

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

https://www.researchgate.net/publication/375715743_Conference_AE_2023

АВТОМАТИКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

МАТЕРІАЛИ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
СТУДЕНТІВ, АСПІРАНТІВ ТА МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

13-14 листопада 2023 року

Навчально-науковий Інститут автоматики і електротехніки
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, проспект Центральний, 3

МАТЕРІАЛИ

Миколаїв 2023

УДК 681.5:621.3

П 75

Автоматика та електротехніка: Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених [Електронний ресурс]. – Миколаїв: НУК, 2023. – 73 с.

У збірнику подані матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Автоматика та електротехніка".

Розглянуті питання теорії, практики та розвитку електромеханічних систем і пристроїв суднового та загальнопромислового призначення, а також інформаційно-вимірювального обладнання.

Збірник може бути корисним для наукових співробітників, викладачів, інженерів та студентів.

ОРГАНІЗАТОРИ:

1. МОН України;
2. Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова.

Матеріали публікуються за оригіналами, наданими авторами. Претензії до організаторів не приймаються.

Комп'ютерна верстка:
Відповідальний за випуск:

М.О. Козлов
А.В. Обрубов

© Національний університет кораблебудування, 2023

ПЛЕНАРНА СЕКЦІЯ

УДК 621.396.99

Дьяконов О.С., к.т.н., доц., Школьный І.І., магістрант.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

ПРОЕКТ МОДЕРНІЗАЦІЇ AIS-СТАНЦІЇ MARINETRAFFIC №5064

Сервіс відстеження суден MarineTraffic. MarineTraffic є провідним світовим постачальником послуг з відстеження пересування морських та річкових суден. На базі даних, зібраних з мережі прибережних приймальних станцій AIS, доповнених супутниковими приймачами, MarineTraffic застосовує алгоритми та інтегрує додаткові джерела даних, щоб надати галузям судноплавства, торгівлі та логістики корисну інформацію про судноплавну діяльність.

Місія MarineTraffic із забезпечення прозорості та значних змін у морському світі наголошується на партнерстві з такими організаціями, як Міжнародна морська організація та Конференція ООН з торгівлі та розвитку. MarineTraffic також тісно співпрацює з провідними портами світу, морськими компаніями та найбільшими нафтовими компаніями над проектами, спрямованими на підвищення ефективності та зниження впливу на довкілля.

Головна місія компанії – перетворити MarineTraffic на центр, де морська галузь об'єднується та співпрацює для створення більш прозорої та надійної екосистеми судноплавства, а також більш зеленого та чистого світу [1].

Для розширення зони покриття сервісу MarineTraffic в акваторії Чорного моря на базі відпочинку «Акваторія» у м. Очаків 20 липня 2019 р. було встановлено AIS-станцію з двоканальним приймачем Comar SLR350NI [2]. Досвід експлуатації даної станції показав, що в конструкцію станції необхідно внести ряд змін, які призведуть до більш надійної експлуатації.

Метою роботи є розробка конструкторських рішень, спрямованих на підвищення надійності функціонування прибережної приймальної станції MarineTraffic.

Основна частина. Конструкція AIS-станції розроблялася з можливістю віддаленого керування та обслуговування. На рис. 1 представлений зовнішній вигляд AIS-станції. Як конструктив був обраний пластиковий монтажний бокс КЕП 30.30.15-1.0.Ц.0 ІР31. У боксі передбачені пластикові кабельні вводи для підключення зовнішньої AIS-антени та підведення живлення 220 В змінного струму.

