

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

V. Bagatskiy, O. Bagatskiy

MONITORING THE QUALITY OF 220V ELECTRICAL NETWORK BY USING "YAK- IST-E1" DEVICE

The analysis of the results of the monitoring of the quality of consumer's 220V electrical network in Kyiv and Kyiv region was held. A device and PC software for receiving, transcoding and saving data also was described.

Key words: monitoring, quality of electricity.

Выполнено анализ результатов мониторинга качества электроэнергии в сети 220 В в Киеве и Киевской области. Приведено краткое описание программного обеспечения прибора и ПК для обработки, передачи, приема и форматирования данных с выхода прибора.

Ключевые слова: мониторинг, качество электроэнергии.

Виконано аналіз результатів моніторингу якості електроенергії у мережі 220 В у Києві та Київській області. Наведено стислий опис програмного забезпечення приладу та ПК для обробки, передавання, прийому та форматування даних з виходу приладу.

Ключові слова: моніторинг, якість електроенергії.

© В.О. Багацький, О.В. Багацький,
2017

УДК 004.388

В.О. БАГАЦЬКИЙ, О.В. БАГАЦЬКИЙ

МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У МЕРЕЖІ 220 В ЗА ДОПОМОГОЮ ПРИЛАДУ «ЯКІСТЬ-Е1»

Вступ. Авторами статті розроблено і виготовлено дослідні зразки приладу «Якість-Е1» [1]. Цей прилад дозволяє визначити узагальнений коефіцієнт якості постачання електроенергії за двома параметрами – усталеними значеннями напруги та частоти. В приладі реалізовані нові метод [2] та структура [3] для визначення якості надання електроенергії з контролем споживання. За частковими коефіцієнтами якості можливо визначити, чи задовольняє електроенергія вимогам ГОСТ 13109-97 [4] за вказаними двома параметрами. Структурна схема приладу, принцип його роботи, формули для обчислення коефіцієнтів якості та технічні дані наведені в [1].

Програмне забезпечення приладу розміщується в пам'яті МК і написано на Assembler [5]. На рис. 1 показана блок-схема програми роботи приладу «Якість-Е1» без опису обробки переривань. Блок-схема є послідовністю підпрограм, а не дій.

Підпрограма «Початкова ініціалізація МК» виконує налаштування приладу після його ввімкнення або скиду. Тут виконується налаштування портів вводу-виводу, генератора, АЦП, джерела опорної напруги, конфігуруються переривання і їх пріоритети, виставляються початкові значення таймерів-лічильників та шини I2C для зв'язку з мікросхемою годинника реального часу. Проводиться також скид та очищення рідкокристалічного екрану, хоча повна ініціалізація екрану проходить пізніше.

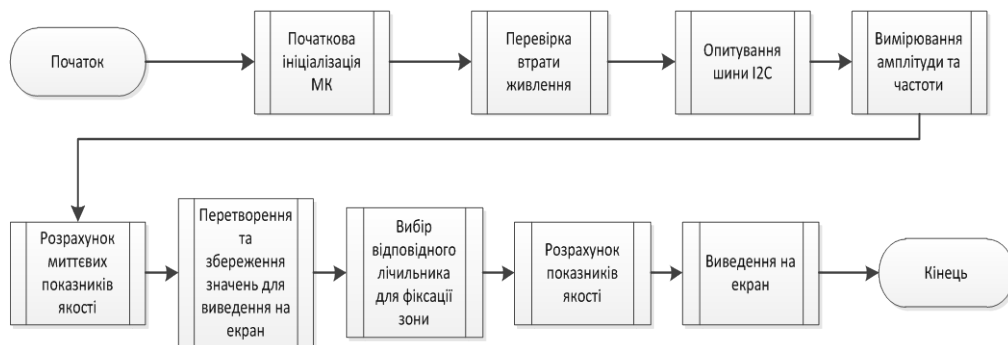


РИС. 1. Блок-схема програми приладу «Якість-Е1»

Підпрограма «Перевірка втрати живлення» виконує перевірку причини, з якої був вимкнений прилад. Якщо прилад вимикається при розряді аварійного живлення, він записує своє поточне ОЗП у енергонезалежну пам'ять та також записує спеціальний код у заздалегідь визначену комірку енергонезалежної пам'яті. Після поновлення живлення прилад перевіряє наявність цього коду та відновлює стан ОЗП, тобто стан, що був перед вимкненням приладу.

