

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет робототехніки та штучного інтелекту

(повне найменування факультету)

Кафедра автоматизації та безпілотних систем

(повне найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**ЛІЧИЛЬНИК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НІК 2102
ELECTRICITY METER NIK 2102**

спеціальність 153 Мікро- та наносистемна техніка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Мікро- та наносистемна техніка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи МНТ-41

МУРА Максим Миколайович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

ПТАШЕНЧУК Віталій Віталійович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

«__» _____ 2026 р.

к.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:

ПТАШЕНЧУК Віталій Віталійович

(підпис)

Луцьк–2026 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: комп'ютерних та інформаційних технологій

Кафедра: автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 15 Автоматизація та приладобудування

Спеціальність: 153 Мікро- та наносистемна техніка

Освітня програма: «Мікро- та наносистемна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТ

д.т.н., проф. Олександр

ПОВСТЯНОЙ

«__» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

МУРИ Максима Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: лічильник електричної енергії НІК 2102

Керівник роботи: к.т.н., доцент ПТАШЕНЧУК Віталій Віталійович

затвержені наказом закладу вищої освіти від «31» 12 2025 р. №307/01-04

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи: клас точності електrolічильника - 1; максимальна сила струму приладу 50 А; номінальна напруга живлення лічильника 220 В; максимальна напруга живлення приладу 253 В; мінімальна напруга живлення приладу складає 143 В; передатне число лічильника на рівні 6400 імп/(кВт·год).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):
Анотація. Вступ. 1. Загальнотехнічна частина. 2. Розрахунково-конструкторська частина.
3. Спеціальна частина. 4. Висновки. 5. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. Загальний вигляд лічильника (1 лист формату А1). 2. Структурна схема лічильника (1 лист формату А1). 3. Схема повірочної установки (1 лист формату А1). 4. Схема повірки лічильника (1 лист формату А1) 5. Деталювання (1 лист формату А1).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1. Загально-технічна частина	ПТАШЕНЧУК В. В.		
Розділ 2. Розрахунково-конструкторська частина	ПТАШЕНЧУК В. В.		
Розділ 3. Спеціальна частина	ПТАШЕНЧУК В. В.		
Висновки	ПТАШЕНЧУК В. В.		
Нормоконтроль	ЛАПЧЕНКО Ю. С.		
Гарант ОП	ПТАШЕНЧУК В. В.		
Показник запозичень тексту	2,92 %		
Академічна доброчесність	ЛАПЧЕНКО Ю. С.		

7. Дата видачі завдання «15» січня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Обґрунтування теми	До 19.01.2026 р.	
2.	Огляд літератури із досліджуваної проблеми	До 24.01.2026 р.	
3.	Розділ 1. Загально-технічна частина	До 02.02.2026 р.	
4.	Розділ 2. Розрахунково-конструкторська частина	До 17.02.2026 р.	
5.	Розділ 3. Спеціальна частина	До 23.02.2026 р.	
6.	Висновки	До 04.03.2026 р.	
7.	Список літератури	До 12.03.2026 р.	
8.	Формування списку літератури	До 24.03.2026 р.	
9.	Креслення загального вигляду лічильника	До 03.04.2026 р.	
10.	Креслення структурної лічильника	До 12.04.2026 р.	
11.	Креслення повірочної установки	До 21.04.2026 р.	
12.	Креслення схеми перевірки лічильника	До 03.05.2026 р.	
13.	Креслення деталей лічильника	До 06.05.2026 р.	
14.	Формування додатків (специфікацій)	До 18.05.2026 р.	
15.	Нормоконтроль	До 24.05.2026 р.	
16.	Інструментальна перевірка на академічний плагіат	До 01.06.2026 р.	
17.	Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту	До 05.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

(МУРА М. М.)

(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

(ПТАШЕНЧУК В. В.)

(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Мура М. М. Лічильник електричної енергії НІК 2102. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Мікро- та наносистемна техніка». Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Метою роботи є дослідження процесів роботи лічильника електроенергії НІК 2102 та аспектів його повірки.

Випускна робота бакалавра складається з анотації, вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. У першому розділі роботи розглянута характеристика лічильника НІК 2102, проведено порівняльний огляд однотипних приладів та описані основні фізичні процеси роботи. В другому розділі роботи описано будову, роботу, наведено структурну схему лічильника, проведено розрахунок відлікового механізму приладу. В третьому розділі розглянуті питання повірки приладу, наведені схеми повірки, методика повірки, установка для повірки та розроблений лічильник світлових імпульсів для полегшення процесу повірки лічильника.

Ключові слова: лічильник, електроенергія, вимірювання, повірка, точність.

					ВР 506.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	підпис	дата	Лічильник електроенергії НІК 2102	Літера	Лист	Листів
Розробив	Мура							
Перевірив	Пташенчук							
Н. Контр.	Лапченко							
Затверд.	Гуменюк					ЛНТУ каф. АтаБС, гр. МНТ-41		

ANNOTATION

Mura M. M. Electric energy meter NIK 2102. Manuscript.

Qualification work of the bachelor's OP «Micro- and nanosystems technology».
Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

The purpose of the work is to study the processes of operation of the NIK 2102 electricity meter and aspects of its verification.

The bachelor's graduation work consists of an abstract, introduction, three sections, conclusions, a list of sources used and appendices. The first section of the work considers the characteristics of the NIK 2102 meter, a comparative review of similar devices is conducted and the main physical processes of operation are described.

The second section of the work describes the structure, operation, provides a structural diagram of the meter, and calculates the counting mechanism of the device. The third section considers the issues of device verification, provides verification schemes, verification methods, a verification installation, and develops a light pulse counter to facilitate the process of meter verification.

Keywords: meter, electricity, measurement, verification, accuracy.

					BP 506.00.00.000 ПЗ	Лист
						4
Зм	Лист	№ докум.	підпис	дата		

ЗМІСТ

стор.

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	
1.1 Технічна характеристика та службове призначення лічильника електричної енергії НІК 2102.....	8
1.2 Аналіз існуючих аналогів, огляд літературних джерел.....	10
1.3 Фізичні основи перетворень, які використовуються в роботі приладу.....	16
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	
2.1 Будова та принцип роботи лічильника електричної енергії НІК 2102.....	21
2.2 Структурна схема лічильника НІК 2102.....	26
2.3 Розрахунок відлікового механізму лічильника електричної енергії НІК 2102.....	29
РОЗДІЛ 3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	
3.1 Визначення похибки лічильника в ході повірки.....	31
3.2 Установка для повірки лічильника електроенергії	35
3.3 Схема передачі розміру від еталонних до робочих засобів вимірювань електричної енергії	43
ВИСНОВКИ.....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	49
ДОДАТКИ.....	51

ВСТУП

Електрична енергія представляє собою фундаментальну основу сучасного суспільства. Її актуальність обумовлена насамперед абсолютною універсальністю по відношенню до інших видів енергії. Електроенергію досить легко передавати на величезні відстані та миттєво перетворювати на світло, тепло, механічний рух або використовувати для роботи цифрових технологій. Електрика живить практично все, починаючи від базових побутових приладів до найскладніших медичних апаратів, систем зв'язку та центрів обробки даних. Переважна більшість сучасних побутових приладів, які забезпечують комфорт нашого сьогодення використовують електричну енергію. У зв'язку з широким розвитком систем штучного інтелекту потреба в електроенергії стрімко зростає в усьому світі, роблячи надійне та стабільне енергопостачання головним драйвером економічного зростання.

Електрифікація транспорту (електромобілі, залізнична мережа) та промисловості виступає головним інструментом для зниження негативного вуглецевого впливу та покращення екологічної ситуації. Поступовий відхід від викопного палива (вугілля, нафти) на користь відновлюваних джерел (сонця, вітру та гідроелектростанцій) потребує якісного обліку електроенергії, від якого залежить рентабельність та ефективність відновлювальних систем.

Сучасні реалії сьогодення вимагають надійності та децентралізації в сфері енергетичного забезпечення як приватного так і комерційного сектору. Розвиток технологій зберігання енергії, а також можливість встановлювати сонячні панелі та домашні акумулятори дозволяють як бізнесу, так і приватним особам оптимізувати витрати та забезпечувати безперервність живлення у критичних ситуаціях. Універсальність та технологічна еволюція роблять електроенергію найважливішим ресурсом, без якого неможливо уявити розвиток людства.

					ВР 506.00.00.000 ПЗ	Лист
						6
Зм	Лист	№ докум.	підпис	дата		

Процеси вироблення та використання електричної енергії потребують її якісного обліку, що можливе завдяки застосуванню відповідних вимірювальних приладів.

Актуальність процесу обліку спожитої електричної енергії зумовлена необхідністю контролю виробництва, розподілу та раціонального споживання ресурсу. Це дозволяє оптимізувати витрати та мінімізувати комерційні втрати. Системи та прилади обліку електричної енергії відіграють важливу та ключову роль у забезпеченні прозорості фінансових розрахунків між постачальниками та споживачами даного енергоресурсу.

Об'єкт дослідження – лічильник електричної енергії НІК 2102.

Предмет дослідження – процеси функціонування та особливості перевірки приладу.

Мета роботи – провести дослідження та опис процесів роботи лічильника електроенергії, перевірки приладу.

Для досягнення поставленої мети кваліфікаційної роботи були поставлені наступні завдання:

1. Розглянути технічні параметри та службове призначення лічильника електроенергії НІК 2102.
2. Провести огляд наявних аналогів та однотипних приладів.
3. Описати фізичні процеси та основні перетворення, які використовуються в роботі лічильника електроенергії.
4. Розглянути будову та принцип роботи лічильника НІК 2102.
5. Розробити структурну схему лічильника електроенергії.
6. Провести розрахунок механічного відлікового пристрою лічильника.
7. Описати методику перевірки лічильника.
8. Розробити установку для перевірки лічильника НІК 2102.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Технічні параметри та службове призначення лічильника електричної енергії моделі НІК 2102

Прилад обліку електричної енергії моделі НІК 2102 (рис. 1.1) застосовується в основному для проведення вимірювання споживаної електричної активної енергії в однофазних колах змінного струму переважно в комунально-побутовій сфері так і в інших галузях, де застосовується електрична енергія.



Рисунок 1.1 – Електролічильник НІК 2102 [1]

Лічильники даної моделі мають імпульсний вихід та призначені для використання в приміщеннях з вибухобезпечним навколишнім середовищем, не містити струмопровідного пилу та агресивних газів і парів в концентраціях, які руйнують метали і ізоляцію приладу. По наявній стійкості до кліматичних впливів електролічильник моделі НІК 2102 відносяться до 4 групи з розширеним діапазоном допустимої температури і вологості.

					ВР 506.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	підпис	дата		8

Загалом лічильники НІК 2102 це серія електронних однофазових приладів обліку електроенергії, призначених як правило для вимірювання активної енергії. Дані прилади характеризуються високою точністю, стійкістю як до магнітних так і радіоперешкод та механічних впливів.

