

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра електрифікації, автоматизації
виробництва та інженерної екології
Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Стрельченко Максим Ігорович

УДК 620.93

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Обґрунтування технічних засобів обстеження електричних мереж
сільськогосподарських об'єктів**

141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”
(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Голубенко А.А.

ст. викладач

АНОТАЦІЯ

Стрельченко Максим Ігорович. Обґрунтування технічних засобів обстеження електричних мереж сільськогосподарських об'єктів. –

Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В даній кваліфікаційній роботі розроблено способи та технічні засоби для дослідження параметрів режимів роботи електричних мереж сільськогосподарських об'єктів, які дозволяють здійснити мобільний вимір поточних та максимальних значень потужності, струму, напруги у трифазній мережі, вести контроль спожитої електрообладнанням або ділянкою мережі кількості електроенергії без порушення ізоляції проводу живлення. За рахунок цього підвищується достовірність проведення енергоаудиту та, як наслідок, підвищується енергоефективність систем електропостачання сільськогосподарських об'єктів, скорочується час на обстеження електричних мереж сільськогосподарських об'єктів.

Застосування розроблених способів, пристроїв, а також методики дозволяє скоротити час проведення вимірювань на 40...45%, підвищити достовірність вимірювань на 4...4,5%, здійснювати вимірювання без порушення ізоляції проводу живлення та відключення електроприймачів, що в свою чергу призводить до скорочення часу енергетичних обстежень та зниження збитків від недовипуску продукції.

Ключові слова: електромережа, пристрій, обстеження, вимірювання, енергоефективність.

ANNOTATION

Strelchenko Maksym Ihorovych. Substantiation of technical means of inspection of electrical networks of agricultural facilities. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualifying work for the bachelor's degree in the specialty 141 "Electric power, electrical engineering and electromechanics". – Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

This qualification work develops methods and technical means for studying the parameters of the operating modes of electrical networks of agricultural facilities, which allow for mobile measurement of current and maximum values of power, current, voltage in a three-phase network, and monitoring the amount of electricity consumed by electrical equipment or a section of the network without breaking the insulation of the power supply wire. This increases the reliability of energy audits and, as a result, improves the energy efficiency of power supply systems of agricultural facilities, reduces the time required to inspect electrical networks of agricultural facilities.

The application of the developed methods, devices, and methods allows to reduce the time of measurements by 40..45%, increase the reliability of measurements by 4..4.5%, carry out measurements without breaking the insulation of the power supply wire and disconnecting electrical receivers, which in turn leads to a reduction in the time of energy inspections and a reduction in losses from shortages of production.

Keywords: power grid, device, inspection, measurement, energy efficiency.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБСТЕЖЕНЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ.....	9
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СПОСОБІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ.....	21
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНИХ ПРИСТРОЇВ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ.....	32
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53

ВСТУП

Актуальність роботи. Створення економічних систем електропостачання, підвищення економічності роботи електрообладнання тісно пов'язане з проведенням енергетичних обстежень електричних мереж сільськогосподарських об'єктів. Під час обстежень необхідно отримувати фактичні значення параметрів режимів роботи живильних і внутрішніх електричних мереж сільськогосподарських об'єктів. Це дає змогу регулювати графік навантаження об'єктів шляхом перенесення часу роботи частини електроприймачів, оцінювати раціональність переходу на зонні тарифи на електроенергію, переходу на іншу цінову категорію, розробляти інші заходи з енергозбереження. Реалізація тільки переходу на зонний тариф і на іншу цінову категорію великого сільськогосподарського підприємства (з потужністю вище 670 кВт) дає змогу отримувати йому економію в 500-1250 тисяч гривень на рік. Актуально це і для споживачів з меншою потужністю. Водночас для проведення операцій з вимірювання параметрів режимів роботи електричної мережі необхідне застосування цілого комплексу дорогих приладів, які, при цьому, не дають змоги мобільно виконувати синхронізовані в часі вимірювання одночасно в декількох точках електричної мережі, що не дає можливості зіставляти значення виміряних параметрів, ефективно виявляти причини втрат електроенергії, викривлень показників якості електроенергії, забезпечувати високий ступінь достовірності одержуваних даних. Крім того, як у процесі енергетичного обстеження, так і під час поточної експлуатації електричних мереж сільськогосподарських об'єктів виникає необхідність виконання операцій з ідентифікації електричних проводів і кабелів за відсутності їх маркування. Виконання ідентифікації без вимкнення електроприймачів, без порушення ізоляції провідників з використанням наявних методів і технічних засобів зазвичай неможливе. Роботи з ідентифікації із застосуванням існуючих приладів займають до 30-40% часу роботи експлуатаційного електротехнічного персоналу. Трудовитрати однієї операції з ідентифікації становлять за нормами

до 1,8 осіб, а фактично, за відсутності маркування, можуть доходити до 3-х осіб. Тому завдання розробки нових технічних засобів обстеження електричних мереж сільськогосподарських об'єктів, що дозволяють скоротити витрати ресурсів та часу на проведення обстежень та підвищити їх достовірність, є актуальним.

Ступінь розробленості теми. Проблемі підвищення ефективності обстеження електричних мереж сільськогосподарських об'єктів присвячені роботи багатьох вчених. Серед них можна виділити роботи Крауспа В.Р., Ерка А. Ф., Судаченко В. Н., Розмука В.А., Бичкова О.В., Четошникова Л.М., Ємеліна А.В., присвячені методам енергозбереження та підвищення енергоефективності сільськогосподарських підприємств. Такі закордонні вчені, як Wang Sibо, Wei Tongzhen, Qi Zhiping, Giedrius G. досліджують застосування нового обладнання для підвищення енергоефективності та енергозбереження сільськогосподарського виробництва. У роботах Корабельникова А.Т., Брюне Патріса та інших вчених розробляють нові рішення щодо ідентифікації проводів. Водночас зазначеними авторами не вирішено питання розробки мобільних портативних технічних засобів, що дозволяють обстежити електричні мережі сільськогосподарських об'єктів без їх відключення, порушення ізоляції провідників, синхронізовані за часом вимірювання.

Метою роботи є підвищення достовірності та скорочення часу енергетичних обстежень електричних мереж сільськогосподарських об'єктів за рахунок розробки нових технічних засобів дослідження параметрів режимів роботи електричних мереж та засобів ідентифікації електричних проводів та кабелів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

виконати аналіз існуючих способів та технічних засобів дослідження параметрів режимів роботи електричних мереж сільськогосподарських об'єктів та ідентифікації електричних провідників;

- розробити нові способи та мобільні портативні технічні засоби дослідження параметрів режимів роботи електричних мереж сільськогосподарських об'єктів та методику проведення обстеження з їх застосуванням, що дозволяють підвищити достовірність та скоротити час обстеження;

Об'єкт дослідження: електричні мережі сільськогосподарських об'єктів.

Предмет дослідження: дослідження параметрів режимів роботи електричних мереж сільськогосподарських об'єктів та ідентифікація провідників сільськогосподарських об'єктів мобільними засобами.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. **Стрельченко М.І.** Спосіб дослідження параметрів режимів роботи електричних мереж сільськогосподарських об'єктів із застосуванням датчика струму та мікроконтролера. Збірник тез *VI-ї* всеукраїнської науково-практичної конференції «*Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь*» 30-31 квітня 2020 року. Житомир : ЖАТК. С. 290.

2. **Стрельченко М.І.** спосіб дослідження параметрів режимів роботи трифазних електричних мереж сільськогосподарських об'єктів із застосуванням датчиків струму, датчиків напруги та мікроконтролерів. Збірник тез *VII-ї* всеукраїнської науково-практичної конференції «*Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь*» 31 березня 2021 року. Житомир : ЖАТК. С. 238.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблені способи та технічні засоби для дослідження параметрів режимів роботи електричних мереж сільськогосподарських об'єктів дозволяють здійснити мобільний вимір поточних та максимальних значень потужності, струму, напруги у трифазній мережі, вести контроль спожитої електрообладнанням або ділянкою мережі кількості електроенергії, у тому числі без порушення ізоляції проводу живлення. За рахунок цього підвищується достовірність проведення

енергоаудиту та, як наслідок, підвищується енергоефективність систем електропостачання, сільськогосподарських об'єктів, скорочується час на обстеження електричних мереж сільськогосподарських об'єктів.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 18 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 55 сторінок комп'ютерного тексту, містить 25 рисунків та 3 таблиці.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБСТЕЖЕНЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ

Електрифікація, тобто виробництво, розподіл та застосування електроенергії – основа сталого функціонування та розвитку всіх галузей промисловості та сільського господарства країни, комфортного побуту населення. Сільська електроенергетика є важливою частиною агропромислового комплексу та служить для задоволення енергетичних потреб виробничої та соціально-побутової сфер села.

Енергетичне господарство будь-якого сільськогосподарського підприємства – це комплекс допоміжних пристроїв, енергетичних установок, які призначені для забезпечення цього підприємства електричною енергією. Система електропостачання є основним елементом енергетичної бази, її безаварійне функціонування забезпечує безперервність технологічних процесів, що, своєю чергою, істотно впливає на продуктивність праці і дозволяє знизити вартість готової продукції.

Сільські електромережі є основою систем електрифікації сільськогосподарських об'єктів. Вони мають низку істотних відмінностей від промислових мереж. Насамперед ці відмінності полягають у тому, що конфігурація сільських електричних мереж зазвичай радіальна. Завищено довжини ліній електропередачі (ЛЕП), ЛЕП виконано у повітряному виконанні. Навантаження сільських електричних мереж є розподіленим, має малу щільність. Крім того, у сільськогосподарських організаціях найчастіше не налагоджено ефективної роботи енергетичних служб, а в більшості з них такої служби зовсім немає. Є велика кількість безхозних сільських електричних мереж.

Це призводить до наступних наслідків:

1. Середня довжина ліній електропередач напругою 0,4 кВ у 4 рази вища, ніж у промислових енергосистем, у зв'язку з чим, згідно зі статистичними показниками, відхилення напруги у сільських розподільчих мережах часом становить від -15 до +20 %.

2. Аварійність електричних мереж 0,4 – 10 кВ становить 80 % від загальної аварійності електромереж усіх класів напруг.

3. Коефіцієнт несиметрії напруги по зворотній послідовності досягає 65%. Коефіцієнт несиметрії напруги по нульовій послідовності досягає 7%, а 40% вимірів коливається від 3 до 4%.

4. Втрати електроенергії та напруги зосереджені в основному (до 70 %) в мережі 0,4 кВ. Втрати в мережах 0,4-10 кВ іноді сягають 50% , оскільки і відносні значення струму нейтралі в 3...5 разів більше рахунок більшого впливу однофазних навантажень. Це особливо характерно для комунально-побутових споживачів, які відіграють більш помітну роль сільських мережах, їхня частка у споживанні електроенергії сягає 45-50 % від споживання у всьому сільському господарству.

5. У сільських мережах практично відсутні пристрої регулювання напруги під навантаженням, автоматичні компенсатори реактивної потужності, хоча, наприклад, основним обладнанням в електромеханізованому тваринництві є асинхронні електродвигуни. Практично не використовуються пристрої врівноваження мережі (компенсатор струму нейтралі), пристрої симетрування струмів (компенсатор струму зворотної послідовності).

6. Облік електроенергії на локальному рівні практично не налагоджений, приблизно 80 % сільських лічильників, що знаходяться в експлуатації, не відповідають вимогам технічних умов.

7. В даний час частка трифазних навантажень становить менше третини від загального навантаження сільської мережі. З кожним роком спостерігається зростання комунально-побутових навантажень, здебільшого однофазних. Тому несиметричні режими розподільних мереж напругою 0,4 кВ комунальної

енергетики та сільського господарства є для них нормальними робочими режимами. Середнє значення коефіцієнта несиметрії напруг у них значно вище нормованого.

8. На багатьох сільських об'єктах відсутня проектна та експлуатаційна документація, схеми електропостачання, плани електропроводок тощо, що призводить до значних втрат часу під час обслуговування систем електрифікації цих об'єктів.

