

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана
Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)
факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
приладів та контрольно-вимірювальних систем
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему:

Інформаційно-програмне забезпечення роботи

багатоканального вимірювального лічильника з можливістю

дистанційного керування навантаженням та передачею даних в інтернет

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи РВд-21
спеціальності (напряму підготовки) 152
Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Баран А. Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Апостол Ю.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Апостол Ю. О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедрою

Паламар М. І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Савків В. Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2020

РЕФЕРАТ

В даній кваліфікаційній роботі магістра здійснюється розробка та дослідження інформаційно-програмного забезпечення роботи багатоканального вимірювального лічильника з можливістю дистанційного керування навантаженням та передачею даних в інтернет.

Основним об'єктом дослідження є процес безпроводної передачі даних, що відбувається під час роботи у багатоканальній вимірювальній системі, здійснюється можливість для дистанційного керування навантаженням, розроблене програмне забезпечення для передачі даних в інтернет. Методи виконання роботи: економіко-статистичний, графічний, порівняльний, метрологічного аналізу; теоретико-емпіричний.

Розроблене інформаційно-програмне забезпечення роботи багатоканального вимірювального лічильника дозволяє отримати необхідну в даних умовах можливість дистанційного керування навантаженням та забезпечити удосконалення передачі даних у важкодоступних місцях без зовнішнього енергопостачання за допомогою процесу безпроводної передачі даних.

Ключові слова: ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ЛІЧИЛЬНИК, СЕРВЕР, КЕРУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯМ, СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА, ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ.

ЗМІСТ

Вступ.....	
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	
1.1 Аналіз методів вимірювання потужності в колах змінного струму	
1.2 Аналіз принципу роботи сучасних засобів обліку електроенергії	
1.2.1 Лічильники індукційної системи	
1.2.2 Електронні лічильники.....	
1.3 Аналіз методів та приладів вимірювання електричного струму	
1.4 Аналіз методів та засобів передачі показів спожитої кількості спожитої електроенергії.....	
1.5 Аналіз методів керування енергопостачанням	
1.6 Обґрунтування доцільності розроблення та постановка задачі магістерської роботи.....	
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	
2.1 Розроблення структури багатоканального вимірювального лічильника з можливістю дистанційного керування навантаженням та передачею даних в інтернет	
2.2 Розроблення схеми електричних з'єднань	
2.3 Аналіз технічного рішення забезпечення автономним живленням засобу вимірювання	
2.4 Розробка сервера для отримання даних з багатоканального вимірювального електrolічильника та можливістю дистанційного керування навантаженням.....	
3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	
3.1 Метрологічний аналіз вимірювання напруги в мережі.....	
3.2 Метрологічний аналіз вимірювання сили струму	
3.3 Метрологічний аналіз вимірювання потужності	
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	
4.1 Планування заходів з охорони праці, види планування та контролю, стан охорони праці.....	
ВИСНОВКИ	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА	
ДОДАТКИ.....	ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.

ВСТУП

Основним завданням метрології є забезпечення точності вимірювань фізичних величин та їх правильної обробки. На сьогоднішній день існує великий вибір високоточних сенсорів, які дозволяють отримувати значення фізичних величин з можливістю подальшої їх передачі на керуючий блок. Також суттєвим плюсом таких сенсорів являється їхня порівняно невисока ціна та часто можливість сконфігурувати необхідні для вимірювання параметри. Керуючими блоками в більшості випадків виступають мікроконтролери.

Проте часто системи такого типу повинні бути встановлені у важкодоступних для людини місцях, що виключає можливість їх постійного контролю способом прямого контакту з ними. Вирішити таку проблему покликані різноманітні засоби дистанційного зв'язку, які дозволяють обмінюватись інформацією з такими приладами не виходячи з робочої лабораторії.

Актуальність теми – існує гостра необхідність вимірювання параметрів навколишнього середовища у важкодоступних місцях. Останні характеризуються відсутністю зовнішнього енергопостачання та традиційних провідних технологій передачі даних з інформаційно - вимірювальних систем. Для забезпечення енергоживлення ці системи базуються на застосуванні сонячних панелей. Разом з тим, такий підхід характеризується рядом недоліків, зокрема залежністю від погодних умов та неможливістю їх прихованого встановлення. Таким чином існує потреба в розробленні нових підходів у забезпеченні енергоживлення для забезпечення вимірювання та передачі даних користувачу.

З метою передачі даних в таких системах застосовуються різноманітні сучасні безпроводні технології на основі протоколів WiFi, Bluetooth, GSM та

інших, кожен з яких характеризується своїми перевагами та недоліками. Отже існує потреба в їх детальному аналізі і оптимального вибору з точки зору мінімального енергоспоживання та надійності передачі даних.

Мета і задачі дослідження – удосконалення способів передачі даних у важкодоступних місцях без зовнішнього енергопостачання шляхом розроблення оптимізованого процесу обміну вимірювальною інформацією та інформаційно вимірювальної системи що його реалізує.

Об'єкт дослідження – процес безпроводної передачі даних.

Предмет дослідження – удосконалений підхід передачі даних у важкодоступних місцях без зовнішнього енергопостачання.

Методи дослідження – В магістерській роботі були застосовані статистичні методи та теорія невизначеності для оцінки експериментальних результатів вимірювання; експериментальні методи для практичного підтвердження працездатності запропонованого підходу.

Наукова новизна одержаних результатів – Запропонований удосконалений підхід до передачі вимірювальних даних у важкодоступних місцях без зовнішнього енергопостачання та інформаційно вимірювальна система, яка його реалізує.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз методів вимірювання потужності в колах змінного струму

На сьогоднішній день існує кілька методів вимірювання потужності в колах змінного струму, вимірювання потужності здійснюється за допомогою контактних електродинамічних та феродинамічних ватметрів[1].

Принцип дії електродинамічних ватметрів заснований на тому, що дві котушки мають зі струмом взаємну дію, як показано на рис. 1.1. Котушка, що не рухається, під номером 1 в собі має 2 секції, які використовуються для того, щоб утворити певне поле, яке були би однорідним. Як правило, навивають дану котушку з дроту значної товщини. Легенька котушка під номером 2, що рухається, знаходиться та закріплена посередині котушки, що не рухається. Дана котушка з'єднується зі стрілкою та віссю за допомогою жорсткого з'єднання. Котушка, що рухається, приєднується до ланцюга вимірювання, за допомогою пружин спіральних. Пружини спіральні роблять момент протилежної дії. Всередині даного пристрою знаходиться повітряний заспокоювач під номером 3. Під час того, як по котушках відбувається проходження струму, з'являються поля магнітні, а саме 2. Поля магнітні, намагаються зробити все, щоб котушка, яка рухається, повернулася в той стан, щоб у механізму вся енергія була найменшою.

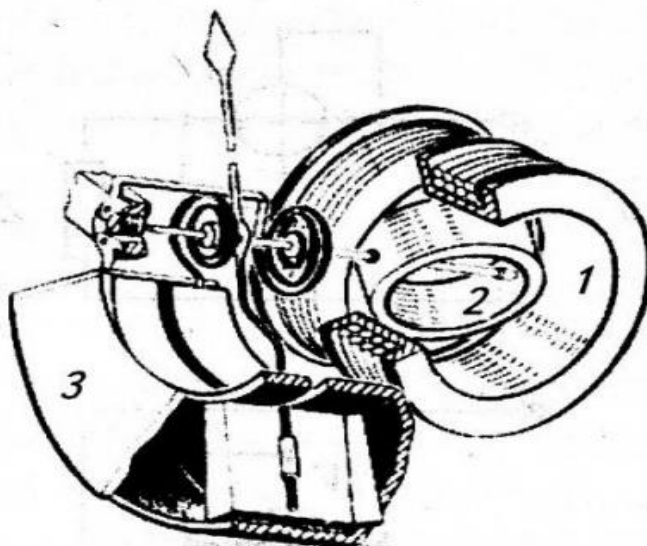


Рисунок 1.1 - Принцип дії електродинамічного ватметра

Електродинамічні ватметри володіють такими перевагами та недоліками:

Переваги:

- наявність точності високої;
- універсальність при використанні ватметрів як у колах зі змінним, так і з постійним струмом;
- споживають потужності небагато.

Недоліки:

- низький рівень чутливості;
- через невисоке магнітне поле механізму вимірювання, ватметри піддаються великому впливу полів магнітних ззовні;
- діапазон частот має суттєві обмеження.

Значне використання ватметрів електродинамічних у якості техніки для вимірювання пов'язане із високим рівнем вимірювальної точності при контролі змінного струму. Використання даного типу ватметра є досить поширене, незважаючи на недоліки із серед аналогових вимірювальних приладів.

Ватметр феродинамічний не відрізняється за принципом дії від електродинамічного ватметра, а тільки згідно своєї конструкції. Котушка, що не рухається, міститься на осерді феродинамічних приладів, а котушка, що рухається розміщується між їх полюсами приладів. Це робиться для того, щоб збільшити чутливість магнітного поля внутрішнього. При наявності осердя такого типу досить сильно зростає магнітне поле внутрішнє котушки, що не рухається. Так само відповідно зростають чутливість та обертовий момент, і власне споживання приладу також зменшується. Той факт, що існує осердя феромагнітне, впливає на зниження точності приладу через те, що магнітні його характеристики не є лінійними. Також відбувається

звуження діапазону частотного та збільшення його похибки частотної. Прилади феродинамічні можуть мати клас точності не вище 0,5. Переважно їх використовують як ватметри щитові для кіл з частотою промисловою у випадках значних зовнішніх впливів механічних.

Основним недоліком електродинамічних та феродинамічних ватметрів є відсутність в них цифрових виходів для підключення до мікроконтролера.

1.2 Аналіз принципу роботи сучасних засобів обліку електроенергії

Основним засобом контролю споживання електроенергії є електrolічильник[2]. На сьогоднішній день ринок засобів обліку в Україні вражає спроможними перспективами і вже існуючим якісним розмаїттям.

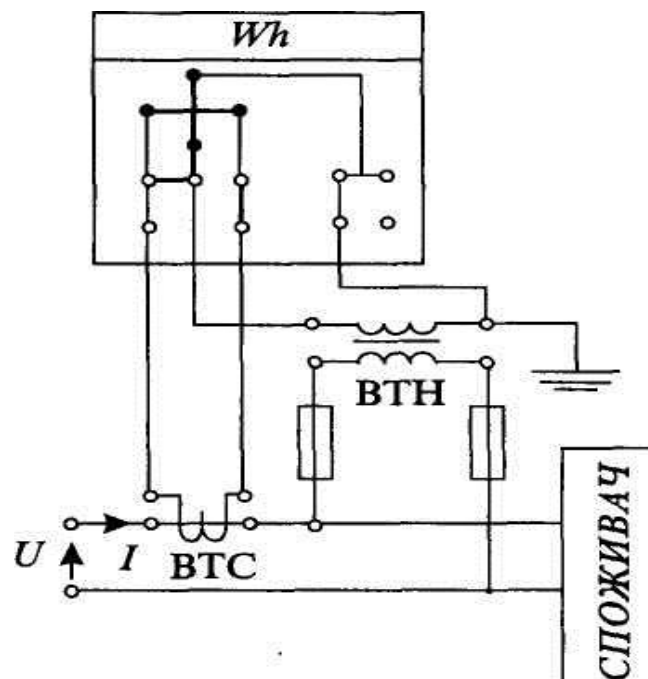


Рисунок 1.2 – Схема ввімкнення однофазного лічильника

Вимірювання та облік електричної енергії в колах змінного струму при частоті промисловій відбувається переважно з використанням за допомогою лічильників індукційних електричної енергії. Кажучи в загальному, тобто при вимірюванні енергії порівняно потужних споживачів, відбувається вмикання лічильника за допомогою вимірювальні трансформатори струму, у

тому разі, коли спостерігаються високі напруги, тоді використовуємо вимірювальні трансформатори струму і вимірювальні трансформатори напруги (рис. 1.2).

1.2.1 Лічильники індукційної системи

Індукційний лічильник – це лічильник, у якому магнітне поле нерухомих струмопровідних котушок впливає на рухливий елемент із провідного матеріалу.

Завдяки своїм електромеханічним властивостям лічильники індукційної системи безпосереднього увімкнення витримують вплив імпульсу струму, пікове значення якого перевищує максимальний струм у 50 разів (що складає 7000 А) і значення якого протягом 1 мс перевищує в 25 разів максимальний струм (що складає 3500 А).

Основним недоліком індукційних лічильників є їх порівняно невисокий клас точності (не краще за 1,0) та вузький частотний діапазон (здебільшого 45...62Гц), наявність вищих гармонік суттєво погіршує їхню роботу. А також і інші недоліки:

- велика похибка ($\pm 1,5\%$);
- наявність ефекту самоходу;
- неможливість використання лічильника системами автоматизованого обліку електричної енергії без застосування допоміжних пристроїв;
- низький ступінь захищеності від крадіжок електричної енергії;
- відносно малий термін безвідмовної роботи (8500-9000 год.);
- неможливість одночасного використання лічильників для кількох тарифних схем;

- великі витрати електричної енергії на власні потреби, що в перерахунку на кількість індукційних лічильників, які використовуються в Україні, призводить до суттєвих втрат електроенергії.

Перспективнішим є застосування, особливо на електротранспорті та для обліку енергії в потужних плавильних печах, електронних лічильників.

1.2.2 Електронні лічильники

Статичний (електронний) лічильник – лічильник, в якому струм і напруга діють на твердотілі елементи для створення на виході імпульсів, число яких пропорційно вимірювальній активній енергії.

На базі перетворювача потужності первинного, є побудований лічильник ППН-напруга $U_p = k_p P$. А оскільки одним з найзручніших варіантів інтегрування напруги є її проміжне перетворення в частоту, в схемі передбачений перетворювач напруги в частоту ПНЧ. Потім відбувається наступне інтегрування частоти, тобто рахуються імпульси, для цього використовується пристрій інтегровальний ІІ. Пропорційним спожитій енергії за відповідний проміжок часу буде код N вихідний. Здебільшого як інтегровальний пристрій використовують мікропроцесор.

Структурна схема такого лічильника наведена на рис. 1.3.

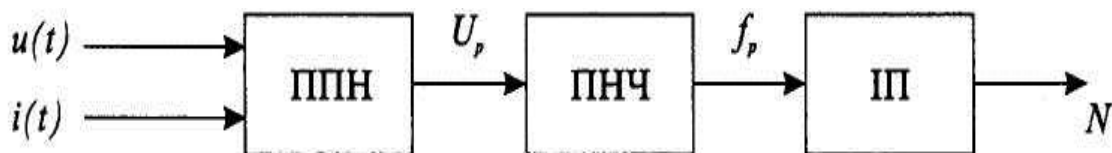


Рисунок 1.3 – Структурна схема електронного лічильника електричної енергії

Отже, до складу лічильника входять:

- давачі напруги "U" та струму "I", що вимірюють напругу і струм навантаження;

- вимірювальна мікросхема, у якій відбувається підсилення й аналого-цифрове перетворення сигналів давачів, їх цифрове перемноження і цифрова фільтрація. Сигнал, пропорційний вимірюваній потужності, перетворюється у вихідний сигнал, зручний для використання;

- пристрої, що забезпечують інтегрування, подальше перетворення, індикацію і передачу результатів вимірів.

Давачами напруги і струму є вимірювальні трансформатори.

1.3 Аналіз методів та приладів вимірювання електричного струму

Амперметри електромагнітної системи [3] можна використовувати для того, щоб робити вимірювання струму. Його можна міряти як у ланцюзі зі змінним струмом, так і у ланцюзі з постійним.

Принципом дії приладу системи електромагнітної називають принцип, що базується на тому факті, вимірюваний струм створює магнітне поле котушки, що робить взаємодію зі сталевим сердечником, який розташований у даному полі (рис. 1.4).

Тоді, коли вимірюваний струм робить протікання через котушку під номером 1, то відбувається створення поля магнітного у плоскій щілині котушки під номером 2. Поза котушкою на підп'ятниках, виконаних з агату, розміщується вісь під номером 3 на якій встановлений сердечник зі зміщеним центром під номером 4, виконаним зі сталі, яка володіє великою магнітною проникністю сталі. Також на осі знаходиться стрілка під номером 5. Сердечник намагнічується за допомогою магнітного поля котушки, яке і затягує сердечник до середини. Таким чином вісь і насаджена на неї стрілка приладу повертаються. Призначенням пружини спіральної під номером 6 є

перешкоджання даному повороту. що закручується, під час утворюється момент протидії.

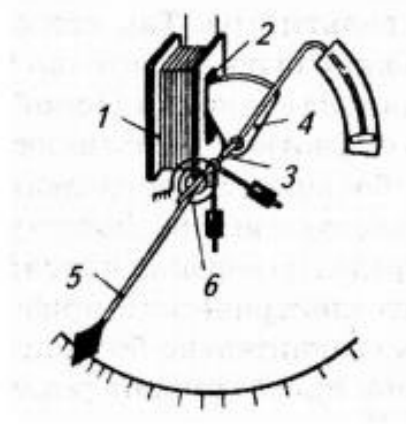


Рисунок 1.4 – Принцип дії пристрою системи електромагнітної



Рисунок 1.5 – Амперметр для змінного струму системи електромагнітної

Прилади електромагнітного струму роблять вимір діючого значення ланцюга змінного струму. Прилади електромагнітні можна використовувати у якості амперметрів, а також у якості вольтметрів. При використанні приладів електромагнітних як вольтметрів для обмотки використовують значне число витків мідного дроту малих діаметрів.

Електромагнітні прилади мають свої переваги. Вони володіють конструктивною простотою, можливістю витримувати значні перевантаження, універсальністю у використанні як для змінного, так і для постійного

струму, низькою ціною, можливість використання як амперметрів для прямого під'єднання до великих струмів.

Але вони мають і ряд недоліків. Серед них найважливіші, це невисока чутливість, шкала не дуже рівномірна, є дуже чутливими до впливу магнітних полів ззовні, власне енергоспоживання є досить великим.

Силу електричного струму можна виміряти непрямим методом, базуючись на так званому ефекті Холла.

Ефект Холла базується на тому факті, що електричне поле виникає у провіднику що має струм, який міститься в магнітному полі зовнішньому. Напруженість поля є перпендикулярною до площини, у якій знаходяться вектор індукції магнітного поля та вектор густини струму.