Підпрограма «Опитування шини I2C» виконує опитування, передачу та приймання даних від мікросхеми годинника реального часу. Також тут відбувається обробка отриманого результату та його запис у ОЗП.

Підпрограма «Вимірювання амплітуди та частоти» виконує збір, обробку, усереднення та збереження результатів вимірювання як амплітуди, так і частоти. Слід зауважити, що у приладі «Якість-Е1» є два незалежних канали вимірювання – амплітуду вимірює АЦП, водночас як частота вимірюється за допомогою часо-імпульсного методу з використанням компаратора і лічильника, які є у мікроконтролері.

Підпрограми «Розрахунок миттєвих коефіцієнтів якості» і «Перетворення та збереження значень для виведення на екран» відповідно розраховують миттєві коефіцієнти якості для частоти і амплітуди та зберігають отримані значення у ОЗП. Для виведення на екран ці значення перетворюються у формат символів рідкокристалічного дисплею і зберігаються у ОЗП.

Підпрограма «Вибір відповідного лічильника для фіксації зони» збільшує лічильник відповідної зони та загальний лічильник на одну одиницю часу та запам'ятовує результат у ОЗП.

Підпрограма «Розрахунок показників якості», використовує лічильники відповідних зон та лічильник загального часу і розраховує часткові та узагальнений показники якості, які залежать від часу. Після цього вона перетворює ці значення у формат числа з плаваючою комою та формат символів рідкокристалічного дисплею та зберігає ці значення у ОЗП.

Підпрограма «Виведення на екран» слугує для виведення на рідкокристалічний екран інформації про якість електропостачання побутової мережі ~220 В.

Спочатку підпрограма проводить повну ініціалізацію керуючого контролера екрану, а потім, циклічно та з заданою затримкою, виводить інформацію з ОЗП. Слід зауважити, що підпрограма «Передача через USB», яка обслуговує зв'язок з комп'ютером та забезпечує передачу даних через USB, не може бути відображена у цій блок-схемі, так як використовує реакцію на зовнішню подію для приладу.

Програмне забезпечення комп'ютера для зв'язку з приладом. Прилад був розроблений як HID-пристрій (HID – Human Interface Device) і програмно підтримує необхідні HID запити. Такий варіант з'єднання не потребує ніяких додаткових драйверів для сімейства операційних систем «Windows», починаючи з «Windows 2000» з пакетом оновлень (Service Pack) не нижче четвертого. Взаємодія з USB-хостом відбувається в автоматичному режимі одразу після під'єднання пристрою і ніяким чином не впливає на дані, що з'являються у відповідних комірках розробленої програми «Якість Е1». Отримані дані зберігаються у файлі, що оформлений згідно формату XML. Дані, оформлені у вигляді таблиці у середовищі «Microsoft Excel 2010», наведені в табл. 1 та 3.

Прилад також має вбудований годинник реального часу, який слугує еталоном для вимірювання часових проміжків. Введення такого еталону дозволяє коригувати годинник, який використовується для розрахунків, кожену добу. Таким чином, максимальна похибка часу в кінці місяця дорівнює похибці лише однієї доби – 5 секунд.

Для написання програми, яка приймає результати вимірювання та обробки даних приладу «Якість-Е1», обрано мову програмування Qt [6]. Ця мова створювалася на базі мови C++ саме для розробки програм з графічним інтерфейсом для користувача (GUI), що дозволяє використовувати синтаксис C++. Крім цього, у Qt є можливість використовувати потоки (Qthreads), які є платформонезалежними. Такий вибір дозволив створити мультиплатформну (Windows / *nix) програму, яка через протокол USB, приймає дані та обробляє їх. Крім того, передбачена можливість прийняття даних через інші інтерфейси зв'язку (COM-порт, Ethernet та ін.) та їх збереження у форматі XML.