Таким чином, показники якості електричної енергії (ПКЕ) у сільських електричних мережах 0,4 кВ часто не відповідають ДСТУ «Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення», що спричиняє додаткові технічні втрати електроенергії, скорочення терміну служби електрообладнання. Виявлення та усунення зазначених вище наслідків є одним із найважливіших завдань енергетичного обстеження сільських електричних мереж, як живлять сільськогосподарські об'єкти, так і їх внутрішніх. Основою енергетичного обстеження є інструментальні вимірювання, інструментальний енергоаудит, що дозволяє значно підвищити ефективність систем електропостачання сільських споживачів.

Енергоефективність та енергозбереження входять до стратегічних пріоритетних напрямів роботи з модернізації економіки країни, позначених «Енергетичною стратегією на період до 2035 року».

Енергоефективність у сільському господарстві у країнах. Вимоги Європейської комісії щодо використання енергії в ЄС (Директива 2012/27/EU) встановлюють загальну основу заходів щодо просування енергоефективності в Європейському союзі, щоб:

- забезпечити досягнення 20%-го основного цільового показника Союзу з енергоефективності на 2020 рік;
- прокладіть шлях для подальшого підвищення енергоефективності після цієї дати.

Директива також передбачає встановлення орієнтовних національних цільових показників енергоефективності на 2020 рік. Основні заходи, що мають значення для сільськогосподарського сектора:

- енергетичним компаніям пропонується щорічно скорочувати продаж енергії своїм споживачам на 1,5%. Цього можна досягти за рахунок вдосконалених систем опалення, встановлення склопакетів або утеплення даху. Заходи щодо підвищення енергоефективності слід застосовувати і в сільськогосподарських будинках (наприклад, теплицях, тваринницьких приміщеннях тощо);

- державний сектор має відремонтувати 3% будівель, які «належать та зайняті» центральним урядом у кожній країні. Будинки повинні мати корисну площу понад 500 м², щоб відповідати цій вимоги (знижено до 250 м² з липня 2015 року). У багатьох державах-членах ЄС є сільськогосподарські споруди державного сектору (сектору державного управління, регіонального або муніципального) (наприклад, у деяких країнах для зберігання сільськогосподарської продукції), які можуть бути включені до заходів, які вживає національний уряд; країнам ЄС пропонується розробити дорожню карту для підвищення енергоефективності всього сектора до 2050 року (включаючи комерційні, державні та приватні домогосподарства). Цій меті сприяє підвищення енергоефективності господарських будівель. Слід вжити заходів щодо існуючих сільськогосподарських будівель та вжити нового законодавства щодо нових споруд у напрямку підвищення їх енергоефективності;

- для великих компаній потрібні енергетичні аудити та плани управління з аналізом рентабельності для розгортання комбінованого виробництва тепла та електроенергії (ТЕЦ) та державних закупівель. Це має значення для великих фермерських компаній та великих фермерських асоціацій та їх будівель, складських приміщень та теплиць.

У рамках проекту AGREE у 2012-13 роках. було проведено кілька сучасних досліджень енергоефективності конкретних систем

сільськогосподарського виробництва різних типів (орні культури, агроліс, теплиці та тваринництво). За результатами роботи, проведеної в AGREE, було надано пропозиції щодо визначення енергоефективності в сільському господарстві.

- енергоефективність - це мета зусиль скорочення кількості енергії, необхідної для продуктів і послуг. Загальний термін «енергоефективність у сільському господарстві» відображає зміни у технологіях, державній політиці, погодних умовах та методах управління сільським господарством;

- не існує єдиного заходу для опису, забезпечення та підвищення енергоефективності у сільському господарстві. Натомість в енергетичному балансі для даного виробничого процесу різні індикатори можуть служити та підтримувати аналіз енергоефективності.

При здійсненні енергетичних обстежень та під час обслуговування електрообладнання виникає необхідність ідентифікації провідників, яку раціонально проводити без відключення електроприймачів. При ремонті та модернізації електромереж основною проблемою є відсутність або низька якість документації, планів прокладання провідників. Навіть якщо кабель видно безпосередньо, то простежити його шлях серед товстого пучка інших кабелів – непросте завдання. Не менше часу може зайняти пошук потрібної пари провідників у кабелі, перевірка цілісності ланцюгів, пошук вимикачів розеток мережі живлення і т.д.

Справа в тому, що ідентифікувати дроти за допомогою різних кольорів їх оболонки або за допомогою закріплених на кінцях дротів бирок не завжди можливо, оскільки дроти можуть бути однакових кольорів, бирки можуть бути зірвані або взагалі відсутні, а плани електропроводки часто на об'єктах відсутні або вчасно не оновлюються. Тому пошук необхідного провідника - це трудомістка операція, що займає тривалий час.

Електротехнічні служби сільськогосподарських підприємств, електротехнічний персонал, що залучається, значний час витрачають на

операції ідентифікації провідників при монтажі нових електропроводок, в процесі експлуатації існуючих. При цьому в 80-90% випадків відсутнє маркування кабелів, що пов'язано з тим, що на цих підприємствах переважають приміщення, в яких середовище агресивне до електропроводки та засобів її маркування. Крім того, електротехнічний персонал часто не виконує вимоги до маркування проводів і кабелів, своєчасно не оновлюються плани електропроводки. За нормами проведення ідентифікації та ремонт електропроводки витрачається до 1,8 люд·год, а фактично, за відсутності засобів ідентифікації (маркування та інших.) витрачається до 3-х люд·год.

Найважливішим завданням енергоаудиту на підприємствах агропромислового комплексу є отримання розподілу споживання кожного енергоресурсу за споживачами, тобто отримання енергетичних балансів, що спирається проведення вимірювань споживання електричної енергії у різні часи як об'єктом загалом, і окремими видами технологічного устаткування. Це стосується й визначення балансу споживання електроенергії. Для його складання необхідно провести ряд вимірювань, найкраще синхронізованих за часом у різних точках електричної мережі об'єкта. Для запобігання втратам продукції, простою виробництва проведення таких вимірювань повинно здійснюватися без відключення електропостачання.

При складанні енергобалансу значення номінальної потужності (кВт) обладнання одержують із технічної документації даного обладнання, його паспортної таблички, або воно може бути виміряне. Коефіцієнт завантаження обладнання, за наявних даних про номінальну потужність даного обладнання, оцінюють за показаннями встановлених приладів обліку (на конкретне обладнання прилад обліку ставиться виключно рідко), або за допомогою портативного приладу (токовимірювальні кліщі, аналізатор електроспоживання). Час роботи обладнання протягом дня, тижня, року одержують з даних виробництва або під час обговорень з персоналом. Такий

підхід не відрізняється високою точністю, оскільки ґрунтується на великій кількості припущень, а не точної інформації.

Виявивши основних споживачів, оцінюють величину їхнього енергоспоживання. За потреби великі споживачі обстежують детальніше, становлять їх енергобаланси з урахуванням графіка роботи, завантаження тощо.

При складанні енергобалансу зіставляють величини, отримані підсумовуванням за окремими підстанціями та споживачами із загальним електроспоживанням, отриманими за показаннями лічильників на межі балансового розмежування (як правило, комерційних). Таким чином підтверджують коректність отриманих даних і переконуються, що все основне навантаження було враховано. Забезпечення можливості синхронізованого вимірювання у різних точках електричної мережі дозволило б скласти енергобаланс значно точніше, виявивши, крім того, значення втрат електроенергії у мережі.

У разі проведення енергетичного обстеження енергоаудитор повинен мати спеціалізовані прилади обліку споживання енергоресурсів. Правила оснащення енергоаудиторів приладами визначають саморегулювні організації (СРО) енергоаудиторів. Найбільш істотною проблемою є відсутність загальних мінімальних вимог до парку приладів для проведення інструментального обстеження. Крім того, відсутні розробки необхідних для обстеження приладів, що дозволяють виконувати синхронізовані вимірювання в кількох точках мережі, визначати час роботи обладнання, отримувати дані щодо параметрів режимів роботи електричної мережі сільськогосподарського об'єкта.

На сьогоднішній день існує безліч серійних автономних переносних пристроїв та приладів, що дозволяють проводити дослідження систем електрифікації:

- аналізатори якості електроенергії;
- мультиметри;
- струмові кліщі;

- прилади моніторингу та обліку електроенергії;
- прилади обліку часу напрацювання електроустаткування;
- однофазні вольтметри та амперметри.

Насправді аудитор, через відсутність необхідного набору устаткування, проводить інструментальні виміри над повному обсязі, чи витрачає більше часу його проведення. Наприклад, для зняття добового графіка навантаження із застосуванням стаціонарних лічильників електроенергії, енергоаудитор необхідно через рівні проміжки часу проводити фіксацію показань протягом 24 годин.

Насамперед, відсутність необхідного обладнання у енергоаудиторів пов'язано з високою вартістю спеціалізованих приладів, оскільки ціна послуг з енергоаудиту, що заявляється, не дозволяє орендувати прилади під конкретне завдання. Ця проблема безпосередньо впливає на якість результатів енергетичного обстеження та можливості по енергозбереженню та підвищенню енергетичної ефективності сільськогосподарських об'єктів.

Інструментальне комплексне обстеження передбачає проведення широкого кола вимірювань, які відрізняються за методами, застосовуваними засобами, видами, цілями проведення, умовами проведення та рядом інших параметрів. Головну роль класифікації вимірювань інструментального енергетичного обстеження грають саморегулювальні організації (СРО) у сфері енергоаудиту.

Існує класифікація за видами вимірювань інструментального енергетичного обстеження, яка описана:

- реєстрація параметрів – визначення залежності будь-якого параметра від часу (зняття добового графіка навантаження, визначення температурної залежності споживання тепла тощо);
- балансові вимірювання – вимірювання, що застосовуються при складанні балансу розподілу будь-якого енергоресурсу окремими споживачами, дільницями, підрозділами чи підприємствами (організаціями);

– одноразові вимірювання – вимірювання, при яких досліджується енергоефективність окремого об'єкта під час роботи у певному режимі (режим роботи насосів, компресорів, вентиляторів, ККД котла тощо).

Ця класифікація, яка відображає сутність вимірювань інструментального енергетичного обстеження, не відповідає Державному стандарту термінології. Відповідно до залежно від загальних прийомів отримання результатів вимірювання поділяються на такі види:

– прямі вимірювання (вимірювання, результат яких виходить безпосередньо з дослідних даних, тобто із показань вимірювальних приладів, градуйованих у встановлених одиницях фізичних величин, що вимірюються);

- Спільні (виміри, за результатами яких визначаються кількісні залежності між фізичними величинами);

– сукупні виміри (виміри, у яких результат виміру знаходять шляхом розв'язання системи рівнянь, що пов'язують значення вимірюваної величини і величин, підданих прямим вимірам);

- Непрямі (виміри, при яких результат вимірювання знаходять на підставі відомої залежності між величиною, що вимірюється, і величинами, що піддаються прямим вимірюванням).

Для характеристики результату вимірів застосовують термін "точність виміру", під яким розуміють якість виміру, що відображає близькість результату вимірів до справжнього значення вимірюваної величини.

У більшості випадків інструментальне енергетичне обстеження проводиться за наявності ряду факторів, що заважають. У зв'язку з цим, при вплив індустріальних перешкод, для забезпечення необхідної точності необхідне проведення вимірювань із багаторазовими спостереженнями.

Для класифікації вимірювань інструментального енергетичного обстеження можна взяти за основу класифікацію, запропоновану СРО "НП "Союз енергоаудиторів", проте поряд з терміном "вид" у ній недоцільно використовувати і термін "метод", тому що відповідно до загальноприйнятої

термінології під методом вимірювань розуміється сукупність прийомів використання принципів та засобів вимірів. У вимірювальній техніці розрізняють методи порівняння та методи безпосередньої оцінки.

На підставі вищесказаного у класифікації вимірювань інструментального енергетичного обстеження слід використовувати термін "тип" та класифікувати вимірювання за типами наступним чином:

- інтервальні - вимірювання, які служать для визначення залежності значень будь-якого енергетичного параметра від часу протягом певного часового інтервалу (наприклад, визначення добового графіка електричного навантаження);

- балансові – вимірювання, що застосовуються при складанні балансу розподілу будь-якого енергоресурсу окремими ділянками, споживачами, підприємствами, підрозділами;

- параметричні – вимірювання, у яких досліджується енергоефективність окремого об'єкта, характеризується тим чи іншим набором енергетичних параметрів під час роботи у певному режимі.