Технічні параметри приладу обліку електроенергії моделі НІК 2102 мають наступні значення [1]:

1. Габаритні розміри приладу складають: 205x106x71 мм.
2. Клас точності електролічильника рівний 1.
4. Максимальна сила струму приладу 50 А.
5. Номінальна напруга живлення лічильника 220 В.
6. Максимальна напруга живлення приладу 253 В.
7. Мінімальна напруга живлення приладу складає 143 В.
8. Передатне число лічильника на рівні 6400 імп/(кВт·год).
9. Міжповірочний інтервал приладу складає 16 р.
10. Номінальна частота мережі на рівні $(50 \pm 2,5)$ Гц.
11. Величина активної споживаної потужності колом напруги електролічильника при нормальній навколишній температурі, номінальній частоті та номінальній напрузі не більше 1-го Вт.
12. Повна потужність електролічильника, яка споживається ланцюгом напруги самого приладу при нормальній навколишній температурі, номінальній частоті та напрузі не перевищує 8 ВА.
13. Повна потужність споживання приладу ланцюгом струму не перевищує 0,2 ВА при номінальних струмі, температурі та частоті мережі.
14. Електролічильник має у своєму складі механічний відліково-рахунковий механізм, який забезпечує показання електричної енергії в десятих частках кіловат години.
15. Прилад має робочий діапазон температури в межах від мінус 40 до плюс 55 °С.
16. Допустимий робочий діапазон температури для даного приладу лежить в межах від мінус 40 до плюс 60 °С.

17. Величина відносної вологості при температурі 30 °С повинна складати не більше 90%.

18. Гранична величина відносної вологості для даного приладу при температурі 30 °С має складати не більше 95%.

19. Атмосферний тиск для даного приладу лежить в межах від 70 до 106,7 кПа.

20. Маса приладу складає не більше 1 кг.

21. Величина самоходу електролічильника. При відсутності струму в колі струму і значенню напруги рівному 1,15 від номінального, основний передавальний пристрій приладу не створить більше як одного імпульсу за час не менший за 9,5 хв.

22. Чутливість приладу. Електролічильник включається в роботу при силі струму споживання величиною 12,5 мА.

23. Лічильник стійкий до дії постійного магнітного поля, утвореного постійним магнітом з поперечним перерізом не менше 5,0 см² і індукцією не менше 300 мТл на полюсі.

24. Електролічильник є стійким до зовнішнього магнітного поля індукцією не менше 100 мТл.

25. Значення надійності приладу. Електролічильник має величину середнього напрацювання на відмову з урахуванням можливого його технічного обслуговування не менше як 200000 годин.

26. Середній термін використання приладу до його капітального ремонту становить не менше як 30 років.

1.2 Аналіз існуючих аналогів, огляд літературних джерел

Лічильник для обліку електроенергії моделі НК 2301 АП2 (рис. 1.2) застосовується для вимірювання величини спожитої активної електричної енергії трифазного змінного струму [2].

					ВР 506.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	підпис	дата		10

1. Захист від можливих розкрадань електроенергії (передбачена індикація неправильних підключень приладу, зворотнього напрямку протікання струму, можливих як занижених так і завищених фазних напруг).

2. Покращена зажимна колодка лічильника, яка забезпечує надійне кріплення під'єднувальних проводів.

3. Підвищений рівень захисту приладу від можливих впливів як постійних так і змінних магнітних полів.

4. Передбачена опція можливого застосування дистанційного передавання даних приладу обліку електроенергії.

5. Технологічний запас класу точності приладу складає не менше як 50%;

6. Досить мале енергоспоживання самого лічильника в ході його експлуатації.

7. Розширений діапазон робочих температур для приладу в межах від -40 до + 55 °С.

8. Стильний дизайн корпусу лічильника.

9. Зручність монтажу лічильника, що передбачає наявність приєднувальних розмірів і компоновка затискної плати приладу та забезпечує встановлення приладу при заміні старих моделей електролічильників без доопрацювання наявних кабельних ліній.

10. Конструкція корпусу лічильника відповідає міжнародним стандартам для приладів даного типу.

Типовим вимірювальним приладом величини споживаної електричної енергії лінійки моделей НІК, який широко застосовується і на даний час є і лічильник НІК 2104. Електролічильник однофазний модифікації НІК 2104 (рис. 1.3) являє собою електронний багатотарифний прилад обліку активної електричної енергії в однофазних мережах змінного струму [3]. Електролічильники моделі НІК 2104 внесені до переліку засобів вимірювальної техніки України, сертифіковані та забезпечують відповідність сучасним стандартам, зокрема ДСТУ EN 62053-21.



Рисунок 1.3 – Лічильник електроенергії модифікації НІК 2104 [3]

Основні технічні параметри лічильника моделі НІК 2104 мають наступні значення [3]:

1. Клас точності приладу рівний 1.
2. Номінальна напруга лічильника складає 220 В.
3. Частота приладу рівна 50 Гц.
4. Номінальна сила струму лічильника рівна 5 А.
5. Максимальна сила струму приладу може бути 40, 50, 60 та 80 А (залежно від модифікації лічильника).
6. Передбачений оптичний порт для реалізації процесу програмування приладу і зчитування його даних.
7. Ступінь захисту приладу на рівні IP54.
8. Значення розряду відлікового механізму приладу складає 6+2 (тобто шість цілих та два десяткових з верхньою межею вимірювання 999999,99).
9. Інтервал між повітками для даної моделі складає 16 років.
10. Середній термін використання приладу до можливого першого капітального ремонту складає 30 років.

Зм	Лист	№ докум.	підпис	дата

Основними перевагами електролічильника моделі НІК 2104 є [3]:

1. Кількість можливих вимірювальних елементів складає 1 або 2 (в ролі давачів струму застосовуються шунт і трансформатор).
2. Збільшений діапазон робочих напруг приладу, який знаходиться в межах від 143 до 253 В.
3. Опціональна можливість встановлення реле для управління навантаженням аж до 80 А.
4. Підвищений ступінь захисту лічильника від можливих впливів постійними і змінними магнітними полями.
5. Технологічний запас класу точності лічильника становить не менше 50%.
6. Мале енергоспоживання приладу.
7. Тривала робота лічильника при напрузі 380 В терміном до 24 годин.
8. Прозорий кожух приладу.
9. Передбачена можливість встановлення на прилад прозорої клемної кришки.
10. Передбачена можливість підключення стороннього джерела живлення напругою 9-15 В для забезпечення зняття показів приладу при відсутності напруги від мережі.
13. Передбачена можливість опційного встановлення модуля підсвічування відлікового механізму приладу.
14. Індикація можливого впливу на прилад магнітного поля з індукцією більшою 100 мТл.
15. Індикація можливого впливу на прилад електромагнітного поля напруженістю більшою за 10 В/м.
16. Захист приладу від можливих розкрадань енергії у вигляді індикації зворотнього напрямку протікання струму та наявності датчиків розтину кришки кожуха лічильника.
17. Можливість зберігання в незалежній пам'яті лічильника подій з позначкою дати і часу.

					ВР 506.00.00.000 ПЗ	Лист
Зм	Лист	№ докум.	підпис	дата		14

18. Можливість проведення відключення споживача від мережі при перевищенні ним допустимих значень, а саме: ліміту допустимої потужності, сили струму і напруги, впливу на прилад постійного магнітного поля більшого 100 мТл та електромагнітного поля перевершуючого 10 В/м, відключення споживача за несплату використаної електроенергії.

19. Можливість опційного встановлення додаткового радіомодуля RS485 або PLC для забезпечення дистанційного зняття даних.

На основі проведеного огляду приладів обліку електричної енергії можна зробити висновок, що взятий за об'єкт дослідження лічильник електроенергії моделі НІК 2102 має по відношенню до своїх аналогів як переваги так і недоліки.

До основних переваг лічильника моделі НІК 2102 належать:

1. Високий клас точності приладу, який характеризується значенням відносної похибки на рівні 1%.

2. Значний міжповірочний інтервал приладу, який складає 16 років та має високу експлуатаційну надійність.

3. Значно менша ціна у порівнянні з приладами аналогами.

4. Захист лічильника від можливого постороннього впливу з метою незаконного використання електроенергії.

До основних недоліків, які притаманні лічильнику серії НІК 2102 належать:

1. Робота в однофазних мережах змінного струму.

2. Відсутність дистанційної передачі даних обліку електроенергії.

3. Відсутність опції багатотарифного обліку.

Враховуючи усі переваги та незважаючи на наявні недоліки електрولیчильник серії НІК 2102 є популярним українським електронним приладом точного обліку спожитої активної електроенергії у житловому секторі (будинки, гаражі і дачі) та комерції (невеликі офіси, магазини, склади та майстерні). Враховуючи позитивні сторони даного приладу вважаю за доцільне розглянути його більш детально в даній роботі.

1.3 Фізичні основи перетворень, які використовуються в роботі приладу

В лічильнику електричної енергії вихідна електроенергія як правило не накопичується в приладі, а відбувається процес перетворення її на інші фізичні величини для можливості подальшого вимірювання величини потужності (P) і підрахунку значення спожитої енергії (E). Конкретні фізичні процеси зазвичай залежить від типу вимірювального приладу, який може бути електромеханічним або електронним.

В наведеному лічильнику електроенергії, а саме моделі приладу НІК 2102 відбувається вимірювання величини споживаної електричної енергії за допомогою механічного відлікового механізму, який приводиться у рух за допомогою крокового двигуна. Враховуючи особливості конструкції лічильника НІК 2102 можна виділити основні такі фізичні перетворення як:

- перетворення потужності електричної енергії в електричні імпульси певної частоти, залежно від її величини за допомогою відповідного давача;
- перетворення електричної енергії в механічну за допомогою крокового двигуна, який приводить в рух відлікових механізм лічильника.

Перетворення спожитої електричної потужності в лічильнику електроенергії в частотний сигнал являє собою процес переведення аналогових параметрів струму та напруги у відповідну послідовність електричних імпульсів, де інформативним параметром являється частота проходження. Зазвичай такий процес ділиться на два основні етапи:

- перетворення величини споживаного струму та напруги в аналоговий сигнал за допомогою спеціальних давачів (наприклад, шунти або трансформатори), що знімають показання, які потім перемножуються мікросхемами-ватметрами для отримання сигналу напруги, пропорційного потужності;
- перетворення напруга-частота спеціальним генератором, який виробляє імпульси, частота яких прямо-пропорційна величині вхідної напруги.

Математично цей процес описується формулою (1.1) [4]:

$$f = k \cdot P, \quad (1.1)$$

де f – вихідна частота імпульсів (Гц);

P – вимірювана електрична потужність (Вт);

k – коефіцієнт перетворювача давача.