Головним мотивом використання мультипоточного програмування в програмі є не пришвидшення розрахунків, а можливість якнайшвидше приймати дані, які передає прилад. У програмі можна виділити щонайменше дві асинхронні задачі: отримання даних від приладу та відображення (або збереження) їх на комп'ютері, який є USB-хостом.

Слід зауважити, що і динамічна бібліотека, і частина програми вводу-виводу написані на C++ та фактично є головною її частиною. Щоб зробити цю програму мультиплатформною, необхідно компілювати її як під Windows, так і під Linux, використовуючи для цього компілятор C++/C mingw.

Аналіз результатів моніторингу якості електроенергії у мережі 220 В. Потік даних, який надходить з приладу «Якість-Е1» з швидкістю 1 кадр за 10 с, за допомогою програми, що працює на комп'ютері, оформлюється у вигляді XML файлу. Цей файл структурований подібно до формату таблиці Microsoft Excel; в стовпчиках таблиці знаходяться дані, які періодично індицуються на

екрані пристрою «Якість-Е1». Крім того, є стовпці дати та часу виконання вимірювань, часу роботи та сигналу готовності приладу.

Авторами був здійснений моніторинг електромережі 220 В в місті Києві, вул. Спаська, 9, та в Бориспільському районі Київської області в садовому масиві «Вишеньки» за допомогою приладу «Якість-Е1» та комп'ютера з відповідним програмним забезпеченням.

За адресою: м. Київ, вул. Спаська, 9 (в подальшому «Поділ») відстань від квартири до трансформаторної підстанції дорівнює 50 м. 5 липня 2013 року виконано 7586 автоматичних вимірювань усталених значень напруги та частоти. Вибіркові дані з повної таблиці Excel, в яку занесені результати моніторингу, наведені в табл. 1.

ТАБЛИЦЯ 1. Вибіркові дані результату моніторингу електромережі 220 В, «Поділ»

SystemClock	Status	Uptime	U	f	Ku	Kf	KE	Kut	Kft	KEt
05.07.13 0:00:05	Ready	0d 2h 13m 5s	224	49,9	1	1	1	1	1	1
05.07.13 0:00:15	Ready	0d 2h 13m 15s	224	49,9	1	1	1	1	1	1
05.07.13 0:00:26	Ready	0d 2h 13m 26s	224	49,9	1	1	1	1	1	1
05.07.13 5:39:37	Ready	0d 7h 52m 39s	231	49,9	1	1	1	1	1	1
05.07.13 5:39:48	Ready	0d 7h 52m 50s	229	49,9	1	1	1	1	1	1
05.07.13 5:39:58	Ready	0d 7h 53m 0s	229	49,9	1	1	1	1	1	1
05.07.13 11:00:50	Ready	0d 13h 13m 55s	204	49,9	0,9	1	0,9	0,996	1	0,996
05.07.13 11:01:11	Ready	0d 13h 14m 15s	204	49,9	0,9	1	0,9	0,996	1	0,996
05.07.13 11:08:34	Ready	0d 13h 21m 38s	204	49,9	0,9	1	0,9	0,996	1	0,996
05.07.13 17:26:03	Ready	0d 19h 39m 10s	203	49,9	0,9	1	0,9	0,995	1	0,995
05.07.13 17:26:13	Ready	0d 19h 39m 21s	203	49,9	0,9	1	0,9	0,995	1	0,995
05.07.13 19:58:38	Ready	0d 22h 11m 46s	204	49,9	0,9	1	0,9	0,994	1	0,994
05.07.13 19:58:48	Ready	0d 22h 11m 57s	204	49,9	0,9	1	0,9	0,994	1	0,994
05.07.13 19:58:58	Ready	0d 22h 12m 7s	203	49,9	0,9	1	0,9	0,994	1	0,994
05.07.13 19:59:08	Ready	0d 22h 12m 17s	203	49,9	0,9	1	0,9	0,994	1	0,994
05.07.13 19:59:19	Ready	0d 22h 12m 28s	203	49,9	0,9	1	0,9	0,994	1	0,994
05.07.13 19:59:29	Ready	0d 22h 12m 38s	203	49,9	0,9	1	0,9	0,994	1	0,994
05.07.13 20:03:57	Ready	0d 22h 17m 6s	204	49,9	0,9	1	0,9	0,994	1	0,994
05.07.13 20:04:07	Ready	0d 22h 17m 16s	203	49,9	0,9	1	0,9	0,994	1	0,994
05.07.13 21:46:47	Ready	0d 23h 59m 57s	215	49,9	1	1	1	0,994	1	0,994
05.07.13 21:46:57	Ready	1d 0h 0m 7s	215	49,9	1	1	1	0,994	1	0,994