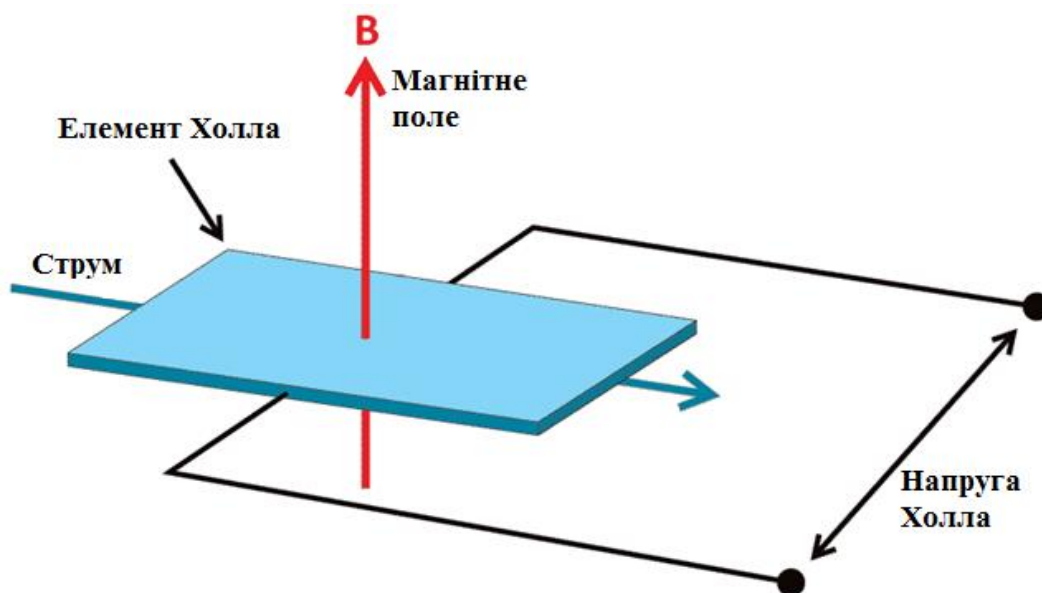


Рисунок 1.6 – Ефект Холла

Принцип роботи:

Електричний струм, протікаючи через провідник, створює магнітне поле, яке фіксується датчиком Холла і перетворюється в напругу, пропорційну значенню вхідного струму.

1.4 Аналіз методів та засобів передачі показів спожитої кількості спожитої електроенергії

В наш час існують такі методи передачі даних[5], як Ethernet, RS-485, Wi-Fi, GPRS.

Ethernet є найпоширенішим протоколом передачі даних через виту пару, максимальна відстань передачі даних становить 100 метрів, для збільшення відстані передачі використовують повторювачі, які встановлюють між лініями передачі. Ethernet має пропускну здатність до 10 Мбіт/с.

RS-485 є найпоширенішим в промисловості методом передачі даних через одну пару витих дротів, максимальна відстань передачі даних становить 1200 метрів при швидкості передачі даних 62,5 Кбіт/с.

Wi-Fi використовується для передачі даних по радіоканалу, дану технологію доцільно використовувати, там де розгортання кабельної системи є неможливим або економічно недоцільним. Для передачі даних в інтернет потрібно встановити точки доступу до інтернету. Радус дії Wi-Fi адаптера може бути до 100 метрів від роутера, та швидкість передачі даних до 100 Мбіт/с в залежності від різних факторів, таких як стіни, погодні умови, зашумленість каналу іншими точками доступу.

Wi-Fi адаптери в даний час є дешевими, мають компактний розмір завбільшки з монету та споживають малу кількість енергії.

GPRS використовується для пакетної передачі даних в GSM мережі, GPRS оплачується за використану кількість прийнятих та переданих даних, максимальна швидкість передачі даних становить 171 Кбіт/с, може передавати дані в інтернет там є покриття мобільного GSM оператора.

1.5 Аналіз методів керування енергопостачанням

На практиці існують такі засоби керування електроживленням:

- на базі елекромеханічного реле[6];
- на базі симістора з оптосимісторною розв'язкою.

Електромеханічне реле використовується для комутації високих потужних навантажень, для управління через мікроконтроллер потребує підключення через транзисторний ключ, так як мікроконтроллер видає 40ма на вихід, а реле потребує більше живлення.

Принцип дії електромеханічного реле полягає у замиканні контакту за допомогою електромагніту, який притягує якір з відтягуючою пружиною до контакту, що включає навантаження при подачі живлення на електромагніт, а при відсутності живлення пружина відтягує якір від контакту і тим відключає живлення навантаження.

Недоліки електромеханічного реле:

- обмежена частота та швидкість включення реле;
- механічне зношення деталей;
- виникає шум при включенні та виключенні.

Переваги:

- великий комутуючий струм;
- присутня гальванічна розв'язка;
- низьке тепловиділення на контактах і котушці;
- дешеві.

Симісторне реле[7] з опторозв'язкою використовується для комутації в ланцюгах змінного струму, опторозв'язка використовується для розділення низьковольтної та високовольтної частини від прямого електричного з'єднання, що забезпечує захист низьковольтному обладнанню,



яке керує включенням та виключенням навантаження в мережі.

Рисунок 1.7 – Функціональна схема твердотільного реле

Для того щоб твердотільне реле комутувало навантаження, подають живлення на оптрон, який має передаючий світлодіод та приймаючий фотодіод, струм якого відкриває симістор. Детектор нуля видає імпульс при проході синусоїди через нуль.

Симістор складається з умовного анода і умовного катода, та керуючого електрода. Для управління живленням навантаження основні електроди симістора послідовно включають в ланцюг з навантаженням. При відсутності відкриваючого сигналу симістор знаходиться у закритому стані, живлення навантаження вимкнене. При подачі живлення на керуючий електрод, виникає провідність між основними виводами, в результаті навантаження виявляється включеним.

Симістор у відкритому стані пропускає струм у двох напрямках. Для утримання симістора у відкритому стані не обов'язково постійно подавати напругу на керуючий електрод. Симістор залишається відкритим, поки протікаючий через основні виводи струм перевищує деяку величину, звану струмом утримання. Звідси випливає, що вимкнення навантаження відбувається поблизу моментів часу, коли напруга на основних електродах симістора змінює полярність і переходить через нуль (зазвичай ці моменти збігаються в часі зі зміною полярності напруги в електромережі).

Переважно симістори використовуються для комутування пристроїв з навантаженням, у якого типом є резистивним. Для того, щоби проводити комутування навантаження індуктивного необхідно, щоб був запас за струмом кратний від 5-ти до 8-ми.

За рахунок безконтактного перемикання твердотільні реле мають наступні переваги перед електромеханічними:

- не вимагає профілактичних робіт в процесі експлуатації;
- робота в режимі без шуму, при яких можливо створити компактні прилади;
- розміри габариту настільки невеликі;

- за рахунок того, що дані прилади не мають механічних частин, що рухаються, забезпечується вища надійність;
- завади електромагнітні на набагато нижчому рівні;
- під час всієї роботи напруга виходу є стабільною;
- при використанні оптрону зростає швидкодія;
- під час перемикання напруга не стрибає;
- до складних умов використання, що містять вібрації та магнітних поля не така чутлива;
- через те, що даний пристрій не іскрить під час роботи, то його можна використовувати на об'єктах з пожежною і вибуховою небезпекою.

Недоліками твердотільних реле є наступні властивості:

- контакти механічні є відсутніми;
- значна нелінійність характеристики вольт-амперної даного контакту;
- відбувається нагрівання через те, що у стані відкритому спостерігається залишковий опір, завдяки чому утворюється електричний фон;
- спостерігається явище зворотного струму втрат, а також при наявності закритого стану існує великий опір, який, проте, не є безкінечним;
- необхідність підтримувати наявність полярності для контактів виходу у деяких приладів;
- пропускання струму у напрямі зворотному через те, що у схемі є напівпровідники, не є вчасним;
- відбувається закорочування контактів виходу у разі поломки, на відміну від реле звичайного типу, які просто розмикаються;
- при різких стрибках напруги відбуваються неочікувані вмикання приладів, це пов'язано з тим що вони занадто швидко спрацьовують;
- дорожчі за електромеханічні реле.

1.6 Обґрунтування доцільності розроблення та постановка задачі магістерської роботи

Метою даної магістерської роботи є розроблення багатоканальної системи обліку та керування навантаженням дистанційно, яка дозволить постійно здійснювати вимірювання потужності та керувати навантаженням підключених приладів з виведенням отриманих результатів користувачу та в глобальну мережу інтернет. Таким чином, слід вирішити наступні завдання:

- провести аналіз відомих методів вимірювання та обліку спожитої електроенергії;
- розробити багатоканальний вимірювальний електролічильник з можливістю дистанційного керування навантаженням та передачею даних в інтернет;
- провести метрологічний аналіз системи для вимірювання потужності;
- здійснити розрахунок розширеної невизначеності для отриманих вимірювальних даних;
- проаналізувати основні вимоги охорони праці при роботі з розробленим пристроєм.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Розроблення структури багатоканального вимірювального лічильника з можливістю дистанційного керування навантаженням та передачею даних в інтернет

Першим етапом розробки багатоканального вимірювального лічильника з можливістю дистанційного керування навантаженням та передачею даних в інтернет є розробка його структури.

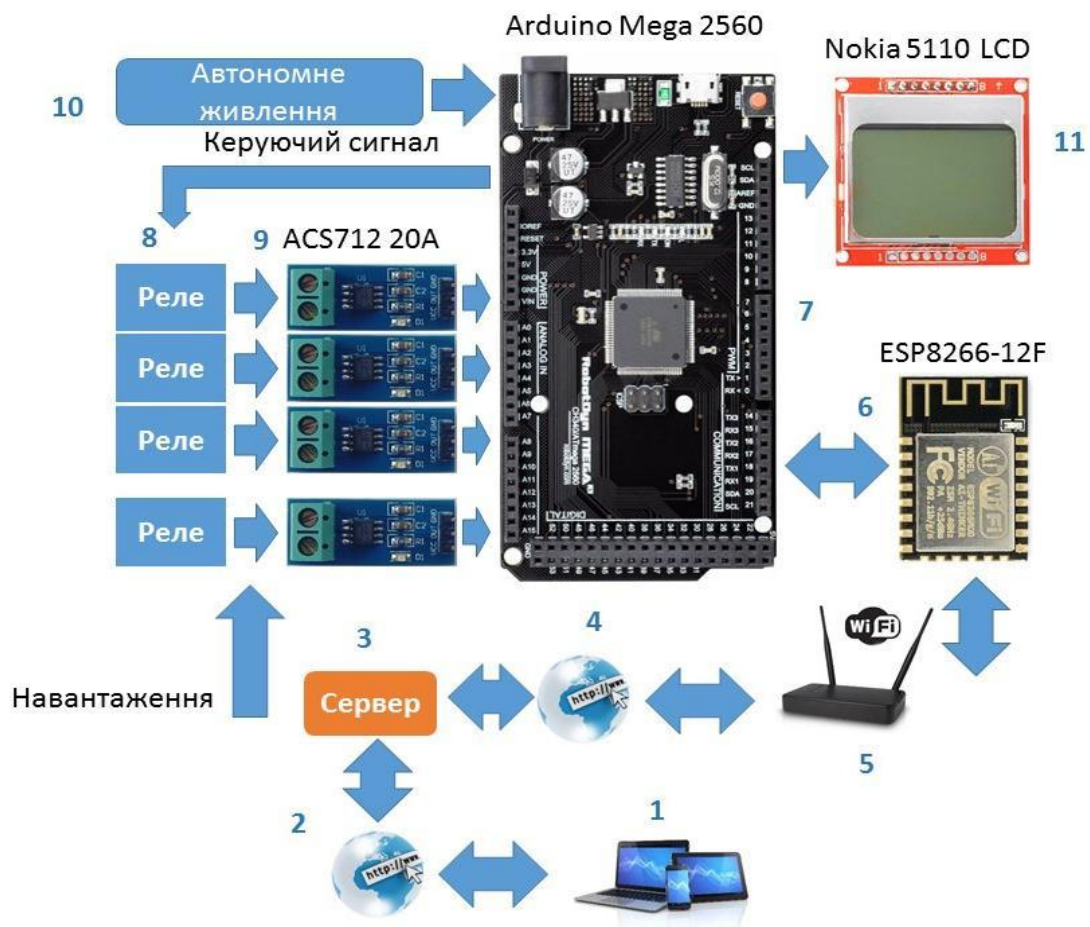


Рисунок 2.1 – Структура багатоканального вимірювального електролічильника з можливістю передачі даних в інтернет

Через ноутбук або планшет (1), підключеного до мережі Інтернет (2), користувач має доступ до веб-серверу (3), який забезпечує роботу універсального графічного веб-інтерфейсу. Останній отримує виміряні дані через Інтернет (4) та відображає їх користувачу в графічному режимі реального часу. Виміряні дані поступають в інтернет з WIFI модуля(6)

підключеного до WIFI роутера (5). В мережу (5) дані передаються за допомогою ESP8266-12F модуля (6). Arduino Mega2560 відправляє AT команди з даними на ESP8266-12F по UART з'єднанню та одержує відповідь про стан виконання команди.

Результати вимірювання від ACS712-20A передаються блоку обробки інформації (7), ядром якого є Arduino Mega 2560 на базі 8-розрядного 16 МГц мікропроцесору ATmega2560-16AU корпорації ATMEL.

Arduino Mega 2560 здійснює отримання і обробку даних. Arduino Mega 2560 дозволяє приймати до 16 аналогових сигналів з 10-бітовою роздільною здатністю, забезпечує достатню пропускну здатність і залишає можливість для його подальшого вдосконалення. Arduino Mega 2560 приймає, обробляє дані з блоків датчиків Холла ACS712-20(9), які вимірюють силу струму та по алгоритму множення константи напруги та вимірної сили струму, отримується значення потужності на контактах датчика, який підключений послідовно в ланцюг з навантаженням та електрореле, яке керується(8) по заданому алгоритму та відображаються дані вимірювань на дисплеї(11) (див. рис. 2.1).

Одночасно із вимірюванням потужності автономне живлення(10) системи забезпечується з використанням акумулятора, схеми контролю заряду та блоку перетворення сигналу напруги.

2.2 Розроблення схеми електричних з'єднань

Схема електричних з'єднань розробленої системи, яка знаходиться у електросхемі, складається із 8 складових: WIFI модулю ESP8266-12F (6), дисплею Nokia 5110 (11), блоку обробки інформації Arduino Mega 2560, блоку

ACS712-20 для вимірювання потужності, струму, блоку з електричними реле для відключення навантаження споживачів (8), автономного живлення (10), яке складається з акумуляторного блоку Sanyo 3000 mA*год і 3,7В, модуля контролю заряду на основі TP4056,

перетворювача напруги на базі CE8301 та напівпровідник для відключення процесу зарядки акумулятора при наявному мережевому живленні.

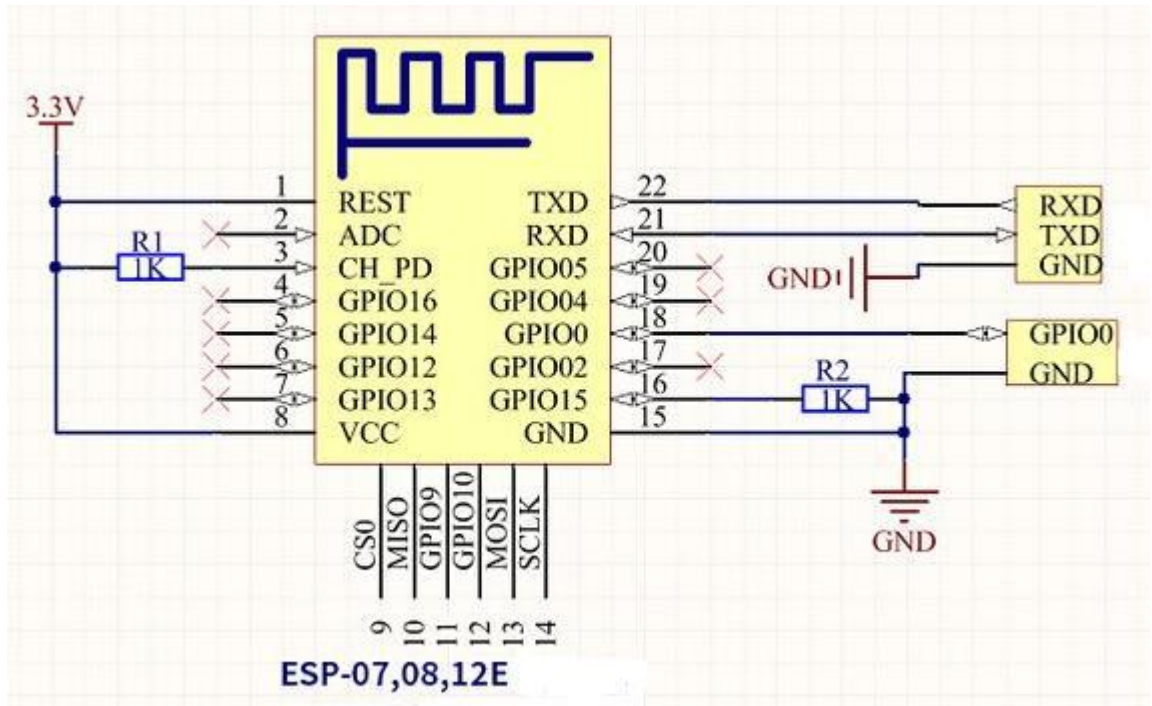


Рисунок 2.2 - Електрична принципова схема WIFI модуля ESP8266-12F

Загальний вигляд модуля зображений на рис. 2.3.

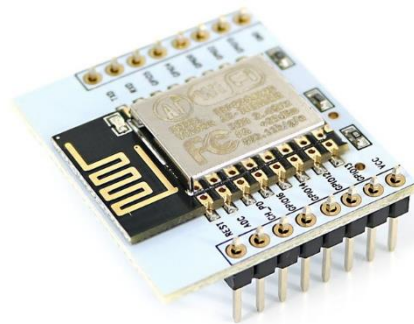


Рисунок 2.3 - WIFI модуль ESP8266-12F на макетній платі

Даний WIFI модуль працює тільки від 3.3в, якщо подати на модуль 5в, то він згорить. Для того щоб WIFI модуль ESP8266-12F на макетній платі працював від більшої напруги, на нижню сторону плати припаюють перетворювач напруги AMS1117-3.3V, як зображено на рис. 2.4, та

відпаюють середній замикаючий резистор з надписом 0, який зображено на рис. 2.5, для того щоб напруга для живлення ESP8266 йшла через перетворювач напруги, а не напряму від виводу VCC. Даний модуль потребує окремого трансформаторного джерела живлення для стабільної роботи, з силою струму від 200мА та напругою від 5 до 8 вольт, інакше він не буде працювати.

