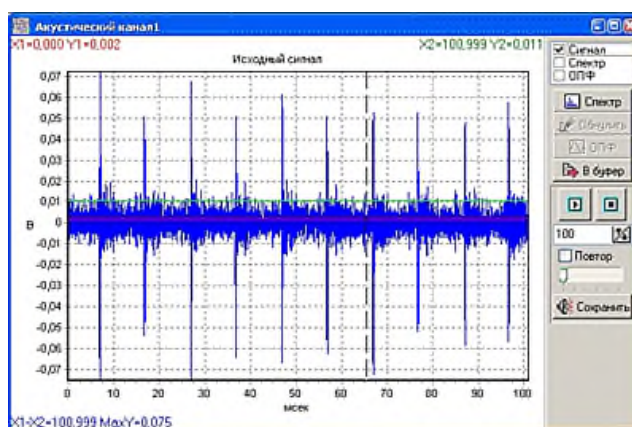
nick0341@gmail.com
stones@ukr.net

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

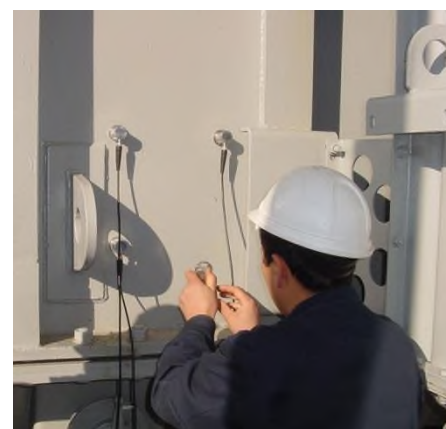
Актуальність та постановка проблеми. Надійності силового електричного обладнання приділяється багато уваги, особливо, якщо це торкається високовольтного обладнання електричних станцій. Безперебійне електропостачання споживачів електричної енергії залежить від надійності системи електропостачання в цілому і трансформаторів (силових і вимірювальних) зокрема, аварійність яких досить висока.

Однією з причин виходу трансформаторів з ладу є джерела часткових та інших електричних розрядів в ізоляційній конструкції [1]. Розряди в твердому діелектрику – дефект, який суттєво небезпечний ніж розряди в маслі. Дефекти пов'язані з розрядними процесами можна діагностувати на ранній стадії, тим самим запобігати аваріям. Один з ефективних методів обстеження високовольтного електрообладнання, що дозволяє виявити такі розряди є акустичний. Цей метод заснований на локації акустичних сигналів від електричних розрядів за допомогою ультразвукових (п'єзокерамічних) датчиків.

Основні матеріали дослідження. Частина енергії, що виділяється в каналі розряду, перетворюється в механічну і створює короткий імпульс тиску (ударну хвилю) в навколишньому середовищі. Звук розряду, поширюючись в ізоляції високовольтного трансформатора, відбивається від різних твердих перешкод і, поступово затухаючи, утворює реверберацію. Звукова хвиля, утворена джерелом розряду, проходячи через різні конструкційні матеріали трансформатора, на виході має сигнал з широким спектром. Ультразвуковий датчик перетворює цей спектр в електричний сигнал (рис. 1, а), на підставі обробки амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) якого діагностуються дефекти в ізоляції.



а)



б)

Рисунок 1. Акустичне діагностування силових трансформаторів:
а) спектрограма одного з датчиків; б) встановлення ультразвукових датчиків

Залежно від конструкції досліджуваного електрообладнання, умови поширення ультразвуку можуть бути прості і складні. Так, високовольтні вводи, вимірювальні трансформатори, струмопроводи зазвичай мають прості умови поширення, тобто звук від розряду поширюється в майже однорідному середовищі на відстані близько сотні довжин хвиль і тому має незначне згасання.

В силових трансформаторах джерело електричного розряду може перебувати в глибині обладнання. В цьому випадку ультразвук проходить ряд перешкод і значно загасає. Таким чином, амплітуда акустичного буде різнитися залежно від місця встановлення акустичного датчика. На першому етапі діагностичного обстеження, проведеного за допомогою одного акустичного датчика, на поверхні бака трансформатора визначається зона підвищеної акустичної активності. Далі в цій зоні встановлюються чотири акустичних датчика і локалізується зона дефекту (рис. 1, б).

Доцільність застосування акустичного методу діагностування підтверджується статистикою. Так в результаті обстеження 159 трансформаторів струму було виявлено 12 з акустичними сигналами різного рівня [2]. У 6 з них рівень сигналу і характер звуку вказували на високий рівень розрядних процесів в ізоляції і передаварійний стан.