Таке фізичне перетворення має ряд переваг. Висока завадостійкість (частотний сигнал не втрачає точність при передачі на великі відстані в порівнянні з аналоговою напругою). Легкість гальванічної розв'язки (за допомогою оптронів, що захищає плати керування приладом. Пряме введення в мікроконтролери (сигнал легко обробляється без використання АЦП, досить просто підрахувати кількість імпульсів за секунду).

Кроковий двигун електrolічильника перетворює електричні імпульси, які пропорційні споживаній потужності на дискретне механічне переміщення, а саме обертання на фіксований кут, використовуючи закони електромагнетизму та взаємодію магнітних полів, забезпечуючи при цьому належне функціонування відлікового механізму лічильника.

Забезпечення обертання ротора крокового двигуна лічильника на заданий кут забезпечується завдяки його конструктивним особливостям, такими як необхідна кількість зубців ротора та статора (рис. 1.4).

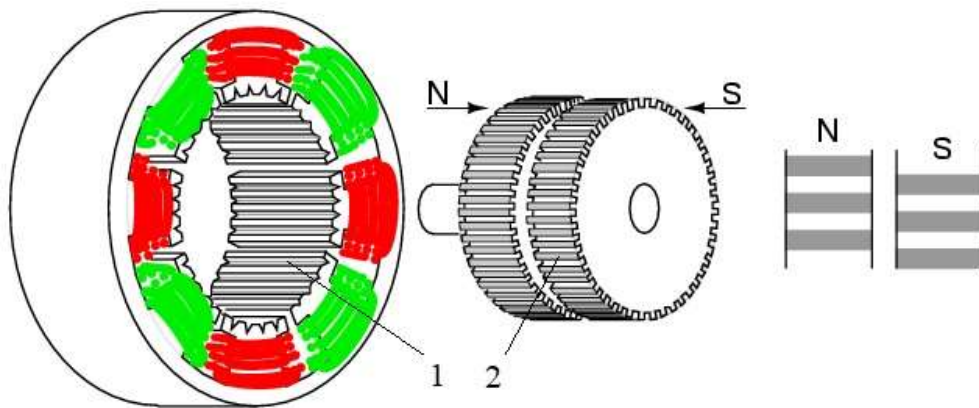


Рисунок 1.4 – Кроковий двигун та його конструкція [5]:

1 – зубці статора двигуна; 2 – зубці ротора двигуна

Зм	Лист	№ докум.	підпис	дата

Всередині крокового двигуна знаходяться статор (нерухома частина з котушками) і ротор (рухома частина двигуна з постійними магнітами або зубчастою структурою). Подача струму на певні обмотки статора створює магнітне поле, до якого притягується ротор. Перемикаючи обмотки по черзі, контролер змушує ротор здійснювати дискретні рухи (кроки). Стандартний крок зазвичай становить від $1,8^\circ$ до $0,9^\circ$ (200 або 400 кроків на один повний оборот валу).

Кут провертання ротора крокового двигуна за один поданий електричний імпульс визначається за формулою (1.2) [6]:

$$\alpha = 360^\circ / m \cdot Z_r, \quad (1.2)$$

де α – кут кроку в градусах;

m – кількість фаз двигуна (зазвичай 2, 3 або 5);

Z_r – кількість зубців на роторі крокового двигуна.

Необхідне передатне число відлікового механізму лічильника забезпечується необхідним кроком двигуна та самим передатним відношення пар шестерень відлікового механізму приладу.

Основні фізичні процеси цифрової обробки інформації в лічильнику електроенергії являють перетворення реальних аналогових фізичних величин у дискретний код, подальшу його логічну обробку на апаратному рівні та зворотнє переведення у фізичний сигнал. В основі наведених процесів лежать явища електродинаміки, квантової фізики та напівпровідникових технологій.

Явища навколишнього світу, такі як звук, світло, температура та інші існують як безперервні аналогові фізичні величини. Для їх обробки застосовуються такі фізичні процеси як дискретизація, квантування, кодування. Дискретизація являє собою процес при якому безперервний аналоговий сигнал розбивається за часом та з певною частотою, використовуються тактові генератори на основі кварцових резонаторів.

Квантування являє собою процес, при якому вибірка фіксується та проводиться порівняння значень з еталонною напругою. Кодуванням являється процес перетворення вимірюваних значень в двійковий код (комбінацію 0-в та 1-ць), який фізично являє собою послідовність імпульсів струму або напруги.

Процеси дискретизації та квантування наведені на рисунку 1.5.

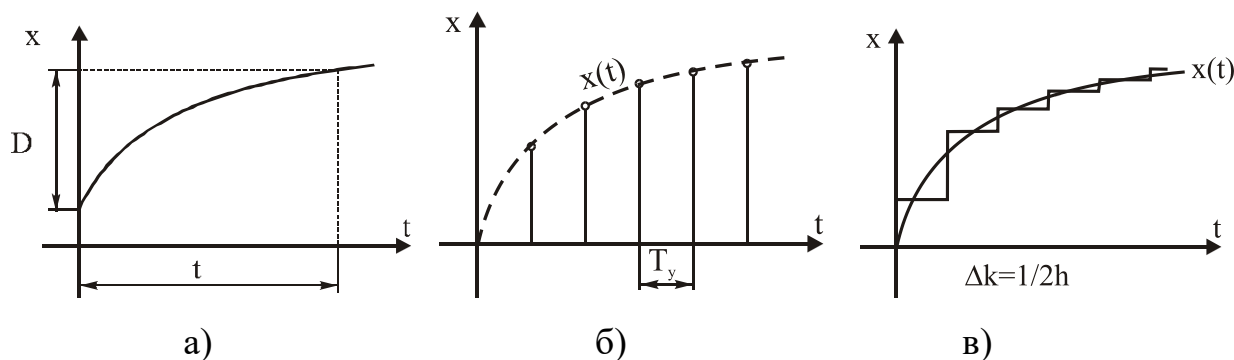


Рисунок 1.5 – Процеси дискретизації та квантування фізичних величин [7]:
 а) неперервна величина; б) дискретизована неперервна фізична величина за значенням і перервна у часі; в) квантована неперервна фізична величина в часі і перервна за значенням

В цифрових вимірювальних пристроях всередині кремнієвих мікросхем бінарні сигнали обробляються за допомогою логічних елементів, побудованих на напівпровідникових транзисторах. Подача напруги керування на транзистор затвора змінює електричний опір каналу, що дозволяє транзистору працювати як швидкодіючий перемикач (електронний ключ). Формування логічних вентилів завдяки комбінації транзисторів створюють базові логічні операції І, АБО, НЕ, які дають змогу обробляти сигнал та інформацію. Результати проведених обчислень та їхні алгоритми вимагають фізичних носіїв для запису та зчитування інформації. Для реалізації цих процесів застосовуються принципи електродинаміки та квантової фізики. Енергозалежна пам'ять є матрицею крихітних конденсаторів. Заряд або його відсутність (наявність або відсутність електронів) фізично позначає логічну одиницю або нуль.

Електрони заганяються в ізолювану область за допомогою квантового тунелювання і залишаються там навіть при відключенні живлення.

Похибка цифрових засобів вимірювання визначається похибками складових процесів їх роботи, таких як квантування та дискретизація і описується виразом (1.3) [7]:

$$\Delta \text{приладу} = \Delta X_k + \Delta X_d + \Delta X_i, \quad (1.3)$$

де X_k – похибка квантування приладу;

ΔX_d – похибка дискретизації приладу;

ΔX_i – інструментальна похибка.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Будова та принцип роботи лічильника електричної енергії НІК 2102

Вимірювальний прилад кількості спожитої електричної енергії моделі НІК 2102 наведений на рисунку 2.1 та 2.2.

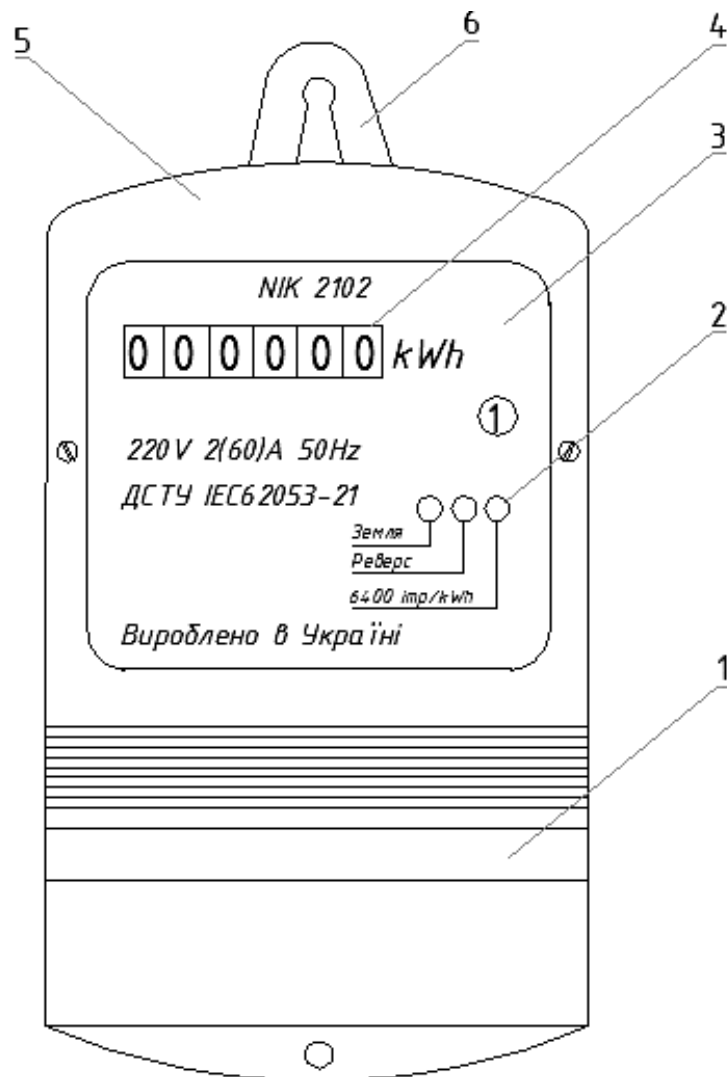


Рисунок 2.1 – Прилад обліку електроенергії НІК 2102 (вид спереду):

1 – корпус лічильника; 2 – світловий індикатор; 3 – захисне скло;