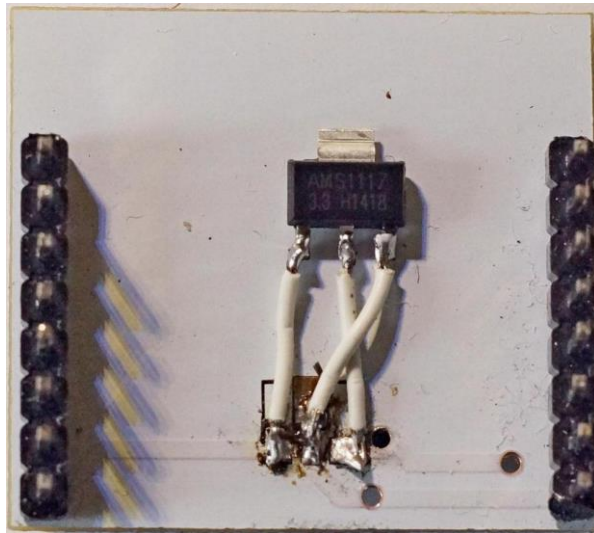


Рисунок 2.4 - Перетворювач напруги AMS1117-3.3V для ESP8266-12F на макетній платі

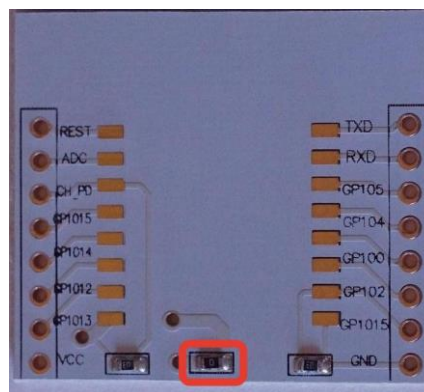


Рисунок 2.5 – Резистор для вибору джерела живлення на макетній платі з ESP8266-12F

Електрична схема блоку обробки інформації складається на базі Arduino Mega 2560, 8-розрядного 16 МГц мікропроцесору Atmega2560. Увесь

мікроконтролер складається на багатошаровій печатній платі з високоточними електричними компонентами. Його вигляд зображений на рис. 2.6.

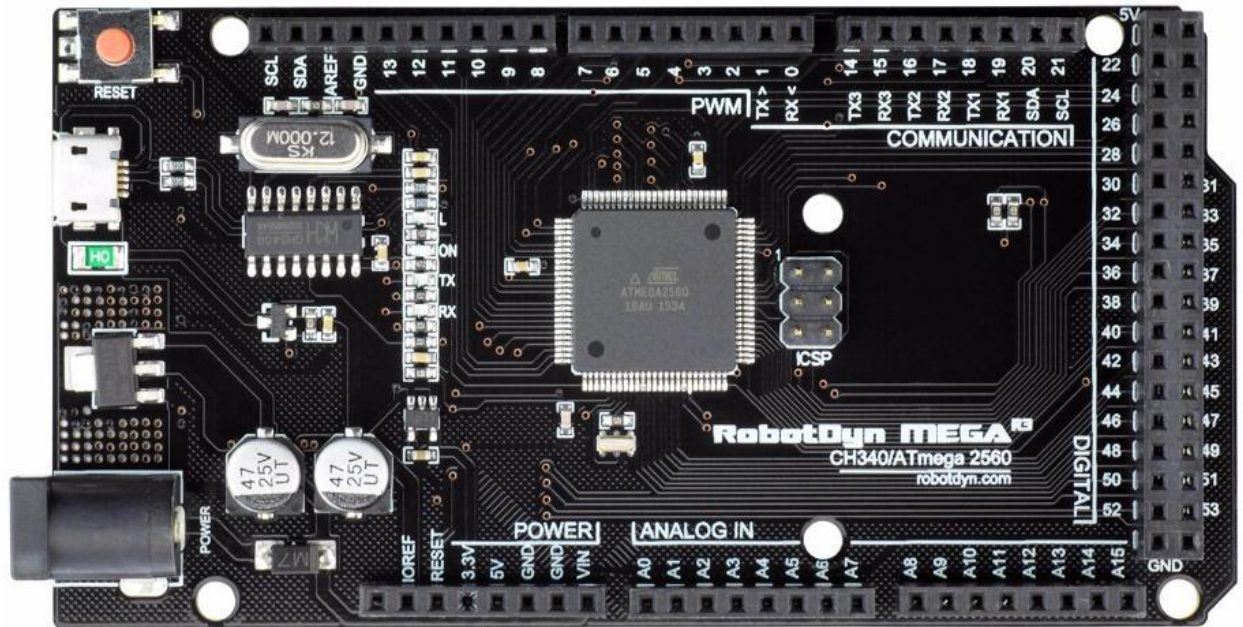


Рисунок 2.6 - Мікроконтролер Arduino Mega 2560

Для вимірювання потужності використовується модуль ACS712-20A зображений на рис. 2.7.

Використовуючи датчик Холла, є можливість для виміру різних фізичних величин, зв'язаних із магнітним полем. В тому числі існує можливість для того, щоб влаштувати вимірювання сили струму. Це можливо завдяки тому, що створюється магнітне поле, яке можна виміряти, навколо провідника зі струмом. Амперметри для струмів до 100 кА побудовані на базі датчика Холла ЕРС.

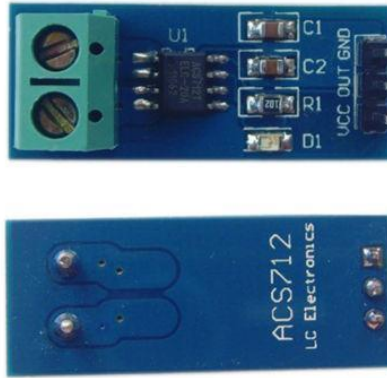


Рисунок 2.7 - Аналоговий датчик струму 20А на базі ACS712-20А

Даний аналоговий датчик струму 20А на базі ACS712-20А має наступні характеристики згідно документації:

- сумарна похибка вихідного сигналу при кімнатній температурі становить 1,5%, а в інтервалі температур від -40 до + 85 °С похибка становить $\pm 4\%$.

- датчик ACS712 має вивід, до якого підключається фільтруючий конденсатор, що дозволяє поліпшити шумову і точнісну характеристику датчика.

- Чутливість датчика ACS712-20А рівна 100 мВ/А та струм споживання не перевищує 11 мА.

- вихідний струм – 10мА

- швидкодія – 5мкс;

- Напруга живлення – 5В.

Конструкція пристрою:

Конструктивно датчик виконаний на друкованій платі розмірами 30x20 мм з PLS контактами, для зручності підключення PMS роз'ємів. На платі встановлений резистивний дільник що дозволяє підключати модуль безпосередньо до проектів на мікроконтролері, а також до плат Arduino.

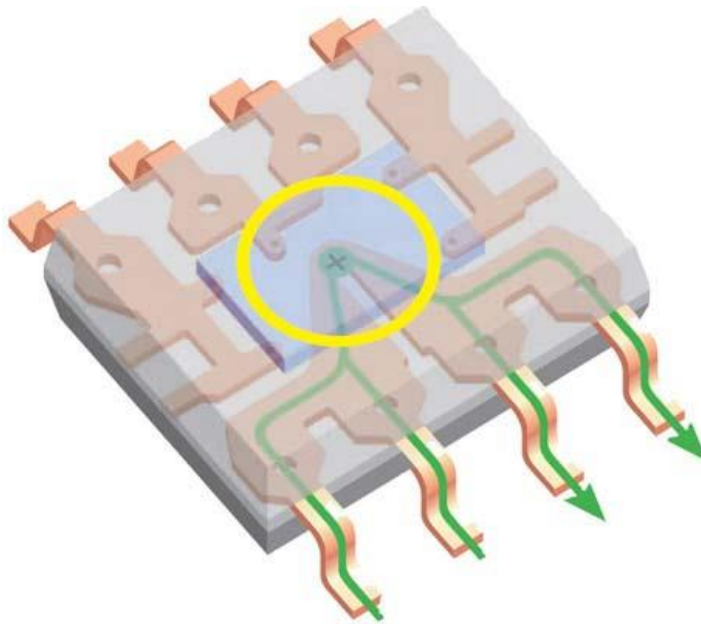


Рисунок 2.8 Мікросхема ACS712

Датчик ACS712 живиться від 5 вольт і має вихід для вимірюючої напруги. При струмі рівному нулю напруга на виході для ACS712 дорівнює 2,5 В і відхиляється або ближче до нуля або ближче до напруги живлення - залежить від напрямку протікання струму. Прилад має гарну швидкодію.

Використовувати мікросхему дуже просто - необхідно підключити живлення +5В і вимірюючу лінію.

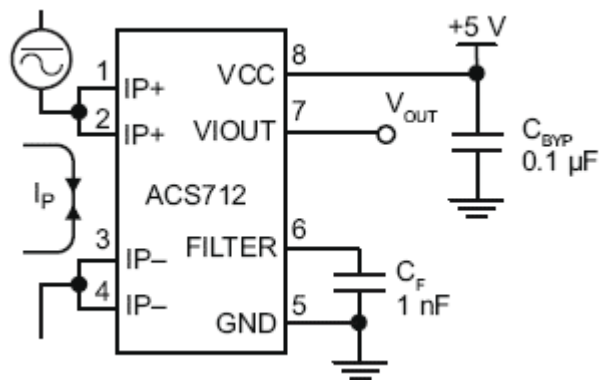


Рисунок 2.9 Схема підключення ACS712

Дана мікросхема має такі плюси і мінуси:

Плюси:

- малі габарити. Однокристальне рішення;

- малий опір вимірювального шунта, а значить малі втрати і теплове виділення;
- гальванічно розв'язаний від вимірюваної лінії;
- має цифровий вихід для підключення до мікроконтролера.

Мінуси:

- вимірює дуже великі струми, тобто контролювати струм на рівні 0,2 А не має сенсу;
- не рекомендується встановлювати потужні магніти, реле поблизу мікросхеми, тому що її робота заснована на ефекті Холла.

Після обробки отриманої інформації з датчика Холла, перетворювач передає їх у електричному аналоговому вигляді на аналогово-цифровий перетворювач (АЦП). Тоді перетворена інформація з АЦП передається на блок обробки та видачі інформації, де проводиться обробка інформації за алгоритмом виходячи з формул.

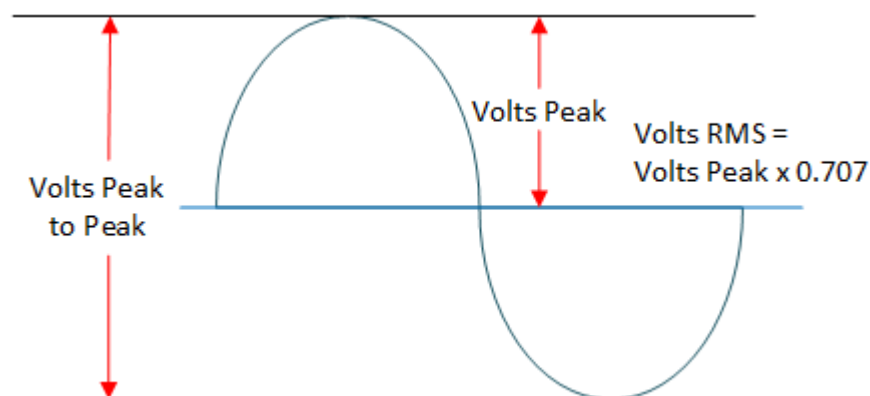


Рисунок 2.10 До алгоритму обробки синусоїдальної форми сигналу змінної напруги

Значення, які виходять з ACS712 постійно змінюються при вимірюванні сили змінного струму. Для забезпечення того, щоб дуже близько підійти до знаходження піків, вам потрібно вимірювати досить

швидко і досить довго. Оскільки в електромережі частота становить від 50 до 60 Гц, Arduino буде досить швидко обробляти дані за умови, що приймає послідовні зразки практично без перерви.

Вимірювання змінного струму за допомогою Arduino і ASC712 здійснюється[8] за таким принципом, струм що вимірюється, вимірюється в двох напрямках. Це означає, що якщо ми вимірюємо значення досить швидко і досить довго, ми можемо, знайти пік в одному напрямку та пік в іншому напрямку.

З обох піків ми знаємо форму сигналу для розрахунку струму. У мережі живлення, форма сигналу є синусоїдальною хвилею. Це дозволяє застосувати основну електронну формулу, щоб отримати непоганий результат.

Перетворення для синусоїди з нульовим зміщенням вольт (в лінії електроживлення) здійснюється наступним чином:

1) Знаходимо напругу від верхнього піка до нижнього піка вершин (Volts Peak to Peak), в алгоритмі шукаємо пікову напругу:

$$\text{Voltage_A0} = ((\text{maxValue_A0} - \text{minValue_A0}) * 5.0) / 1024.0; \quad (2.1)$$

де maxValue_A0 – максимальне значення на АЦП(0-1023),
 minValue_A0 – мінімальне значення на АЦП(0-1023),

Voltage_A0 – повертає різницю між максимальним та мінімальним значенням, помноженим на 5 і поділеним на розрядність АЦП яка рівна 10 біт = 1024, результат вимірюваної напруги на ACS712 в вольтах в діапазоні від 0 до 5вольт.

2) Розділюємо напругу від верхнього піка до нижнього піка вершин на два щоб отримати максимальну напругу (Volts Peak). Для ACS712 нульвий показ сили струму знаходиться в середині діапазону АЦП за значенням 512(2.5 вольт):

3) Множимо пікову напругу на 0.707, щоб отримати середньоквадратичне значення напруги (Volts RMS):

$$\text{VRMS_A0} = (\text{Voltage_A0}/2.00) * 0.707; \quad (2.2)$$

4) Розрахувавши напругу RMS, множимо на масштабний коефіцієнт $\text{mVperAmp_A0} = 100\text{mV/A}$, для конкретного ACS712-20A який є в даташиті, щоб отримати значення RMS поточного вимірюваного параметра сили струму:

$$\text{AmpsRMS_A0} = (\text{VRMS_A0} * 1000.00)/\text{mVperAmp_A0}; \quad (2.3)$$

5) Активну потужність обчислюємо за формулою:

$$\text{active_power_watt_A0} = 230.00 * \text{AmpsRMS_A0}; \quad (2.4)$$

де AmpsRMS_A0 – вимірювана сила струму на датчику ACS712.

б) Лічильник потужності реалізовано на сумуванні потужності за 1 секунду:

$$\text{counter_power_watt_A0} += (\text{active_power_watt_A0}) * (1.00/3600.00);$$

де $\text{active_power_watt_A0}$ – активна потужність.

Після усієї обробки інформації ми відправляємо дані на сервер через WIFI модуль підключений до роутера, за допомогою GET запиту з автоматично заповненими даними, далі ми спостерігаємо дані результатів з датчиків на дисплеї та в базі даних на сервері.

Для керування навантаженням потрібно послідовно до датчику струму підключити електрореле, що дасть змогу керувати реле за допомогою струму від заданого в алгоритмі Arduino цифрового виводу. Електрореле не повинне знаходитись близько біля датчика Холла, так як реле може випромінювати електромагнітне поле, яке призведе до хибних результатів з датчика Холла. Схема підключення показана на рис. 2.11.

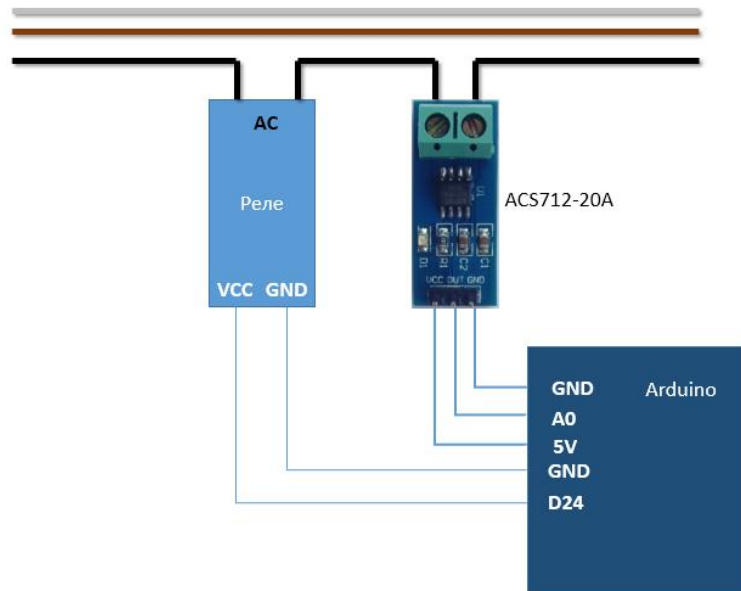


Рисунок 2.11 – Схема підключення блоку керування та блоку вимірювання навантаження

Електрична принципова схема симісторного реле складається із резисторів на 330 Ом, 380 Ом, 39 Ом, конденсатора на 0.01 мкФ, оптосимістора МОС3041 та симістора. Схема показана на рис. 2.12.

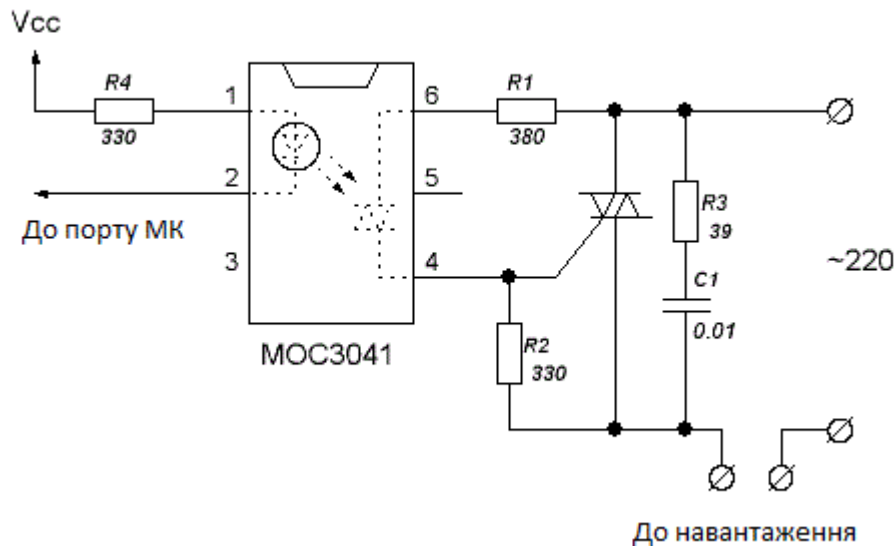


Рисунок 2.12 - Електрична принципова схема симісторного реле

2.3 Аналіз технічного рішення забезпечення автономним живленням засобу вимірювання

Для автономного живлення та передачі даних необхідно забезпечити живлення всіх елементів багатоканальної вимірювальної системи. Оптимальним технічним рішенням для його забезпечення, буде акумуляторне живлення з автоматичним зарядним пристроєм.