Деяко складніше акустична діагностика трансформаторів напруги, так як, окрім ультразвукових сигналів, обумовлених електричними розрядами, можуть проявлятися сигнали, викликані віброударами магнітопроводу, тобто мати механічну природу. Це може привести до маскуванню розрядних явищ. У цих випадках рекомендується контрольний хроматографічний аналіз масла. Обстеження трансформаторів напруги [3] показали, що в 25% випадків з акустичною активністю, мали дефекти електричного характеру.

Діагностування високовольтних трансформаторів акустичним методом не є виключним, а є рекомендованим до застосування під час виконання робіт з оцінки їх технічного стану в комплексі з іншими вимірюваннями.

Висновки. Акустична діагностика силових трансформаторів являється передовим, вигідним та швидким способом діагностування стану трансформатора, без відключення робочої напруги. При правильному застосуванні даного методу можливе точне знаходження несправності, що в свою чергу дає можливість визначити трансформатори, які потребують поточного ремонту або заміни. Це значно скорочує експлуатаційні витрати підприємствам-розподільникам електричної енергії.

Список використаних джерел

1. Курашкін С. Ф., Попова І. О. Механізм пошкодження елементів конструкції силового трансформатора. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Сер. Технічні науки*. Харків, 2017. Вип. 186: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 62-63.
2. Строганов Ю. В. Мониторинг трансформаторного обладнання. *Електрооборудование: эксплуатация и ремонт*. 2013. № 2. С. 14-16.
3. Макаров Е. Ф. Обслуживание и ремонт электрооборудования электростанций и сетей. Москва: Академия, 2003. 448 с.

УДК 621.314.2.004.15

ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ТРАНСФОРМАТОРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО КОНТРОЛЮ

Жарікова А. О., студент

annalife91@gmail.com

Чебанов А. Б., к.т.н.

andrii.chebanov@tsatu.edu.ua

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. Проблема контролю стану трансформаторів виникла відразу, як тільки з'явилися закриті масляні трансформатори. Для того, щоб оглянути будь-який внутрішній вузол, необхідно було провести відключення, злити масло, виконати ревізію і потім знову залити масло. І все це слід виконувати з дотриманням численних правил, інакше перед включенням буде потрібна осушка трансформатора. Під діагностикою розуміється система заходів, що проводяться за допомогою різних технічних засобів для перевірки і оцінки стану трансформаторів. Використовуються прості візуальні, механічні, фізичні, хімічні і інші способи контролю стану, а також їх комбінації [1].

Основні матеріали дослідження. Останнім часом стає актуальним проведення комплексного дослідження трансформатора з метою оцінювання його технічного стану, при плануванні строків ремонту, можливості подальшої експлуатації. Застосування тепловізійної діагностики засноване на тому, що деякі види дефектів високовольтного устаткування викликають зміну температури дефектних елементів і, як наслідок, зміну інтенсивності інфрачервоного випромінювання, яке може бути зареєстроване тепловізійними приладами. Важливо, щоб вимірювалося власне випромінювання обстежуваного об'єкту, яке пов'язане з наявністю і ступенем розвитку дефекту. Такий вид діагностики відносно не новий, хоч масове виробництво приладів тепловізійного контролю – тепловізорів - розвинулось нещодавно. Принцип роботи тепловізора оснований на здатності вловлювати інфрачервоне випромінювання від досліджуваних об'єктів і визначати температуру або перетворювати його у візуальну картину розподілення теплових полів на поверхні об'єктів. Отримана картина називається термограмою й може бути подана як кольоровою, так і чорно-білою, або інвертованою.

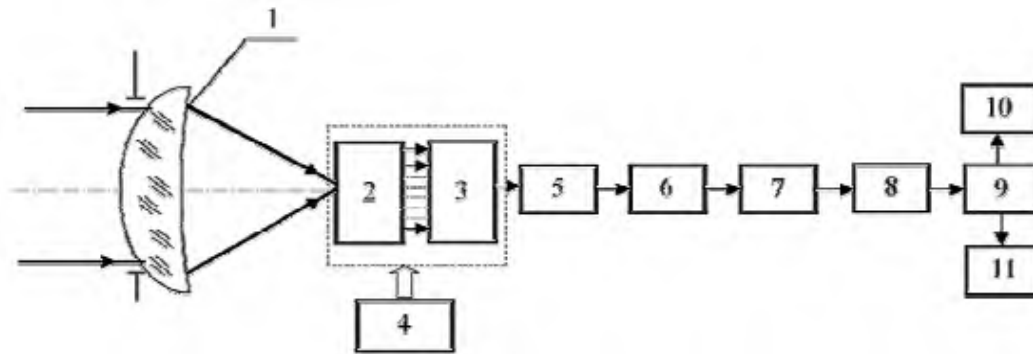
Тепловізійна діагностика дозволила вирішувати такі завдання [2]:

а) масове обстеження величезного об'єму електроустаткування однією бригадою з трьох чоловік, з однією тепловізійною камерою за період підготовки енергетичних об'єктів до ОЗМ;

б) виявлення значної кількості апаратів, що знаходяться в передаварійному стані (дефектні контактні з'єднання, ТТ, конденсатори зв'язку, вентильні розрядники і ОПН);

в) виявлення таких дефектів, які не можуть бути виявлені ніякими іншими методами, наприклад, місцевий перегрів конструктивних елементів баків силових трансформаторів, нагрів сполучних болтів в підтримуючих металевих конструкціях шинопроводів або перевантаження окремих елементів вентильних розрядників 110 кВ і вище.

На рис. 1 представлена узагальнена функціональна схема тепловізора з фокальною ІЧ матрицею.



1 – оптична система; 2 – фокальна матриця з підсилювачами; 3 – мультиплексор; 4 – система охолодження; 5 – коректор неоднорідності характеристик чутливих елементів; 6 – аналого-цифровий перетворювач; 7 – цифровий коректор неоднорідності; 8 – коректор непрацюючих осередків; 9 – формувач зображення; 10 – дисплей; 11 – цифровий вихід
Рисунок 1. Узагальнена функціональна схема тепловізора з фокальною матрицею

Перевагами тепловізійної діагностики електроустаткування в порівнянні з іншими методами не руйнуючого контролю є: обстеження об'єктів в процесі експлуатації без зняття напруги; можливість класифікації дефектів по ступеню їх небезпеки; можливість об'єктивного документування виявлених дефектів.

Основними технічними вимогами до параметрів цих засобів є: спектральний діапазон - 2,5-5,0 або 8,0-14,0 мкм; погрішність вимірювання температури - $\pm 2,00^{\circ}\text{C}$; чутливість - $0,20^{\circ}\text{C}$; діапазон вимірюваних температур : $-120^{\circ}\text{C} +150^{\circ}\text{C}$; формат зображення - не меншого 320x240 елементів для тепловізорів і не меншого 100 елементів для сканерів; кількість зображень, що зберігаються, - не меншого 30; температурні умови роботи : $-15^{\circ}\text{C} +50^{\circ}\text{C}$.

Області застосування тепловізорів: енергетика і енергоаудит, машинобудування, будівництво, нафтова і хімічна промисловість, транспорт і т.д. За допомогою тепловізора можна оперативно визначити передумови виникнення і наявність дефектів у нафто- і газопроводах, у теплотрасах, водопроводах і електричних з'єднаннях. Своєчасне виявлення за допомогою тепловізора температурних аномалій, що відбивають невидимі небезпечні процеси навколо нас, дозволить вжити заходів для усунення причин можливих аварій. Тепловізійна техніка стає необхідним компонентом комплексу систем безпеки і доцільно активно застосовується як високоефективний засіб ведення спостереження. Ефективне використання тепловізора визначається раціональністю вибору конкретної моделі або модифікації в залежності від необхідних технічних характеристик. Слід зазначити, що на ділянках підрозділів охорони державного кордону, де використовуються прожекторні станції, сигнальні пістолети, необхідно передбачити такий режим використання тепловізорів, що не призводитиме до "вигорання" окремих зон термочутливої матриці.

Висновки. Таким чином, тепловізійні прилади і системи дозволяють забезпечити безпеку об'єктів, розташованих на протяжних територіях, наприклад, на великих підприємствах, родовищах, авіаційних і морських портах, військових об'єктах і державному кордоні [2].

Список використаних джерел.

1. Поляков В. С. Методика и протокол диагностики состояния электрооборудования. Новгород-Санкт-Петербург, 1997. 229 с.
2. Сборник методических пособий по контролю состояния электрооборудования. Москва, 1998. 218 с.

УДК 621.14.004.4

ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ЕНЕРГІЇ В ПОНИЖУЮЧИХ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЯХ МЕРЕЖ НИЗЬКОЇ НАПРУГИ

Нікульча М. В., студент

nikolaynikulcea2017.77@gmail.com

Адамова С. В., інженер

adamova_sv@ukr.net

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. Підвищення економічності електропостачання – велика комплексна задача. З нею тісно зв'язані задачі підвищення якості електроенергії і надійності електропостачання. Щоб виправити ситуацію необхідно встановити причини витрат і обрати способи їх зниження.

При передачі, розподілу і перетворенні електричної енергії відбуваються її втрати. Більша частина втрат приходить на електричні лінії і трансформатори. Втрати електроенергії зменшують шляхом організаційних і технічних заходів.