Необхідно мати точну схему розподілу енергоносія перед проведенням балансових вимірювань, на підставі якої повинен бути складений план проведення вимірювань, необхідних для зведення балансу. Для проведення балансових вимірювань потрібна наявність кількох вимірювальних приладів для одночасних вимірювань у різних точках. Прилади та пристрої з можливістю передачі даних на комп'ютер, внутрішніми або зовнішніми пристроями для запису та зберігання отриманих даних необхідні для виконання інтервальних вимірювань. Для реалізації того чи іншого типу вимірювань інструментального енергетичного обстеження можуть залучатися різні види та методи вимірів.

Зарубіжний досвід підвищення енергоефективності сільського господарства нині ґрунтується на веденні сільського господарства з використанням Інтернету речей. В рамках систем електропостачання використання включає різні функції, наприклад дистанційний моніторинг

параметрів електричної мережі, електрообладнання, показників якості електроенергії. У зв'язку з цим проводяться активні розробки технічних засобів, спрямовані на обстеження параметрів електричної мережі. У роботах подано системи моніторингу електричних мереж для сільського господарства. Також ведуться розробки у сфері ідентифікації провідників, розробляються технічні засоби пошуку провідників з використанням різних методів.

У 2020 році було розроблено «Методику (методичні вказівки) енергетичного моніторингу сільськогосподарських об'єктів, виявлення резервів та потенціалу економії ПЕР». Ця методика в основному спрямована на проведення інструментального (інженерного енергоаудиту), з подальшим проведенням техніко-економічних оцінок та рекомендації. У ній основний акцент будуватиметься на обстеженні електроприводів, машин, обладнання, електроосвітлення та технологій сільськогосподарських об'єктів, але не систем їх електропостачання.

Згідно з методикою енергомоніторинг сільських електроустановок передбачає обстеження та виявлення факторів, що визначають стан та режими роботи електроустаткування, для подальшого забезпечення зниження витрат енергетичних та матеріальних ресурсів у сфері сільськогосподарського виробництва. Такими факторами є:

- правильний вибір електроустаткування з навантаження із забезпеченням найбільш раціональних режимів його роботи;
- якість електричної напруги, що подається і підтримка його в нормованих межах;
- якісний монтаж електроустаткування з дотриманням вимог правил техніки безпеки;
- наявність та виконання на сільськогосподарських підприємствах плану організаційно-технічних заходів щодо раціонального використання енергоресурсів, дотримання технологічним персоналом вимог економії ресурсів

(наприклад, виключення холостої роботи електрифікованої техніки та вимкнення світла у приміщеннях у період технологічних пауз);

- наявність та реальне виконання графіка контрольно-вимірювальних та випробувальних робіт в електроустановках спеціалізованими службами та організаціями, що мають відповідну ліцензію.

Висновки по розділу

Виконання вимог, описаних вище, дозволяє суттєво скоротити витрати на споживання електричних ресурсів, оскільки забезпечує зниження споживання електроенергії.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА СПОСОБІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ

Питання обстеження електричних мереж тісно пов'язане так само з питаннями забезпечення якості електричної енергії, що поставляється споживачам. Питання підвищення якості електричної енергії, а також проблеми, пов'язані з недотриманням якості електричної енергії, неодноразово розглядалися в роботах Жежеленко І.В., Желєзко Ю.С., Карташева І.І., Перової М.Б. та інших вчених.

Для визначення характеристик однофазну електричну мережу, або на конкретний споживач електричної енергії, підключається знімний датчик струму. За наявності навантаження датчик струму передає сигнал у вигляді напруги мікроконтролер. Мікроконтролер обробляє сигнал датчика струму, виконує розрахунки та відображає отримані дані на дисплеї. В даному способі розрахунки споживаної потужності та електроенергії здійснюються без вимірювання напруги, значення напруги запрограмовано на постійне значення рівне 220 В. Таке рішення було викликано тим, що для вимірювання напруги необхідний контакт з неізолюваними ділянками мережі, що не завжди є можливим, оскільки вимірювання можуть проводитися на відстані від розподільчих коробок або електричних щитів. Також це рішення дозволяє уникнути пошкодження ізоляційного шару провідників і значно підвищує мобільність пристрою. Одночасно з появою навантаження спрацьовує таймер, що відраховує загальний час роботи електричної мережі або електроустаткування. За відсутності навантаження таймер зупиняє відлік часу і переходить у режим очікування із збереженням попереднього значення часу роботи. При повторній появі навантаження таймер продовжує відлік часу з попереднього значення, тим самим отримуючи загальний час роботи

електричної мережі або електроустаткування без урахування простою за відсутності навантаження.

Спосіб реалізується на основі розробки пристрою. Тому було розроблено структурну схему пристрою (рис. 2.1). Датчик струму 1 одягається на один із проводів 2 (фазу або нульовий провід) і при протіканні змінного струму по дроту передає сигнал у вигляді напруги на мікроконтролер 3. Мікроконтролер, виконаний на базі ATmega328P, обробляє цей сигнал і виконує необхідні розрахунки, що передаються на блок індикації і сигналізації 4. Датчик струму з перетворювачем струму в напругу (рис. 2.2) призначений для визначення сили змінного струму в електричних ланцюгах і складається з магнітопроводу 5 із зазором, компенсаційної обмотки 6, резисторів 7-9 і конденсатора 10. При протіканні змінного струму, у магнітопроводі із зазором виникне ЕРС, який знімається компенсаційною обмоткою. Струм на виході компенсаційної обмотки пропорційний вимірюваному. Коефіцієнт пропорційності залежить від кількості витків обмотки. Для перетворення струму на виході компенсаційної обмотки в напругу служить резистор шунтуючий 7. Резистори 8,9 необхідні для зміщення напруги в допустимий для мікроконтролера діапазон. Конденсатор 10 з низьким реактивним опором забезпечує шлях для змінного струму в обхід резистора. Таким чином, перетворений аналоговий сигнал з датчика струму обробляється мікроконтролером ATmega328P за допомогою розробленого програмного забезпечення. Результати розрахунків відображаються на рідкокристалічному дисплеї.

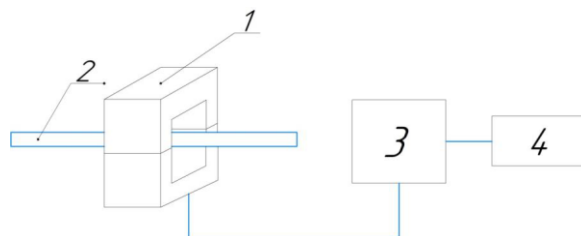


Рис. 2.1. Структурна схема пристрою для дослідження параметрів режимів роботи електричних мереж сільськогосподарських об'єктів 1 – датчик струму, 2 – провідник, 3 – мікроконтролерна плата, 4 – РК дисплей.

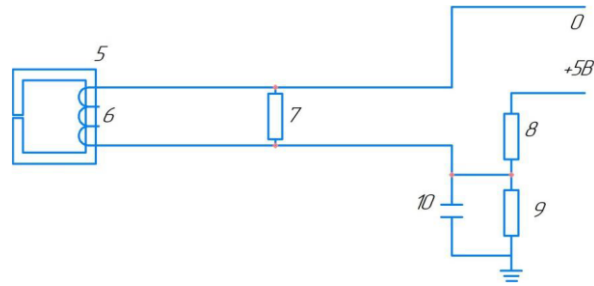


Рис. 2.2. Перетворювач струму в напругу для датчика струму 5 – магнітопровід, 6 – компенсаційна обмотка, 7 – резистор шунтування, 8, 9 – резистор, 10 – конденсатор

Цей спосіб аналогічний способу, описаному в попередньому пункті, проте містить деякі зміни. Для визначення параметрів трифазної мережі в даному способі використовуються знімні датчики струму і датчики напруги, а також можливе підключення кількох таких датчиків одночасно в різних точках електричної мережі сільськогосподарських об'єктів. Цей спосіб дозволяє отримувати більш достовірні та повноцінні дані енергетичних характеристик мережі. Спосіб реалізується за рахунок розробки пристрою, структурна схема якого представлена рис. 2.3.

Датчики струму ДТ1-ДТ3 одягаються на фазові провідники П5-П7 та при протіканні змінного струму по провідниках П5-П7 передають сигнал у вигляді напруги на перший мікроконтролер МК9. Мікроконтролер МК9, виконаний на базі ATmega2560, обробляє цей сигнал та виконує необхідні розрахунки.

Один вхід датчика напруги ДН4 підключається до нульового провідника П8, другий одного з фазних провідників П5-П7. Виходи датчика напруги ДН4 підключаються до входів першого мікроконтролера МК9. Датчик напруги ДН4 вимірює вхідну напругу мережі, що подається на електроенергетичне обладнання, перетворює його в аналоговий сигнал і передає перший мікроконтролер МК9.

Перший мікроконтролер МК9 виконує обробку даних, отриманих з датчиків струму ДТ1-ДТ3. Якщо вимірювані значення струмів дорівнюють нулю, це означає відсутність навантаження на досліджуваному електрообладнанні або ділянці ланцюга, якщо значення з датчиків струму ДТ1-

ДТЗ перевищать струмові уставки, встановлені в першому мікроконтролері МК9, то включається лічильник часу напрацювання електрообладнання або ділянки ланцюга.

Перший радіомодуль РМ14, виконаний на базі NRF24L01, працює в режимі передавача. Перший мікроконтролер МК9 надсилає дані на радіомодуль РМ14, який транслює всі отримані дані на частоті 2.4 ГГц. Другий радіомодуль РМ15, виконаний на базі NRF24L01, працює в режимі приймача. Другий мікроконтролер МК10 приймає ці дані та передає їх на блок індикації та сигналізації БІС11.

Одночасно за допомогою блоку запису даних БЗД13 відбувається запис усіх контрольованих даних на зовнішній накопичувач. Блок годинника реального часу БЧРВ12 здійснює прив'язку цих даних до реального часу і дати.

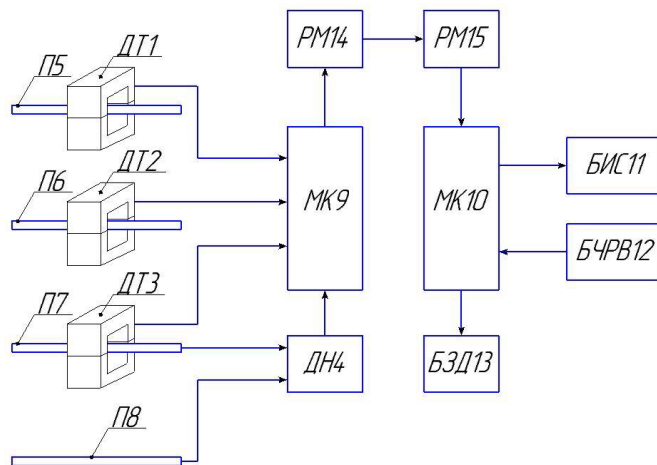


Рис. 2.3. Структурна схема пристрою для дослідження параметрів режимів роботи трифазних електричних мереж сільськогосподарських об'єктів

Розроблені способи дослідження параметрів режимів роботи електричних мереж сільськогосподарських об'єктів дозволяють здійснити мобільний вимір поточних та максимальних значень потужності, струму, напруги, в однофазній та трифазній мережі, вести фіксацію спожитого електрообладнанням або ділянкою ланцюга кількості електроенергії без порушення ізоляції живильного проводу, а також дозволяє виявляти електроенергії при обходах споживачів, у тому числі трифазних; виконувати синхронізовані за часом вимірювання

одночасно у кількох точках електричної мережі; складати енергобаланс об'єктів під час проведення енергоаудиту; визначати коефіцієнти, що характеризують час використання обладнання, режимів його роботи (ПОНЕДІЛОК, ПК тощо); уточнювати правильність вибору проводів та кабелів; дослідити добові графіки навантаження, що призведе до зменшення недовідпуску електроенергії споживачам, підвищення надійності та ефективності систем електропостачання споживачів та фіксації реальних режимів роботи електричної мережі.