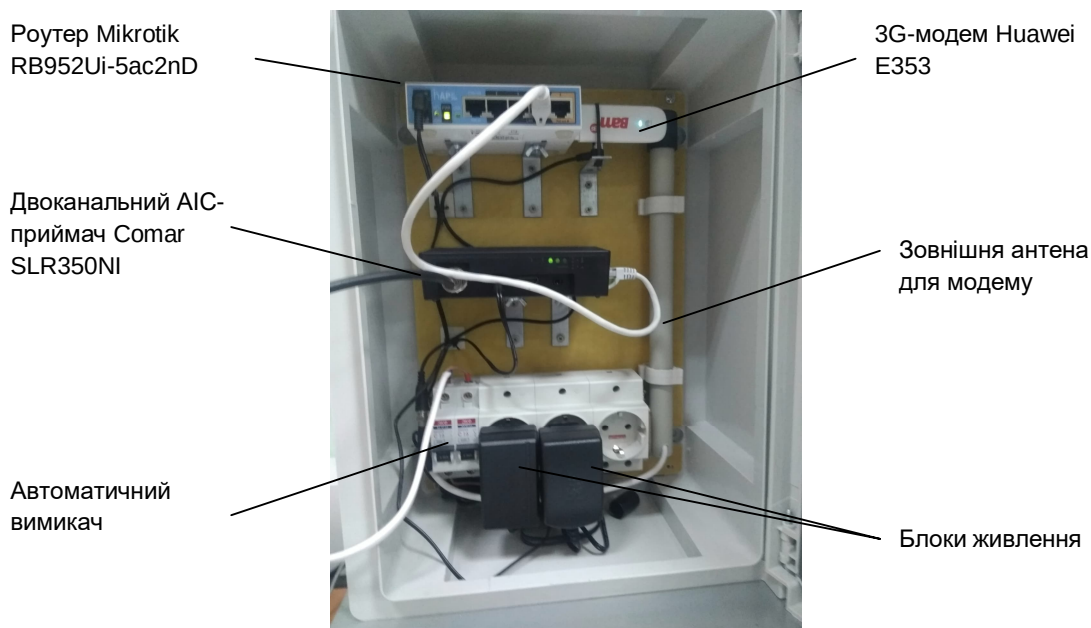


Рисунок 1 – Конструкція AIS-станції №5064

AIS-приймач Comar SLR350NI є одноплатним комп'ютером Raspberry PI 3 B+ з підключеним до нього через роз'єм GPIO двоканальним AIS-приймачем (робочі частоти приймача: канал А 161,975 МГц, канал В 162,025 МГц, чутливість < -112 дБм) [3].

Приймач конфігурується через веб-інтерфейс. Також за допомогою веб-інтерфейсу можна переглянути поточну карту прийому та статистику за прийнятими АІС-повідомленнями (рис. 2).

Доступ до системної консолі станції є тільки технічний персонал MarineTraffic.

Досвід експлуатації АІС-станції показав, що виникає необхідність у:

- апаратному перезавантаженні АІС-приймача Comar SLR350NI;
- апаратному перезавантаженні 3G-модему;
- апаратному перезавантаженні роутера;
- примусовій вентиляції внутрішнього об'єму щита за підвищеної температури навколишнього середовища.

Для врахування цих особливостей експлуатації було розроблено новий проект станції (рис. 3).