До основних організаційних заходів [1] відноситься і вимкнення одного із декількох паралельно працюючих трансформаторів при малих навантаженнях.

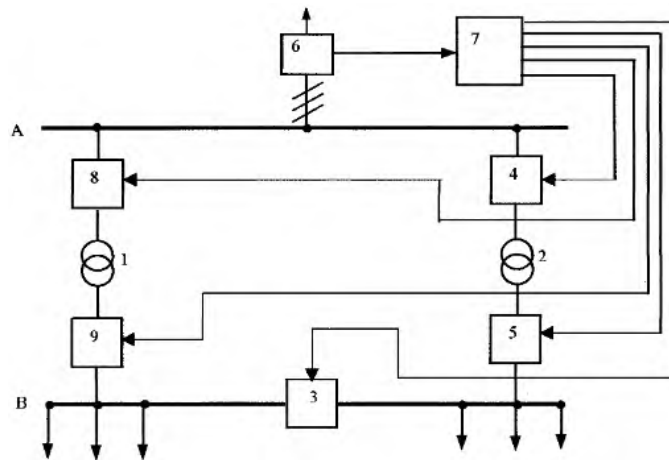
Основні матеріали дослідження. Класифікація сучасних методик зі зменшення втрат в електричних мережах представлена як систематизація рішень зі зменшення втрат електричної енергії. Важливе значення для підвищення економічності відводяться заходам по зниженню втрат електроенергії і її раціональному використанню [2].

Відомий спосіб зниження втрат електроенергії в мережах низької напруги, що полягає в зміні режимів роботи трансформаторів в трансформаторних підстанціях (ТП) шляхом відключення одного з трансформаторів на літній період. Вважається, що відключення одного трансформатора з двох, встановлених в ТП, можна робити, якщо сумарне навантаження трансформаторів не перевищує 45% їх номінальної потужності. При трансформаторах різної потужності в роботі залишається трансформатор меншої потужності за умови, що сумарне навантаження ТП не перевищує 85-90% його номінальної потужності. Процес передачі і розподілу енергії в мережах низької напруги характеризується мінливим в часі навантаженням. Таким чином, основним недоліком цього способу є незбалансоване, по відношенню до добового навантаження протягом усього року роботи ТП, відключення трансформаторів і незабезпечення зниження сумарних втрат електроенергії протягом року. Іншим недоліком способу є низький термін служби роботи трансформаторів, що також є наслідком незбалансованого відключення трансформаторів.

Результатом способу, який розглядається, є зниження втрат електроенергії на трансформаторних підстанціях, що мають трансформатори різної потужності, і підвищення терміну служби трансформаторів. Можливі три варіанти включення трансформаторів: включення трансформатора малої потужності, трансформатора більшої потужності або розподіл навантаження між двома трансформаторами.

На рис. 1 показані два робочих трансформатора 1 і 2 різної потужності, що живляться від однієї електричної лінії, потужність трансформатора 1 менше потужності трансформатора 2. При малому навантаженні працює один трансформатор 1 на все навантаження, вимикач (наприклад ВМБМ або ВК) 3 при цьому включений, вимикачі 4 і 5 вимкнені. При збільшенні навантаження з перетворювача потужності (наприклад, Е 859) 6 сигнал надходить на контролер (наприклад, Modicon Micro 612) 7, який подає сигнал на вимикачі 8 і 9, які вимикаються, а вимикачі 4 і 5 включаються і при цьому на все навантаження працює трансформатор 2. При подальшому

підвищенні навантаження з перетворювача потужності надходить сигнал на контролер 7 і на вимикач 3, який розмикається, а вимикачі 8 і 9 включаються і в цьому режимі працюють обидва трансформатора, кожен на своє навантаження.



А- сторона високої напруги трансформаторів; В- сторона низької напруги трансформаторів; 1 - трансформатор меншої потужності; 2 - трансформатор більшої потужності; 3,4,5,8,9 - силові вимикачі з приводами; 6 - перетворювач потужності; 7- мікроконтролер.

Рисунок 1. Схема вмикання трансформаторів різної потужності на ТП

При зниженні навантаження з перетворювача потужності надходить сигнал на вимикач 3 та вимикач замикається, а вимикачі 8 і 9 відключаються і починає працювати трансформатор 2 на все навантаження. Коли навантаження починає ще більше зменшуватися, з перетворювача потужності 1 надходить сигнал на контролер 7 і вимикачі 8 і 9 вмикаються, а вимикачі 4 і 5 відключаються і починає працювати трансформатор 1 на все навантаження.