4 – відліковий механізм; 5 – кришка; 6 – навісна пластина

Зм	Лист	№ докум.	підпис	дата

ВР 506.00.00.000 ПЗ

Лист

21

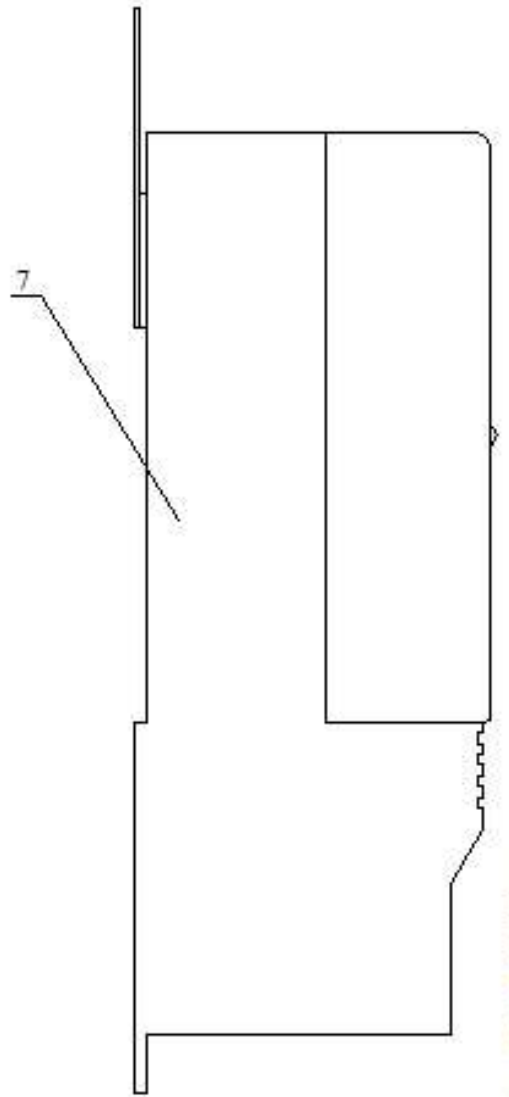


Рисунок 2.2 – Прилад обліку електроенергії НІК 2102 (вид збоку):
7 – задня кришка

Схема підключення лічильника НІК 2102 наведена на рисунку 2.3

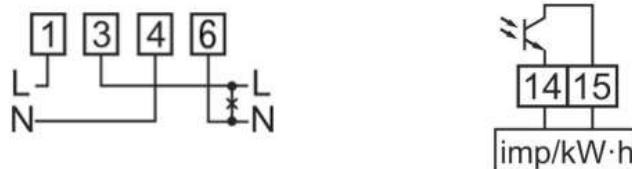


Рисунок 2.3 – Схема підключення приладу НІК 2102 [1]:
«1» та «3» – клемма фазового провідника; «4» та «6» – клемма нульового провідника; «14, «15» – контакти випробувального виводу

Лічильник електроенергії для забезпечення можливості проведення обліку активної алектричної енергії має у своєму складі такі основні елементи як давачі струму та напруги, перетворювач потужність-частота, мікроконтролер, кроковий двигун.

Для розуміння принципу вимірювання електричної енергії та роботи відповідних вимірювальних приладів, якими є лічильники електроенергії необхідно розуміти, що являє собою електрична потужність, яка є фізичною величиною, що характеризує швидкість передачі, споживання чи перетворення електричної енергії. У Міжнародній системі одиниць фізичних величин (СІ) вона визначається у ватах (Вт) або кіловатах для більш потужних пристроїв (кВт). Також слід розуміти, що в колах змінного струму розрізняють три основні види потужності:

– активна (P), визначається в (Вт) та являє собою корисну потужність, яка перетворюється на корисну роботу таку як тепло, світло (наприклад, в обігрівачах або лампах), або рух (в електродвигунах різних типів). Активна потужність являє собою середнє за певний період значення миттєвої потужності змінного струму.

– реактивна (Q), визначається у варах, (вар) та являє собою енергію, яка породжує електромагнітні поля та постійно циркулює між джерелом та навантаженням (наприклад, у трансформаторах чи електродвигунах);

– повна (S), вимірюється у вольт-амперах, (ВА) та являє собою суму активної та реактивної потужностей разом узятих.

Оскільки прилад НІК 2102 вимірює лише активну електричну потужність, то він містить у своєму складі мікросхему серії КР1095ПП1, яка прямо вимірює тільки активну потужність. Для реалізації цього в даній мікросхемі застосований принцип імпульсного перемножування двох опорних сигналів, які є пропорційними миттєвим значенням струму та напруги, Далі завдяки використанні процесу широтної та амплітудної імпульсної модуляції маєм змогу отримати вихідні значення, які є пропорційні миттєвим потужностями в ході обліку електроенергії. Мікросхема реалізує підсумовування протягом

зазначеного інтервалу часу, що відповідає одному періоду коливань змінного струму та забезпечує знаходження середнього значення миттєвої потужності, яке відповідає величині активної потужності.

При досягненні потужності встановленого рівня мікросхема перетворює його в одиничний імпульс а в подальшому при перевищенні цього одиничного рівня в послідовність імпульсів, частота яких пропорційна добутку величин напруги на входах датчиків струму і напруги та активній потужності споживача відповідно. Для даного лічильника 6400 імпульсів відповідають 1кВтгод електроенергії та береться до уваги при розрахунку та проектуванні відлікового механізму приладу для забезпечення коректної його роботи в межах зазначеного класу точності, який не повинен перевищувати 1% відносної похибки.

Лічильник електричної енергії моделі НІК 2102 модифікації НІК 2102-01 має цифровий відліковий механізм у формі рідкокристалічного дисплею (рис. 2.4). Вимірювання таким лічильником активної електроенергії проводиться завдяки застосуванню аналого-цифрового перетворення електричних сигналів, сформованих первинними давачами напруги та струму з наступним обчисленням величини потужності, попередньо забезпечивши її інтегрування та перетворенням в послідовність електричних імпульсів, кількість яких характеризує величину спожитої електричної енергії.



Рисунок 2.4 – Лічильник НІК 2102 з рідкокристалічним дисплеєм [8]

Модель лічильника НІК 2102 з цифровим електромеханічним відліковим пристроєм наведена на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Лічильник НІК 2102 з електромеханічним відліковим механізмом [9]

Електромеханічний відліковий механізм лічильника являє собою роликівий лічильник по принципу автомобільного одометра. Такий відліковий механізм складається з набору коліщаток-барabanів з цифрами від 0 до 9, які змінюються в горизонтальній площині у прямокутному віконці. Механізм має до 8-ми розрядів (барabanчиків) чорного кольору з білими позначеннями, які забезпечують покази в цілих числах. Останній барabanчик відлікового механізму червоного кольору та показує десяті частки кіловат-години. Кроковий двигун приводить у рух відліковий механізм відповідно до кількості сформованих імпульсів платою лічильника та забезпечує оновлення показів в ході використання лічильника. В ході визначення рівня потужності використовуються прості давачі струму та напруги:

1. Давач струму у вигляді шунта, через який проходить фаза електричного ланцюга.
2. Давач напруги, який функціонує по принципу подільника.

Сигнал, який формується такими давачами є невеликим, тому застосовуються електронні підсилювачі та проводиться аналогово-цифрове оброблення для подальшого перетворення сигналу та його перемноження.

2.2 Структурна схема лічильника НІК 2102

Структурна схема приладу обліку електроенергії моделі НІК 2102 з електромеханічним показуючим механізмом з наведеними основними функціональними частинами приладу представлена на рисунку 2.6.

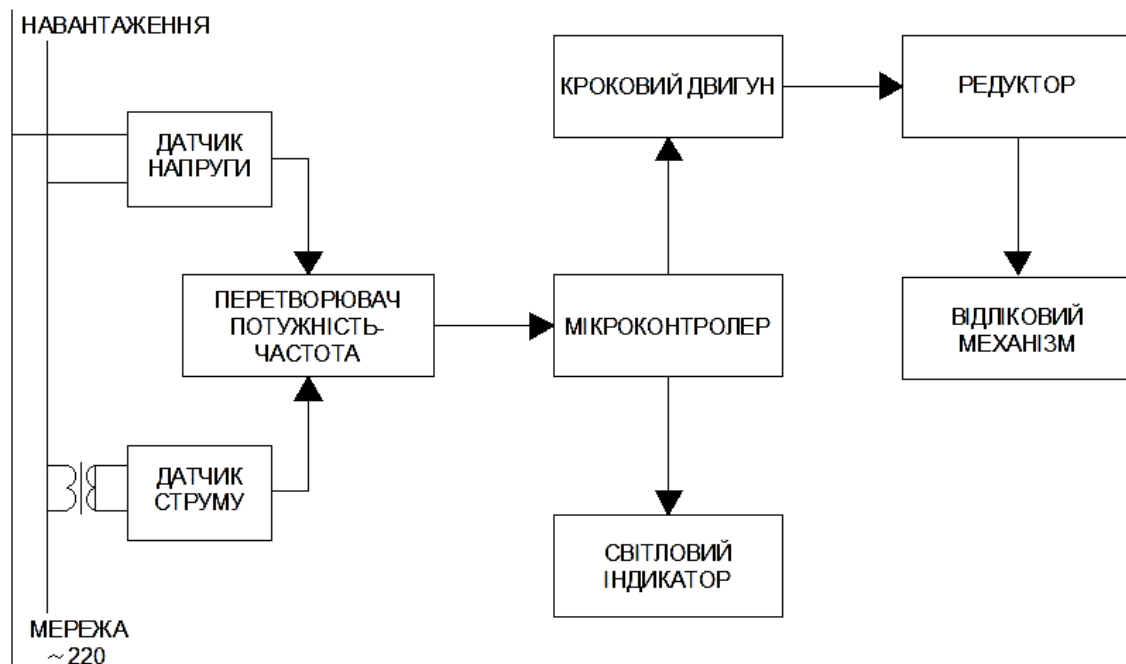


Рисунок 2.6 – Структурна схема лічильника НІК 2102 з електромеханічним показуючим пристроєм

Основними функціональними складовими частинами лічильника моделі НІК 2102 з електромеханічним показуючим пристроєм є:

- давач струму;
- давач напруги;
- перетворювач потужність-частота;
- мікроконтролер;
- кроковий двигун;
- редуктор;
- відліковий механізм.

Зм	Лист	№ докум.	підпис	дата

генерування електричних імпульсів з частотою прямопропорційною кількості споживаної електроенергії. Цей вузол має наступні основні етапи роботи:

1. Збір даних. Спеціальні датчики у вигляді трансформаторів або шунтів вимірюють значення силу струму, а дільники напруги в мережі.

2. Множення. Отримані аналогові сигнали струму та напруги від давачів направляються на електронну мікросхему перетворювача, яка забезпечує множення цих двох величин та отримання миттєвої активної потужності ($P=UI\cos\phi$).

3. Генерація імпульсів. Сформована давачем величина потужності у формі електричного імпульсу має свою частоту, яка залежить від величини струму навантаження та споживаної потужності відповідно. Якщо потужність споживання висока частота генерації імпульсів значна, якщо мала то імпульси формуються рідко. Далі імпульси потрапляють на мікроконтролер, який їх рахує або подає на кроковий двигун, залежно від конструкції лічильника. Загальна кількість підрахованих імпульсів відповідає кіловатам спожитої енергії (кВт·год). Такий електронний вузол замінив у старих індукційних лічильниках механічні диски, які використовувалися раніше. Завдяки сучасним електронним компонентам, лічильники електроенергії володіють високими класами точності від 0,2 до 1,0 та зумовлені відсутністю у електронних схемах механічних зношень та інерції рухових частин.