У процесі дослідження було розроблено три версії пристроїв. Перший пристрій: таймер-електролічильник мобільний портативний ТЕМП для контролю режимів роботи електричної мережі, електрообладнання та електроприймачів та оцінки споживання електроенергії містить такі електронні компоненти:

- датчик струму з перетворювачем струму в напругу;
- три мікроконтролери АТmega328P;
- 2 РК-дисплеї;
- блок годинника реального часу;
- блок запису даних.

Електричне з'єднання елементів пристрою ТЕМП представлено на рис. 2.4.

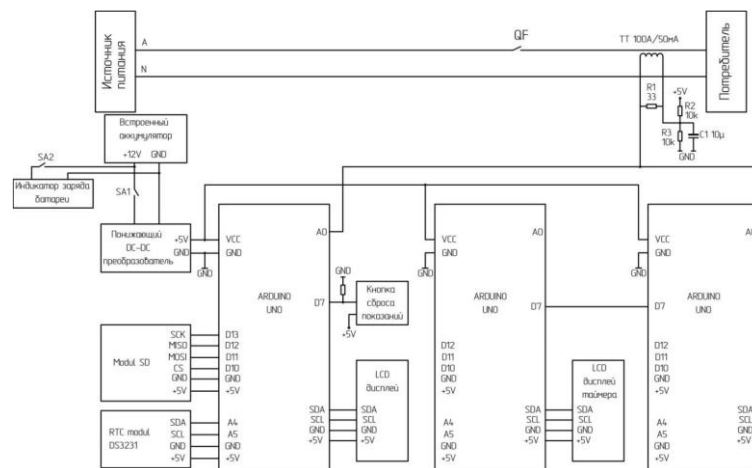


Рис. 2.4. Електричне з'єднання елементів пристрою ТЕМП

На рисунку 2.5 подано зовнішній вигляд зібраного зразка ТЕМП.



Рис. 2.5. Зовнішній вигляд пристрою ТЕМП

Друга версія: таймер – електролічильник мобільний портативний трифазний ТЕМП-3 містить:

- датчики струму з перетворювачем струму в напругу;
- датчики напруги;
- мікроконтролер АТmega2560;
- мікроконтролер АТmega328Р;
- TFT дисплей;
- блок годинника реального часу;
- блок запису даних.

Ця версія пристрою дозволяє отримувати більш достовірні та повноцінні дані енергетичних характеристик мережі, оскільки він має датчики напруги.

Електричне з'єднання елементів пристрою ТЕМП-3 представлено рисунку 2.6.

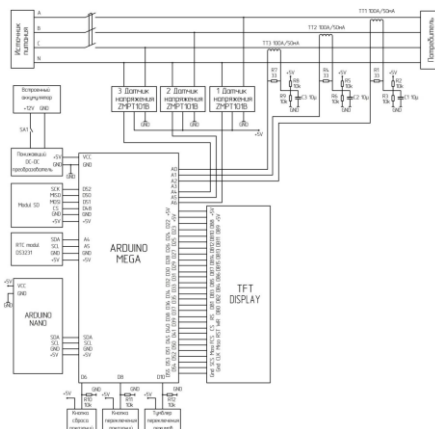


Рис.2.6. Електричне з'єднання елементів пристрою ТЕМП-3

На рис. 2.7 подано зовнішній вигляд ТЕМП-3.



Рис. 2.7. Зовнішній вигляд пристрою ТЕМП-3

Третя версія: таймер – електролічильник мобільний портативний трифазний ТЕМП-3-W із використанням Wi-Fi технології передачі даних містить:

- датчики струму з перетворювачем струму в напругу;
- датчики напруги;
- два мікроконтролери ATmega2560;
- TFT дисплей;
- блок годинника реального часу;
- блок запису даних;
- радіомодулі.

Ця версія пристрою дозволяє отримувати дані з датчиків дистанційно через Wi-Fi з'єднання. Завдяки бездротовій передачі даних можливе використання кількох модулів з датчиками струму та напруги для зняття показань в лініях електропередач. Конструктивно пристрій має два роздільні блоки, блок з датчиками струму та напруги (передавач), і блок прийому інформації (приймач). До одного приймача, можливо, підключити до 6 передавачів. Електричне з'єднання елементів пристрою ТЕМП-3-W з використанням Wi-Fi технології передачі даних представлено рисунку 2.8.

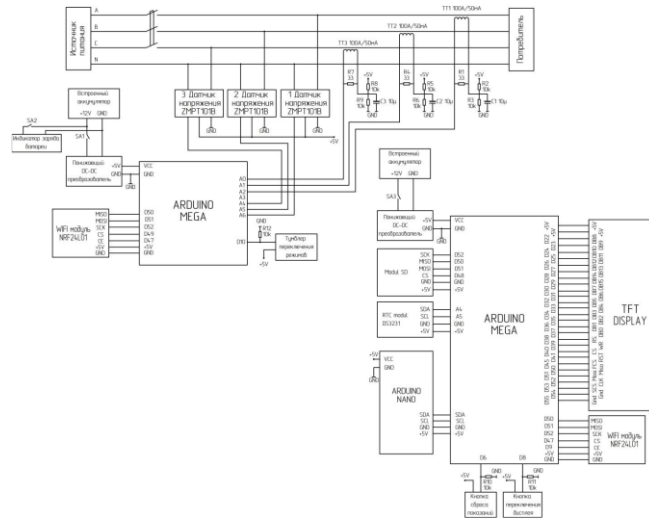


Рис. 2.8. Електричне з'єднання елементів пристрою ТЕМП-3-В із використанням Wi-Fi технології передачі даних

На рис. 2.9 представлений зовнішній вигляд ТЕМП-3-В із використанням Wi-Fi технології передачі.



Рис. 2.9. Зовнішній вигляд пристрою ТЕМП-3-В із використанням Wi-Fi технології передачі даних

Розроблений пристрій ТЕМП-3-В дозволив виконати розробку комплексу з метою оцінки втрат електроенергії та дослідження режимів роботи електричних мереж 0,4 кВ (КОПіРР) (Рисунок 2.10). Копір дозволяє проводити вимірювання в шести точках, так як має шість вимірювальних блоків, дані яких передаються в центральний блок.



Рис. 2.10. Зовнішній вигляд КОПіРР

Датчики струму SCT013, що використовуються, відкалібровані для вимірювання струму силою 100А. 100А - це середньоквадратичне значення максимального струму, тому необхідно визначити значення пікового струму $I_{п}$, А:

$$I_{п} = \sqrt{2} \cdot I_{д}, \quad (2.1)$$

де: $I_{д}$ – максимальний струм датчика струму, А.

$$I_{п} = \sqrt{2} \cdot I_{д} = 1,414 \cdot 100 = 141,4. \quad (2.2)$$

Після чого визначається струм на виході датчика А, використовуючи число витків. Для даного датчика кількість витків, згідно з його технічними характеристиками, становить 2000.

$$I_{вд} = \frac{I_{п}}{2000} = \frac{141,4}{2000} = 0,0707. \quad (2.3)$$

Так як мікроконтролери можуть обробляти тільки напруги від 0 до 5 В ми повинні перетворити струм на виході датчика струму змінну напругу (рис. 2.11).

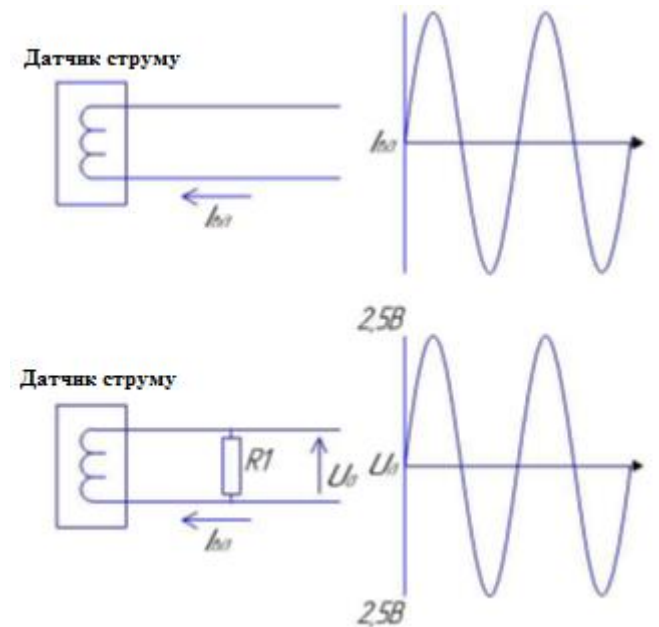


Рис. 2.11. Криві струму та напруги датчика струму

Для цього служить резистор $R1$, що шунтує. Номінал шунтуючого резистора R , Ом, визначається виходячи з опорної напруги мікроконтролера і обчислюється за формулою:

$$R = \frac{U_d}{I_{вд}} = \frac{2,5}{0,0707} = 35,4, \quad (2.4)$$

де $U_d = 2,5В$.

У зв'язку з тим, що резистори номіналом 35,4 Ом не випускаються, розглядаються найближчі до цього значення номінали рівні 33 і 39 Ом. Резистор слід вибрати меншого значення, щоб не створити напругу вище опорної напруги мікроконтролера.

Потужність резистора P_p , Вт, розраховується згідно з формулою:

$$P_p = R \cdot I_{вд}^2 = 33 \cdot 0,0707^2 = 0,1649. \quad (2.5)$$

Потужність резистора слід вибрати більшого значення, що дорівнює 0,25 Вт.

Резистори $R2$ і $R3$ є дільником напруги і необхідні для зміщення напруги в допустимий для мікроконтролера діапазон. Дані резистори вибираються одного номіналу, що дорівнює 10 кОм, щоб уникнути великих втрат енергії.

У мобільних портативних таймерах-електролічильниках для зняття енергетичних характеристик режимів роботи електрообладнання та електричної

мережі та автоматичного обліку часу напруження обладнання використовують дві мікроконтролерні плати, одна на базі чіпа ATmega2560, друга на базі чіпа ATmega328P. Перша плата є основною і виконує обробку всіх показань датчиків. Другий мікроконтролер, виконує керування таймером. Така комбінація мікроконтролерів обумовлена більш точними розрахунками енергетичних характеристик режимів роботи електрообладнання та електричної мережі та більш точного автоматичного обліку часу напруження, підвищенням обчислювальної потужності.

Пристрої живляться від li-ion батареї напругою 12В, зібраної з 3 акумуляторів 18650 підключених послідовно, для більшої автономності.

Дані контрольовані пристрої передаються на персональний комп'ютер для побудови графіків навантаження за допомогою різних каналів зв'язку, а також записуються на зовнішній накопичувач з прив'язкою до реального часу і дати.

Висновки по розділу

В другому розділі бакалаврської роботи Розроблено способи і технічні засоби дослідження параметрів режимів роботи електричних мереж сільськогосподарських об'єктів.

РОЗДІЛ 3
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНИХ ПРИСТРОЇВ
ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМІВ РОБОТИ
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ

Методика проведення вимірювань за допомогою пристрою ТЕМП для дослідження характеристик режимів електрообладнання сільськогосподарських об'єктів (методика проведення вимірювань за допомогою інших версій пристрою не має суттєвих відмінностей).

1. З'єднати датчики струму, що знімаються, до гнізда пристрою на верхній панелі по кольорах зліва направо (жовтий - зелений - червоний).

2. Підключити 4-піновий роз'єм датчиків напруги до відповідного гнізда на верхній панелі пристрою (для ТЕМП-3, ТЕМП-3-W).

3. Здійснити монтаж пристрою (поблизу точок вимірювання, щоб вистачало довжини проводів датчиків) на металеву поверхню за допомогою магнітів на задній панелі пристрою.

4. Виконати підключення знімних датчиків струму, «крокодилів» датчиків напруги до вимірюваних ділянок ланцюга (Підключення проводити згідно з кольоровим маркуванням на провідниках. Датчик струму з жовтим маркуванням і «крокодил» з цим же маркуванням підключити до фази А (жовтий колір), і так далі, «крокодил» із синім проводом підключити на нульовий провідник).

5. Після перевірити правильність підключення датчиків, залежно від типу проведених вимірювань виконати перемикач меншого перемикача «0-1», положення «0» якщо необхідно виконати фіксацію показань без вимірювання напруги, або положення «1», для вимірювання поточних рівнів напруги.