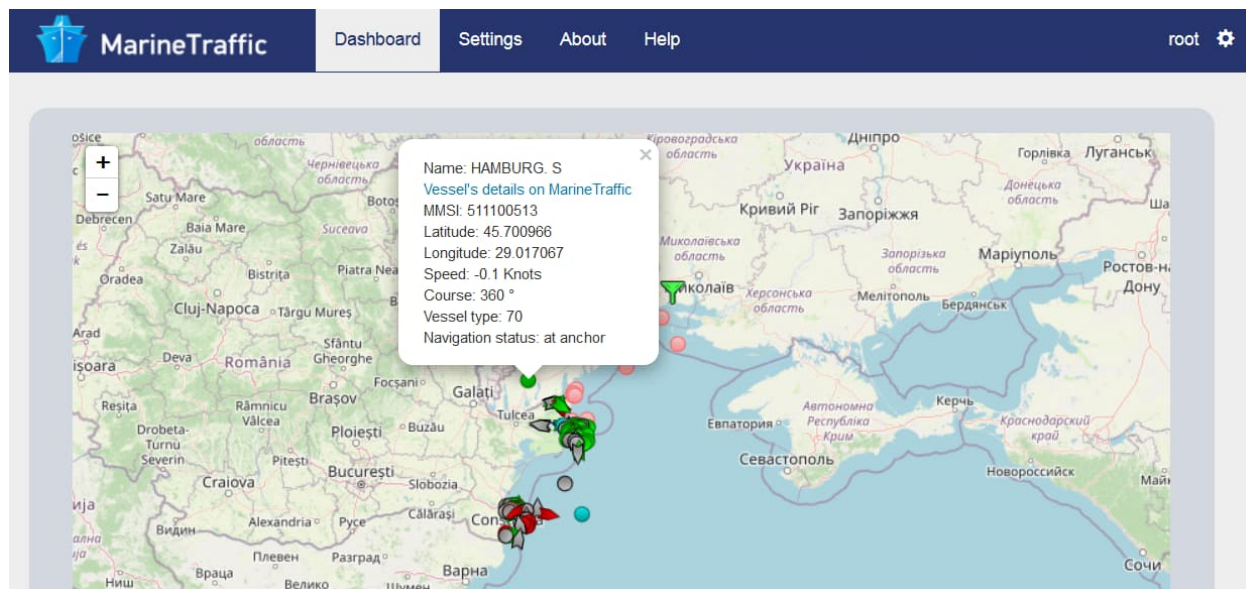


Рисунок 2 – Web-інтерфейс станції MarineTraffic (13.08.2023 р.)

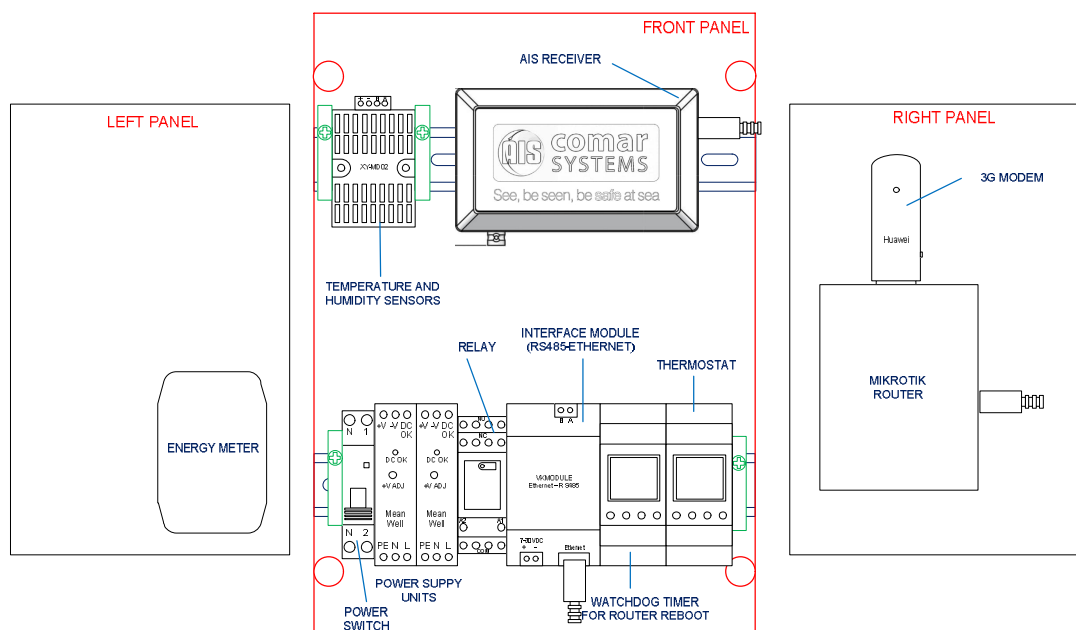


Рисунок 3 – Компонування модернізованої АІС-станції

Для контролю температури та вологості повітря всередині пластикового боксу додатково встановлено датчик XY-MD02 з інтерфейсом RS-485. Датчик XY-MD02 підключено до перетворювача інтерфейсів Ethernet-RS485 фірми VKMODULE. Для апаратного перезавантаження роутера за розкладом додано сторожовий електронний таймер e.control.t08 фірми E.NEXT. Реле контролю температури e.control.h02 фірми E.NEXT

використовується для управління вентилятором охолодження, який вмонтований у двері пластикового боксу. Для циркуляції повітря також передбачено додаткові вентиляційні отвори.

Як джерела живлення використані блоки MeanWell MDR-20-5 та MDR-20-24, які встановлюються на DIN-рейку.

У роутері RB952Ui-5ac2nD через 5-й порт можна подавати живлення 24В 0,5А за технологією Passive PoE [4]. Живлення PoE передається через контакти роз'єму RJ45: 4,5 (+) та 7,8 (-) [5]. Оскільки включенням PoE можна керувати програмно за допомогою утиліти Winbox (рис. 4), то подавши напругу з контактів PoE на котушку реле, отримаємо реле, що програмно керується. Нормально замкнутий контакт реле включений до ланцюга живлення AIC-приймача Comar SLR350NI. І якщо необхідно виконати скидання живлення AIC-приймача, достатньо на короткий проміжок часу активувати подачу живлення PoE.