Таким чином, спосіб зниження втрат електроенергії в мережах низької напруги ТП, яка має два трансформатора різної потужності, полягає в зміні режимів роботи трансформаторів, і відрізняється тим, що сигнали змінного струму за допомогою вимірювального перетворювача активної потужності трифазного струму, встановленого на стороні високої напруги підстанції, перетворюються в сигнал постійного струму пропорційний потужності навантаження трансформаторної підстанції, який надходить на аналоговий вхід мікроконтролера, що здійснює управління вимикачами, які змінюють режими роботи трансформаторів.

Висновки. Запропонований спосіб може забезпечувати послідовність включення і відключення трансформаторів без втрати напруги на навантаженні за рахунок відключення трансформатора, що працював, з витримкою часу після включення іншого трансформатора. Результат, який досягається, полягає в зниженні сумарних річних втрат енергії в електричних мережах і підвищенні терміну служби трансформаторів.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 2105-92. Трансформатори силові масляні загального призначення напругою до 35 кВ включно. Технічні умови (ГОСТ 11920-93). [Чинний від 1993-07-01]. Київ: Держстандарт України, 1992. 24 с.
2. Адамова С. В. Аналіз впливу якості електроенергії на роботу струмоприймачів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2018. Вип. 8, т. 2. DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-39.

УДК 621.316.016.25

ВПЛИВ НАВАНТАЖЕННЯ НА СПОЖИВАННЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ СИЛОВИМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ

Абраменко В. В., магістрант

vladimirabramenko1998@gmail.com

Курашкін С. Ф., к.т.н.

stones@ukr.net

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. В електричних мережах промислових підприємств більшість електроприймачів поряд з активною потужністю споживає також і реактивну. На відміну від активної, реактивна потужність не виконує корисної роботи і служить лише для утворення змінних магнітних полів в індуктивних приймачах електричної енергії. Одночасно з цим, реактивна потужність впливає на втрати потужності і рівні напруги в мережі, що приводить до додаткових втрат електроенергії, зниження її якості, зменшення пропускної здатності електричних мереж та інші небажані наслідки [1]. Оскільки силові трансформатори споживають близько 30% загальної реактивної потужності, споживаної в електричній мережі, важливим є заходи щодо зменшення її величини [2].

Основні матеріали дослідження. Реактивна потужність, яка споживається силовим трансформатором має дві складові: реактивна потужність намагнічування Q_0 (витрачається на утворення магнітного потоку холостого ходу) і реактивна потужність полів розсіювання Q_p (залежить від навантаження трансформатора):

$$Q_0 = \frac{I_0}{100} S_{ном.т} \quad (1)$$

$$Q_p = \frac{u_k}{100} \beta^2 S_{ном.т} \quad (2)$$

де $S_{ном.т}$ – номінальна потужність трансформатора, кВА [3];

I_0 – струм холостого ходу трансформатора, %;

u_k – напруга короткого замикання трансформатора, %;

β – коефіцієнт завантаження трансформатора.

$$\beta = \frac{S}{S_{ном.т}} \quad (3)$$

де S – повна потужність навантаження трансформатора, кВА.

При цьому коефіцієнт реактивної потужності трансформатора $\operatorname{tg}\varphi$ з урахуванням (3) після відповідних перетворень має вигляд:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\frac{I_0}{100} + \frac{u_k}{100} \beta^2}{\sqrt{\beta^2 - \left(\frac{I_0}{100} + \frac{u_k}{100} \beta^2\right)^2}} \quad (4)$$

Отже з аналізу (4) можна зробити висновок, що споживана трансформаторами реактивна потужність буде тим більша, чим менш трансформатор завантажений. Таким чином доцільно проводити заміну малозавантажених трансформаторів на трансформатори з меншою номінальною потужністю або відключати в резерв малозавантажені трансформатори.

На підставі залежності (4) були отримані графічні залежності коефіцієнта реактивної потужності від коефіцієнта завантаження для силових трансформаторів типу ТМ різних діапазонів номінальної потужності (рис. 1).