Мікроконтролер лічильника застосовується для обробки сигналів та керування кроковим двигуном приладу обліку електроенергії.

Кроковий двигун лічильника з дискретно-обертним ротором з можливістю обертання на визначений кут при подачі на нього одиничного імпульсу напруги платою керування, застосовується для належного функціонування електромеханічного відлікового пристрою та можливості зняття показів спожитої електроенергії.

Редуктор лічильника призначений для зміни кутових швидкостей рухомих елементів відлікового механізму. Він забезпечує задану частоту обертання та полегшує прокручування роликів механізму відліку приладу.

Відліковий механізм застосовується для відображення величини використаної електричної енергії та має сім роликів відповідного розряду.

Світловий індикатор лічильника забезпечує відображення кількості імпульсів давача приладу, які необхідні для проведення повірки приладу та візуалізації коректності його роботи.

2.3 Розрахунок відлікового механізму лічильника електричної енергії НІК 2102

Лічильник електричної енергії НІК 2102 обладнаний відліковим механізмом механічного типу, який приводиться в рух кроковим двигуном. Вихідними параметрами для проведення розрахунку відлікового пристрою лічильника будуть кількість імпульсів на 1 кВтгод, яка становить 6400 та крок крокового двигуна.

Відліковий пристрій лічильника може показувати максимальне значення 999999,9 кВтгод та має для цього сім сегментованих циліндричних роликів. Передатне відношення між двома сусідніми роликами відлікового пристрою складає 10, оскільки за десять обертів першого другий ролик має зробити всього один. Прийmemo кількість зубів першого ролика $Z_1=8$. Тоді кількість зубів другого ролика визначимо за формулою 2.1 [10]:

$$Z_2=i \cdot Z_1=10 \cdot 8=80 \quad (2.1)$$

де i – передатне відношення між двома сусідніми роликами.

Крок крокового двигуна складає 40, що відповідає 9 градусів повороту ротора на один імпульс. Тепер необхідно розрахувати редуктор, тобто його передаточне число, кількість пар шестерень та число зубів шестерень. Оскільки перший ролик відлікового механізму показує в десятих частках (рис. 2.7) передатне відношення редуктора з урахуванням сталої лічильника, яка рівна 6400 на 1 кВт·год знайдемо за формулою 2.2:

$$i=6400/40 \cdot 10=16 \quad (2.2)$$



Рисунок 2.7 – Відліковий механізм лічильника [9]

Для забезпечення даного передатного відношення застосовуємо дві пари шестерень з кількістю зубів $Z_1=10$ та $Z_2=40$ відповідно.

Передатне відношення редуктора складатиметься з добутка передатних відношень двох пар шестерень та згідно формули 2.3 [10] складе:

$$i_p = \frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{40 \cdot 40}{10 \cdot 10} = 16, \quad (2.3)$$

де Z_1 – кількість зубів ведучої шестерні;

Z_2 – кількість зубів веденої шестерні.

РОЗДІЛ 3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСИНА

3.1 Визначення похибки лічильника в ході повірки

Повірка це важлива операція, яка забезпечує метрологічну справність засобів вимірювань та дає можливість проводити вимірювання в межах зазначеного класу точності приладу. Повірка проводиться після випуску засобу вимірювання, тобто нового приладу та через певий час його експлуатації, тобто в ході свого життєвого циклу лічильник зазвичай проходить первину та періодичну повірку. Для лічильника НК 2102 міжповірочний інтервал складає 16 років, після якого необхідно провести повірку приладу та встановити його метрологічну справність. Ця операція є обов'язковою для всіх вимірювальних приладів, які застосовуються для комерційного обліку енергеичних ресурсів, не є виключенням і облік електричної енергії. Для реалізації процедури повірки лічильника електричної енергії необхідне застосування відповідних методів вимірювання, засобів вимірювання та застосування атестованих методик повірки вимірювальних приладів даного типу.

Для вимірювання фізичних величин в основному застосовуються прямі та непрямі методи вимірювання.

При повірці електролічильників з використанням прямих методів вимірювання застосовується еталонний (зразковий) лічильник електричної енергії. Такий лічильник представляє собою високоточний вимірювальний прилад для проведення процедури повірки, калібрування та тестування побутових і промислових лічильників електроенергії. Такі лічильники відрізняються від побутових надзвичайно високим класом точності, який складає як правило 0,05 – 0,2 та використовуються в лабораторіях метрологічних служб та установах. Еталонні лічильники електроенергії також часто використовуються при проведенні вимірюють параметрів якості електроенергії, зокрема перепади, гармоніки та інші параметри.

Також, для перевірки електролічильників часто застосовуються непрямі методи вимірювання, що пов'язане з відсутністю еталонного лічильника. При застосуванні такого методу вимірювання про дійсний розмір досліджуваної величини судять на основі прямих вимірювань декількох інформативних величин, які пов'язані з шуканою величиною заздалегідь відомими залежностями. Метод непрямих вимірювань при повірці приладів застосовується у випадках, коли дійсні значення величин неможливо визначити прямим вимірюванням та у випадках, коли непрямі вимірювання є простішими або точнішими у порівнянні з прямими вимірюваннями. На основі результатів прямих вимірювань і за їх значеннями проводять розрахунок шуканої величини, яка дає можливість робити висновок про придатність чи непридатність приладу до подальшого застосування. Для прикладу, визначають похибку електричного лічильника активної енергії з використанням еталонного ватметра і секундоміра.

Відносна похибка лічильника за величиною потужності визначається за формулою (3.1) [7]:

$$\delta = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \cdot 100, \quad (3.1)$$

де W_0 – значення електричної енергії за еталонним приладом;

W_1 – значення електричної енергії за повірюваним лічильником.

Для знаходження значення W_1 непрямим методом потрібно знати величину постійної лічильника C , яка визначається при відомому числі імпульсів, яке відповідає енергії 1 кВт·год. Для лічильника НІК 2102 це число складає 6400 імп/кВтгод. Постійна лічильника визначається за наступною формулою (3.2) [7]:

$$C = 3600 \cdot 1000 / A, \quad (3.2)$$

$$t_1 = \frac{C \cdot N}{P} = \frac{3600 \cdot 1000 \cdot N}{A \cdot P}, \quad (3.6)$$

де A – число імпульсів лічильника на 1 кВт·год;

C – стала лічильника;

N – кількість імпульсів за час повірки електролічильника (визначається за світловим індикатором або знімається через вивід електронної схеми лічильника);

P – значення потужності.

При повірці за методом непрямого вимірювання загальна похибки складається з похибки ватметра, секундоміра і суб'єктивних похибок. Таким чином, при проведенні повірки лічильника методом непрямих вимірювань, необхідно враховувати той факт, що кінцевий результат непрямого вимірювання завжди спотворений складовими похибками прямих вимірювань.

Для повірки лічильника електричної енергії непрямим методом використовується схема зображена на рисунку 3.1. Вона дає змогу проводити повірку лічильника електричної енергії з використанням еталонного ватметра

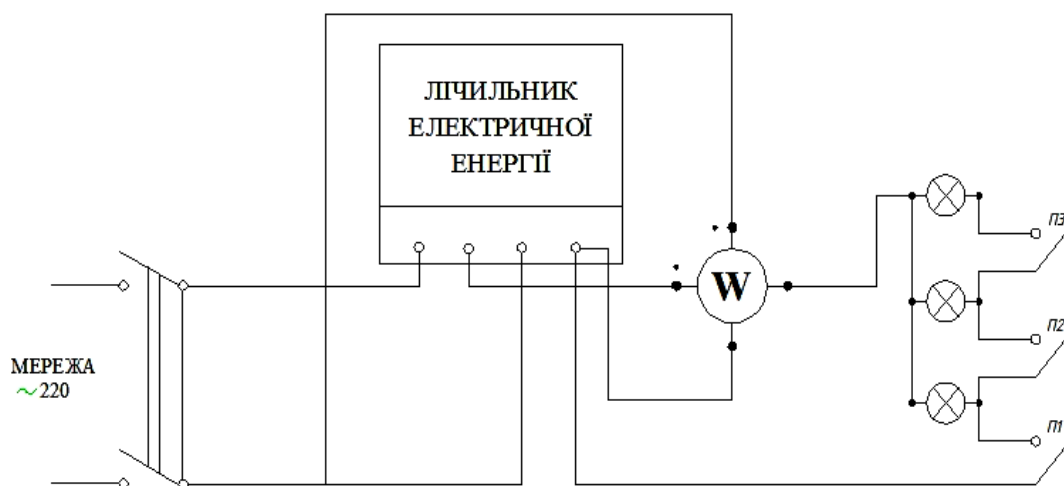


Рисунок 3.1 – Схема повірки лічильника непрямим методом [7]:

1 – фаза мережі; 2 – нуль мережі; 3 та 4 – фаза та нуль навантаження

3.2 Установка для перевірки лічильника електричної енергії

Установка для проведення перевірки лічильника електроенергії представлена на рисунку 3.2. Дана установка призначена для метрологічної перевірки однофазних електролічильників різних типів з класом точності клас 1 та меншої точності. До комплекту наведеного стенду входить еталонний ватметр з межами вимірювання активного навантаження від 50 до 450 Вт, секундомір, лічильник світлових імпульсів та безпосередньо сам однофазний лічильник класу точності 1. Ватметр підключається безпосередньо у вимірювальний ланцюг з лічильником електроенергії, який підлягає перевірці та дозволяє здійснювати визначення похибки вимірювального приладу та встановлювати його метрологічну справність і можливість подальшого використання. Для полегшення процесу метрологічної перевірки повірочний стенд обладнаний лічильником світлових імпульсів, що дає можливість проводити автоматизацію процесу перевірки та зменшити час її проведення. Для пришвидшення обробки значень отриманих в ході перевірки приладу та отримання висновку про справність приладу можна застосовувати програму Microsoft Excel, що також дасть змогу виключити суб'єктивну похибку при обробці інформації.

Робота повірочної установки складається з наступних операцій:

- включити повірочну установку до джерела живлення, встановити необхідний рівень споживаної потужності та дати елементам установки прогрітись не менше 5 хв;
- запустити секундомір та лічильник світлових імпульсів;
- через визначений період часу зупинити секундомір та лічильник імпульсів і відключити навантаження;
- за одержаними значеннями в ході перевірки лічильника визначити його похибку (розділ 3.1) та встановити метрологічну справність/несправність лічильника та можливість його подальшого застосування;

– провести інші операції повірки, зокрема визначення самоходу та інших параметрів згідно діючих методик повірки.