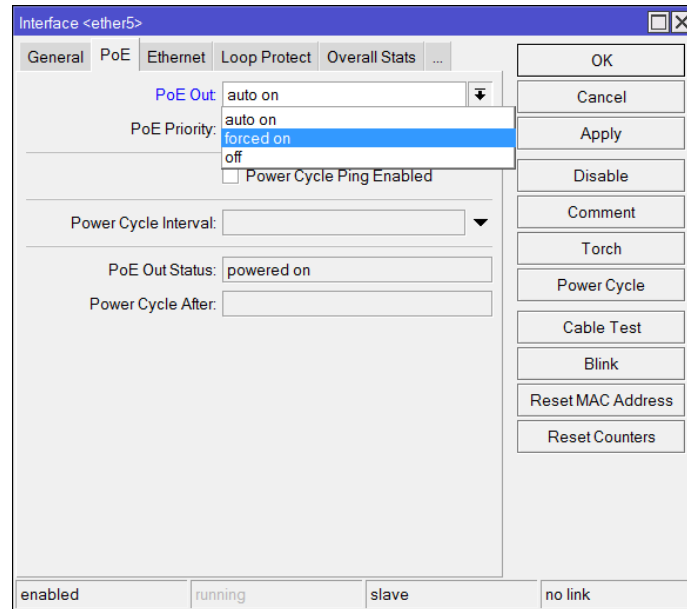


Рисунок 4 – Управління подачею живлення PoE

Також у роутері передбачено апаратне керування подачею живлення на USB-порт, до якого підключено 3G-модем. Таким чином, через Winbox можна здійснювати й апаратне перезавантаження модему.

При плановому перезавантаженні роутера раз на добу використовується скрипт, який здійснює перезавантаження самого роутера та модему:

```
/system routerboard usb power-reset duration=5s;
: Delay 5s;
/system reboot;
```

Віддалене адміністрування AIC-станції здійснюється через VPN-тунель. VPN-тунель дозволяє інтегрувати цю станцію до складу локальної мережі кафедри ПЕЕТ.

Висновки. При розробці проекту модернізованої AIC-станції було враховано всі недоліки попереднього проекту, які призводили до періодичного простою станції у роботі. Нові рішення дозволяють проводити віддалено апаратне перезавантаження AIC-приймача та 3G-модему. Також додано систему охолодження, яка забезпечує надійне функціонування електронних компонентів за підвищених температур навколишнього повітря.

Список використаних джерел

1. Про компанію MarineTraffic. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.marinetraffic.com/en/p/company>
2. AIS-станція MarineTraffic №5064. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/stations/7269/>
3. Опис AIS-приймача Comar SLR350NI. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://help.marinetraffic.com/hc/en-us/articles/227724587-Comar-SLR-350Ni>
4. Опис роутера RB952Ui-5ac2nD. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mikrotik.com/product/RB952Ui-5ac2nD>
5. Конфігурація живлення PoE. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:PoE-Out>

УДК 62-527.7

Обрубов А.В. к.т.н., доцент, Ткаченко Д.І.

Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, м. Миколаїв

КОНТРОЛЕР-АВТОМАТ З ДИНАМІЧНОЮ ТАБЛИЦЕЮ

Контролер-автомат виконує комбінаторні функції – реалізує різні комбінації виходів розподілені в часі і залежні від вхідних сигналів відповідно до закладених логічних функцій чи програм. Вхідні і вихідні сигнали можуть бути дискретними і аналоговими. Припустимо, що даний контролер-автомат працює тільки з дискретними сигналами на входах (DI1 і DI2) і на виходах (Q1, Q2, Q3), які мають по два стани: 0 - вклучено і 1 – вклучено.

Функціональна схема контролера-автомата на рис. 1 містить:

- панель управління та індикації ПУІ з кнопками, світлодіодами, символічним або графічним індикатором,
- таймер Т для відліку дискретного системного часу t ,
- комбінатійну схему КС з закладеною логікою роботи,
- логічну схему управління ЛУ, яка реагує на вхідні сигнали і обмінюється інформацією з ПУІ і КС та керує таймером,
- виконавчі пристрої ВП1, ВП2, ВП3.