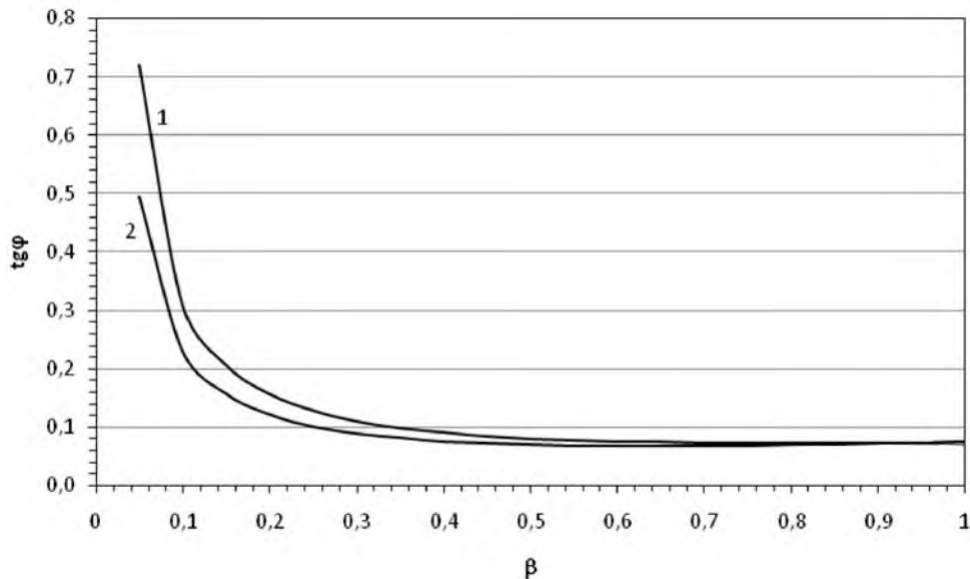


Рисунок 1. Графіки залежності $\operatorname{tg}\varphi = f(\beta)$ для трансформаторів ТМ різної потужності: 1 – 25...40 кВА, 2 – 63...250 кВА.

Навантаження силових трансформаторів істотно впливає на споживання ними реактивної потужності. При цьому, як видно з графіків на рисунку 1 в діапазоні навантажень від 30 до 100% номінальної потужності, коефіцієнт реактивної потужності трансформаторів змінюється дуже незначно. При навантаженні ж трансформаторів менше 30% номінальної потужності споживання ними реактивної потужності істотно збільшується. При цьому значну частину реактивної потужності, споживаної трансформаторами, в даному випадку становить реактивна потужність намагнічування. Тому з точки зору зниження споживаної трансформаторами реактивної потужності, відключення трансформаторів доцільно проводити при зменшенні їх навантаження приблизно до 30% від номінальної потужності.

Висновки. Отже, навантаження силових трансформаторів надає істотний вплив на споживання ними реактивної потужності: при зниженні коефіцієнта завантаження трансформаторів значення коефіцієнта реактивної потужності збільшується. Сьогодні необхідно вживати активних дій, щодо реалізації на промислових підприємствах заходів, спрямованих на раціоналізацію роботи трансформаторів, що, в свою чергу, має сприяти природного зменшення величини реактивної потужності, споживаної силовими трансформаторами, і зниження коефіцієнта реактивної потужності промислових підприємств в цілому.

Список використаних джерел

1. Курашкин С. Ф., Овчаров В. В. Пути повышения надежности электроснабжения и качества электрической энергии в АПК. *Праці Таврійського державного агротехнічного університету*. Мелітополь, 2013. Вип. 13, т. 5. С. 182–186.
2. Ефременко В. М., Беляевский Р. В. Анализ влияния нагрузки силовых трансформаторов на потребление реактивной мощности. *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2010. № 6. С. 46-48.
3. Кудрин Б. И. *Электроснабжение промышленных предприятий: учебник*. Москва: Интермет Инжиниринг, 2005. 672 с.

Секція 5. Комп'ютерно-інтегровані технології та технічні інформаційні системи

УДК 631.17:631.22

АПАРАТНО-ПРОГРАМНЕ ВИКОНАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЗА КОНТРОЛЕМ ТА ПРОГНОЗУВАННЯМ ВЕЛИЧИНИ СТРУМУ ВИТОКУ В МЕРЕЖІ ТВАРИННИЦЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ

Козирський В. В.¹, д.т.н.

Герасименко В. П.², інженер

syavagvp@gmail.com

Майбородіна Н. В.², к. ф.-м. н.

¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

² ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут», м. Ніжин

Актуальність та постановка проблеми. Беручи до уваги практичні результати досліджень та попередні наукові роботи [1, 2, 3] розглянуто можливу апаратно-програмну реалізацію інтелектуальної комп'ютерно-інтегрованої системи контролю та прогнозування величини значень струму витоку електрообладнання тваринницького приміщення. Для технічної та програмної реалізації розроблюваної системи використано модульний продукт SCADA Trace Mode.