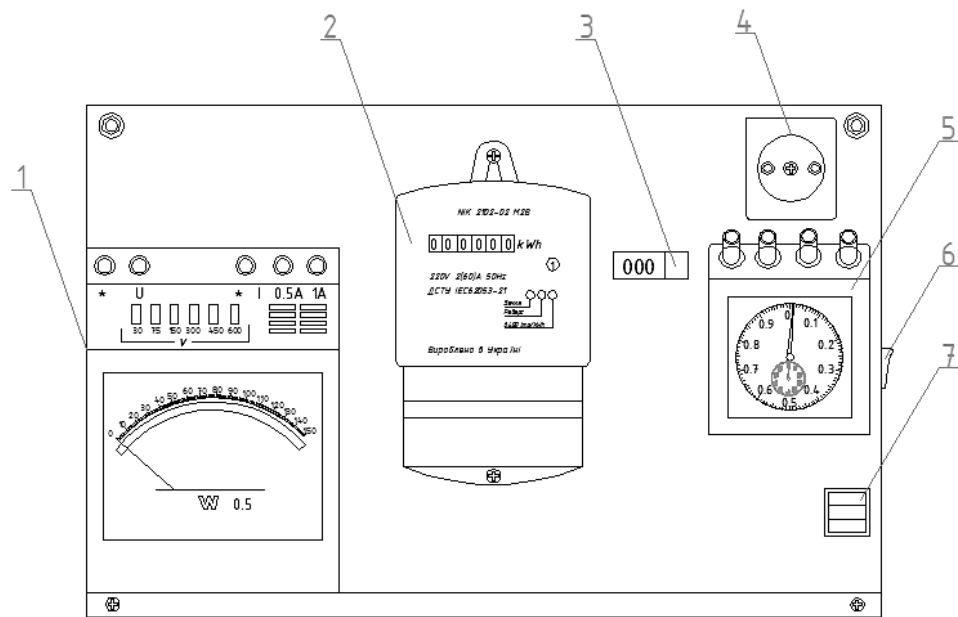


Рисунок 3.2 – Повірочна установка лічильника (вид спереду):

1 – ватметр; 2 – лічильник; 3 – лічильник імпульсів; 4 – мережа;

5 – секундомір; 6, 7 – тумблер

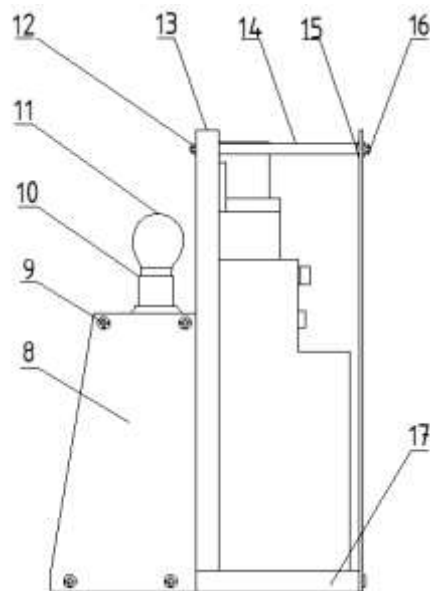


Рисунок 3.3 – Повірочна установка лічильника (вид збоку):

8 – кришка; 9 – гвинт; 10 – патрон; 11 – лампа; 12 – гайка;

13 – стійка; 14 – трубка; 15 – шайба; 16 – шпилька; 17 – ніжка.

Зм	Лист	№ докум.	підпис	дата

Структурна схема повірочної установки представлена на рисунку 3.4

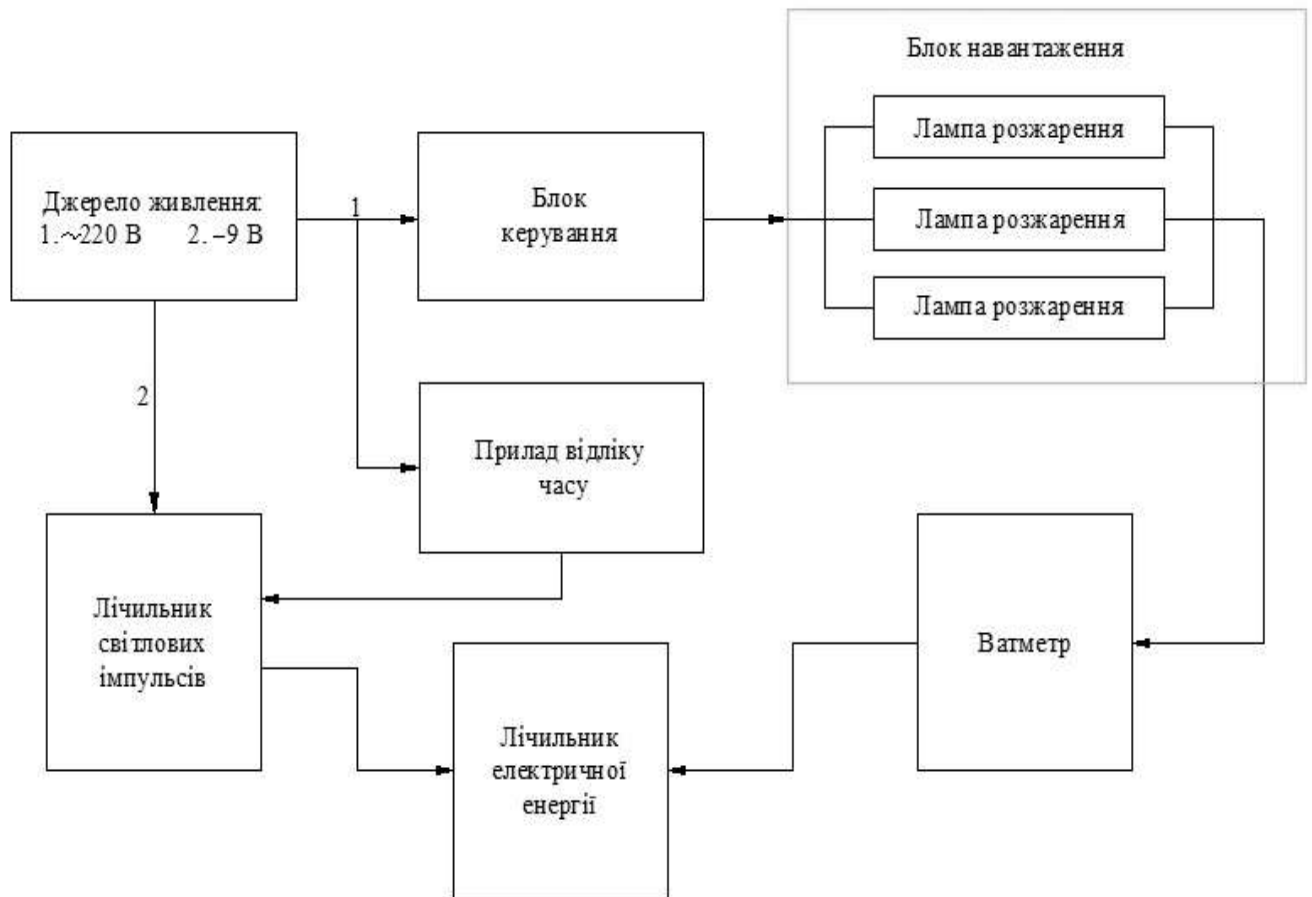


Рисунок 3.4 – Структурна схема повірочної установки

Повірочна установка для тестування лічильника електричної енергії загалом складається з таких основних функціональних вузлів та блоків:

- джерела живлення напругою 220 та 9 В;
- блоку керування установкою;
- навантажувального блоку;
- секундоміра;
- лічильника світлових імпульсів;
- ватметра;
- лічильника електроенергії.

Для полегшення проведення повірки лічильника проведено розроблення лічильника світлових імпульсів повірочної установки. Цифровий лічильник імпульсів, яким обладнана повірочна установка являє собою окремий цифровий вузол, який забезпечує сумування світлових імпульсів лічильника електроенергії, полегшуючи його повірку. Результат підрахунку світлових імпульсів формується розробленим лічильником в заданому коді та зберігається необхідний час до його обнулення. Розроблений лічильник імпульсів реалізований на тригерах.

Кількість імпульсів, підрахунок яких може реалізувати лічильник визначається за виразом (3.7) [11]:

$$N = 2^n - 1, \quad (3.7)$$

де n – число використаних тригерів. Мінус 1 в у формулі з'являється тому, що за початок відліку імпульсів приймається число 0.

Наведений лічильник імпульсів є суто підсумовуючим пристроєм, який позбавлений функції перемикачів в ході його роботи з додавання на віднімання і навпаки (функція реверсу).

Для реалізації належного функціонування цифрового лічильника світлових імпульсів забезпечено перетворення світлових імпульсів, які виникають в ході роботи лічильника електроенергії та формування світлодіодом їх в пропорційний електричний сигнал або послідовний набір електричних імпульсів. Для реалізації цього завдання застосовано фотоприймальний пристрій, який має ряд характеристик:

– робоча напруга U_p , яка являє собою постійну напругу, прикладену до самого фотоприймача та забезпечує номінальні параметри при роботі пристрою в конкретних експлуатаційних умовах. Робоча напруга вибирається з певним запасом відносно пробивної напруги;

– максимальна напруга U_{\max} , яка являє собою максимальне значення постійної напруги, при якій відхилення параметрів пристрою від номінальних величин не перевищує допустимих меж;

– потужність розсіювання $P_{\text{роз}}$ в ході проходження фотоструму, яка визначає ступінь нагріву фотоприймального пристрою. Надто велике значення потужності розсіювання може призвести до незворотніх змін темного та фотоструму фотоприймача. Допустиме значення розсіювання потужності $P_{\text{доп}}$ як правило залежить від характеру тепловідведення та площі робочої частини;

– темновий опір $R_{\text{т}}$, який представляє собою опір фотоприймача за умови відсутності падаючого на нього випромінювання в діапазоні його спектральної чутливості.

Основними широкозастосовуваними типами фотоприймачів є фоторезистори та фотодіоди.

Фоторезистивні елементи є найбільш простими типами приймачів випромінювання. Їхня дія загалом ґрунтується на явищі фотопровідності. Для виготовлення фоторезисторів в основному застосовуються такі напівпровідникові матеріали як германій, кремній, арсен та інші у формі полікристалічних плівок, пресованих таблеток, монокристалічних пластин. Конструкція фоторезистивного пристрою представлена на рисунку 3.5.

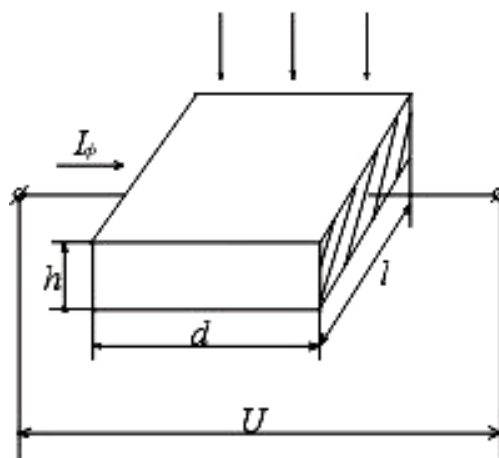


Рисунок 3.5 – Конструкція фоторезистора [11]

Зм	Лист	№ докум.	підпис	дата

Основними перевагами фоторезистивних елементів є мала вартість виготовлення, простота виконання фоточутливих елементів а також висока технологічна сумісність з плівковими електролюмінесцентними випромінювачами. Основними недоліками фоторезистивних елементів є їхня висока інерційність, температурна нестабільність характеристик.