6. Включити пристрій за допомогою більшого перемикача "0-1", переведенням його в положення "1".

7. Дочекайтеся завантаження пристрою та появи на дисплеї напису білим кольором «Карта пам'яті готова».

8. Якщо з'явився напис червоним кольором «Карта пам'яті не готова», вимкнути пристрій, перевірити наявність картки пам'яті у відповідному слоті на лівій бічній стінці пристрою.

9. Якщо картка пам'яті встановлена і з'являється напис червоним кольором «Карта пам'яті не готова», перевірте цілісність картки пам'яті шляхом підключення її до персонального комп'ютера.

10. Якщо вимірювання будуть здійснюватися більше доби, підключіть блок живлення пристрою до гнізда на правій бічній стінці пристрою. Після цього підключити блок живлення до розетки живленням 220В.

2.5.1 Лабораторні випробування розроблених пристроїв ТЕМП проводилися в такий спосіб. Здійснювалося калібрування пристроїв за значеннями струму та напруги з використанням аналізатора якості електроенергії Ресурс UF2М як контрольний прилад.

У ході лабораторних випробувань моделювалися наступні режими:

1. Відключення датчика струму фази А для перевірки таймера обліку часу роботи обладнання;
2. Відключення датчика струму фази, для перевірки таймера обліку часу роботи обладнання;
3. Відключення датчика струму фази, для перевірки таймера обліку часу роботи обладнання;
4. Відключення датчиків напруги, перемикання режиму розрахунку потужних характеристик;
5. Відключення зовнішнього живлення, тобто зникнення напруги на лінії живлення з різною тривалістю часу, для перевірки вбудованого акумулятора;
6. Вилучення зовнішнього накопичувача.

Таблиця 3.1 - Проведення випробувань ТЕМП

№ п/п	Модельований режим	Результат досвіду	Кількість повторень	Примітки
1	<i>Відключення датчика струму фази А для перевірки таймера обліку часу роботи обладнання</i>	Перемикання режиму розрахунку потужності показало, що пристрій коректно виконує розрахунки потужності та спожитої електроенергії як за допомогою датчиків напруги, так і за допомогою запрограмованого в мікроконтролер значення напруги	15	Усі повторення успішно
2	<i>Відключення датчика струму фази для перевірки таймера обліку часу роботи обладнання</i>	Відключення датчика струму фази не вплинуло на роботу таймера. Таймер продовжував вести рахунок часу спираючись на показання датчиків струму фаз А,	15	Усі повторення успішно
3	<i>Вимкнення датчика струму фази С для перевірки таймера обліку часу роботи обладнання</i>	Відключення датчика струму фази не вплинуло на роботу таймера. Таймер продовжував вести рахунок часу спираючись на показання датчиків струму фаз А,	15	Усі повторення успішно
4	<i>Вимкнення датчиків напруги, перемикання режиму розрахунку потужних характеристик</i>	Перемикання режиму розрахунку потужності показало, що пристрій коректно виконує розрахунки потужності та спожитої електроенергії як за допомогою датчиків напруги, так і за допомогою запрограмованого в мікроконтролер значення напруги	15	Усі повторення успішно
5	<i>Відключення зовнішнього живлення, тобто зникнення напруги на лінії живлення з різною тривалістю часу, для перевірки вбудованого акумулятора</i>	При відключенні зовнішнього джерела живлення пристрій переходить у режим роботи від вбудованого джерела живлення, час автономної роботи становить 25 год.	5	Усі повторення успішно
6	<i>Вилучення зовнішнього накопичувача</i>	При вийманні карти SD пристрій видає повідомлення: «Карта пам'яті не готова», що говорить про відсутність можливості побудови графіків навантаження. При установці SD карти пристрій видає повідомлення: "Карта пам'яті готова", є можливість запису даних для побудови графіків	15	Є можливість побудови графіка навантаження

Лабораторні випробування довели можливість практичного використання пристроїв для дослідження характеристик режимів електрообладнання сільськогосподарських об'єктів.

Досліджено скорочення часу вимірювання за допомогою розробленого приладу порівняно з іншими методами та приладами, зокрема з струмовими кліщами та мультиметрами (Рисунок 3.1). Час, що витрачається на вимірювання за допомогою струмових кліщів і мультиметра, становив близько 19 хвилин на одну операцію, за допомогою пристрою ТЕМП - 10 хвилин. При порівнянні розробленого пристрою з аналізаторами якості електричної енергії скорочення часу досягається за умови вимірювання в декількох точках мережі одночасно, так як аналізатори не здатні виконувати такі вимірювання. У такому разі аналізатор якості необхідно через рівні проміжки часу встановлювати заново на нову точку вимірювань. При використанні ТЕМП такі операції робити не потрібно. Дослідження показало, що застосування розробленого пристрою дозволяє скоротити час проведення вимірювань порядку 40-45% за рахунок виключення такого етапу як фіксація показань, оскільки показання в розробленому приладі автоматично архівуються.

Підвищення достовірності із застосуванням розробленого пристрою досягається за рахунок того, що фіксація показань відбувається з більшою частотою (один раз на 20 мс) порівняно з аналізаторами якості (один раз на 200 мс). Це дозволяє збільшити точність даних на 4 і більше %.

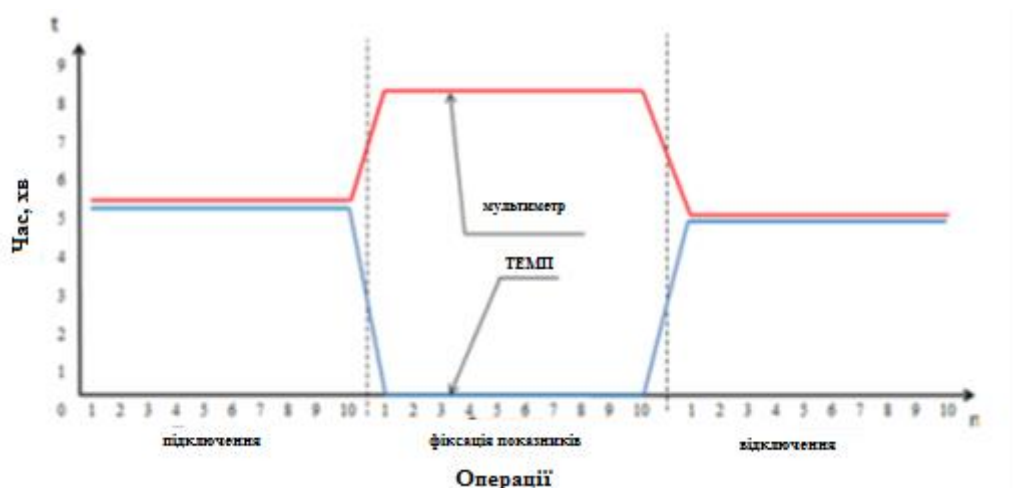


Рис. 3.1. Час проведення операції дослідження параметрів режимів роботи електричних мереж

Також влаштування ТЕМП пройшло випробування на введенні сільського житлового будинку. Завдяки пристрою були отримані графіки навантаження розеткової та освітлювальної групи житлового сільського будинку, розташованого в Житомирській області.

Аналіз добового графіка навантаження (від 22.05.2020р.) освітлювальної групи (Рисунок 3.2) показав моменти включення та відключення освітлення протягом 24 годин, а також потужність споживаної лампами освітлення. З цього графіка можна дійти невтішного висновку у тому, що максимальна споживана потужність висвітлення 22.05.2020г. становила 136 Вт. Основний годинник використання освітлення: з 7 до 10 годин, з 20 до 23 годин.

Аналіз добових графіків навантаження (з 21.05.2020р. до 27.05.2020р.) освітлювальної групи сільського житлового будинку показав, що пікова споживана потужність освітлення склала 313 Вт. У середньому освітлення використовується у вечірній час з 18 до 23 години.

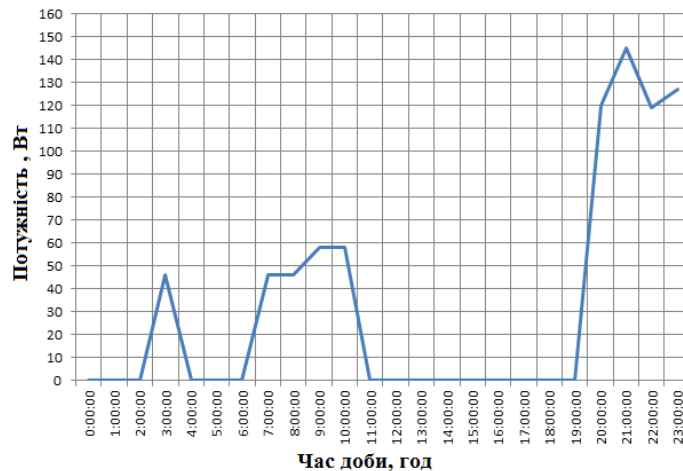


Рис. 3.2. Добовий графік навантаження освітлювальної групи сільського житлового споживача

За результатом аналізу добового графіка навантаження (від 13.03.2022р.) розеткової групи (рис. 3.3) вдалося визначити пікове споживання потужності, яке склало 3283 Вт. Таке споживання викликано роботою електричного накопичувального водонагрівача із заявленою потужністю 3,5 кВт. Вдалося зафіксувати час його включеного стану, який становив 5 годин (з 14 до 19 години).

Аналіз добових графіків навантаження (з 13.05.2020р. до 19.05.2020р.) розеткової групи сільського житлового будинку показав, що пікова споживана потужність склала 3589 Вт. Основним споживачем є електричний накопичувальний водонагрівач із заявленою потужністю 3,5 кВт. Середній час включеного стану протягом доби становить від 5 до 6 годин. У нічний час споживання від 580 до 650 Вт спричинене роботою холодильного обладнання. Також у момент запуску холодильне обладнання споживає до 1500 Вт.

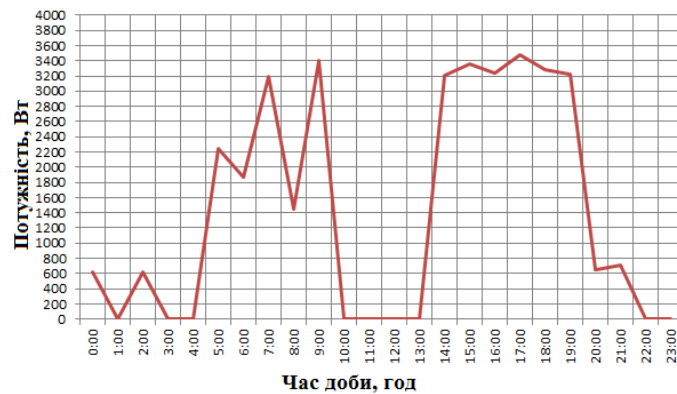


Рис. 3.3. Добовий графік навантаження розеткової групи сільського житлового споживача

Аналіз отриманих даних навантаження дозволив дати рекомендації споживачеві щодо встановлення двох тарифного лічильника електроенергії та перехід на двоставковий тариф електроенергії (день-ніч), переналаштування часу включення водонагрівача зі зміщенням на нічний час. Дані заходи дозволять сільському житловому споживачеві значно економити на електроенергії, що споживається, а також знизити навантаження на живильну електричну мережу в години основного навантаження для трансформаторної підстанції.

Застосування рекомендацій для одного сільського житлового споживача дозволить скоригувати графік навантаження трансформаторної підстанції, позбавити сильних стрибків споживаної потужності і зробити його рівномірним. Подальше обстеження інших споживачів, пристроєм ТЕМП-3, що належать до даної трансформаторної підстанції дозволить розподілити

навантаження протягом доби і зробити графік навантаження лінійним, що позитивно позначиться на якості електроенергії, зокрема стабільності напруги.



Рис. 3.4. Підключення ТЕМП-3 на введення котельні офісно – виробничого комплексу

Пристрій безперебійно працював 20 днів (з 30.01.20 по 19.02.20) виконуючи вимірювання та фіксацію енергетичних та тимчасових показань котельні. За результатами випробувань було отримано добові та тижневі графіки навантаження.