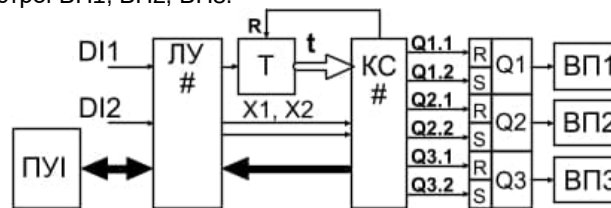


Рис. 1. Функціональна схема контролера-автомата, де зазначено:

ПУІ – панель управління та індикації, DI1 і DI2 – дискретні входи, ЛУ – логіка управління, Т – таймер, R – скидання таймера, t – системний час,
 КС – комбінатійна схема, Q1.1, Q1.2, Q2.1, Q2.2, Q3.1, Q3.2 – вихідні сигнали КС для перемикання вихідних тригерів, Q1, Q2, Q3 – дискретні виходи, ВП1, ВП2, ВП3 – виконавчі пристрої, $\longleftrightarrow$ – єдиний логічний сигнал, $\Rightarrow$ – двійкове слово, $\Rightarrow$ – сукупність декількох різних сигналів

Вихідні сигнали Q1, Q2, Q3 підкоряються порядку, який закладено в логічній комбінатійній схемі КС. Тобто в певні моменти системного часу t при певних вхідних сигналах DI1 і DI2 контролера автомата вони вмикаються і вимикаються. Порядок або послідовність вмикання і вимикання вихідних сигналів можна представити так званою **статичною таблицею відповідності** на рис. 2,а (таблицею істинності [23]), де будуть вказані двійкові вхідні дані (табл. Вх) і вихідні дані (табл. Вих) КС. Вхідними даними КС є двійкове значення часу t і вхідні сигнали X1, X2, які повторюють сигнали DI1 і DI2. Вихідні дані – виходи контролера Q1, Q2, Q3. Двійкове значення часу t має розрядність m_T . Тоді рядок таблиці має розрядність $m_s = N_{in} + N_T m_T + N_q$, де N_{in} , N_q – кількість входів і виходів контролера-автомата, N_T – кількість таймерів. Позначимо розрядність таблиці входів Вх $m_{in} = N_{in} + N_T m_T$. Вся таблиця на рис. 2,а може бути розміщена в пам'яті мікроконтролера або в мікросхемі. Тоді таблиця Вх буде адресом осередку, а таблиця Вих вмістом осередку пам'яті. Розрядність вихідних комбінатій $m_q \geq N_q$ доцільно вибирати кратним байтові (8біт). Якщо прийняти розрядність таймера $m_T = 16$ біт, кількість входів $N_{in} = 2$ і виходів $N_q = 3$, то приймемо $m_q = 8\text{біт} > 3\text{біт}$. Решта вихідних бітів будуть резервними. Статична таблиця відповідності повинна містити всі комбінатії вхідних даних: $m_{in} = N_{in} + N_T m_T = 2 + 1 \cdot 16 = 18\text{біт}$ це $2^{m_{in}} = 262144$ комбінатій-рядків, більша частка з котрих скоріше за все будуть тривіальними, які мають поряд із собою рядки з такими-ж комбінатіями виходів Q1, Q2, Q3. Це означає, що в полі декількох рядків стан КС не змінюється. Таке використання пам'яті не є раціональним.

Для скорочення пам'яті для розміщення таблиці можна створити так звану **динамічну таблицю відповідності**, яка містить тільки нетривіальні рядки-комбінатії, що відповідають змінам вихідного стану КС. Якщо кількість таких рядків n_v , суттєво менша за загальну кількість рядків $2^{m_{in}}$, тоді можна значно зекономити пам'ять для таблиці. Але треба зазначити, що так би мовити в крайніх випадках, якщо порядок комутації виходів містить багато змін стану з кількістю, яка співставна з максимально можливою ($n_v \rightarrow 2^{m_{in}}$), то скорочення об'єму пам'яті при використанні динамічної таблиці в порівнянні зі використанням статичної таблиці не буде.

Співвідношення між статичною і динамічною таблицями відповідності можна оцінити за допомогою схематичної структури таблиць на рис. 2,б, де статична таблиця відповідності складається з таблиць-ділянок Вх,

Vx' , Vix , Vix' , а динамічна таблиця складається з таблиць-ділянок D , Vx , Vix , $\overline{Vix}$. Рядки статичної таблиці на рис.3,2,а впорядковані по комбінаціям входів (Vx), що є адресами осередків пам'яті з комбінаціями виходів (Vix).