Підсумковий частковий коефіцієнт якості за частотою в кінці моніторингу дорівнює 1, що доводить відповідність цього сегменту мережі 220 В вимогам ГОСТ 13109-97 за частотою. За цим же документом 95 % виміряних значень напруги протягом доби мають знаходитися в межах 5 % відхилення від номінального значення напруги 220 В, а 5 % значень – в межах 5 % – 10 % відхилення від номінального значення. Можливо співставити ці вимоги з підсумковим частковим коефіцієнтом якості за напругою, в якому 5 % і менші відхилення мають миттєвий коефіцієнт якості 1, а відхилення 5 % – 10 % – миттєвий коефіцієнт якості 0,9. При цьому відповідати ГОСТу буде підсумковий частковий коефіцієнт якості з величиною $K_u(t) = 1 \cdot 0,95 + 0,9 \cdot 0,05 = 0,995$.

За результатами моніторингу (табл. 1) підсумковий частковий коефіцієнт якості за напругою дорівнює $K_u(t) = 0,994$, тобто це значення не відповідає вимогам ГОСТу 13109-97 за напругою. Для підтвердження цього висновку необхідно виконати більш детальний статистичний аналіз даних моніторингу, результати якого наведені в табл. 2 та показані на рис. 2.

У першому стовпці табл. 2 наведені нормовані до номінального значення 220 В значення виміряної напруги, в другому – розподілення кількості вимірювань в залежності від відхилення, які відповідають вимогам ГОСТу, в третьому – розподілення кількості реально виконаних вимірювань в процесі моніторингу. Прилад «Якість-Е1» має похибку $\pm 1 \%$, тобто для похибки -1% (207 – 208 В) в межах похибки знаходяться 227 виміряних значень, а з табл. 2 випливає, що перевищення вимірювань щодо вимог ГОСТу в інтервалі 5 % – 10 % складає всього 85 значень.

Таким чином, достовірних висновків про невідповідність напруги в даному сегменті мережі 220 В вимогам ГОСТ зробити неможливо з причини можливої похибки приладу «Якість-Е1». Підсумковий узагальнений коефіцієнт якості $K_{\Sigma}(t) = K_u(t) \cdot K_f(t)$ повністю визначається підсумковим частковим коефіцієнтом якості за напругою і дорівнює $K_{\Sigma}(t) = 0,994$.

ТАБЛИЦЯ 2. Розподілення кількості вимірювань за вимогами ГОСТ та реальне розподілення

$P_{\text{норм}}$	$N_{\text{ГОСТ}}$	$N_{\text{Поділ}}$
0,9	0	0
0,9001	379	464
0,95	379	464
0,95001	7206	7121
1,05	7206	7121
1,05001	0	0

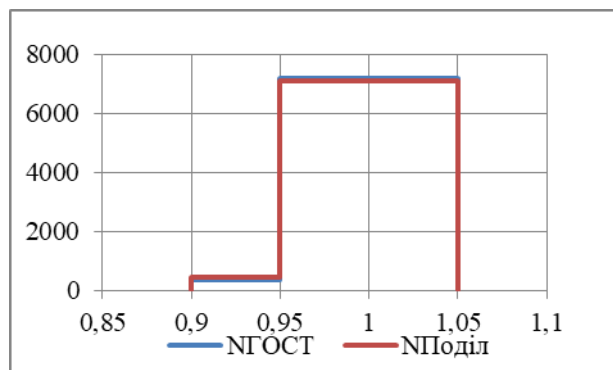


РИС. 2. Розподілення кількості вимірювань за вимогами ГОСТ та реальне розподілення

Найбільше навантаження на мережу електропостачання 220 В характеризується найнижчими рівнями напруги (201 – 204 В), що за даними повної таблиці моніторингу було з 10 год. 38 хв. на протязі 27 хв. та з 19 год. 58 хв. на протязі 6 хв. Найменше навантаження на мережу 220 В з напругою 225 – 231 В було з 2 год. 18 хв. до 6 год. 06 хв.