На рисунку 3.4 показаний графік фазної напруги, отриманий для дослідження електричної мережі котельні сільськогосподарського підприємства з виявленим фактом відхилення напруги, на рисунку 3.5 показаний графік з виявленим фактом відключення напруги. На рисунку 3.6 показано добовий графік навантаження котельні.

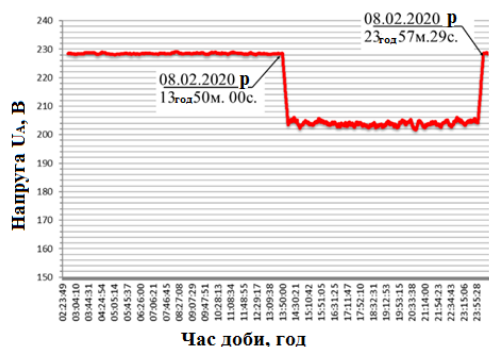


Рис. 3.5 – Відхилення напруги 8.02.20 у котельні офісно – виробничого комплексу

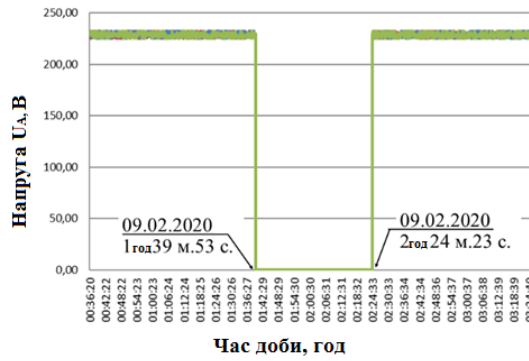


Рис. 3.6. Графік моменту вимкнення електричної енергії 9.02.2020р. у котельні

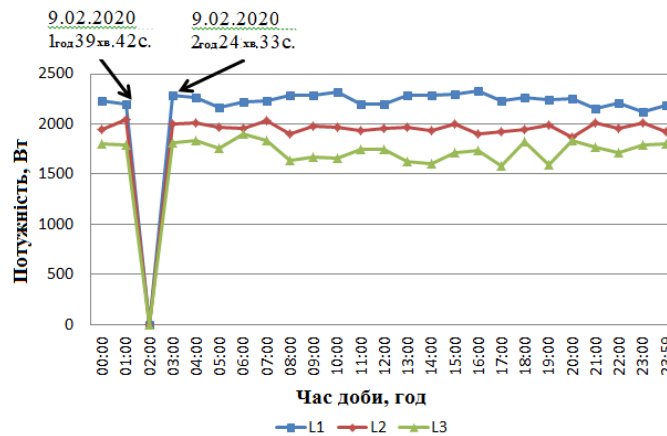


Рис. 3.7. Графік навантаження котельні

У ході дослідження електричної мережі котельні сільськогосподарського підприємства ТЕМП-3 було встановлено на введенні котельні. Результати вимірювання показали, що у нормальному режимі напруга на фазі А (L1) відхиляється від номінального на 8 і становить 228В. Виявлено факт відхилення напруги у меншу сторону (напруга знизилася до значення 202-205). Час, протягом якого напруга відхилялося до 202-205, склало 10 годин 7 хвилин. Також виявлено факт перерви в електропостачанні котельні, час якої становив 45 хвилин. Перерва в електропостачанні відбулася в нічний час, що становить певну небезпеку, оскільки котельня відноситься до вибухонебезпечних об'єктів. Крім того, порушення електропостачання котельні здатне порушити процес опалення підприємства. Отримано розподіл навантаження фазами, найбільш завантажена фаза L1 (А). Зроблено рекомендації щодо перерозподілу навантаження по фазах.

Також пристрій ТЕМП-3 проходив випробування на комбікормовому цеху продуктивністю 30 тонн на годину. Пристрій ТЕМП-3 було встановлено на подрібнювач гранул ІГТ 250.1000А. Згідно з паспортом подрібнювача максимальна потужність електродвигуна становить 16,5 кВт. Протягом доби проводилися виміри та фіксація енергетичних та тимчасових характеристик подрібнювача.

За допомогою пристрою ТЕМП-3 отримано такі фактичні дані: - час роботи двигуна протягом доби - 5,3 год; споживання електроенергії 83,21 кВт год; максимальна споживана потужність – 16,6 кВт; максимальний струм – 34,3А, мінімальний струм – 24,6А.

У методиці представлено середнє значення тривалості використання електродвигунів за добу для приготування кормів, що становить 3,5 години. Згідно з табличними даними даної методики, витрата електричної енергії $A_{\text{факт}}$, кВт·год, на електричний привід подрібнювача гранул за добу склала б:

$$A_{\text{факт}} = P_{\text{дв}} \cdot t_{\text{вип.}} = 16 \cdot 3,5 = 56 \quad (3.1)$$

де $P_{\text{дв}}$ - максимальна потужність, що споживається електродвигуном, кВт;
 $t_{\text{вип.}}$ - час роботи електродвигуна, год.

Використовуючи дані отримані пристроєм «ТЕМП-3» розрахуємо точні дані електричної енергії, що витрачається подрібнювачем за 24 години $A_{\text{факт}}$, кВт·ч:

$$A_{\text{факт}} = P_{\text{дв.}} \cdot t_{\text{вип.}} = 16,6 \cdot 5,3 = 83,21.$$

Таким чином, різниця між розрахунковим та фактичним споживанням становила 27,21 кВт·год, які могли бути помилково віднесені до потенціалу енергозбереження. Застосування ТЕМП-3 спільно з методикою дозволяє підвищити точність даних одержуваних під час обстеження електричних мереж та електрообладнання сільськогосподарських об'єктів, що дозволяє складати більш ефективні рекомендації щодо енергозбереження та збільшення енергетичної ефективності об'єкта.

На рис. 3.8 показано фото ТЕМП-3, який був встановлений на введенні однієї з трансформаторних підстанцій (ТП), що живить сільський населений пункт (а – зовнішній вигляд встановленого ТЕМП-3 у процесі вимірювання; б – вузол підключення датчиків струму ТЕМП-3). Дана ТП має два фідери, до числа споживачів першого фідера входять житлові будинки, водозабір, сільська школа, другий фідер є резервним. Вимірювання проводили на введенні низької напруги ТП першого фідера. На рис. 3.9 показані графіки зміни значень напруги, а на рис. 3.10 - графіки зміни струму до і після виявленого короткочасного зникнення напруги.

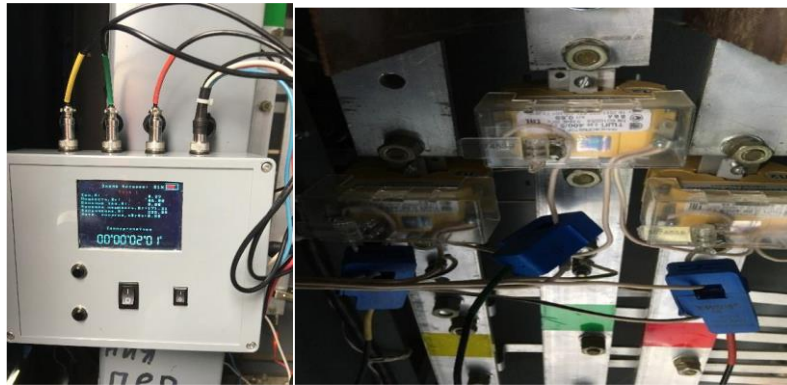


Рис. 3.8. Фото ТЕМП-3, встановленого на введенні ТП: а – зовнішній вигляд встановленого ТЕМП-3 у процесі вимірів; б - вузол підключення датчиків струму ТЕМП-3

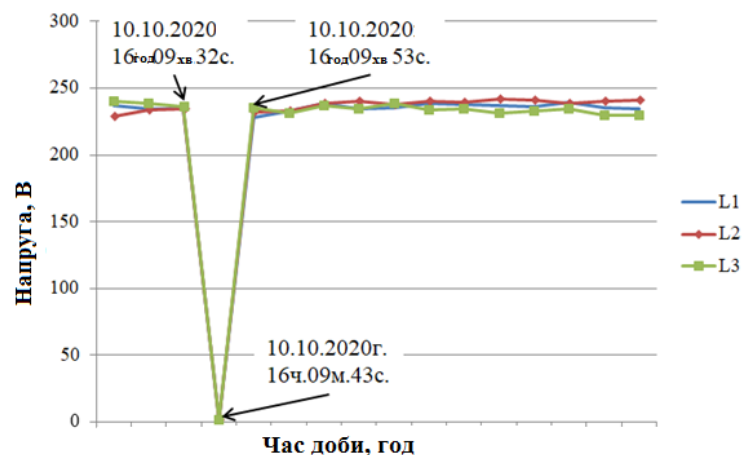


Рис. 3.9. Графік зміни значень напруги на введенні ТП до та після виявленого короткочасного відключення

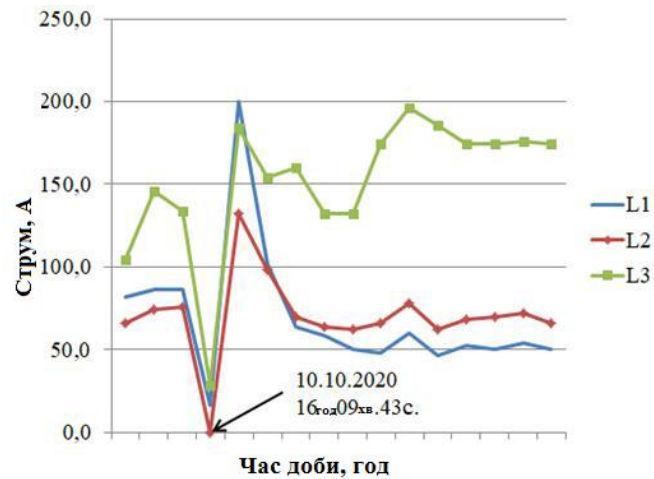


Рис. 3.10. Графік зміни значень струму на введенні ТП до та після виявленого короткочасного відключення

ТЕМП-3 встановлювався на введенні ТП, датчики струму підключалися до вимірювальних ланцюгів ТТ. Аналіз отриманих даних дозволив виявити, що в мережі присутня несиметрія за напругою та струмом, виявлена перерва була викликана короткочасним відключенням напруги за 10 кВ. Визначено значення пускових струмів по фазах, що дозволило перевірити правильність вибору уставок комутаційних захисних апаратів, встановлених на ввіді. Отримано розподіл навантаження по фазах, найменш завантажено фазу L3 (С), при цьому різниця у навантаженні по фазах становить більше 2-х разів (у нормальному режимі роботи, до відключення). Зроблено рекомендації щодо перерозподілу навантаження по фазах. Після короткого відключення відновлення нормального режиму відбулося протягом години. Це говорить про те, що частина навантаження, особливо підключеної до фази L1 (А), після короткочасної перерви в електропостачанні була відключена, оскільки очевидно отримувала живлення через магнітні пускачі або реле. Знову включення у роботу цієї навантаження відбулося автоматично, що вимагало ручного включення її персоналом споживача.

Виконано розрахунок раціональної уставки ПБВ (перемикання без збудження) силового трансформатора, що живить досліджувану лінію, згідно з розробленою методикою. За результатами вимірювань напруг у різних точках

мережі пристроєм ТЕМП-3 (час вимірювань 24 години) та обробки отриманих даних зафіксовано наступні результати за коефіцієнтами регулювання та відповідним інтервалом часу, представлених у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Коефіцієнти регулювання досліджуваної трансформаторної підстанції

Інтервал часу, t_i	Час доби, год	$K_{\text{pert}i\%}$, %
1	0	5,54
1	1	6,54
1	2	6,14
1	3	6,49
1	4	7,07
2	5	5,55
2	6	5,61
2	7	4,97
2	8	4,70
3	9	3,45
4	10	4,60
4	11	4,95
4	12	4,96
4	13	4,01
5	14	3,89
5	15	4,23
5	16	3,77
5	17	3,94
6	18	3,73
6	19	4,53
6	20	4,63
6	21	4,65
6	22	4,26
6	23	4,95

Обробка отриманих даних зафіксувала наступні результати за рекомендованими коефіцієнтами регулювання та відповідними інтервалами часу: $t_1 = 4\text{год}$, $K_{\text{pert}1\%} = -6\%$; $t_2 = 4\text{год}$, $K_{\text{pert}2\%} = -4,5\%$; $t_3 = 1\text{год}$, $K_{\text{pert}3\%} = -3\%$; $t_4 = 4\text{год}$, $K_{\text{pert}4\%} = -5\%$; $t_5 = 5\text{год}$, $K_{\text{pert}5\%} = -4\%$; $t_6 = 6\text{год}$, $K_{\text{pert}6\%} = -4,8\%$.