Живлення акумуляторів засноване на тому факті, що реакція хімічна є зворотна. Акумулятори електричні, які є найбільш поширені, серед них побудовані за лужним і кислотним принципами, роблять накопичення хімічної енергії. Це накопичення відбувається як результат реакцій хімічних між матеріалом електродним і електролітом, які є зворотними. Потім акумулятори роблять віддачу енергію електричну. Таким чином вони виступають в ролі гальванічних елементів. Здатність до роботи акумулятора відновлюється за допомогою заряджання останнього. Це досягається шляхом пропускання струму у протилежному напрямку до напрямку струму при розряді. Реакція окислення міняється на реакцію відновлення на від'ємному електроді, який також називають катодом, а реакція відновлення змінюється на реакцію окислення на позитивному електроді, який також називають анодом. Отже, відбувається перетворення хімічної енергії в електричну.

На сьогоднішній день, найбільш розповсюдженим видом є літій-іонні, літій-полімерні, нікель-метал-гідридні LSD акумулятори, через їх високу питому потужність та велику питому енергію.



Рисунок 2.13 - Літій-іонний акумулятор типу 18650 фірми Sanyo

Їхніми перевагами є те, що вони переносні, мають малі габаритні розміри, можна їх не одноразово використовувати.

Недоліком є те, що вони розряджаються, при частій зарядці і розрядці зношуються.

Стационарне кабельне живлення, базується на підключені кабелем електричного пристрою, до мережі. Мережеве живлення, переважно містить, напругу 220В., та частоту 50 Герц. Воно також містить смертельний струм ураження людини.

Перевагою даного методу є: безперебійна подача електроживлення.

Електрична принципова схема контролю заряду складається із резисторів на 1 КОм 1 на 100 Ом і ще одного на 1,2 КОм, 2 конденсатори на 10мкФ, DW01A - чіп захисту літію, FS8205A - електронний ключ 25мОм 4А, R5-C2 - фільтр ланцюга живлення DW01A. Через нього також здійснюється контроль напруги на акумуляторі. R6 - потрібен для захисту від переполюсовки зарядки. Через нього також вимірюється падіння напруги на ключах для нормальної роботи захисту. Червоний світлодіод - індикація процесу заряду акумулятора, синій світлодіод - індикація закінчення заряду акумулятора. На мікросхемі TP4056 базується робота даного блоку. Схема показана на рис. 2.14.

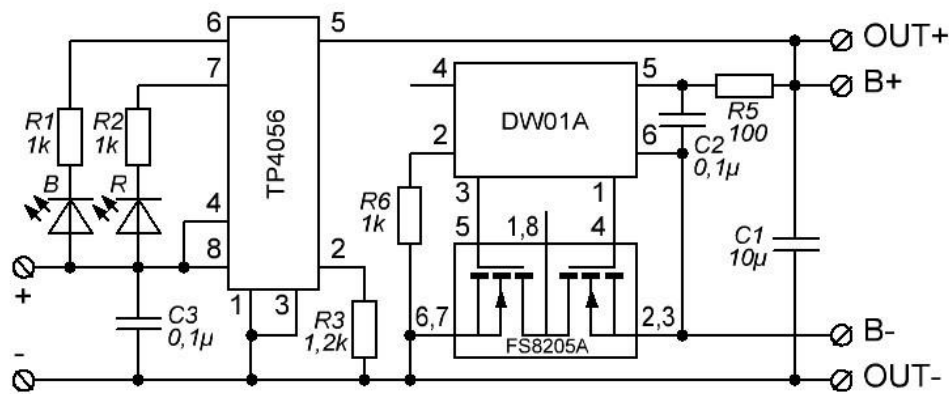


Рисунок 2.14 - Електрична принципова схема блоку контролю заряду

В мікросхемі є індикатор, який відслідковує правильність перебігу процесу заряджання. У тому разі, коли відбувається досягнення напруги 4,2В, то мікросхема робить вимикання акумулятора. Тоді, коли в батареї відбувається повне заряджання, тоді засвітиться зелений світлодіод, а червоний погасне. Якщо на акумуляторі напруга опуститься нижче 2.5 вольт, тоді акумулятор автоматично відключається від навантаження.

Підключення до зарядки через стандартний роз'єм microUSB або через дублюючі контакти + та -.

Акумулятор підключається до контактів В + і В-.

Навантаження підключається до контактів OUT + і OUT-.

Даний модуль можна використовувати, щоб заряджати акумулятори на 3,7 В. Це стосується літієво-іонних та літієво-полімерних акумуляторів. напруга для даного пристрою можливо за допомогою 2-х ріних способів. Це передбачає 2 варіанти, або з використанням дротів, відповідно розпаяних, або з використанням USB-роз'єму, точніше його міні-варіанту.

Характеристика роботи:

Струм заряду: 1А

Напруга заряду повного: 4.2В

Напруга входу: 4.5В-5.5В

Робоча температура: -10 .. + 85

Роз'єм входу: mini USB (+ місця для пайки проводів)

Загальний вигляд даного блоку зображений на рис. 2.15.

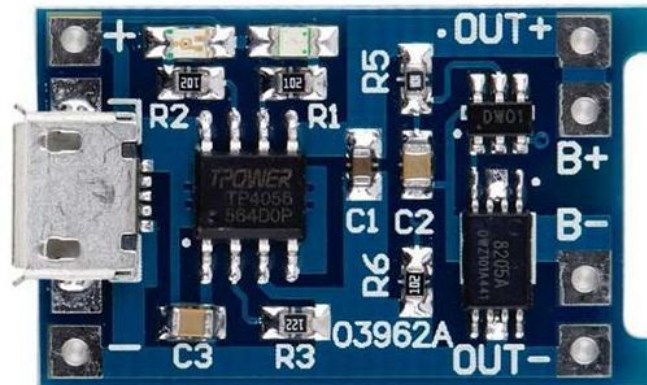


Рисунок 2.15 - Блок контролю заряду

Блок перетворення напруги базується на мікросхемі CE8301 (U1), також складається з 1 резистора (R1) на 1 кОм, котушки індуктивності (L1) на 47 мкГн, конденсаторів (C1) на 0,1 мкФ і польового конденсатора (C2) на 100 мкФ та 2 діоди, світло діод (D1) і напівпровідникового (D2). Схема показана на рис. 2.16.

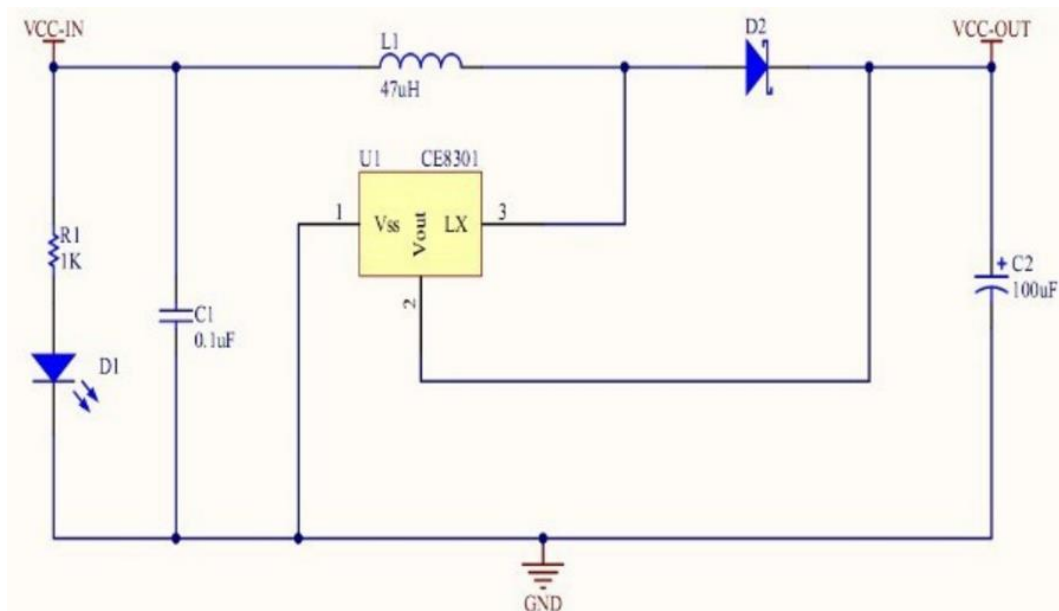


Рисунок 2.16 - Електрична принципова схема блоку перетворення напруги

Цей перетворювач використовується для переносних пристроїв які живляться стабільною постійною напругою 5 В. Мінімальна постійна

напруга 0,9 В, при якій схема починає працювати і на виході має стабільну постійну напругу у 5 В. При більшій вхідній напрузі вихідний струм збільшується, при 3 В постійної напруги схема на виході має стабільну напругу в 5 В і струм 270 мА. Вольт-амперна характеристика підсилення зображена на рис. 2.17.

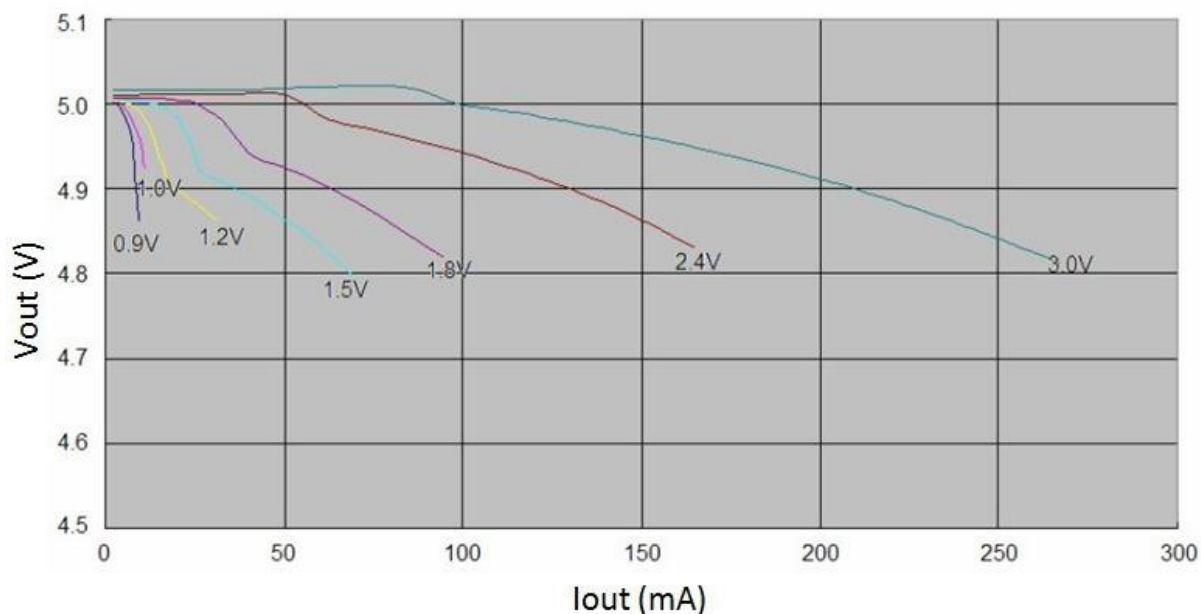


Рисунок 2.17 - Вольт-амперна характеристика блоку перетворення напруги

Даний блок зображений на рис. 2.18 і включає у себе вихідний USB вивід.

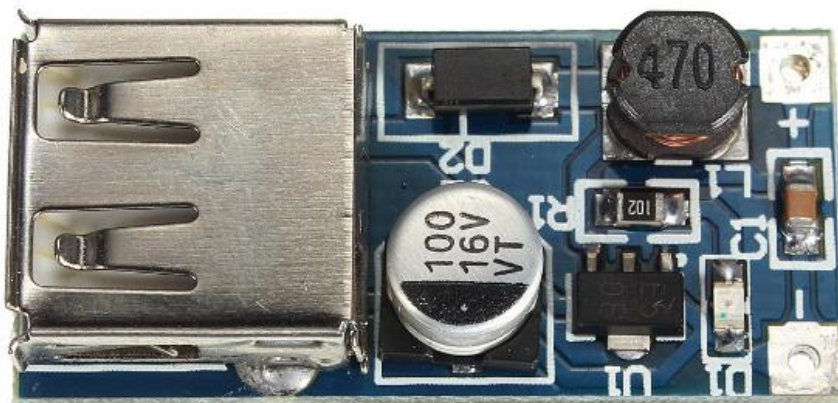


Рисунок 2.18 - Блок перетворення напруги

Електрична схема підключень містить у собі блок обробки інформації (Arduino Mega 2560) до якого і будуть підключені наступні компоненти, дисплей Nokia 5110, WIFI модуль ESP8266-12F, електрореле, датчики струму ACS712-20A, акумулятор з блоком зарядки та блоком підсилення напруги, в якості автономного безперебійного живлення.

На рис. 2.19 показана схема електричних з'єднань розробленої системи. На схемі зображено 9 блоків, їх позначення та з'єднання провідниками між собою. Система підключена до мережі змінної напруги, живиться через 6 вольтовий 1 амперний трансформаторний блок живлення, який підключено до входу блоку контролю заряду батареї TP4056, далі акумулятор підключається до контактів В+ і В-, навантаження підключається до контактів OUT+ і OUT-. На виході модуля контролю заряду напруга становить +4,2 В. Даний модуль містить в собі мікросхему для захисту батареї від глибокого розряду, якщо напруга на акумуляторі буде рівна 2.5 вольта, тоді акумулятор відключає живлення системи. Далі підключено до вихідних виводів TP4056, блок перетворення напруги SE8301 вхідних виводів з позначками + та -, далі відбувається підвищення напруги від акумулятора у постійну напругу +5В.

До виходу перетворювача напруги SE8301, підключаємо Arduino та WIFI модуль ESP8266-12F, що забезпечує безперебійну роботу системи.

Блок дисплею Nokia 5110 має в собі 8 виводів, виводи CLK, DIN, DC, CE, RST, LIGHT, GND, VCC які відповідно підключені до виводів D3, D4, D5, D6, D7, GND, GND, VCC блоку Arduino.

Модуль ACS712-20A має в собі 3 низьковольтні виводи, виводи VCC, GND, OUT які відповідно підключені до виводів 5V, GND, A0(AЦП0) блоку Arduino.

Модуль реле має в собі 2 низьковольтні виводи, виводи управління VCC, GND, які відповідно підключені до керуючих цифрових виводів D24, GND блоку Arduino.

Високовольтні виводи в модулі ACS712-20A та в модуль реле підключені послідовно для можливості керування навантаженням та вимірювання сили струму та потужності підключеного навантаження.

WiFi модуль ESP8266-12F підключено до блоку перетворення напруги до виводів VCC та GND, UART-WIFI з'єднання здійснене через дільник напруги[9] з двох резисторів на 1кОм та 2кОм, для того щоб узгодити логічні рівні UART (RX, TX) між 3.3в WiFi ESP8266-12F та 5в Arduino, до блоку Arduino.

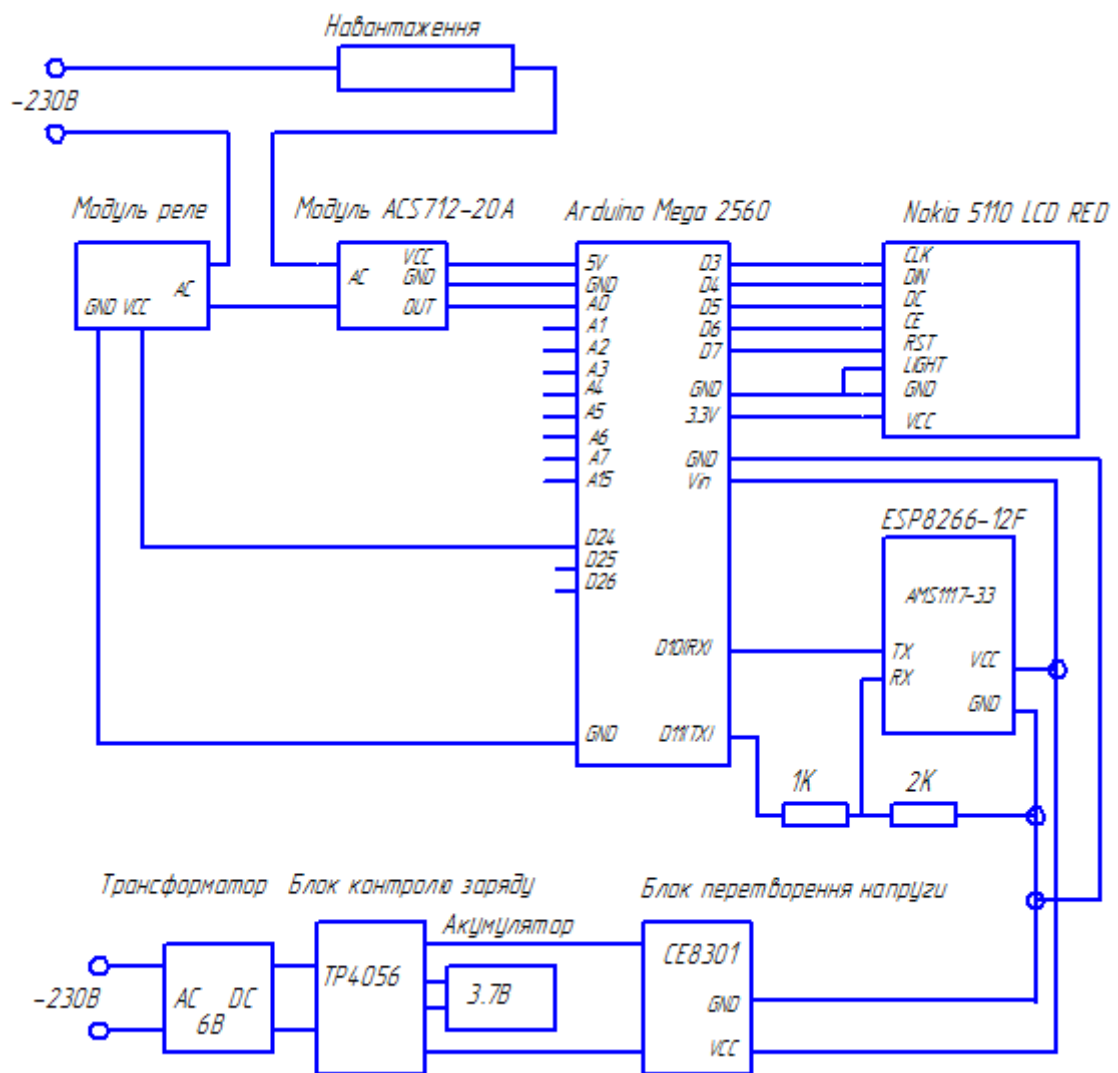


Рисунок 2.19 - Електрична схема підключень багатоканальної вимірювальної системи з можливістю дистанційного керування навантаженням та передачею даних в інтернет

Програмне забезпечення приладу на Arduino наведено в додатку А.
В додатку Б знаходиться код програми для роботи з сервером.