Фотодіодний фотоприймач складається з напівпровідникового матеріалу з р-п-переходом, в якому при впливі на нього світлових променів проходить процес генерування електронно-діркових пар. Р-п-перехід елемнту застосовується в одному з двох основних режимах: фотодіодному та вентильному (рис. 3.6).

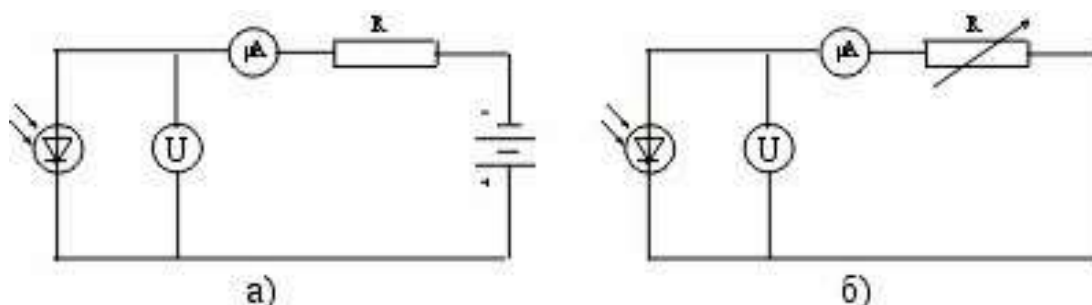


Рисунок 3.6 – Фотодіодний (а) та фотовентильний (б) режимах увімкнення фотодіода [11]

У випадку фотодіодного режиму увімкнення на діод подається обернена напруга і струм а в вентильному випадку р-п-перехід сам використовується в якості джерела електрорушійної сили або струму. Фотодіодний режим має певні переваги у порівнянні з фотовентильним режимом, які проявляються у підвищеній швидкодії, кращій стабільності характеристик, підвищеній фоточутливість. Основним недолік фотодіодного режиму роботи фотоприймача є наявність темного струму в пристрої, тому фотовентильний режим може бути кращим від фотодіодного.

Аналізуючи наведену інформацію по характеристиках фотоприймачів для реалізації лічильника світлових імпульсів застосовуємо фотодіод у фотовентильному режимі, який має можливість виробляти електрорушійну силу, необхідну в подальшому для керування транзистором пристрою.

Для забезпечення можливості наглядної візуалізації кількості підрахованих світлових імпульсів лічильником електроенергії застосовано блок індикації на світлодіодах наведено на рисунку 3.7

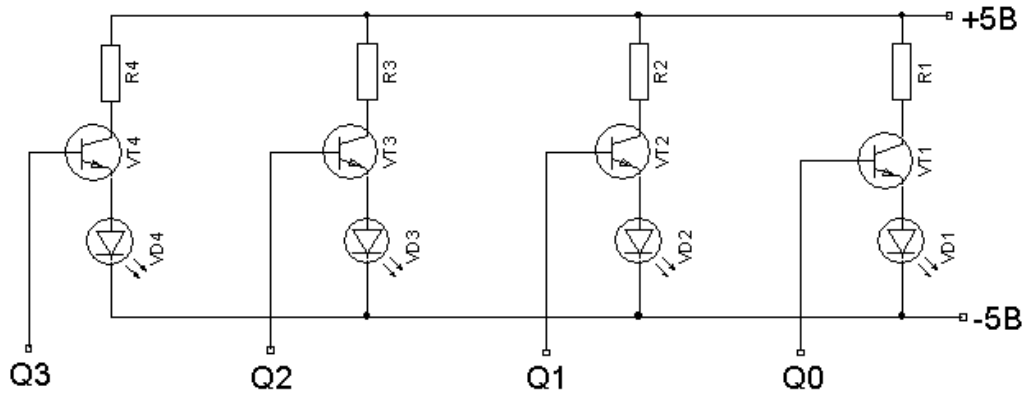


Рисунок 3.7 – Блок індикації лічильника світлових імпульсів [11]

Структурна схема розробленого лічильника світлових імпульсів наведена на рисунку 3.8

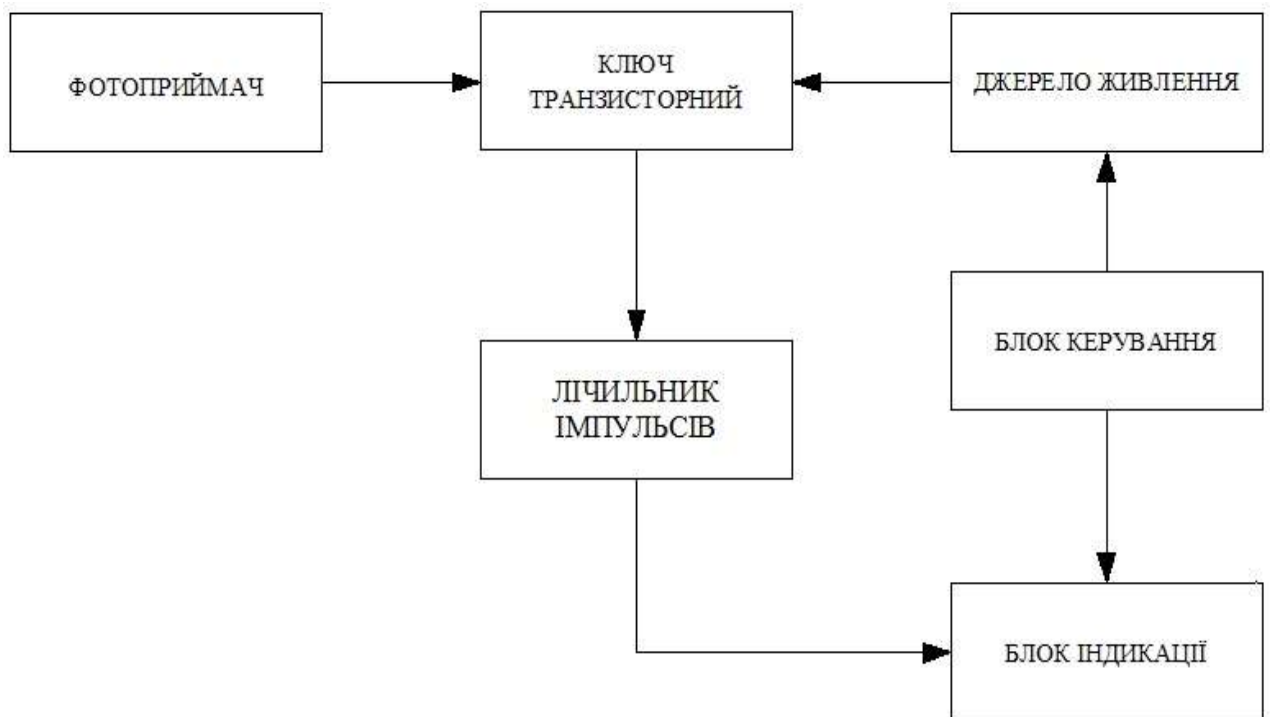


Рисунок 3.8 – Структурна схема лічильника світлових імпульсів

Блок керування лічильника імпульсів виконує функції подачі сигналу, запуску самого лічильника і керування тригерами та іншими елементами лічильника.

Транзисторний ключ відкривається та закривається під впливом фотодіода залежно від наявності світлового променя чи його відсутності та подає сигнал на лічильник імпульсів.

Фотодіодний фотоприймач керує роботою транзистора переводячи його у відкритий або закритий стан.

Блок індикації лічильника забезпечує зорове сприйняття вимірювальної інформації.

Розроблений лічильник світлових імпульсів представлений на рисунку 3.9.

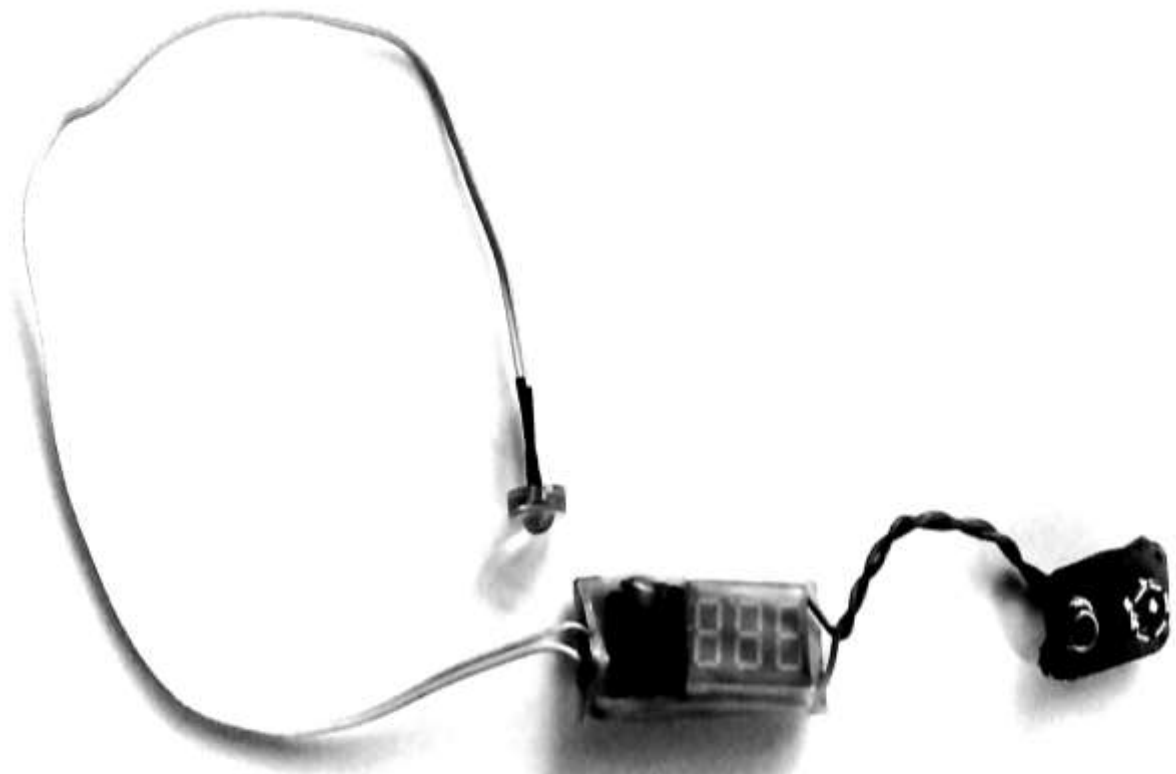


Рисунок 3.9 – Лічильник світлових імпульсів установки по повірці електролічильника НІК 2102

3.3 Схема передачі розміру від еталонних до робочих засобів вимірювань електричної енергії

Схема передачі розміру одиниці електричної енергії являє собою багаторівневу метрологічну систему, яка забезпечує єдність і точність вимірювань у країні даної фізичної величини. Така схема встановлює точний ланцюжок передавання розміру одиниці величини від національного еталона до робочих промислових та побутових лічильників електроенергії використовуючи наявну систему робочих еталонів.