Тоді $t_1\% = (4/24) \cdot 100 = 16,7\%$, $t_2\% = 16,7\%$, $t_3\% = 4,1\%$, $t_4\% = 16,7\%$, $t_5\% = 20,8\%$, $t_6\% = 25\%$.

У цьому випадку середньозважений коефіцієнт регулювання складе:

$$K_{\text{ср.взв}} = \frac{-6\% \cdot 16,7\% + (-4,5\%) \cdot 16,7\% + (-3\%) \cdot 4,1\% + (-5\%) \cdot 16,7\% + (-4\%) \cdot 20,8\% + (-4,8\%) \cdot 25\%}{100\%} = -4,95\%.$$

Таким чином робиться висновок про те, що неавтоматичний регулятор напруги (ПБВ) на ТП повинен знаходитися в положенні, найближчому -4,95 (ймовірно, необхідно встановити в положення -5%) для забезпечення найбільш раціонального рівня напруги на вводах всіх споживачів.

Було проведено виробничу дослідну експлуатацію пристрою ТЕМП-3 в електричній мережі 0,4 кВ. Виконано порівняння результатів вимірювання, отриманих за допомогою ТЕМП-3 та за допомогою сертифікованого приладу, у ролі якого виступав аналізатор якості електроенергії.

Для проведення порівняння як сертифікований прилад вимірювань був обраний аналізатор якості електричної енергії типу РЕСУРС-UF2М. Було виконано порівняння технічних характеристик розробленого пристрою ТЕМП-3 із характеристиками аналізатора якості електричної енергії РЕСУРС-UF2М. Результати порівняння зведено до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Порівняння розробленого пристрою з аналізатором якості електроенергії РЕСУРС-UF2М.

Параметр	Пристрій	
	Аналізатор якості РЕСУРС-UF2М Відсутній	Пристрій ТЕМП-3 Літій-іонна 7,4 В, 35 Вт-год
Батарея		
Час роботи від акумулятора	-	до 24 годин
Частота отримання даних	200 мс	20 мс
Мінімальні значення часу усереднення	Напруга, сила струму: 200 мс	Напруга, сила струму: 20 мс
Діапазон вимірів	від 1 до 1000 В змінної напруги	от 1 до 450 В змінної напруги
Дозвіл вимірювання напруги	0,01 В	0,01 В
Діапазон вимірів	від 2 мА до 3000 А (в залежності від комплектації)	від 0,3 до 600 А (в залежності від комплектації)
Дозвіл вимірювання струму	0,01 А	0,01 А
Діапазон робочих температур	від -20 до +55 С	від -20 до +50 С
Корпус	IP51	IP55
Кількість точок вимірювань	1	1
Вартість, грн.	порядку 300 тис. грн.	порядку 10 тис. грн.

Для встановлення пристрою ТЕМП-3 було обрано електричну мережу 0,4 кВ протяжністю 800 метрів з 8 споживачами електричної енергії, трое з яких є трифазними, а решта 5 – однофазними. Вибрана лінія електропередачі 0,4 кВ є фідером №1, запитаним від трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ з диспетчерським найменуванням Піщ-922-2, у якого на введенні встановлено автоматичний вимикач, що виконує функції захисного комутаційного апарату, з номінальним струмом 100 А. Номінальне значення знімних трансформаторів струму пристрою ТЕМП-3 також вибрано 100 А.

Так, пристрій ТЕМП-3 було підключено до розподільчого пристрою низької напруги трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ Е-922-2. Згодом паралельно до пристрою ТЕМП-3 був підключений аналізатор якості електричної енергії типу РЕСУРС-UF2М для оцінки коректності вимірювань. Точки підключення пристрою ТЕМП-3 та аналізатора якості електроенергії представлені на рисунку 3.11.

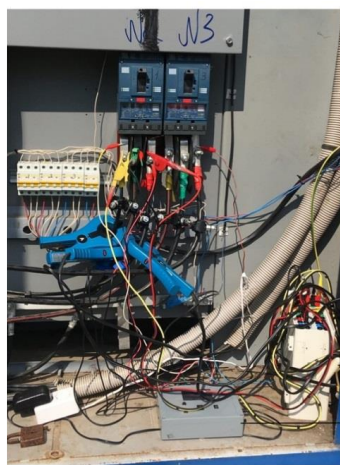


Рис. 3.11 - Пристрій ТЕМП-3 та аналізатор якості електроенергії типу РЕСУРС-UF2М на підстанції

У ході 13-денної експлуатації пристрою ТЕМП-3 в електричній мережі 0,4 кВ не було виявлено жодного збою у його роботі. Паралельно із аналізатором якості електроенергії ТЕМП-3 працював 7 днів. Вимірювання, що виводилися на екрани обох засобів вимірювань, були однакові, що дозволяє зробити висновок про коректність здійснення вимірювань пристроєм ТЕМП-3 параметрів електричної мережі.

При цьому, слід зазначити, що принцип реєстрації електричних величин, що вимірюються в журналах вимірювань у використувуваних приладів різний. Наприклад, випробуваним пристроєм ТЕМП-3 здійснюється запис діючих значень електричних величин 6 разів на хвилину з прив'язкою до певного часу. У свою чергу, аналізатор якості електроенергії РЕСУРС-UF2М здійснює багаторазове вимірювання величин і виводить у журнал вимірювань середньоквадратичне значення електричної величини за хвилину.

При порівнянні величин, що реєструються в журналах вимірювань пристроїв, було виявлено, що діючі значення фазної напруги, прив'язані до певного часу добового графіка, записані в ТЕМП-3 та середньоквадратичні значення напруги, записані в аналізаторі якості електроенергії відрізняються один від одного незначно, а відповідно, діючі та середньоквадратичні значення струму та активної потужності, що протікають по фазах електричної мережі, відрізняються один від одного в різні моменти часу більш, ніж на 20%. У зв'язку з цим було прийнято рішення зробити порівняння середньоквадратичних значень за кожен годину доби, тобто визначити середньоквадратичні значення фазних струмів та активних потужностей фаз, виходячи з 60 похвилинних вимірювань аналізатора якості електроенергії типу РЕСУРС-UF2М та 360 вимірювань за той же період пристроєм ТЕМП-3.

Були побудовані графіки добових змін середньоквадратичних значень напруги і сили струму, виміряних пристроєм ТЕМП-3 та аналізатором якості електроенергії типу РЕСУРС-UF2М, при цьому графіки добових змін напруги були побудовані за значеннями, що діють, прив'язаних до кожної години доби. Так, наприклад, на рис 3.12 (а) наведено графіки добових змін напруги фази L1, а на рисунку 3.12 (б) – середньоквадратичних значень струму фази L2 за 26 серпня 2021 року. На рисунку 3.13 також вказані верхня та нижня межі діапазону, якому відповідає максимальна виявлена різниця результатів вимірювань пристроєм ТЕМП-3 та аналізатором якості. Так, для всіх фаз трифазної чотирипровідної електричної мережі: L1, L2, L3 - діючі значення

напруги, прив'язане до кожної години доби, не відхилялися від вимірювань аналізатора більш ніж на 4% у кожний момент часу за 7 днів спільної експлуатації вимірювальних засобів. При цьому показання приладу ТЕМП-3 дещо нижчі за показання аналізатора якості електроенергії, що пов'язано з меншою кількістю збережених результатів вимірювань. У той самий час виходячи з відсутності різниці результатів поточних вимірів зроблено висновок у тому, що підвищення частоти запису діючих значень струму, напруги та інших параметрів дозволить значно скоротити різницю в середньквдратических значеннях. Також зроблено рекомендацію щодо зміни алгоритму запису даних приладом ТЕМП-3. Рекомендовано зробити алгоритм аналогічний алгоритму запису даних у аналізаторі якості, тобто запис одразу середньквдратичних значень за заданий період, наприклад, за секунду.

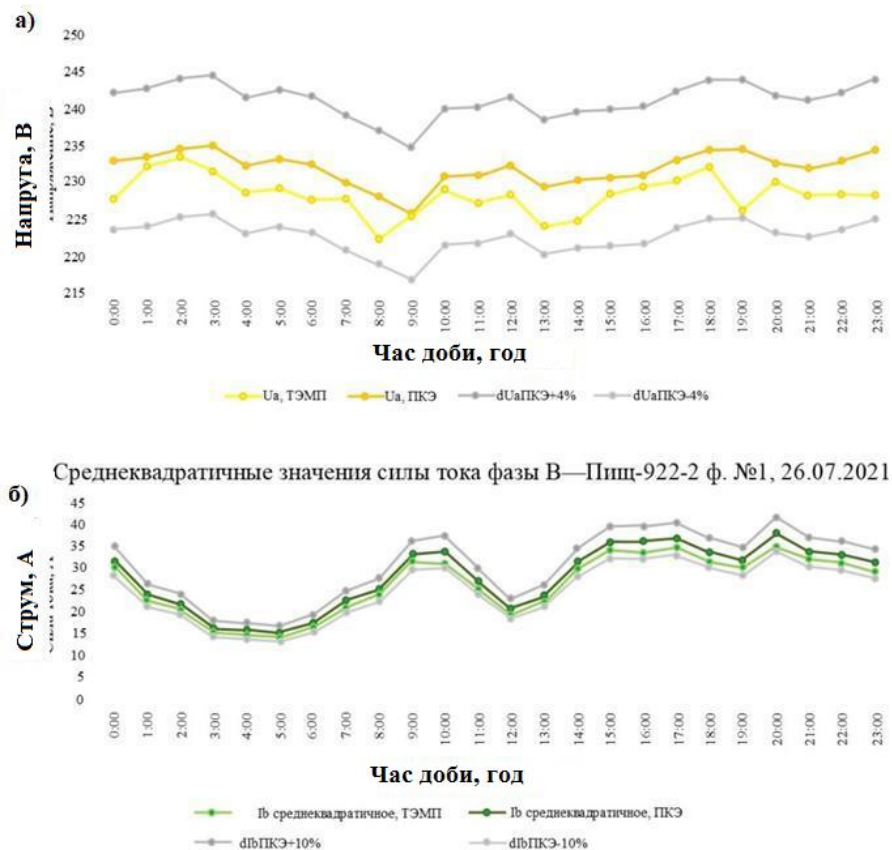


Рис. 3.12. Порівняння діючих значень напруги та середньквдратичних значень струму, виміряних приладом якості електроенергії та пристроєм ТЕМП-3

Протягом усього періоду вимірювань приладом ТЕМП-3 (13 днів) на введенні електричної мережі 0,4 кВ, запитаної від трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ Пищ-922-2 була виявлена несиметрія навантажень по фазах. Виходячи з результатів вимірювання фазних струмів і потужностей було виявлено, що фаза L2 є більш навантаженою, в результаті чого напруга на ній вже на підстанції значно нижче напруги на фазах L1 і L3.

Зазначено, що вартість приладу ТЕМП-3 більш ніж у 10 разів менша від вартості аналізаторів якості електроенергії, що робить його перспективним для використання в електромережових організаціях для вирішення задач з моніторингу параметрів режимів роботи електричних мереж, обстеження електричних мереж при прийнятті рішень про приєднання нових споживачів та модернізації, реконструкції мереж, розроблення заходів щодо оптимізації роботи електричних мереж. При цьому, як зазначалося вище, необхідно скоригувати алгоритм вимірювання та реєстрації результатів у журналах.

У ході виробничої дослідної експлуатації пристрою ТЕМП-3 в електричній мережі 0,4 кВ, було виявлено перспективність застосування приладу в електромережових організаціях. Виявлено, що прилад робить виміри коректно, вони збігаються, за поточними значеннями, з результатами вимірювання сертифікованого приладу, як використовувався аналізатор якості електроенергії РЕСУРС-UF2М. Однак, необхідно скоригувати алгоритм вимірювання та реєстрації результатів у журналах. Рекомендовано виконати алгоритм, аналогічний алгоритму запису даних в аналізаторі якості, тобто запис одразу середньоквадратичних значень за заданий період, наприклад, за секунду.