Опис алгоритму для Arduino у вигляді блок схеми зображено на рис.

2.20:

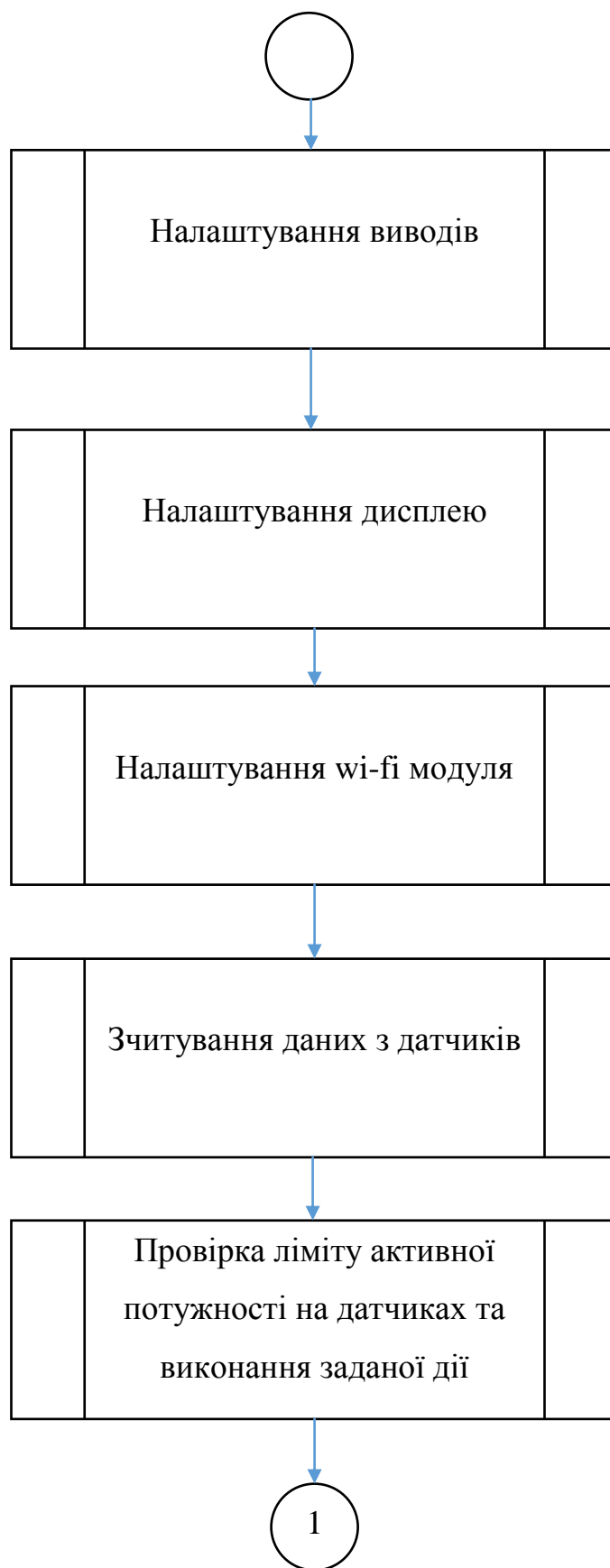


Рисунок 2.20 - Блок схема опису програми для Arduino

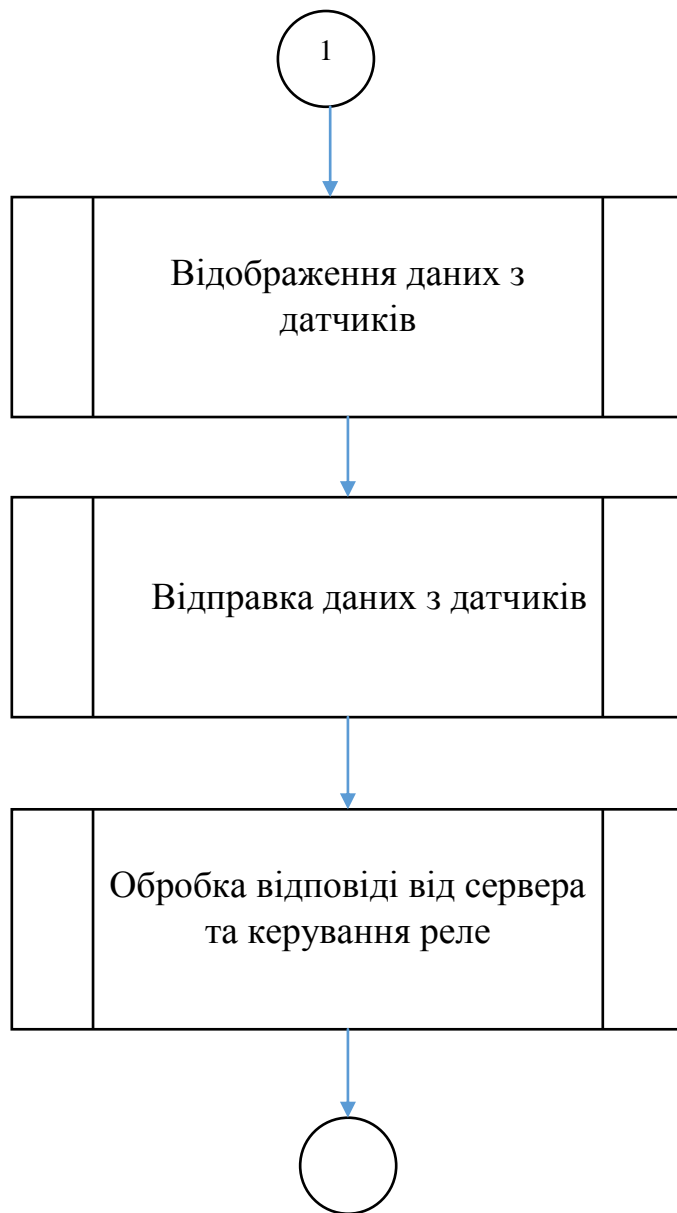


Рисунок 2.20 - Блок схема опису програми для Arduino (продовження)

2.4 Розробка сервера для отримання даних з багатоканального вимірювального електролічильника та можливістю дистанційного керування навантаженням

Сервер для обробки отриманих даних через інтернет з вимірювального приладу написано на мові php та використовується база даних, операції з вхідними та вихідними даними здійснюються на сервері. На сервері можна переглянути статус реле та задати параметри значень для включення або виключення навантаження з заданого вимірювального каналу. Можна переглянути передані дані з приладу. На рис. 2.21 зображений інтерфейс програми управління приладом через сервер.

Switch power in relay:

Identificator id select: pinnumber: switch power:

Show status relay:

Identificator number:

Show power:

Identificator number:

Active power:

p1 = 8 W,
p2 = 12 W,
p3 = 12 W,
p4 = 12 W,

Counter power:

ec1 = 3 W,
ec2 = 3 W,
ec3 = 6 W,
ec4 = 3 W,

[2017-01-25 13:32:51]

[id_n = 1]

Рисунок 2.21 – Інтерфейс програми управління приладом через сервер

3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Оцінка невизначеності результатів вимірювання напруги в мережі

В даній роботі проводиться метрологічна оцінка результатів для вимірювання активної потужності. З цією метою необхідно провести оцінку результатів вимірювання напруги та сили струму в електричному колі шляхом розрахунку їх невизначеності.

Мною проведено вимірювання напруги мультиметром моделі M830B, який має похибку вимірювання $\pm 1,2\%$.

Таблиця 3.1 Вибірка багатократного вимірювання напруги

№ п/п	Напруга, В	№ п/п	Напруга, В	№ п/п	Напруга, В
1	217	11	217	21	218
2	218	12	218	22	218
3	218	13	218	23	218
4	218	14	218	24	217
5	217	15	217	25	218
6	218	16	217	26	217
7	217	17	218	27	217
8	218	18	217	28	218
9	218	19	218	29	216
10	217	20	217	30	218

Перед тим як розраховувати невизначеність вибірки, спочатку відкидаємо грубі промахи за критерієм 3σ :

Знаходимо середнє значення вибірки за формулою:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{6526}{30} = 217.533 \text{ В}$$

де n-об'єм вибірки.

Знаходимо середньоквадратичне відхилення σ за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{9.467}{30-1}} = 0.571$$

Тоді 3σ буде рівне

$$3\sigma = 3 \cdot \sigma = 3 \cdot 0.571 = 1.71$$

Відкидаємо значення елементів які виходять за межі

$$\bar{x} - 3\sigma \leq x_i \leq \bar{x} + 3\sigma$$

$$215.81 \leq x_i \leq 219.247$$

При оцінці результату вимірювання напруги, грубі промахи не виявлено.

Розраховуємо числові характеристики вибірки:

Оцінку стандартного відхилення:

$$\mu_2 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 0.562 \text{ В};$$

$$S_2 = \mu_2 \sqrt{\frac{n}{n-1}} = 0.104 ;$$

Оцінку третього центрального моменту :

$$\mu_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 = -4.1 * 10^{-3} \text{ В};$$

Оцінку четвертого центрального моменту :

$$\mu_4 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 = 8.1 * 10^{-3} \text{ В};$$

На основі отриманих значень знаходимо оцінку коефіцієнта асиметрії:

$$S = \frac{\mu_3}{\frac{\mu_2^{\frac{3}{2}}}{3}} = -9.731 * 10^{-3} ;$$

Та ексцесу

$$\varepsilon = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} - 3 = -2.974 ;$$

Тоді розраховуємо нормовані стандартні відхилення цих коефіцієнтів :
Асиметрії:

$$\sigma_S = \sqrt{\frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)}} = 0.412 ;$$

Та ексцесу :

$$\sigma_\varepsilon = \sqrt{\frac{24n(n-3)(n-3)}{(n+1)^2(n+3)(n+5)}} = 0.688 ;$$

Провіряємо виконання умови:

$$S \geq 3\sigma_S$$

Та

$$\varepsilon \geq 3\sigma_\varepsilon$$

Оскільки $-9.731 \cdot 10^{-3} = S < 3\sigma_s = 1.236$, та $-2.974 = \varepsilon < 3\sigma_\varepsilon = 2.064$, тобто умови не виконуються, то немає підстав відмовлятися від гіпотези про нормальний закон розподілу даної вибірки.

Розрахуємо невизначеність цих результатів вимірювання.

Спочатку знайдемо найкращу оцінку результату, як середнє арифметичне:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{6526}{30} = 217.533 \text{ В}$$

Розрахуємо невизначеність типу А, яка характеризує випадкову складову вимірювання за таким виразом:

$$u_A = S(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{9.467}{30 \cdot 29}} = 0.104 \text{ В}$$

Довірчі границі не виключеної інструментальної похибки визначення напруги при довірчій ймовірності 95 % оцінюється за формулою

$$\theta(0,95) = 1.1 \cdot \sqrt{\theta i^2} = 1.1 \cdot 9 = 9.9$$

де θi – інструментальна похибка мультиметра (рівна 9В).

Невизначеність типу Б одержується за виразом:

$$u_B = \frac{\theta(0,95)}{1,1 \cdot \sqrt{3}} = \frac{9.9}{1,1 \cdot \sqrt{3}} = 5.196 \text{ В}$$

Довірчі границі випадкової похибки визначення напруги при довірчій ймовірності 95 % оцінюється за формулою:

$$B(0,95) = t_{0,95}(n-1) \cdot S(\bar{x}) = 2.04 \cdot 0.104 = 0.2127$$

де $t_{0,95}(n-1)$ – коефіцієнт в розподілі Стьюдента (при $n=30$, $t_{0,95}(29)=2,04$).

Оцінку стандартної сумарної невизначеності u_C проводять за такою формулою:

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{(0.104)^2 + (5.196)^2} = 5.197 \text{ В}$$

Проведемо оцінку ефективного числа свобод за виразом:

$$v_{\text{ef}} = (n - 1) \cdot \left(1 + \frac{u_B^2}{u_A^2}\right)^2 = 1.808 \cdot 10^8$$

Значення $t_{0.95}(1.808 \cdot 10^8) = 1.96$. Розрахуємо розширену невизначеність результатів вимірювання за виразом:

$$U_{0.95} = t_{0.95}(v_{\text{ef}}) \cdot u_C = 1.96 \cdot 5.197 = 10.186 \text{ В}$$

Таким чином, інтервал значень, в якому з довірчою ймовірністю знаходиться «істинне значення» напруги, оцінюється як:

$$\{U_{\min}, U_{\max}\} = \bar{x} \mp U_{0.95} = 217 \mp 10.186 \text{ В}$$

Слід відмітити, що при роботі розробленої системи, не здійснюється вимірювання напруги у електричній мережі, тому для оцінки точності значення напруги ми візьмемо гірший випадок, а саме приймемо, що відносна похибка значення напруги становить 10%, згідно [10] 10% від її значення. Таким чином стандартна невизначеність вимірювання напруги становитиме 12,124 В ($10\% \cdot 220\text{В} / \sqrt{3}$).

3.2 Оцінка невизначеності результатів вимірювання сили струму в мережі

Вимірювання сили струму здійснюється датчиком струму ACS712-20А, який має похибку вимірювання $\pm 1.5\%$.

Таблиця 3.2 Вибірка багатократного вимірювання сили струму

№ п/п	Сила струму, А	№ п/п	Сила струму, А	№ п/п	Сила струму, А
1	0.45	11	0.45	21	0.47
2	0.47	12	0.45	22	0.45
3	0.45	13	0.45	23	0.45
4	0.45	14	0.45	24	0.45
5	0.45	15	0.45	25	0.45
6	0.45	16	0.45	26	0.45
7	0.45	17	0.45	27	0.45
8	0.45	18	0.45	28	0.45
9	0.45	19	0.45	29	0.45
10	0.45	20	0.45	30	0.47

Перед тим як розраховувати невизначеність вибірки, спочатку відкидаємо грубі промахи за критерієм 3σ :

Знаходимо середнє значення вибірки за формулою:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{13.56}{30} = 0.452 \text{ А,}$$

де n -об'єм вибірки.

Знаходимо середньоквадратичне відхилення σ за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \sqrt{\frac{0.00108}{30-1}} = 6.103 * 10^{-3}.$$

Тоді 3σ буде рівне

$$3\sigma = 3 \cdot \sigma = 3 \cdot 6.103 * 10^{-3} = 0.018$$

Відкидаємо значення елементів які виходять за межі

$$\bar{x} - 3\sigma \leq x_i \leq \bar{x} + 3\sigma$$

$$0.434 \leq x_i \leq 0.47.$$

При оцінці результатів вимірювання сили струму, грубих промахів не виявлено.

Розраховуємо числові характеристики вибірки:

Оцінку стандартного відхилення:

$$\mu_2 = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = 6 * 10^{-3} \text{ A};$$

$$S_2 = \mu_2 \sqrt{\frac{n}{n-1}} = 6.103 * 10^{-3} ;$$

Оцінку третього центрального моменту :

$$\mu_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 = 5.76 * 10^{-7} \text{ A};$$

Оцінку четвертого центрального моменту :

$$\mu_4 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 = 1.051 * 10^{-8} \text{ A};$$

На основі отриманих значень знаходимо оцінку коефіцієнта асиметрії:

$$S = \frac{\mu_3}{\mu_2^3} = 1.239 * 10^{-3} ;$$

Та ексцесу

$$\varepsilon = \frac{\mu_4}{\mu_2^4} - 3 = -3 ;$$

Тоді розраховуємо нормовані стандартні відхилення цих коефіцієнтів :

Асиметрії:

$$\sigma_S = \sqrt{\frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)}} = 0.412;$$

Та ексцесу :

$$\sigma_\varepsilon = \sqrt{\frac{24n(n-3)(n-3)}{(n+1)^2(n+3)(n+5)}} = 0.688.$$

Провіряємо виконання умови:

$$S \geq 3\sigma_S$$

Та

$$\varepsilon \geq 3\sigma_\varepsilon$$

Оскільки $1.239 \cdot 10^{-3} = S < 3\sigma_S = 1.236$, та $-3 = \varepsilon < 3\sigma_\varepsilon = 2.064$, тобто умови не виконуються, то немає підстав відмовлятися від гіпотези про нормальний закон розподілу даної вибірки.

Розрахуємо невизначеність цих результатів вимірювання.

Спочатку знайдемо найкращу оцінку результату, як середнє арифметичне:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{13.56}{30} = 0.452 \text{ А.}$$

Розрахуємо невизначеність типу А, яка характеризує випадкову складову вимірювання за таким виразом:

$$u_A = S(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{0.00108}{30 \cdot 29}} = 1.114 \cdot 10^{-3} \text{ А.}$$

Довірчі границі не виключеної інструментальної похибки визначення рівня при довірчій ймовірності 95 % оцінюється за формулою

$$\theta(0,95) = 1,1 \cdot \sqrt{\theta i^2} = 1,1 \cdot 0.3 = 0.33 \text{ А.}$$

де θ_i – інструментальна похибка датчика струму (рівна 0.3).

Невизначеність типу Б одержується за виразом:

$$u_B = \frac{\theta(0,95)}{1,1 \cdot \sqrt{3}} = \frac{0,33}{1,1 \cdot \sqrt{3}} = 0,173 \text{ A.}$$

Довірчі границі випадкової похибки визначення рівня при довірчій ймовірності 95 % оцінюється за формулою:

$$B(0,95) = t_{0,95}(n-1) \cdot S(\bar{x}) = 2,04 \cdot 1,114 \cdot 10^{-3} = 2,273 \cdot 10^{-3} \text{ A.}$$

де $t_{0,95}(n-1)$ – коефіцієнт в розподілі Стюдента (при $n=30$, $t_{0,95}(29)=2,04$).