За адресою: масив с/т «Вишеньки», вул. Друга Озерна, 68 (в подальшому «Вишеньки») відстань від будинку, до понижуючого трансформатора дорівнює 400 м. 10 червня 13 року виконано 5587 автоматичних вимірювань ustalених значень напруги та частоти. Вибіркові дані за результатами вимірювань наведені в табл. 3.

ТАБЛИЦЯ 3. Вибіркові дані результату моніторингу електромережі 220 В, «Вишеньки»

SystemClock	Status	Uptime	U	f	Ku	Kf	KE	Kut	Kft	KEt
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10.06.13 0:00:07	Ready	0d 8h 41m 44s	264	50	0,7	1	0,7	0,802	1	0,802
10.06.13 0:00:18	Ready	0d 8h 41m 54s	255	50	0,8	1	0,8	0,802	1	0,802
10.06.13 0:00:28	Ready	0d 8h 42m 4s	264	50	0,7	1	0,7	0,802	1	0,802
10.06.13 0:25:32	Ready	0d 9h 7m 8s	268	49,9	0,7	1	0,7	0,798	1	0,798
10.06.13 0:25:42	Ready	0d 9h 7m 18s	267	50	0,7	1	0,7	0,797	1	0,797
10.06.13 0:25:52	Ready	0d 9h 7m 29s	267	50	0,7	1	0,7	0,798	1	0,798
10.06.13 6:56:45	Ready	0d 15h 38m 25s	248	50	0,8	1	0,8	0,797	0,999	0,796
10.06.13 6:56:56	Ready	0d 15h 38m 35s	248	50	0,8	1	0,8	0,797	0,999	0,796
10.06.13 6:57:06	Ready	0d 15h 38m 45s	248	50	0,8	1	0,8	0,797	0,999	0,796
10.06.13 13:46:36	Ready	0d 22h 28m 19s	214	49,9	1	1	1	0,819	0,999	0,818
10.06.13 13:46:47	Ready	0d 22h 28m 29s	220	49,9	1	1	1	0,82	0,999	0,819
10.06.13 13:46:57	Ready	0d 22h 28m 40s	221	49,9	1	1	1	0,819	0,999	0,818
10.06.13 13:47:07	Ready	0d 22h 28m 50s	222	49,9	1	1	1	0,82	0,999	0,819
10.06.13 13:47:17	Ready	0d 22h 29m 0s	217	50	1	1	1	0,819	0,999	0,818
10.06.13 6:47:50	Ready	0d 15h 29m 29s	248	50	0,8	1	0,8	0,797	1	0,797
10.06.13 6:48:00	Ready	0d 15h 29m 39s	246	49,9	0,8	1	0,8	0,797	1	0,797
10.06.13 6:48:10	Ready	0d 15h 29m 50s	244	49,3	0,8	0,7	0,56	0,797	1	0,797
10.06.13 6:48:21	Ready	0d 15h 30m 0s	237	49,3	0,9	0,7	0,63	0,797	1	0,797
10.06.13 6:48:31	Ready	0d 15h 30m 10s	237	49,3	0,9	0,7	0,63	0,797	1	0,797
10.06.13 6:48:41	Ready	0d 15h 30m 20s	237	49,3	0,9	0,7	0,63	0,797	1	0,797