В ході дослідження отримано графік навантаження вальцедекового верстата СГР-600 з електродвигуном потужністю 4 кВт. За результатами отриманих даних було виявлено, що споживання струму становило 6,5А. У цьому виконанні споживання електроенергії на тону продукції становило 77,8 кВт·год/т. За підсумками вимірювань зроблено рекомендацію заміни двигуна та здійснено на електродвигун потужністю 2,2 кВт. Було проведено повторне

дослідження верстата СГР-600 з електродвигуном потужністю 2,2 кВт. У ході дослідження було виявлено, що електродвигун потужністю 2,2 кВт працює в номінальному режимі, споживає 4,5 А, $\cos \varphi$ дорівнює 0,8 і потужність електродвигуна становить 2,2 кВт. Такий режим роботи електродвигуна є оптимальним та реактивна складова знижена до мінімуму. У цьому виконанні споживання електроенергії на тонну продукції скоротилося до 67,57 кВт·год. В результаті експерименту вдалося отримати криві струмів, що споживаються до і після заміни електродвигуна (Рисунок 3.13) і зіставити їх з кривими продуктивності.

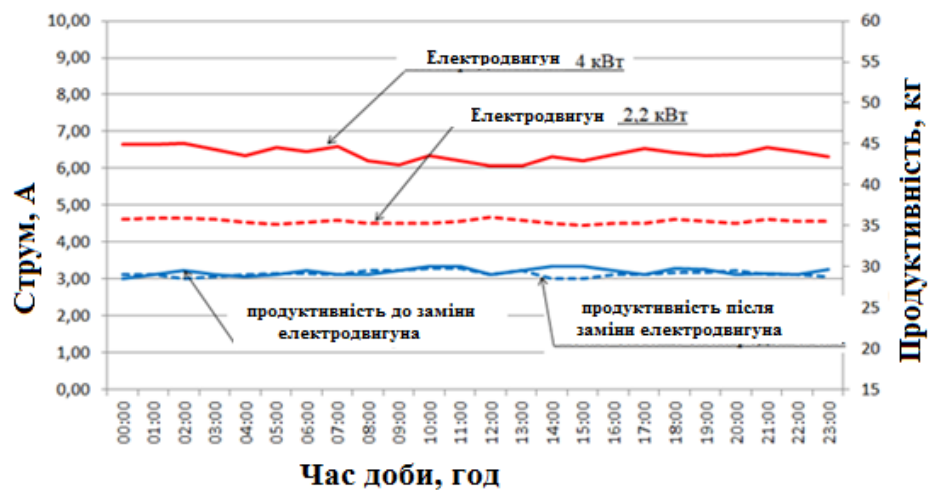


Рис. 3.13. Графік залежностей споживаних струмів та продуктивності вальцедекового верстата СГР-600

З отриманого графіка видно, що заміна електродвигуна менш потужний дозволила знизити споживання струму досліджуваного верстата, оптимізувати роботу електродвигуна при цьому зберегти продуктивність на колишньому рівні.

Комплекс для оцінки втрат електроенергії та дослідження режимів роботи електричних мереж 0,4 кВ (КОПіРР) пройшов попередні виробничі випробування на базі науково-освітнього виробничого центру у березні 2022 року. Було виконано монтаж та налагодження вимірювальних блоків КОПіРР у виробничому цеху. Перший вимірювальний блок був встановлений на лінії відходу ТП 10/0,4 кВ, що живить виробничий цех. Другий вимірювальний блок

був встановлений в електричному щиті, що живить першу і другу потокові лінії (первинний ступінь очищення). На цих лініях встановлено наступне обладнання: транспортери горизонтальні та похилі, норії, зерноочисні машини К-547). Третій вимірювальний блок встановлювався в електричному щиті, що живить відводять горизонтальні та похилі транспортери, системи рециркуляції. Четвертий вимірювальний був встановлений на введення електричного щита, що живить горизонтальні транспортери та електродвигуни системи вентиляції. П'ятий вимірювальний блок фіксував показання одного з електродвигунів вентиляційної системи.

Дані від вимірювальних блоків надходили бездротовим з'єднанням в центральний блок, що дає можливість моніторингу параметрів режимів роботи електричної мережі та електроустаткування в реальному часі. Запис всіх вимірюваних параметрів здійснювалася центральним блоком зовнішній накопичувач. А також кожен вимірювальний блок має можливість записувати на свій зовнішній накопичувач в автономному режимі, незалежно від центрального блоку, що підвищує його функціональність.

За результатами всіх випробувань та вимірювання параметрів режимів роботи електричної мережі виробничого цеху були отримані дані миттєвих значень струму, напруги, потужностей, середньоквадратичні значення струму, напруги, потужностей, коефіцієнти потужності та інші параметри. За отриманими даними складено графіки навантаження.

Комплекс КОПіРР дозволяє мобільно виконувати синхронізовані за часом вимірювання одночасно в кількох точках електричної мережі, що дає змогу зіставляти значення виміряних параметрів, виявляти частку навантаження конкретної ділянки електричної мережі (електрообладнання) у загальному графіку навантаження, ефективно виявляти причини втрат електроенергії, спотворень показників якості електроенергії. забезпечувати високий рівень достовірності одержуваних даних (рис. 3.14).

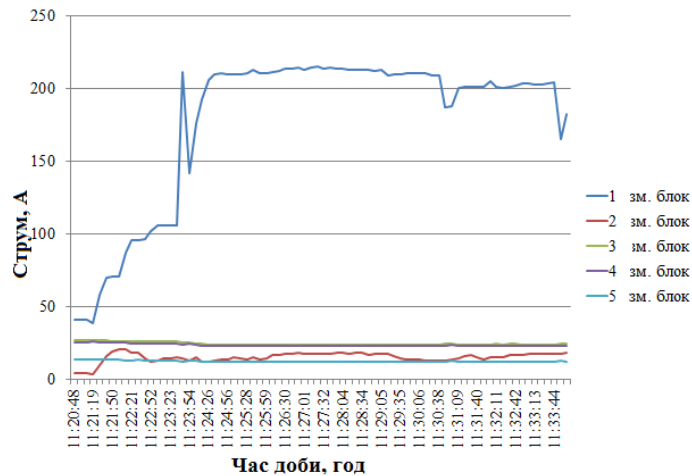


Рис. 3.14. Графік навантаження всіх вимірювальних блоків з синхронізацією за часом.

Висновки по розділу

У ході виробничих випробувань комплексу КОПіРР було виявлено, що він відповідає всім технічним вимогам та забезпечує виконання всіх заявлених функцій.

ВИСНОВКИ

Розроблено способи та технічні засоби для дослідження параметрів режимів роботи електричних мереж сільськогосподарських об'єктів, які дозволяють здійснити мобільний вимір поточних та максимальних значень потужності, струму, напруги у трифазній мережі, вести контроль спожитої електрообладнанням або ділянкою мережі кількості електроенергії без порушення ізоляції проводу живлення. За рахунок цього підвищується достовірність проведення енергоаудиту та, як наслідок, підвищується енергоефективність систем електропостачання сільськогосподарських об'єктів, скорочується час на обстеження електричних мереж сільськогосподарських об'єктів.

Розроблено методику дослідження параметрів режимів роботи електричних мереж сільськогосподарських об'єктів за допомогою розроблених технічних засобів, яка дозволяє проводити оцінку втрат електроенергії в силових трансформаторах без відключення їх від мережі та з ранжуванням на втрати короткого замикання, навантажувальні втрати та втрати холостого ходу, виконувати аналіз втрат електроенергії досліджуваної мережі, виконувати розрахунок раціональної уставки ПБВ (перемикання без порушення) силових трансформаторів, що живлять сільських споживачів, вимірювати та аналізувати графіки навантаження досліджуваної мережі та підключених до неї споживачів, виконувати аналіз інших параметрів режимів роботи мережі (споживання реактивної потужності, коефіцієнт потужності тощо).

Застосування розроблених способів, пристроїв, а також методики дозволяє скоротити час проведення вимірювань на 40-45%, підвищити достовірність вимірювань на 4-4,5%, здійснювати вимірювання без порушення ізоляції проводу живлення та відключення електроприймачів, що в свою чергу призводить до скорочення часу енергетичних обстежень та зниження збитків від недовипуску продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кирик В.В., Рибка О.О., Аналіз стану та технічної відповідності електричних мереж ОЕС України вимогам ENTSO-E. Журнал "Гідроенергетика України" №3-4, 2021.
2. Електроенергетика України. Структура, керування, інновації : монографія / І. В. Хоменко, О. А. Плахтій, В. П. Нерубацький, І. В. Стасюк. – Харків: НТУ «ХПІ», ТОВ «ПланетаПрінт», 2020. – 132 с.
3. Піротті О.Є., Баленко О.І., Бречко В.О., Гузін М.Ю., Гонтар Ю.Г. Аналіз принципів побудови та функціональних можливостей систем моніторингу стану високовольтних силових трансформаторів. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетика надійність та енергоефективність, № 1 (1), 2020.
4. Попадченко С.А., Тоберт М.Ю. Аналіз існуючих методів і технічних засобів організації моніторингу електричної мережі. Харківський національний технічний університет сільського господарства імені П. Василенка 2020.
5. Попадченко С. А., Савченко О. А., Абрамов М. А. Підвищення ефективності технологій Smart Grid на основі моніторингу параметрів електричної мережі. Харківський національний технічний університет сільського господарства імені П. Василенка, 2020.
6. О. В. Кириленко, та А. В. Праховник, Енергетика сталого розвитку: виклики та шляхи побудови. Праці Інституту електродинаміки НАН України. Спеціальний випуск. с. 10-16, 2010.
7. О. В. Кириленко, В. В. Павловський, та Л. М. Лук'яненко, Технічні аспекти впровадження джерел розподіленої генерації в електричних мережах. Технічна електродинаміка. № 1, с. 46-53, 2011.

8. Б. С. Стогній, О. В. Кириленко, А. В. Праховник, та С. П. Денисюк, «Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні», Техн. електродинаміка, № 5, с. 52-67, 2011. ISSN 1607-7970
9. П. Д. Лежнюк, В. О. Комар, та Д. С. Собчук, «Аналіз впливу розосередженого генерування на режим розподільних електричних систем», Вісник Вінницького політехнічного інституту. № 6, с. 45-47, 2013, ISSN 1997-9266.
10. Ю. О. Варецький, В. М. Горбань, Я. С. Пазина, Зміни напруги в електричній мікромережі з гібридною електростанцією. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Електроенергетичні і електромеханічні системи, № 840, с. 17-23, 2016.
11. І. В. Котилко І. В. «Відновлення електропостачання в локальних електричних системах при втраті централізованого живлення», Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem2018/paper/view/5095>.
12. О. V. Kyrylenko, R. Strzelecki, S. P. Denysiuk, and D. G. Derevianko, «Main features of the stability and reliability enhancement of electricity grid with DG in Ukraine based on IEEE standards», Технічна електродинаміка, № 6, с. 46-50, 2013.
13. Кабінет Міністрів України (від 18 серпня 2017 р. № 605-р) Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність».
14. Б. С. Стогній, О. В. Кириленко, та С. П. Денисюк, «Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення», Технічна електродинаміка, № 6, с. 44-50, 2010, ISSN 1607-7970.
15. Притискач І.В. Автореферат на тему Моделі та методи діагностування силових трансформаторів в електричних мережах напругою 6–110 кВ. 2015

16. Каталог Siemens. Gas-Insulated Switchgear up to 145kV,40kA, 3150A Type8DN8. SiemensAG, Power Transmission and Distribution. 2015.
17. Каталог ЗТР. Інтернет джерело:http://www.ztr.ua/files/ztr_d77-ztr_product_catalogue_2014.pdf
18. Інтернет джерело: http://www.rzva.ua/ua/produkcija/komutaciini-aparati_1472639412/vakuumni-vimikachi-10-kv_1472639305/vr2_1472639240.htm