Основні матеріали дослідження. Відомо, що основним джерелом струму витоку є електродвигуни, що потрібні для технологічного процесу в тваринницькому приміщенні [3]. На стан ізоляції електродвигуна впливає волога повітря, в результаті такого контакту відбувається вологообмін між ізоляцією і оточуючим повітрям, ізоляція зволожується і втрачає електричний опір та електричну міцність, швидше старіє при теплових навантаженнях. Для забезпечення автоматичного контролю та прогнозування значень струму витоку електродвигунів в режимі реального часу розроблено SCADA-систему із відповідним програмним забезпеченням. SCADA (supervisory control and data acquisition, диспетчерське управління і збір даних) - програмний пакет, призначений для розробки або забезпечення роботи в реальному часі систем збору, обробки, відображення та архівування інформації про об'єкт моніторингу або управління. Це програмне забезпечення встановлюється на комп'ютери і, для зв'язку з об'єктом, використовує драйвери введення-виведення або OPC/DDE-сервери. Програмний код може бути як написаний на мові програмування (наприклад на C++), так і згенерований в середовищі автоматизованого проектування. Для технічної та програмної реалізації розроблюваної системи управління тваринницьким виробництвом використано SCADA Trace Mode – рис. 1 [4]. Всі змінні SCADA системи управління тваринницьким виробництвом, до чого б вони не відносилися - до контролера, до операторської станції, до управління технічним обслуговуванням електродвигунів або тваринницьким виробництвом зберігаються в єдиній базі даних проекту. Єдина база проекту усуває зайву роботу проектувальника по створенню, підтримці і взаємній ув'язці однакових баз змінних контролерів і ПК. Логічна структура інтелектуальної комп'ютерно-інтегрованої системи управління прогнозуванням значень струму витоку електрообладнання тваринницького виробництва повністю відокремлена від апаратної частини. Завдяки єдиному простору розподілених змінних, змінні з різних вузлів можуть зв'язуватися між собою також легко, як і в межах одного

вузла, будь-які зміни, що вносяться до об'єкта, автоматично застосовуються скрізь. Робоча станція системи TRACE MODE може виступати як Web-сервер, що дозволяє управляти тваринницьким виробництвом через Інтернет на віддаленому комп'ютері необхідно мати тільки доступ до мережі Інтернет та Web-браузер.

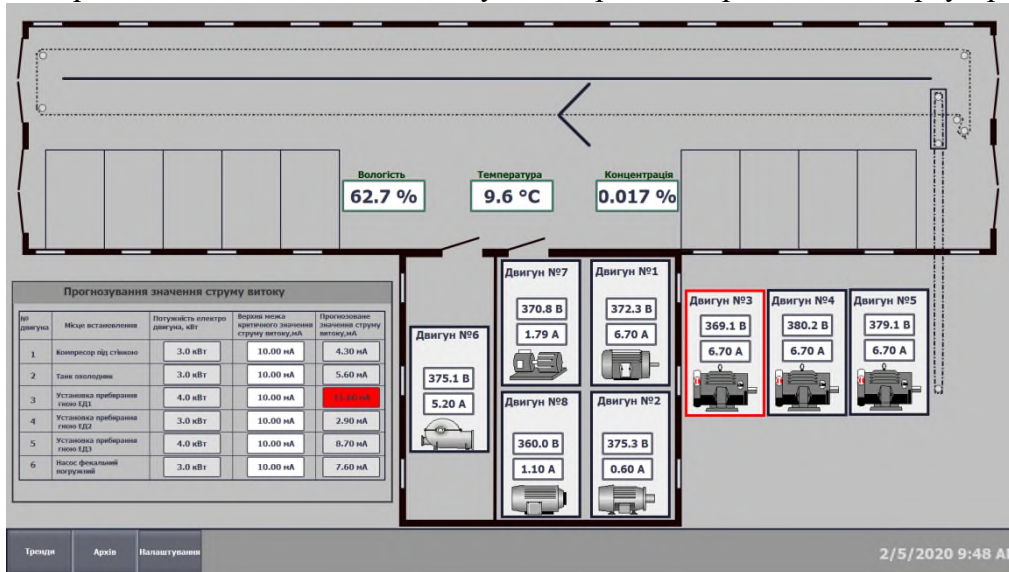


Рисунок 1. Інтерфейс SCADA системи управління тваринницьким виробництвом

Для реалізації даного режиму призначений модуль Web-активатор, який використовується в якості www-шлюзу для локальних систем автоматизованого керування на базі TRACE MODE або для надання функцій Web-сервера моніторів реального часу. Доступ до даних реального часу через Web-активатор здійснюється за допомогою звичайного браузера, що працює під будь-якою операційною системою, яка дозволяє запуск віртуальної Java-машини. Інформація про тваринницьке виробництво представляється користувачеві у вигляді анімованих мнемосхем, трендів і таблиць.