Оцінку стандартної сумарної невизначеності u_C проводять за такою формулою:

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = \sqrt{(1,114 \cdot 10^{-3})^2 + 0,173^2} = 0,173 \text{ A.}$$

Проведемо оцінку ефективного числа свобод за виразом:

$$v_{e\phi} = (n-1) \cdot \left(1 + \frac{u_B^2}{u_A^2}\right)^2 = 1,687 \cdot 10^{10} \approx \infty$$

Значення $t_{0,95}(1,687 \cdot 10^{10})=1,96$.

Розрахуємо розширену невизначеність результатів вимірювання за виразом:

$$U_{0,95} = t_{0,95}(v_{e\phi}) \cdot u_C = 1,96 \cdot 0,173 = 0,339 \text{ A.}$$

Таким чином, інтервал значень, в якому з довірчою ймовірністю знаходиться «істинне значення» струму, оцінюється як:

$$\{I_{min}, I_{max}\} = \bar{x} \mp U_{0,95} = 0,452 \mp 0,339 \text{ A.}$$

Отриманий результат був округлений у відповідності з стандартними правилами математичного округлення.

Оскільки потужність визначається як сила струму на напругу, тоді стандартна невизначеність потужності визначається, як геометрична сума відносних невизначеностей вхідних величин.(вони приймаються некорельованими).

Таким чином, сумарна невизначеність потужності при вимірюваннях напруги та сили струму становили:

$$U_{cP1} = \sqrt{\left(\frac{UcI}{I}\right)^2 + \left(\frac{UcU}{U}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0.173}{0.452}\right)^2 + \left(\frac{5.197}{217.533}\right)^2} = 38\% ;$$

А сумарна невизначеність потужності при вимірюваннях тільки сили струму буде рівна:

$$U_{cP2} = \sqrt{\left(\frac{UcI}{I}\right)^2 + \left(\frac{UcU}{U}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0.173}{0.452}\right)^2 + \left(\frac{12,124}{217.533}\right)^2} = 38,7\% ;$$

Звідси випливає, що основна складова невизначеності опосередкованим методом спричинена через вимірювання сили струму, а не напруги. Більш того, як можна побачити при малих значення споживаної потужності її невизначеність вимірювання є досить високою. Отже, при непрямому вимірюванні потужності доцільно вимірювати лише силу струму, причому оптимальним буде вимірювання для електрообладнання великої потужності.

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі магістра були зроблені та опрацьовані наступні питання:

- Зроблено аналіз методів вимірювання потужності в колах змінного струму;
- Описано принцип роботи сучасних засобів обліку електроенергії та приладів вимірювання електричного струму;
- Проаналізовано методи та засоби передачі показів спожитої кількості спожитої електроенергії, як контактних, так і дистанційних;
- Обґрунтовано доцільність розробки лічильника та сформульовано постановку задачі магістерської роботи;
- Розроблено структуру багатоканальної вимірювального лічильника з можливістю дистанційного керування навантаженням та передачею даних в інтернет;
- Проведено розробку схеми електричних з'єднань вимірювальної системи;
- Розроблено сервер для отримання даних з багатоканального вимірювального електролічильника, створено можливість дистанційного керування навантаженням;
- Проведено метрологічний аналіз вимірювання напруги в мережі, вимірювання сили струму та вимірювання потужності.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Планування заходів з охорони праці, види планування та контролю, стан охорони праці

Планування — процес обґрунтування рішень і розподілу ресурсів (матеріальних, фінансових, людських, інформаційних, часових) для їх реалізації.

Планування робіт з охорони праці включає розроблення таких планів: довгострокових — на декілька років; річних — розділів "Охорона праці" колективного договору та комплексних заходів, що додаються до нього; оперативних (квартальних, місячних) планів цехів і дільниць.

Згідно із Законом України "Про охорону праці" у колективному договорі (угоді, трудовому договорі) власник і представники трудового колективу, профспілкова організація передбачають працівникам соціальні гарантії з охорони праці на рівні, не нижчому від наданих законодавством, а також розробляють комплексні заходи стосовно досягнення встановлених нормативів безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, підвищення існуючого рівня охорони праці, запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням та аваріям.

Усі заходи, які передбачені довгостроковими планами, включаються у відповідні розділи колективних угод і комплексних заходів. Колективна угода щороку укладається між профспілковим комітетом від імені трудового колективу та адміністрації підприємства. У довгострокових планах передбачається вирішення таких головних завдань: максимальне скорочення робочих місць, які не відповідають вимогам і нормам охорони праці, у тому числі скорочення чисельності робітників, що зайняті на роботах зі шкідливими умовами праці й на важких фізичних роботах; приведення обладнання, машин і механізмів у відповідність до вимог стандартів;

закриття виробничих об'єктів, які не гарантують безпеку праці та за своїм технічним станом не підлягають реконструкції або капітальному ремонту; доведення до встановлених норм кількості санітарно-побутових приміщень; значне скорочення (а в подальшому ліквідація) важких фізичних робіт; зменшення чисельності працівників, зайнятих ручною працею; розвиток лікувально-профілактичних, медичних і оздоровчих установ.

Довгостроковий план повинен встановлювати цілі роботи з охорони праці, містити чисельність працівників, яким будуть поліпшенні умови праці, а також загальну вартість необхідних для цього витрат; план заходів з приведення умов праці у відповідність до чинних вимог і норм; план організаційних заходів для попередження виробничого травматизму; план будівництва і розширення санітарно-побутових приміщень, лікувально-профілактичних та оздоровчих установ тощо.

Початковими для розроблення проекту довгострокового плану і комплексних заходів з охорони праці є прийнята політика охорони праці; оцінка ризиків на робочих місцях; результати паспортизації та атестації умов праці на робочих місцях і в цехах; результати вивчення причин травматизму і цільових перевірок стану охорони праці; матеріали аналізу виконання попередніх планів, пропозицій робітників та службовців; матеріали прогнозування та цільових програм з охорони праці.

Оперативний план на квартал і місяць складається для вирішення повсякденних актуальних завдань та усунення виявлених недоліків і вживання заходів для попередження причин нещасних випадків.

Колективний договір (угода) є найважливішим документом у системі нормативного регулювання взаємовідносин між роботодавцем і працівниками з першочергових соціальних питань, у тому числі з охорони праці. Колективний договір повинен обов'язково містити заходи захисту прав і соціальних інтересів осіб, які потерпіли на виробництві від нещасних

випадків, а саме: переведення на легшу роботу за медичними висновками зі збереженням заробітної плати; організація навчання і перекваліфікації потерпілих; працевлаштування інвалідів, надання їм допомоги у вирішенні соціально-побутових проблем (навіть якщо вони вже не працюють за станом здоров'я).

Колективним договором можуть встановлюватися більш високі розміри одноразової допомоги, ніж це передбачено фондом за рахунок прибутку підприємства.

Важливий підрозділ колдоговору — "Комплексні заходи щодо досягнення нормативів безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, підвищення існуючого рівня охорони праці, запобігання випадкам виробничого травматизму, профзахворюванням і аваріям". Ці заходи наводять у додатку до колдоговору і в них включають: розроблення, виготовлення та встановлення нових, більш ефективних інженерно-технічних засобів охорони праці (огородження, засобів сигналізації, контролю, запобіжних пристроїв); удосконалення освітлення, опалення, вентиляції, засобів боротьби з шумом, вібраціями, шкідливими випромінюваннями, електробезпеки, механізації, дистанційного управління, герметизації обладнання, транспортних засобів, розширення санітарно-побутових приміщень.

Комплексні заходи оформляються у вигляді табл. 4.1. До колдоговору можуть додаватися переліки професій і посад працівників:

- яким надається додаткова відпустка і скорочений робочий день за несприятливі умови праці;
- зайнятих на роботах із шкідливими умовами праці, які мають право одержувати безплатно молоко або інші харчові продукти;
- яким надається безплатно спецодяг, взуття та інші засоби індивідуального захисту, мило, мийні засоби, захисні креми;

- яким надаються оплачувані відпустки санаторно-оздоровчого призначення та ін.

Таблиця 4.1 Комплексні заходи з охорони праці

з/п	Найменування заходів (робіт)	Вартість заходів (робіт)		Ефективність заходів		Термін виконання	Відповідальна особа
		а	ф	п	д		
		сигнально	активно	планується	досягнуто		

Такі переліки даються, якщо вони встановлені понад вимоги законодавства.

У колективному договорі повинні передбачатися методи стимулювання та матеріальної відповідальності працівників за стан охорони праці. Необхідно передбачити систему заохочень для тих працівників, які сумлінно дотримуються законодавчих актів.

Порядок вирішення соціальних питань, у тому числі питань охорони праці на підприємстві, регламентований "Спільними рекомендаціями державних органів і профспілок щодо змісту розділу охорони праці в колективному договорі (угоді, трудовому договорі)".

На найважливіші заходи з охорони праці та заходи з великими затратами праці складають календарні плани впровадження із застосуванням методів сіткового планування. Усі заходи з охорони праці повинні бути

забезпечені проектно-кошторисною та іншою технічною документацією, фінансуванням і матеріальними ресурсами.

Грошові й матеріальні ресурси, передбачені на виконання конкретних заходів з охорони праці, забороняється використовувати з іншою метою. Схема планування заходів з охорони праці наведена на рис. 4.3. Колдоговір повинен містити також зобов'язання працівників дотримуватися правил, норм, інструкцій з охорони праці.

У колективному договорі (угоді) сторони передбачають забезпечення працівникам соціальних гарантій у галузі охорони праці на рівні, не нижчому за передбачений законодавством; їх обов'язки, а також комплексні заходи щодо досягнення встановлених нормативів безпеки, гігієни праці та виробничого середовища; підвищення існуючого рівня охорони праці; запобігання випадкам виробничого травматизму, професійному захворюванню, аваріям і пожежам; визначають обсяги та джерела фінансування зазначених заходів.

Виробничі будівлі, споруди, машини, механізми, устаткування, транспортні засоби, що запроваджуються в дію після будівництва (виготовлення) або реконструкції, капітального ремонту тощо, а також технологічні процеси повинні відповідати вимогам нормативно-правових актів з охорони праці.

Проектування виробничих об'єктів, розроблення нових технологій, засобів виробництва, засобів колективного та індивідуального захисту працюючих повинно виконуватися з урахуванням



Рисунок 4.3 - Планування заходів з охорони праці

вимог щодо охорони праці. Не допускаються будівництво, реконструкція, технічне переоснащення виробничих об'єктів, інженерних інфраструктур об'єктів соціально-культурного призначення, виготовлення і впровадження нових для даного підприємства технологій і засобів без попередньої експертизи робочого проекту або робочої документації на їх відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці. Фінансування цих робіт може здійснюватися лише після одержання позитивних результатів експертизи.

Роботодавець повинен отримати дозвіл, щоб розпочати роботи та види робіт на підприємстві, діяльність якого пов'язана з виконанням робіт та експлуатацією об'єктів, машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки. Перелік видів робіт, об'єктів, машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки визначається Кабінетом Міністрів України. Якщо роботодавець не одержав зазначеного дозволу, місцевий орган виконавчої влади або орган місцевого самоврядування, за поданням спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з нагляду за охороною праці, вживає заходів щодо скасування державної реєстрації цього

підприємства у встановленому законом порядку за умови, якщо протягом місяця від часу виявлення зазначених недоліків роботодавець не здійснив належних заходів стосовно їх усунення.

Технологічні процеси, машини, механізми, устаткування, транспортні засоби, хімічні речовини та їх сполуки, а також інша небезпечна продукція, придбані за кордоном, допускаються в експлуатацію (до застосування) лише за умови проведення експертизи на відповідність їх нормативно-правовим актам з охорони праці, що чинні на території України.

Уведення в експлуатацію нових і реконструйованих виробничих об'єктів відбувається за участі представників професійних спілок.

Стан охорони праці

Проблема створення нешкідливих та безпечних умов праці існувала в Україні давно, про що свідчить статистика нещасних випадків: ще 15-20 років тому на виробництві гинуло близько 4 тисяч чоловік – у 1,6 разів більше ніж тепер.

Замовчування цієї гіркої істини внаслідок секретності, що панувала у системі, породжувало благодущність і халатність тих, від кого залежало її вирішення.

На сьогодні у нас імовірність травматизму та професійних захворювань у 5-8 разів вище, ніж в інших промислово розвинених країнах європейського союзу.

Стан охорони праці залишається незадовільним.

Проблема виробничого травматизму є дуже гострою – щорічно на виробництві травмується близько 50 тисяч чоловік, з них 1,5 тисяч гинуть, понад 3,5 тисяч отримують професійні захворювання.

Через непрацездатність щорічно втрачається 2,5-3 мільйона людиноднів, середня важкість кожної травми досягає 25 людиноднів непрацездатності. Однак і ці показники не дають достатньо об'єктивної картини, оскільки не слід забувати, що ми маємо за умов систематичного спаду виробництва.

Спостерігаючи стійку тенденцію зниження загальної кількості нещасних випадків на виробництві по Україні бачимо, що рівень травматизму в агропромисловому комплексі країни залишається високим, темпи його зниження низькими, а у деяких регіонах навіть є ріст цих показників. Тут трапляється найбільша кількість випадків зі смертельними наслідками – 33% від загальної кількості.

По загальному травматизму АПК займає друге місце – 22,8 % від загальної кількості потерпілих. Якщо виходити з того, що кількість працюючих становить лише 28% від загальної кількості зайнятих у народному господарстві України, то питома вага травматизму у цій галузі значно збільшується.

Тому зрозуміло, що охорона праці відіграє важливу роль, як суспільний чинник, оскільки, якими б вагомими не були трудові здобутки, вони не можуть компенсувати людині втраченого здоров'я, а тим більше життя — те і інше дається лише один раз.

Необхідно пам'ятати, що через нещасні випадки та аварії на виробництві гинуть не просто робітники та службовці, на підготовку яких держава витратила значні кошти, а перш за все люди — годувальники сімей, батьки та матері дітей.

Окрім соціального, охорона праці має, безперечно, важливе економічне значення — це і висока продуктивність праці, зниження витрат на оплату лікарняних, компенсацій за важкі та шкідливі умови праці тощо.

За розрахунками Німецької ради підприємців наслідки нещасних випадків коштують у 10 разів дорожче, ніж вартість заходів щодо їх попередження.

В Україні, враховуючи мізерні витрати на заходи з охорони праці, ця різниця ще більша.

Фахівці Міжнародної організації праці (МОП) підраховали, що економічні витрати, пов'язані з нещасними випадками, складають 1% світового валового національного продукту. На ці кошти, орієнтовно, можна забезпечити харчування протягом року близько 75 млн. людей.

Технічний прогрес постійно, мов тінь, супроводжують техногенні аварії та нещасні випадки.

За статистичними даними МОП кількість нещасних випадків на виробництві у світі неухильно зростає, і становить на теперішній час приблизно 125 млн. щорічно.

Рівень травматизму і профзахворюваності значно вищий у країнах, що розвиваються, ніж у промислово розвинених державах. Так, у країнах Європейського Союзу щорічно жертвами нещасних випадків і профзахворювань стають близько 10 млн. чол., з них майже 8 тис. гине.

В Україні щоденно на виробництві травмується в середньому 140-180 чоловік, з них 20 стають інвалідами, а 4-5 гинуть.

Статистичні дані свідчать, що:

– кожні 3 хвилини внаслідок виробничої травми чи професійного захворювання у світі помирає одна людина;

– в Україні внаслідок травм кожні 5 годин помирає одна людина; – кожної секунди у світі на виробництві травмується 4 людини;

– в Україні кожні 8 хвилин травмується одна людина;

– кожного місяця у світі на виробництві травмується така кількість людей, яка дорівнює населенню Парижа.

Міжнародне бюро праці встановило, що в середньому в світі на 100 тис. працюючих щорічно припадає приблизно 6 нещасних випадків зі смертельними наслідками.

В Україні цей показник майже вдвічі вищий.

Однак, слід зазначити, що показники стану охорони праці суттєво відрізняються за окремими галузями промисловості.

Високо травмонебезпечною в нашій країні є вугільна промисловість.

Так, на кожний мільйон тонн видобутого вугілля гине в середньому 5 шахтарів. У США цей показник у 100 разів нижчий, а в Росії – у 3,8 рази.

На думку іноземних фахівців, які за програмою МОП проводили дослідження в Україні, велика кількість нещасних випадків зі смертельними наслідками пояснюється п'ятьма основними причинами: незадовільною підготовкою робітників і роботодавців з питань охорони праці; відсутністю належного контролю за станом безпеки на робочих місцях та виконання встановлених норм; недостатнім забезпеченням працюючих засобами індивідуального захисту; повільним впровадженням засобів та приладів колективної безпеки на підприємствах; спрацьованістю (у деяких галузях до 80%) засобів виробництва.