Передача розміру одиниці електричної енергії (ватгодина) від більш точних до менш точних вимірювальних засобів та активної або реактивної потужності здійснюється за встановленим ієрархічним принципом:

1. Державний первинний еталон. Застосовується для відтворення та зберігання одиниці електричної енергії з найвищою в Україні точністю. Даний еталон знаходиться в Національному науковому метрологічному центрі, наприклад ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ».

2. Вторинні еталони або робочі еталони 0-го розряду. Такі еталони створюються та затверджуються для зберігання одиниці фізичної величини, у випадку, якщо використання первинного еталона є недоцільним або небезпечним. Еталони даного типу періодично звіряються безпосередньо з державним еталоном.

3. Робочі еталони 1-го та 2-го розрядів. Такі еталони використовуються для передачі розміру одиниці електричної енергії робочим засобам вимірювальної техніки. До таких засобів належать високоточні лабораторні ватметри, лічильники-еталони та багатофункціональні повірочні установки (наприклад, з похибкою не менше 0,01-0,05%).

4. Робочі засоби вимірювань, якими є лічильники електричної енергії які використовуються в побуті і на промислових об'єктах. Їхня точність перевіряється на повірочних установках шляхом звіряння з робочими етало-нами з використанням державних та локальних повірочних схем (рис. 3.10).

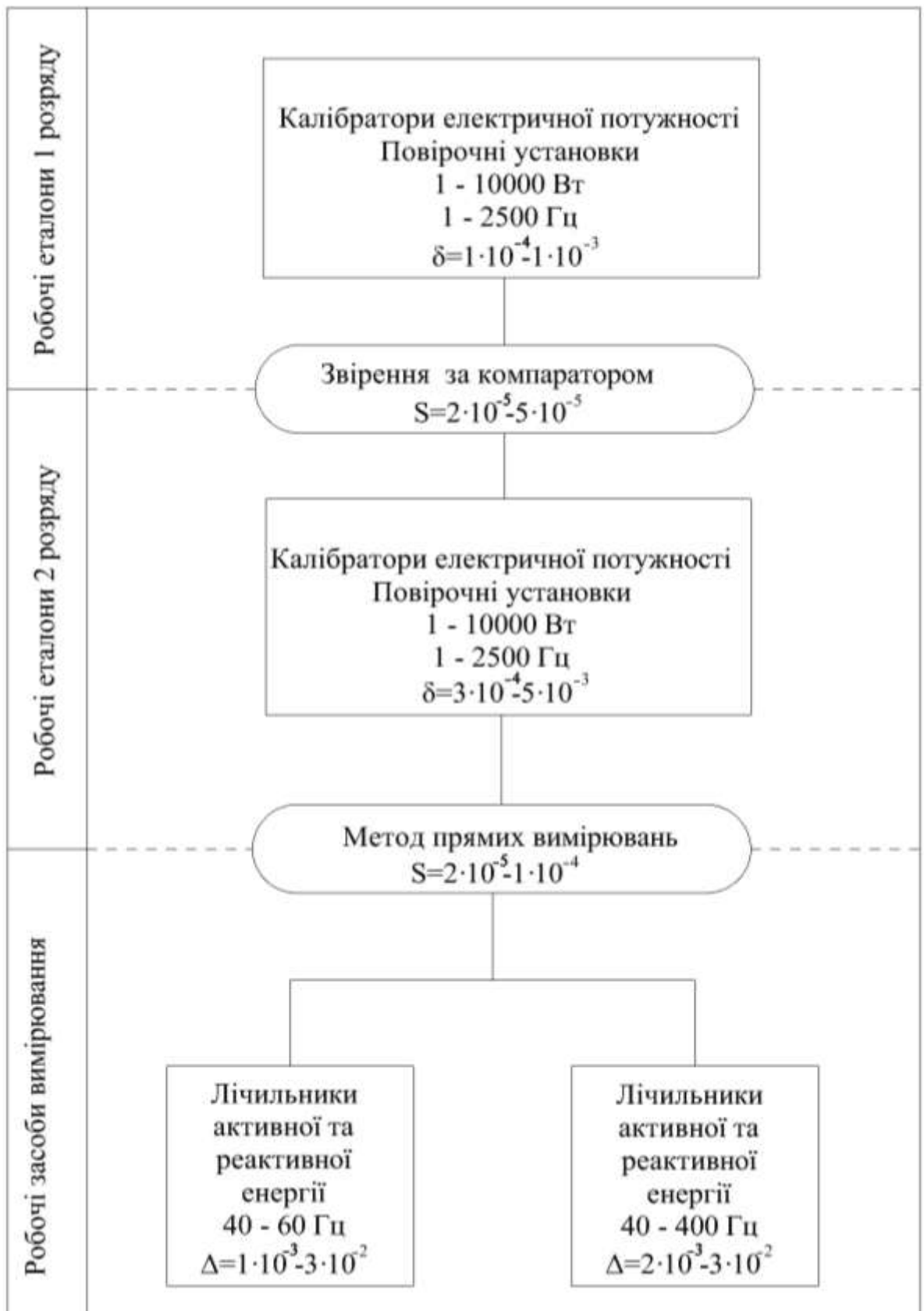


Рисунок 3.10 – Схема передачі розміру від еталонних до робочих засобів вимірювань електричної енергії

Використання державних та локальних повірочних схем у формі стандартів та нормативних документів, забезпечує необхідний рівень точності та єдності вимірювальних операції та високий рівень якості продукції в ході її контролю на етапах виробництва, обліку та комерційного розподілу енергетичних ресурсів.

При дослідженні метрологічних характеристик лічильник електроенергії підключається до повірочної установки згідно схеми підключення для встановлення його метрологічної справності та придатності до подальшого використання.

Перевірка початкового запуску лічильника проводиться при його номінальній напрузі. Прилад повинен нормально працювати не пізніше 5-ти секунд з моменту подачі напруги на нього.

Перевірку самоходу лічильника здійснюють при величині напруги, яка рівна 115% від номінального її значення та відсутності струму в послідовних ланцюгах методом підрахунку та реєстрації числа імпульсів. Мінімальний період випробувань для приладу класу точності 1 при цьому визначається за виразом (3.8) [12]:

$$\Delta t = 600 \cdot 10^{k \cdot m \cdot U_{nom} \cdot I_{max}}, \quad (3.8)$$

де Δt – мінімальне значення періоду випробувань, хв;

k – число імпульсів лічильника на 1кВтгод;

m – число вимірювальних елементів.

Лічильник електроенергії вважається справним та таким який пройшов метрологічну перевірку, якщо за час його випробувань не було помічено жодного імпульсу. Перевірку чутливості для лічильника необхідно проводити при номінальній напрузі з відхиленням не більшим $\pm 1\%$ та коефіцієнті потужності рівному 1-ці.

Результати перевірки лічильника є нормальними, якщо при стартовому струмі включається індикатор функціонування.

Визначення основної похибки приладу проводиться при відхиленні значення номінальної напруги не більше $\pm 1\%$. Лічильник вважається справним, якщо його основна відносна похибка не перевищує допустимих значень вказаних в технічному паспорті на нього.

Лічильник електроенергії, який пройшов повірку з позитивними результатами, визнається придатними до подальшої експлуатації.

Корпус електrolічильника після повірки пломбується спеціальною пломбою повірника.

Результати повірки приладу та дату її проведення оформляють відповідним записом в паспорті, який засвідчується клеймом.

У разі негативних результатів періодичної повірки лічильника прилад визнається непридатним до подальшого застосування та видається «Повідомлення про непридатність» та проводиться відповідний запис в паспорті приладу а клеймо попередньої повірки гаситься.

					ВР 506.00.00.000 ПЗ	Лист
						46
Зм	Лист	№ докум.	підпис	дата		

ВИСНОВКИ

В ході написання випускної кваліфікаційної роботи бакалавра ознайомився з технічними параметрами та службовим призначенням лічильника електроенергії НІК 2102, який застосовується для обліку активної електроенергії в однофазних колах змінного струму.

Проведено огляд наявних аналогів та однотипних приладів обліку електроенергії вході якого були встановлені переваги та недоліки лічильника НІК 2102. Незважаючи на деякі недоліки даного лічильника, до яких відноситься відсутність дистанційного считування показів та однофазність, даний прилад має високий клас точності, малу похибку, високу надійність, великий міжповірочний інтервал та низьку вартість, що робить його доступним та ефективним приладом обліку електроенергії.

Проведено опис основних фізичних процесів та перетворень, які використовуються в роботі лічильника електроенергії, що дало змогу детально описати його роботу та провести розрахунок окремих вузлів, електромеханічного відлікового пристрою зокрема.

Розглянуто будову та принцип роботи лічильника НІК 2102. Наведені його основні складові частини, їх призначення та характеристики. Детально описано принцип роботи приладу використовуючі фізичні явища та процеси, що полегшує його використання, технічне обслуговування та ремонт.

Розроблено структурну схему лічильника електроенергії, яка відображає основні його функціональні елементи, що значно полегшує розуміння його будови та функціонування.

Проведено розрахунок механічного відлікового пристрою лічильника, розраховано передатні відношення між обертовими елементами, підібрана необхідна кількість зубців ведучих та ведених шестерень, що забезпечує коретну роботу лічильника в межах зазначеного класу точності

Описано процеси повірки лічильника, що дає змогу ефективно провести його атестацію та визначити придатність до подальшого застосування. Наведені повірочні схеми, еталонні засоби та методи передачі розміру, які застосовуються в ході повірки лічильника.

Розроблено установку для повірки лічильника НК 2102 та лічильника світлових імпульсів, що дало можливість полегшити процес повірки електролічильників та зменшити суб'єктивну похибку в ході його проведення.

					ВР 506.00.00.000 ПЗ	Лист
						48
Зм	Лист	№ докум.	підпис	дата		

11. Гончаренко Ю. П., Денисюк А. Ю., Соколовський О. Ф. Електроніка та мікросхемотехніка: навч. посіб. Житомир : Поліський нац. університет, 2025. 219 с.

12. ДСТУ EN 62053-11:2018. Засоби вимірювання електричної енергії змінного струму. Спеціальні вимоги. Частина 2. Лічильники активної енергії електромеханічні (класи точності 0,5, 1 та 2) [Чинний від 01.01.2020].

					ВР 506.00.00.000 ПЗ	Лист
						50
Зм	Лист	№ докум.	підпис	дата		