Висновки. Наведено структуру комп'ютерно-інтегрованої системи керування, яка виконує прогнозування значень струму витоку електродвигунів. Виконано апаратно-програмну реалізацію комп'ютерно-інтегрованої системи управління на базі SCADA Trace Mode.

Список використаних джерел

1. Козирський В. В., Герасименко В. П., Ковальов О. В. Способи і засоби підвищення надійності захисту та попередження появи небезпечних струмів в мережах 0,38 кВ. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2012. Вип. 12, т. 2. С. 59–65
2. Козирський В. В., Герасименко В. П., Майбородіна Н. В. Вимірювання струму витоку в мережі 0,38 кВ у тваринницькому приміщенні. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Техніка та енергетика АПК*. Київ, 2015. Вип. 224. С.10 – 14.
3. Mathematical Model Changing the Value of the Process of Leakage Current in 0.38 kV Networks / V. Gerasymenko, V. Kozyrskiy, N. Maiborodina, O. Kovalov. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 339-348. DOI: 10.1007/978-3-030-14918-5_35.
4. Герасименко В. П. Апаратно-програмна реалізація інтелектуальної комп'ютерно-інтегрованої системи контролю та прогнозування величини струму витоку електрообладнання тваринницького приміщення. *Енергетика і автоматика*. 2020. № 2. С. 77–85. DOI 10.31548/energiya2020.02.077.

Алфавітний покажчик авторів

Chumack Vadim	14	Курашкін С. Ф.	46, 58, 103, 109
Monakhov Yevhen	11	Лисенко О. В.	101
Ostroverkhov Mukola	14	Лозовенко Я. В.	20
Абаджян Є. Б.	76	Ляшенко С. О.	67
Абіді Монтасар	16	Майбородіна Н. В.	111
Абраменко В. В.	109	Манченко О. О.	71, 100
Адамова С. В.	107	Миронець С. Д.	22
Барсуков О. О.	16	Нежурін В. І.	18
Безуглый В. А.	20	Нестерчук Д.М.	27, 40, 85
Березін О. О.	18	Нікульча М. В.	107
Бурлаков А. В.	10	Облещенко А. Д.	78
Вовк О. Ю.	10, 12, 29, 42, 89	Олійник Ю. О.	65
Волкова І. Д.	80	Панков Д. В.	91
Галавура М. М.	103	Паппу А. В.	20
Герасименко В. П.	111	Попова І. О.	34, 44, 56
Грищенков О. С.	12	Постнікова В. А.	50
Груненко М. А.	60	Постнікова М. В.	36, 50, 54, 63, 83, 87, 91, 95
Гулевський В. Б.	80	Постол Ю. О.	76
Д'яченко Б. А.	89	Савойський О. Ю.	72
Дяденчук А. Ф.	8	Сідельников Б. Ю.	95
Жарікова А. О.	38, 105	Сіренко В. Ф.	71, 100
Жук А. В.	87	Стьопкін В. В.	16
Журавель Д. П.	74	Тимофєєв С. О.	54, 58
Іванов М. В.	56, 93	Уколов К. С.	83
Кажан В. Е.	20	Удовиченко К. О.	101
Квітка С. О.	24, 31, 38, 78	Фесенко А. М.	67
Кіба Є. О.	74	Цвентух М. Ю.	85
Кідалов В. В.	8	Чебанов А. Б.	105
Ковальов О. В.	22, 48, 52, 60	Чернецький В.А.	63
Козирський В. В.	111	Чміль А. І.	65
Кривцов Д. О.	40	Щербаков С.В.	97
Кувасєв В. Ю.	18	Яковлєв В.Ф.	69

ІНФОРМАЦІЙНЕ ВИДАННЯ

МАТЕРІАЛИ

II Всеукраїнської науково-практичної
інтернет-конференції пам'яті В. В. Овчарова
“Сучасний стан та перспективи розвитку
електротехнічних систем”

10 листопада - 26 листопада 2020 р.

Відповідальний за випуск: Квітка С. О., завідувач кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В. В. Овчарова Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного

Редактор: Квітка С. О., Нестерчук Д. М.

Дизайн і верстка: Щербина М. О.

Секретар організаційного комітету:
Нестерчук Діна Миколаївна, тел. 097-439-6458

Адреса оргкомітету конференції:

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
факультет енергетики і комп'ютерних технологій,
кафедра електротехніки і електромеханіки імені професора В. В. Овчарова, ауд.
1.125
пр-т Богдана Хмельницького, 18,
м. Мелітополь, Запорізька область,
72310, Україна
e-mail: dina.nesterchuk@tsatu.edu.ua
Сайт конференції: <http://www.tsatu.edu.ua/etem/internet-konferencija/>