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі магістра були зроблені та опрацьовані наступні питання:

- Зроблено аналіз методів вимірювання потужності в колах змінного струму;
- Описано принцип роботи сучасних засобів обліку електроенергії та приладів вимірювання електричного струму;
- Проаналізовано методи та засоби передачі показів спожитої кількості спожитої електроенергії, як контактних, так і дистанційних;
- Обґрунтовано доцільність розробки лічильника та сформульовано постановку задачі магістерської роботи;
- Розроблено структуру багатоканальної вимірювального лічильника з можливістю дистанційного керування навантаженням та передачею даних в інтернет;
- Проведено розробку схеми електричних з'єднань вимірювальної системи;
- Розроблено сервер для отримання даних з багатоканального вимірювального електролічильника, створено можливість дистанційного керування навантаженням;
- Проведено метрологічний аналіз вимірювання напруги в мережі, вимірювання сили струму та вимірювання потужності.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Тугай Д. В. Текст лекцій з дисципліни «Основи метрології та електровимірювань» (для студентів усіх форм навчання напряму підготовки 6.050701 – «Електротехніка та електротехнології») / Д. В. Тугай, О. В. Дорохов; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 116 с.
2. Лічильники електроенергії. Частина 1. Індукційні та електронні
<http://jak-zrobyty.pp.ua/3367-lchilniki-elektroenergyi-chastina-1-ndukcyn-ta-elektronn.html>
3. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники: Учеб. пособие для неэлектротехн. спец. техникумов. – М.: Высш. шк., 2005. – §§ 11.1 – 11.15 (с. 318 – 357).
4. ACS712 даташит <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/168326/ALLEGRO/ACS712.html>
5. Доступ в Интернет
https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%83%D0%BF_%D0%B2_%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82
6. Реле <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%BB%D0%B5>
7. Управление мощной нагрузкой переменного тока
<http://easyelectronics.ru/upravlenie-moshhnoj-nagruzkoj-peremennogo-toka.html>
8. ACS712 Arduino AC Current Tutorial
<http://henrysbench.capnfatz.com/henrys-bench/arduino-current-measurements/acs712-arduino-ac-current-tutorial/>
9. Arduino to ESP8266 By Serial Communication
<http://www.martyncurrey.com/arduino-to-esp8266-serial-commnication/>
10. ГОСТ 13109-97 "Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения"
11. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці - Львів: Афіша, 2000. - 176 с

12. Гораль Л. Т., Семчук Я. М. Основи охорони праці: Навчальний посібник. - Івано-Франківськ: Факел, 2004 - 246 с.
13. ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация, Минск, Издание официальное, 1974, с. 32
14. Труб И. И Обслуживание счетчиков и цепей учета в электроустановках - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 321 с.
15. Кобевник В. Ф. Охрана труда. - К.: Выща школа., 1990. - 286 с.
16. ГОСТ 12.1.038-82 Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, Минск, Издание официальное , 1982, 6 с.
17. ГОСТ 12.1.045 ССБТ Электрические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
18. ГОСТ 12.1.005 -88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. ИПК издательство стандартов Москва, 2006.- 7с.
19. Державні санітарні правила і норми. ДСанПіН 3.3.2-007-98. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Програма для приладу на Arduino

```
// http://zelectro.cc/nokia5110\_module\_arduino

// http://remotexy.com/ru/help/esp8266/

// how to set uart baud rate in esp8266

// Adafruit_GFX_Library -> nokia5110

#include <Adafruit_GFX.h>

#include <Adafruit_PCD8544.h>

// pin 3 - Serial clock out (SCLK)

// pin 4 - Serial data out (DIN)

// pin 5 - Data/Command select (D/C)

// pin 6 - LCD chip select (CS)

// pin 7 - LCD reset (RST)

Adafruit_PCD8544 display = Adafruit_PCD8544(3, 4, 5, 6, 7);

////////////////////////////////////

// Basic serial communication with ESP8266

// Uses serial monitor for communication with ESP8266

// Pins
```

```
// Arduino pin 10 (RX) to ESP8266 TX

// Arduino pin 11 to voltage divider then to ESP8266 RX

// Connect GND from the Arduiono to GND on the ESP8266

// Pull ESP8266 CH_PD HIGH

////////////////////////////////////

#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial ESPserial(10, 11); // RX | TX

#define DEBUG true

////////////////////////////////////

// pin number

#define PIN_24 24

#define PIN_25 25

#define PIN_26 26

#define PIN_27 27

// relay on or off

#define ON HIGH

#define OFF LOW
```

```
////////////////////////////////////
```

```
/*Measuring AC Current Using ACS712*/
```

```
double vpp_result_array[4] = {}; //main array with results from function vpp();
```

```
int maxActivePowerDelayInPin[100] = {}; //main status relay delay(on off -  
time seconds) 10s
```

```
double mVperAmp_A0 = 100.00; // use 100 for 20A Module and 66 for 30A  
Module
```

```
double Voltage_A0 = 0;
```

```
double VRMS_A0 = 0;
```

```
double AmpsRMS_A0 = 0;
```

```
double active_power_watt_A0 = 0;
```

```
double counter_power_watt_A0;
```

```
double mVperAmp_A1 = 100.00; // use 100 for 20A Module and 66 for 30A  
Module
```

```
double Voltage_A1 = 0;
```

```
double VRMS_A1 = 0;
```

```
double AmpsRMS_A1 = 0;
```

```
double active_power_watt_A1 = 0;
```

```
double counter_power_watt_A1;
```

```
double mVperAmp_A2 = 100.00; // use 100 for 20A Module and 66 for 30A
```

Module

```
double Voltage_A2 = 0;
```

```
double VRMS_A2 = 0;
```

```
double AmpsRMS_A2 = 0;
```

```
double active_power_watt_A2 = 0;
```

```
double counter_power_watt_A2;
```

```
double mVperAmp_A3 = 100.00; // use 100 for 20A Module and 66 for 30A
```

Module

```
double Voltage_A3 = 0;
```

```
double VRMS_A3 = 0;
```

```
double AmpsRMS_A3 = 0;
```

```
double active_power_watt_A3 = 0;
```

```
double counter_power_watt_A3;
```

```
int sendPeriod = 0;
```

```
int maxActivePowerDelay = 10;
```

```
////////////////////////////////////// setup()
```

```

void setup()

{

  setup_pinMode();

  setup_display_nokia5110();

  setup_wifi();

}

////////////////////////////////////

//////////////////////////////////// loop()

void loop() {

  getVPP(); // read data with acs712

  Voltage_A0 = vpp_result_array[0];

  VRMS_A0 = (Voltage_A0/2.00) *0.707;

  AmpsRMS_A0 = (VRMS_A0 * 1000.00)/mVperAmp_A0;

  active_power_watt_A0 = 230.00 * AmpsRMS_A0; // active power watt

  counter_power_watt_A0 += (active_power_watt_A0)*(1.00/3600.00); // watt
counter

```

```
Serial.print("active_p A0: ");
```

```
Serial.print(active_power_watt_A0);
```

```
Serial.print(" W\t");
```

```
Serial.print("counter_p A0: ");
```

```
Serial.print(counter_power_watt_A0);
```

```
Serial.print(" W\t");
```

```
Serial.print("Amps RMS A0: ");
```

```
Serial.print(AmpsRMS_A0);
```

```
Serial.print(" A\n");
```

```
Voltage_A1 = vpp_result_array[1];
```

```
VRMS_A1 = (Voltage_A1/2.00) *0.707;
```

```
AmpsRMS_A1 = (VRMS_A1 * 1000.00)/mVperAmp_A1;
```

```
active_power_watt_A1 = 230.00 * AmpsRMS_A1; // active power watt
```

```
counter_power_watt_A1 += (active_power_watt_A1)*(1.00/3600.00); // watt  
counter
```

```
Serial.print("active_p A1: ");
```

```
Serial.print(active_power_watt_A1);
```

```
Serial.print(" W\t");
```

```
Serial.print("counter_p A1: ");
```

```
Serial.print(counter_power_watt_A1);
```

```
Serial.print(" W\t");
```

```
Serial.print("Amps RMS A1: ");
```

```
Serial.print(AmpsRMS_A1);
```

```
Serial.print(" A\n");
```

```
Voltage_A2 = vpp_result_array[2];
```

```
VRMS_A2 = (Voltage_A2/2.00) *0.707;
```



```
AmpsRMS_A2 = (VRMS_A2 * 1000.00)/mVperAmp_A2;
```

```
active_power_watt_A2 = 230.00 * AmpsRMS_A2; // active power watt
```

```
counter_power_watt_A2 += (active_power_watt_A2)*(1.00/3600.00); // watt  
counter
```

```
Serial.print("active_p A2: ");
```

```
Serial.print(active_power_watt_A2);
```

```
Serial.print(" W\t");
```

```
Serial.print("counter_p A2: ");
```

```
Serial.print(counter_power_watt_A2);
```

```
Serial.print(" W\t");
```

```
Serial.print("Amps RMS A2: ");
```

```
Serial.print(AmpsRMS_A2);
```

```
Serial.print(" A\n");
```

```
Voltage_A3 = vpp_result_array[3];
```

```
VRMS_A3 = (Voltage_A3/2.00) *0.707;
```

```
AmpsRMS_A3 = (VRMS_A3 * 1000.00)/mVperAmp_A3;
```

```
active_power_watt_A3 = 230.00 * AmpsRMS_A3; // active power watt
```

```
counter_power_watt_A3 += (active_power_watt_A3)*(1.00/3600.00); // watt
```

```
counter
```

```
Serial.print("active_p A3: ");
```

```
Serial.print(active_power_watt_A3);
```

```
Serial.print(" W\t");
```

```
Serial.print("counter_p A3: ");
```

```
Serial.print(counter_power_watt_A3);
```

```
Serial.print(" W\t");
```

```
Serial.print("Amps RMS A3: ");
```

```
Serial.print(AmpsRMS_A3);
```

```
Serial.print(" A\n");
```

```
//=====
```

```
display.clearDisplay();
```

```
display.setCursor(0,0); // установка курсору
```

```
display.print("A0 = ");
```

```
display.print(active_power_watt_A0);
```

```
display.print(" W");
```

```
display.setCursor(0,10); // установка курсору
```

```
display.print("A1 = ");
```

```
display.print(active_power_watt_A1);
```

```
display.print(" W");
```

```
display.setCursor(0,20); // установка курсору
```

```
display.print("A2 = ");
```

```
display.print(active_power_watt_A2);
```

```
display.print(" W");
```

```
display.setCursor(0,30); // установка курсору
```

```
display.print("A3 = ");
```

```
display.print(active_power_watt_A3);
```

```
display.print(" W");
```

```
display.display();
```

```
/*
```

```
display.setCursor(0,30); // установка курсору
```

```
display.print("c0= ");
```

```
display.print(counter_power_watt_A0);
```

```
display.print(" W");
```

```
display.display();
```

```
display.setCursor(0,40); // установка курсору
```

```
display.print("c1= ");
```

```
display.print(counter_power_watt_A1);
```

```
display.print(" W");
```

```

display.display();

*/

//=====

//-----

maxActivePowerLimit(active_power_watt_A0,PIN_24); // p1 limit

maxActivePowerLimit(active_power_watt_A1,PIN_25); // p2 limit

maxActivePowerLimit(active_power_watt_A2,PIN_26); // p3 limit

maxActivePowerLimit(active_power_watt_A3,PIN_27); // p4 limit

//-----

if(sendPeriod == 10){ // once send at 10s

    addDataToServer(active_power_watt_A0,

active_power_watt_A1,active_power_watt_A2,active_power_watt_A3,

counter_power_watt_A0,counter_power_watt_A1,counter_power_watt_A2,counter

r_power_watt_A3);

}

if(sendPeriod > 10){

    sendPeriod = 0;

}

```

```

sendPeriod++;

//-----

//=====

}

//=====

//////////gets the data from esp and displays in serial monitor//////////

//=====

String sendData(String command, const int timeout, boolean debug){

    String response = "";

    ESPserial.println(command);

    long int time = millis();

    while( (time+timeout) > millis()){

        while(ESPserial.available()){

            char c = ESPserial.read(); // read the next character.

            response+=c;

        }

    }

}

```

```

        if(debug){

                Serial.println(response); //displays the esp response messages in
arduino Serial monitor

        }

        return response;

}

//=====

boolean addDataToServer(double p1,double p2,double p3,double p4,double
ec1,double ec2,double ec3,double ec4){

//p1 - active power watt

//ec1 - watt counter

        boolean sendstatus = false;

        String connecttotcp,res2,attest;

//-----

////                String                get_request                =                "GET
/projects/wifi/add.php?p1=1&p2=100&p3=9000&p3=432&ec1=9&ec2=478&ec3
=1000&ec4=34&id_=1";

```

```
String get_request = "GET /projects/wifi/add.php?";
```

```
    get_request += "p1=" + String(p1);
```

```
    get_request += "&";
```

```
    get_request += "p2=" + String(p2);
```

```
    get_request += "&";
```

```
    get_request += "p3=" + String(p3);
```

```
    get_request += "&";
```

```
    get_request += "p4=" + String(p4);
```

```
    get_request += "&";
```

```
    get_request += "ec1=" + String(ec1);
```

```
    get_request += "&";
```

```
    get_request += "ec2=" + String(ec2);
```

```
    get_request += "&";
```

```
    get_request += "ec3=" + String(ec3);
```

```
    get_request += "&";
```

```
    get_request += "ec4=" + String(ec4);
```

```
    get_request += "&";
```



```

get_request += "id_n=" + String(1);

String sendLength = "AT+CIPSEND=" + String(get_request.length()+4); //+4
== \r\n

attest = sendData("AT",1000,DEBUG);

connecttotcp =
sendData("AT+CIPSTART=\"TCP\", \"online.nung.edu.ua\",80",1000,DEBUG);

sendData(sendLength,1000,DEBUG);

sendData(get_request,1500,DEBUG);

res2 = sendData("\r\n",1000,DEBUG); //send data and get result from server

//-----

if(attest.indexOf("OK") > -1){

  Serial.println("REQUEST: ");

  Serial.println(get_request);

}

if(attest.indexOf("OK") > -1){

  Serial.println("\n\nESP8266 MODULE IS CONNECTED TO ARDUINO...");

```

```
digitalWrite(2, HIGH); // status wifi connection

}else{

Serial.println("\n\nESP8266  MODULE  IS  DISCONNECTED  TO
ARDUINO!!!");

Serial.println("\n\tESP8266 Restart");

//sendData("AT+CWQAP",2000,DEBUG); //disconnect connection with wifi

sendData("AT+RST",1000,DEBUG);

digitalWrite(2, LOW); // status wifi connection

}

if(connecttotcp.indexOf("CONNECT") > -1){

Serial.println("\nTCP: CONNECTED TO WEBSITE...");

digitalWrite(2, HIGH); // status wifi connection

}else{

Serial.println("\nTCP: NOT CONNECTED TO WEBSITE!!!\n\n");

digitalWrite(2, LOW); // status wifi connection
```

```
    }

    if(res2.indexOf("OK") > -1){

        Serial.println("DATA IS ADDED...");

        sendstatus = true;

    }

//relay p1

    if(res2.indexOf("p1_re=1") > -1){

        digitalWrite(PIN_24, ON); // on relay

        Serial.println("P1_RELAY TURN ON...");

    }

    if(res2.indexOf("p1_re=0") > -1){

        digitalWrite(PIN_24, OFF); // off relay

        Serial.println("P1_RELAY TURN OFF...");

    }

//relay p2

    if(res2.indexOf("p2_re=1") > -1){

        digitalWrite(PIN_25, ON); // on relay

        Serial.println("P2_RELAY TURN ON...");
```

```
}  
  
if(res2.indexOf("p2_re=0") > -1){  
  
    digitalWrite(PIN_25, OFF); // off relay  
  
    Serial.println("P2_RELAY TURN OFF...");  
  
}
```

```
//relay p3
```

```
if(res2.indexOf("p3_re=1") > -1){  
  
    digitalWrite(PIN_26, ON); // on relay  
  
    Serial.println("P3_RELAY TURN ON...");  
  
}
```

```
if(res2.indexOf("p3_re=0") > -1){  
  
    digitalWrite(PIN_26, OFF); // off relay  
  
    Serial.println("P3_RELAY TURN OFF...");  
  
}
```

```
//relay p4
```

```
if(res2.indexOf("p4_re=1") > -1){
```

```
digitalWrite(PIN_27, ON); // on relay

Serial.println("P4_RELAY TURN ON...");

}

if(res2.indexOf("p4_re=0") > -1){

digitalWrite(PIN_27, OFF); // off relay

Serial.println("P4_RELAY TURN OFF...");

}

Serial.println("\n");

//-----

return sendstatus;

}

//=====

////////////////////////////////////// getVPP() acs712

//acs712 setup

void getVPP(){

double result_A0;
```

```
int readValue_A0;      //value read from the sensor A0
```

```
int maxValue_A0 = 0;   // store max value here A0
```

```
int minValue_A0 = 1024; // store min value here A0
```

```
int readValue_A1;      //value read from the sensor A1
```

```
int maxValue_A1 = 0;   // store max value here A1
```

```
int minValue_A1 = 1024; // store min value here A1
```

```
double result_A1;
```

```
int readValue_A2;      //value read from the sensor A2
```

```
int maxValue_A2 = 0;   // store max value here A2
```

```
int minValue_A2 = 1024; // store min value here A2
```

```
double result_A2;
```

```
int readValue_A3;      //value read from the sensor A3
```

```
int maxValue_A3 = 0;   // store max value here A3
```

```

int minValue_A3 = 1024;    // store min value here A3

double result_A3;

uint32_t start_time = millis();

while((millis()-start_time) < 1000){ //sample for 1 Sec

//////////////////////////////// A0 //////////////////////////////////

    readValue_A0 = analogRead(A0);

    // see if you have a new maxValue A0

    if (readValue_A0 > maxValue_A0) {

        /*record the maximum sensor value from A0*/

        maxValue_A0 = readValue_A0;

    }

    if (readValue_A0 < minValue_A0) {

        /*record the maximum sensor value from A0*/

        minValue_A0 = readValue_A0;

    }

    // Subtract min from max A0

    result_A0 = ((maxValue_A0 - minValue_A0) * 5.0)/1024.0;