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10.06.13 6:48:51	Ready	0d 15h 30m 31s	244	49,3	0,8	0,7	0,56	0,797	1	0,797
10.06.13 6:49:02	Ready	0d 15h 30m 41s	245	49,3	0,8	0,7	0,56	0,797	1	0,797
10.06.13 6:49:12	Ready	0d 15h 30m 51s	245	49,3	0,8	0,7	0,56	0,797	1	0,797
10.06.13 6:49:22	Ready	0d 15h 31m 2s	244	49,3	0,8	0,7	0,56	0,797	0,999	0,796
10.06.13 6:49:33	Ready	0d 15h 31m 12s	244	49,3	0,8	0,7	0,56	0,797	0,999	0,796
10.06.13 6:49:43	Ready	0d 15h 31m 22s	246	49,3	0,8	0,7	0,56	0,797	0,999	0,796
10.06.13 6:49:53	Ready	0d 15h 31m 33s	245	49,3	0,8	0,7	0,56	0,797	0,999	0,796
10.06.13 6:50:04	Ready	0d 15h 31m 43s	245	49,2	0,8	0,7	0,56	0,797	1	0,797
10.06.13 6:50:14	Ready	0d 15h 31m 53s	247	49,3	0,8	0,7	0,56	0,797	0,999	0,796
10.06.13 6:50:24	Ready	0d 15h 32m 4s	247	49,3	0,8	0,7	0,56	0,797	0,999	0,796
10.06.13 6:50:34	Ready	0d 15h 32m 14s	248	49,3	0,8	0,7	0,56	0,797	0,999	0,796
10.06.13 6:50:45	Ready	0d 15h 32m 24s	249	49,3	0,8	0,7	0,56	0,797	0,999	0,796
10.06.13 6:50:55	Ready	0d 15h 32m 34s	246	49,3	0,8	0,7	0,56	0,797	0,999	0,796
10.06.13 6:51:05	Ready	0d 15h 32m 45s	243	49,3	0,8	0,7	0,56	0,797	0,999	0,796
10.06.13 6:51:16	Ready	0d 15h 32m 55s	244	49,3	0,8	0,7	0,56	0,797	0,999	0,796
10.06.13 6:51:26	Ready	0d 15h 33m 5s	246	49,5	0,8	0,8	0,64	0,797	0,999	0,796
10.06.13 6:51:36	Ready	0d 15h 33m 16s	248	50	0,8	1	0,8	0,797	0,999	0,796
10.06.13 15:21:02	Ready	1d 0h 2m 45s	220	50	1	1	1	0,829	0,999	0,828
10.06.13 15:21:12	Ready	1d 0h 2m 56s	219	50	1	1	1	0,829	0,999	0,828

Підсумковий частковий коефіцієнт якості за частотою $K_f(t) = 0,999$. Це значення відповідає вимогам ГОСТ 13109-97. Але зазвичай виробники та постачальники електроенергії дуже жорстко контролюють величини частоти та синхронізацію фаз різних джерел енергії, які підключені до мережі. Тому навіть найменше відхилення $K_f(t)$ від 1 необхідно детально аналізувати за значеннями миттєвого коефіцієнта якості K_f , яких у повній таблиці моніторингу всього три – 1; 0,8; 0,7. Виявилося, що протягом 3 хв., з 6 год. 48 хв., частота в мережі впала до 49,3 Гц, що не відповідає ГОСТу. Це може бути пояснено аварією на одному з сегментів мережі з наступним відключенням аварійного сегмента.

За результатами повної таблиці моніторингу, фрагменти якого наведені в табл. 3, підсумковий частковий коефіцієнт якості за напругою $K_u(t) = 0,829$, що не відповідає вимогам ГОСТу. Для підтвердження цього виконано статистичний аналіз за стовпцем миттєвого коефіцієнта якості K_u повної таблиці моніторингу, результати якого наведені в табл. 4 та на рис. 3. В межах похибки приладу «Якість-Е1» +1 % (243 – 244 В) знаходиться 279 вимірних значень, тобто 5 % від всіх вимірювань. За межами 10 % відхилення знаходиться 3606 вимірювань, тобто 64,6 %. Таким чином, можливо абсолютно достовірно стверджувати, що значення напруги в сегменті мережі 220 В, що під'єднаний до цього понижуючого трансформатора, не відповідає вимогам ГОСТ 13109-97.

Найбільше навантаження на цей сегмент мережі 220 В припадає на час від 13 год. 44 хв. до 15 год. 21 хв. з напругою в сегменті мережі 213 – 215 В. Найменше навантаження сталося з 0 год. 13 хв. до 0 год. 25 хв. з напругою 267 – 270 В.

За результатами моніторингу сегменту мережі 220 В у «Вишеньках» можливо зробити висновок, що, оскільки розкид напруги при різних навантаженнях великий, потужність понижуючого трансформатора цього сегменту недостатня. Потрібно або встановлювати більш потужний трансформатор, або розділити сегмент мережі на два сегменти та встановити додатковий трансформатор.

Можливо також покращити становище в сегменті мережі шляхом встановлення на виході трансформатора при мінімальному навантаженні не 270 В, а хоча б 260 В.

ТАБЛИЦЯ 4. Розподілення кількості вимірювань за вимогами ГОСТ та реальне розподілення

$P_{\text{норм}}$	$N_{\text{ГОСТ}}$	$N_{\text{Вишеньки}}$
0,95	0	0
0,95001	5305	867
1,05	5305	867
1,05001	279	1111
1,1	279	1111
1,1001	0	3384
1,2	0	3384
1,20001	0	221
1,3	0	221
1,30001	0	0

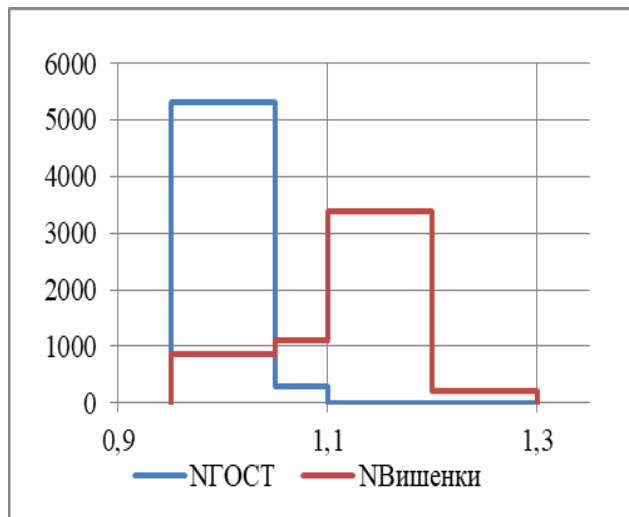


РИС. 3. Розподілення кількості вимірювань за вимогами ГОСТ та реальне розподілення

Висновки. 1. За допомогою приладу «Якість-Е1» незначні порушення ГОСТ 13109-97 помітити неможливо, але ці порушення не знижують істотно і якість електроенергії в мережі 220 В.

2. Значні порушення ГОСТу, які істотно знижують якість електроенергії, можливо зафіксувати за допомогою приладу, що дозволяє визначити причини зниження якості та запропонувати заходи з поліпшення якості електроенергії на відповідному сегменті мережі.

1. Багацький В.О., Багацький О.В. Прилад для визначення якості електроенергії в мережі 220 В у споживача. *Комп'ютерні засоби, мережі та системи*. 2014. № 13. С. 15–22.
2. Патент на винахід № 82925, Україна, МПК (2006) G01R 11/00, G06Q 50/00. Спосіб контролю витрати і якості комунальних послуг / Кривонос Ю.Г., Палагін О.В., Багацький В.О., Багацький О.В., заявник та патентовласник ІК НАН України. Заявка № а200607592; заявл. 07.07.2006; опубл. 26.05.2008, Бюл. № 10.
3. Пат. на винахід 82952, Україна, МПК G01R 19/165 (2011.01). Пристрій визначення якості комунальних послуг / Кривонос Ю.Г., Палагін О.В., Багацький В.О., Багацький О.В., заявник та патентовласник ІК НАНУ. № а2006 12878; заявл. 06.12.2006; опубл. 25.03.2008, Бюл. № 6.
4. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення: ГОСТ 13109-97 (ІЕК, ІЕС) – ГОСТ 13109-97 – [Чинний від 1999-01-01]. К.: ТК 30 ЕМС, 1999. 45 с.
5. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір «Комп'ютерна програма «ЯКІСТЬ-Е1» («Якість Е1»») / Багацький О.В. № 46417, дата реєстрації 16.11.2012.
6. Багацький О.В. Програмна архітектура системи для збору і обробки параметрів комунальних послуг. *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*. Вінниця, 2016. № 1. С. 23–28.

Одержано 10.10.2017