```

```
vpp_result_array[0] = result_A0;
```

```
//////////////////////////////// A1 //////////////////////////////////
```

```
readValue_A1 = analogRead(A1);
```

```
// see if you have a new max Value A1
```

```
if (readValue_A1 > maxValue_A1) {
```

```
    /*record the maximum sensor value from A1*/
```

```
    maxValue_A1 = readValue_A1;
```

```
}
```

```
if (readValue_A1 < minValue_A1) {
```

```
    /*record the maximum sensor value from A1*/
```

```
    minValue_A1 = readValue_A1;
```

```
}
```

```
// Subtract min from max A1
```

```
result_A1 = ((maxValue_A1 - minValue_A1) * 5.0)/1024.0;
```

```
vpp_result_array[1] = result_A1;
```



```
readValue_A3 = analogRead(A3);

// see if you have a new max Value A3

if (readValue_A3 > maxValue_A3) {

    /*record the maximum sensor value from A3*/

    maxValue_A3 = readValue_A3;

}

if (readValue_A3 < minValue_A3) {

    /*record the maximum sensor value from A3*/

    minValue_A3 = readValue_A3;

}

// Subtract min from max A3

result_A3 = ((maxValue_A3 - minValue_A3) * 5.0)/1024.0;

vpp_result_array[3] = result_A3;

////////////////////////////////////

}

}
```

```
////////////////////////////////////// setup_display_nokia5110
```

```
void setup_display_nokia5110(){
```

```
    // инициализация и очистка дисплея
```

```
    display.begin();
```

```
    display.clearDisplay();
```

```
    display.display();
```

```
    display.setContrast(60);
```

```
    display.setTextSize(1);
```

```
    display.setTextColor(BLACK);
```

```
}
```

```
////////////////////////////////////// setup_pinMode()
```

```
void setup_pinMode(void){
```

```
    pinMode(PIN_24, OUTPUT);    // 24 pin , pin output
```

```
    pinMode(PIN_25, OUTPUT);    // 25 pin , pin output
```

```
    pinMode(PIN_26, OUTPUT);    // 26 pin , pin output
```

```
    pinMode(PIN_27, OUTPUT);    // 27 pin , pin output
```

```
digitalWrite(PIN_24, ON);
```

```
digitalWrite(PIN_25, ON);
```

```
digitalWrite(PIN_26, ON);
```

```
digitalWrite(PIN_27, ON);
```

```
pinMode(2, OUTPUT); // 26 pin , pin output
```

```
// pin number delay in seconds
```

```
maxActivePowerDelayInPin[PIN_24] = 10; //10 seconds delay
```

```
maxActivePowerDelayInPin[PIN_25] = 10; //10 seconds delay
```

```
maxActivePowerDelayInPin[PIN_26] = 10; //10 seconds delay
```

```
maxActivePowerDelayInPin[PIN_27] = 10; //10 seconds delay
```

```
digitalWrite(2, LOW); // status wifi connection
```

```
}
```

```
////////////////////////////////////// maxActivePowerLimit()
```

```
boolean maxActivePowerLimit(double active_power,int relayPinNumber){
```

```
if(active_power >= 5000.00){ // watt
```

```
digitalWrite(relayPinNumber, OFF); // off relay

maxActivePowerDelayInPin[relayPinNumber] = 10;

return false;

}else{

    maxActivePowerDelayInPin[relayPinNumber] -=1;    //i--;

    if(maxActivePowerDelayInPin[relayPinNumber] == 0){

        digitalWrite(relayPinNumber, ON); // on relay

        maxActivePowerDelayInPin[relayPinNumber] = 0;

    }

    return true;

}

}

////////////////////////////////////

//////////////////////////////////// setup_wifi()

void setup_wifi(void){

    //Serial.begin(115200); // communication with the host computer

    // Start the software serial for communication with the ESP8266
```

```
// ESPserial.begin(115200);

Serial.begin(19200); // UART ARDUINO set to 19200

ESPserial.begin(19200); // ESP8266

Serial.println("System is ready...");

//sendData("AT+CIOBAUD=19200",1000,DEBUG); // UART ESP8266 set to
19200

// AT+UART_DEF=19200,8,1,0,0 // UART baudrate ESP8266 set to 19200
flash set once

//sendData("AT+UART_DEF=19200,8,1,0,0",1000,DEBUG);

//sendData("AT+CWQAP",2000,DEBUG); //disconnect connection with wifi

//sendData("AT+CWMODE=1",2000,DEBUG); //set wifi AP mode flash set
once

sendData("AT+CWLAP",5000,DEBUG); //show wifi

// connect to wifi router flash set once

//sendData("AT+CWJAP=\"Uteam\", \"11110000\"",6000,DEBUG);

// sendData("AT+CWJAP=\"      (. Y . )\", \"galtiona\"",5000,DEBUG);
```

```
// sendData("AT+CWJAP=\"IVT\", \"Q!W@E#r4t5y6\",5000,DEBUG);
```

```
}
```

```
//=====
```

ДОДАТОК Б

Послідовність команд для створення бази даних на сервері та скрипти для роботи з базою даних

Скрипт для спілкування з базою даних написаний на php7 з використанням класу PHP PDO та MySQL V5.7.9 бази даних.

Для створення бази даних wifi, ми заходимо в phpmyadmin, далі вводимо SQL команду:

```
CREATE DATABASE wifi
```

Далі заходимо в базу даних wifi і вводимо SQL команди.

Створюємо таблицю status_relay, в якій будуть зберігатись статуси реле, тобто включити або виключити реле на заданому виводі, та номер ідентифікатору приладу та дати додавання запису в таблицю.

```
CREATE TABLE `status_relay` (  
  `id` int(11) UNSIGNED NOT NULL AUTO_INCREMENT,  
  `p1_status_on_off` int(1) UNSIGNED NOT NULL DEFAULT '1',  
  `p2_status_on_off` int(1) NOT NULL DEFAULT '1',  
  `p3_status_on_off` int(1) NOT NULL DEFAULT '1',  
  `p4_status_on_off` int(1) NOT NULL DEFAULT '1',  
  `id_n` int(11) NOT NULL,  
  `date` timestamp NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,  
  PRIMARY KEY (id)  
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;
```

Додаємо дані в таблицю status_relay зі статусами реле за допомогою SQL команди:


```
INSERT INTO `status_relay` (`id`, `p1_status_on_off`, `p2_status_on_off`,  
`p3_status_on_off`, `id_n`, `date`) VALUES  
(1, 1, 1, 1, 1, '2016-12-27 15:14:11');
```

Створюємо таблицю `databasetable`, в якій будуть зберігатись дані з показами активної потужності та лічильника потужності з кожного АЦП виводу.

```
CREATE TABLE `databasetable` (  
  `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,  
  `p1` int(11) NOT NULL,  
  `p2` int(11) NOT NULL,  
  `p3` int(11) NOT NULL,  
  `p4` int(11) NOT NULL,  
  `ec1` int(11) NOT NULL,  
  `ec2` int(11) NOT NULL,  
  `ec3` int(11) NOT NULL,  
  `ec4` int(11) NOT NULL,  
  `id_n` int(11) NOT NULL,  
  `date` timestamp NOT NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP ON  
UPDATE CURRENT_TIMESTAMP,  
  PRIMARY KEY (id)  
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8;
```

Після того, як ми створили базу даних, написано `php` скрипти для обробки та запису даних в нашу базу даних.

В скрипті `Database.php` зберігаються виміряні дані з датчиків від приладу.

```
// Database.php
```

```
<?php
```

```
// Database.php
```

```
// https://www.youtube.com/watch?v=GmiyjhIIsYo
```

```
// https://www.youtube.com/watch?v=GSOyD5lPyuw&t=0s
```

```
class Database
```

```
{
```

```
    public $isConn;
```

```
    protected $datab;
```

```
    //connect to db
```

```
    public function __construct($username = "kasan", $password = "kasan", $host =  
"localhost", $dbname = "wifi", $options = [])
```

```
    {
```

```
        $this->isConn = true;
```

```
        try {
```

```
            $this->datab = new
```

```
PDO("mysql:host={$host};dbname={$dbname};charset=utf8", $username,  
$password, $options);
```

```
            $this->datab->setAttribute(PDO::ATTR_ERRMODE,  
PDO::ERRMODE_EXCEPTION);
```

```
            $this->datab->setAttribute(PDO::ATTR_DEFAULT_FETCH_MODE,  
PDO::FETCH_ASSOC);
```

```
        } catch (PDOException $exception) {
```

```
            throw new Exception($exception->getMessage()); // show exception  
message
```

```
        }
```

```
}
```

```
//disconnect from db
```

```
public function Disconnect()
```

```
{
```

```
    $this->datab = null;
```

```
    $this->isConn = false;
```

```
}
```

```
//get row
```

```
public function getRow($query, $params = [])
```

```
{
```

```
    try {
```

```
        $stmt = $this->datab->prepare($query);
```

```
        $stmt->execute($params);
```

```
        return $stmt->fetch();
```

```
    } catch (PDOException $exception) {
```

```
        throw new Exception($exception->getMessage()); // show exception
```

```
message
```

```
    }
```

```
}
```

```
//get rows
```

```
public function getRows($query, $params = [])
```

```
{
```

```
    try {
```

```

        $stmt = $this->datab->prepare($query);
        $stmt->execute($params);
        return $stmt->fetchAll();

    } catch (PDOException $exception) {
        throw new Exception($exception->getMessage()); // show exception
message
    }
}

//insert row
public function insertRow($query, $params = [])
{
    try {
        $stmt = $this->datab->prepare($query);
        $stmt->execute($params);
        return true;

    } catch (PDOException $exception) {
        throw new Exception($exception->getMessage()); // show exception
message
    }
}

//update row
public function updateRow($query, $params = [])
{
    $this->insertRow($query, $params);
}

```

```

}

//delete row
public function deleteRow($query, $params)
{
    $this->insertRow($query, $params);
}

public function showdata($query)
{
    $query = $this->datab->query($query);
    $result = $query->FETCHALL(PDO::FETCH_ASSOC);

    foreach ($result as $row) {
        echo "Active power:<br>" .
            "p1 = " . $row["p1"] . " W,<br>" .
            "p2 = " . $row["p2"] . " W,<br>" .
            "p3 = " . $row["p3"] . " W,<br>" .
            "p4 = " . $row["p4"] . " W,<br>" .

            "<br>Counter power:<br>" .
            "ec1 = " . $row["ec1"] . " W,<br>" .
            "ec2 = " . $row["ec2"] . " W,<br>" .
            "ec3 = " . $row["ec3"] . " W,<br>" .
            "ec4 = " . $row["ec4"] . " W,<br><br>" .

            "[ " . $row["date"] . " ]<br>" .
            "[ id_n = " . $row["id_n"] . " ]<br>";
    }
}

```

```
// echo "<pre>";
// print_r($result);
// echo "</pre>";
}
}

?>
```

В скрипті Status_Rele.php зберігаються дані для включення або виключення заданих виводів на приладі.

```
// Status_Rele.php
```

```
<?php
```

```
// https://www.youtube.com/watch?v=GmiyjhIIIsYo
```

```
// https://www.youtube.com/watch?v=GSOyD5IPyuw&t=0s
```

```
class Status_Rele
```

```
{
```

```
    public $isConn;
```

```
    protected $datab;
```

```
    //connect to db
```

```
    public function __construct($username = "kasan", $password = "kasan", $host =
"localhost", $dbname = "wifi", $options = [])
```

```
    {
```

```
        $this->isConn = true;
```

```
        try {
```

```

        $this->datab = new
PDO("mysql:host={$host};dbname={$dbname};charset=utf8", $username,
$password, $options);
        $this->datab->setAttribute(PDO::ATTR_ERRMODE,
PDO::ERRMODE_EXCEPTION);
        $this->datab->setAttribute(PDO::ATTR_DEFAULT_FETCH_MODE,
PDO::FETCH_ASSOC);
    } catch (PDOException $exception) {
        throw new Exception($exception->getMessage()); // show exception
message
    }
}

//disconnect from db

public function Disconnect()
{
    $this->datab = null;
    $this->isConn = false;
}

//get row

public function getRow($query, $params = [])
{
    try {

        $stmt = $this->datab->prepare($query);
        $stmt->execute($params);
        return $stmt->fetch();
    }
}

```

```
    } catch (PDOException $exception) {  
        throw new Exception($exception->getMessage()); // show exception  
message  
    }  
}
```

```
//get rows
```

```
public function getRows($query, $params = [])  
{  
    try {
```

```
        $stmt = $this->datab->prepare($query);  
        $stmt->execute($params);  
        return $stmt->fetchAll();
```

```
    } catch (PDOException $exception) {  
        throw new Exception($exception->getMessage()); // show exception  
message  
    }  
}
```

```
//insert row
```

```
public function insertRow($query, $params = [])  
{  
    try {  
        $stmt = $this->datab->prepare($query);  
        $stmt->execute($params);  
        return true;
```



```

    } catch (PDOException $exception) {
        throw new Exception($exception->getMessage()); // show exception
message
    }
}

//update row
public function updateRow($query, $params = [])
{
    $this->insertRow($query, $params);

}

//delete row
public function deleteRow($query, $params)
{
    $this->insertRow($query, $params);
}

public function showdata($query)
{
    $query = $this->datab->query($query);
    $result = $query->FETCHALL(PDO::FETCH_ASSOC);
    foreach ($result as $row) {
        echo "OK," .
            "p1_re=" . $row["p1_status_on_off"] .
            ",p2_re=" . $row["p2_status_on_off"] .
            ",p3_re=" . $row["p3_status_on_off"] .
            ",p4_re=" . $row["p4_status_on_off"] .

```

```

        ", [". $row["date"] . "], id_n=" . $row["id_n"];
    }

/*
    echo "<pre>";
    print_r($result);
    echo "</pre>";
*/
}
}

?>

```

Скрипт add.php додає дані в базу даних через GET запит, з АЦП виводів на приладі.

// add.php

<?php

//get request to add data

//add.php?p1=1&p2=100&p3=9000&p4=432&ec1=9&ec2=478&ec3=1000&ec4=34&id_n=1

require_once 'Database.php';

require_once 'Status_Rele.php';

\$db = new Database();

\$rele_status = new Status_Rele();

//isset - якщо існує змінна

```
if ( isset($_GET["p1"])
    && isset($_GET["p2"])
    && isset($_GET["p3"])
    && isset($_GET["p4"])

    && isset($_GET["ec1"])
    && isset($_GET["ec2"])
    && isset($_GET["ec3"])
    && isset($_GET["ec4"])

    && isset($_GET["id_n"])) {

    $p1 = $_GET["p1"];
    $p2 = $_GET["p2"];
    $p3 = $_GET["p3"];
    $p4 = $_GET["p4"];

    $ec1 = $_GET["ec1"];
    $ec2 = $_GET["ec2"];
    $ec3 = $_GET["ec3"];
    $ec4 = $_GET["ec4"];

    $id_n = $_GET["id_n"];

    if ($db->insertRow("INSERT INTO databasetable (p1, p2, p3, p4, ec1, ec2, ec3,
ec4,id_n) VALUES (?,?,?,?,?,?,?,?)",[$p1, $p2, $p3, $p4, $ec1, $ec2, $ec3, $ec4,
$id_n]) == TRUE){
```

```

        $rele_status->showdata("SELECT * FROM status_relay WHERE id_n=" .
$id_n);
        echo "<br>DATA IS ADDED...";
    }else{
        echo "error";
    }

} else {
    echo "Hacking Attempth!";
}

?>

```

Скрипт operation.php додає дані про включення та виключення заданих виводів, відображає статус виводів, потужності активної та спожитої потужності з бази даних через GET запит.

// operation.php

<?php

```
require_once 'Database.php';
```

```
require_once 'Status_Rele.php';
```

```
$db = new Database();
```

```
$rele_status = new Status_Rele();
```

```
// show status relay by id_n
```

```
// http://localhost/server.loc/operation.php?show=1
```

```
// operation.php?show=1
```

```

if (isset($_GET["show"])) {
    $id_n = $_GET["show"];
    $rele_status->showdata("SELECT * FROM status_relay WHERE id_n=" .
$id_n);
}

// show power by identificator
// http://localhost/server.loc/operation.php?show_power=1
// operation.php?show_power=1

if (isset($_GET["show_power"])) {
    $id_n = $_GET["show_power"];
    $db->showdata("SELECT * FROM databasetable WHERE id_n=" . $id_n . "
ORDER BY id DESC LIMIT 1");
}

// switch relay
//
http://localhost/server.loc/operation.php?pinnumber=2&switch_power=1&id_n=1
// operation.php?pinnumber=2&switch_power=1&id_n=1

if(isset($_GET["pinnumber"]) &&
    isset($_GET["switch_power"]) &&
    isset($_GET["id_n"]))
){

    $pinnumber = $_GET["pinnumber"];
    $switch_power = $_GET["switch_power"];

```

```

$id_n = $_GET["id_n"];

// switch power on or off
if ($switch_power>=1){
    $switch_power = 1;
}else{
    $switch_power = 0;
}

//

switch ($pinnumber){
    case 1:
        $rele_status->updateRow("UPDATE status_relay set p1_status_on_off=?
where id=? AND id_n=?", [$switch_power, $id_n, $id_n]);
        // p1 on off
        break;
    case 2:
        $rele_status->updateRow("UPDATE status_relay set p2_status_on_off=?
where id=? AND id_n=?", [$switch_power, $id_n, $id_n]);
        // p2 on off
        break;
    case 3:
        $rele_status->updateRow("UPDATE status_relay set p3_status_on_off=?
where id=? AND id_n=?", [$switch_power, $id_n, $id_n]);
        // p3 on off
        break;
    case 4:
        $rele_status->updateRow("UPDATE status_relay set p4_status_on_off=?
where id=? AND id_n=?", [$switch_power, $id_n, $id_n]);

```

```

        // p4 on off
        break;
    default:
        echo "pinnumber not finded...<br>";
    }

    $rele_status->showdata("SELECT * FROM status_relay WHERE id_n=" .
$id_n);
}

?>

```

В скрипті index.php знаходиться головний інтерфейс серверного скрипта для роботи з базою даних.

```
// index.php
```

```

<html>
<head>
    <title>Control panel</title>
    <meta charset="utf-8">
    <script type="text/javascript"
src="http://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.9.0/jquery.min.js"></script>
    <script src="main.js"></script>
</head>
<body>

<p><b>Switch power in relay:</b></p>
<p>

```

<label for="id_nselect">Identificator id select:</label>

<select id="id_nselect">

<option value="1">1</option>

<option value="2">2</option>

<option value="3">3</option>

<option value="4">4</option>

</select>

<label for="pinnumber">pinnumber:</label>

<select id="pinnumber">

<option value="1">P1</option>

<option value="2">P2</option>

<option value="3">P3</option>

<option value="4">P4</option>

</select>

<label for="switch_power">switch power:</label>

<select id="switch_power">

<option value="1">On</option>

<option value="0">Off</option>

</select>

<button id="submit_switch_power">Change</button>

</p>

<p>Show status relay:</p>

<p>

<label for="id_number">Identificator number:</label>

<input type="number" id="id_number">


```
<button id="submitrelaystatus">Show</button>
</p>

<p><b>Show power:</b></p>
<p>
  <label for="id_n2power">Identificator number:</label>
  <input type="number" id="id_n2power">
  <button id="submit_show_power">Show</button>
</p>

<div id="showinfo" style="color: green"></div>

</body>
</html>
```

В скрипті main.js знаходяться функції обробки натискань клавіш (знаходяться в файлі index.php) з використанням бібліотеки JQUERY.

```
// main.js
```

```
// Switch power in relay:
```

```
// operation.php?pinnumber=2&switch_power=1&id_n=1
```

```
$(document).ready(function(){
  $("#submit_switch_power").click(function(){
    var id_nselect1 = $("#id_nselect").val();
    var pinnumber1 = $("#pinnumber").val();
    var switch_power1 = $("#switch_power").val();
```

```
$.get('operation.php',
{pinnumber:pinnumber1,switch_power:switch_power1,id_n:id_nselect1 },
function(data){
    $("#showinfo").html(data);
    });
});
});
```

```
// show status relay by id_n
// operation.php?show=1
```

```
$(document).ready(function(){
    $("#submitrelaystatus").click(function(){
        var show_status = $("#id_number").val();

        $.get('operation.php', {show:show_status}, function(data){
            $("#showinfo").text(data);
        });
    });
});
```

```
// show power by identifier
// operation.php?show_power=1
```

```
$(document).ready(function(){
    $("#submit_show_power").click(function(){
        var show_status_power = $("#id_n2power").val();
```

```
$.get('operation.php', {show_power:show_status_power}, function(data){  
    $("#showinfo").html(data);  
});  
});  
});
```