Відмінність динамічної таблиці від статичної таблиці відповідності на рис. 2,б полягає в додаванні до статичної таблиці ділянки дескрипторів D для вибору діючого вхідного сигналу і в розділенні виходів на виходи включення і виходи виключення, які активуються для переключення вихідних RS-тригерів по входам S (вкл.) і R (викл.) коли потрібно змінити стан виходів контролера.

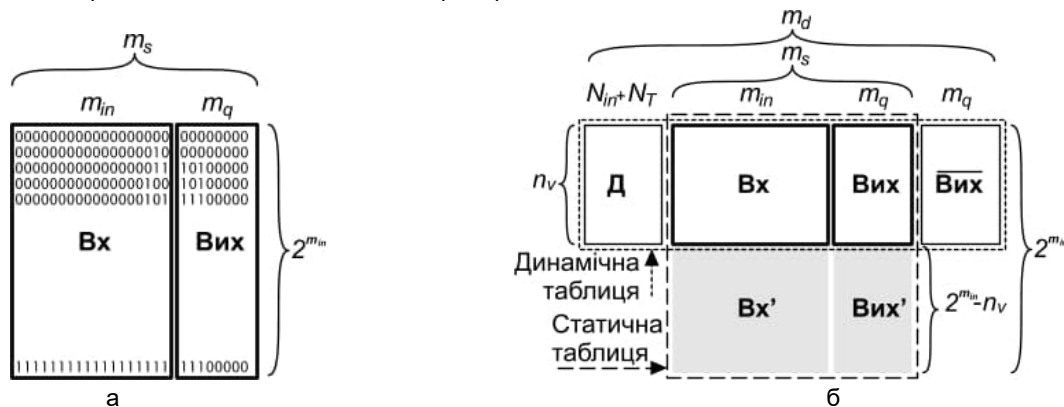


Рис. 2. Структура таблиці відповідності комбінаційної схеми (КС) контролера-автомата: а – статична таблиця, б – накладення статичної і динамічної таблиць, D – таблиця дескрипторів, Vx – таблиця входів, Vix – таблиця включення виходів, $\overline{Vix}$ – таблиця виключення виходів

Як зазначалося, рядки динамічної таблиці відповідають переключенням вихідного стану КС. Вони є не статичними, а динамічними. Тому динамічна таблиця в більшості випадків буде **неповною** з кількістю рядків меншою за кількість вхідних комбінацій. Це і може дати виграв в об'ємі таблиці.

Оцінимо об'єми статичної і динамічної таблиць. Перша є повною і містить в пам'яті тільки вихідні комбінації. Бітний об'єм статичної таблиці дорівнює добутку розрядності виходів і кількості вхідних комбінацій $m_q 2^{m_{in}}$. Оскільки динамічна таблиця неповна, в пам'яті потрібно розмістити і вхідні, і вихідні комбінації. Бітний об'єм динамічної таблиці дорівнюватиме добутку розрядності рядка і неповній кількості вхідних комбінацій $m_d n_v$. Розрядність рядка m_d складається з кількості дескрипторів, розрядності таблиці входів $m_{in} = N_{in} + N_T m_T$ і розрядності виходів. Кількість дескрипторів дорівнює сумі кількості входів і кількості таймерів $N_{in} + N_T$. Ділянка-таблиця Vix – це таблиця включення виходів з розрядністю m_q , а додаткова таблиця $\overline{Vix}$ – таблиця виключення виходів теж з розрядністю m_q .

Тепер визначимо максимальну кількість рядків n_v динамічної таблиці, коли її об'єм не буде більшим за об'єм статичної таблиці $m_d n_v \leq m_q 2^{m_{in}}$

$$n_v \leq 2^{m_{in}} (m_q / m_d). \quad (1)$$

В контролері-автоматі на рис. 1 маємо три вхідні сигнали КС – це дискретні входи DI1 і DI2 ($X1$, $X2$) і системний час в діапазоні $t=0 \dots 2^{m_T} - 1$, до яких додаються три дескриптори DS1, DS2, DS3. Вихідними сигналами КС є сигнал скидання таймера (R), сигнали включення Q1.2, Q2.2, Q3.2 (Vix) і сигнали вимкнення Q1.1, Q2.1, Q3.1 ($\overline{Vix}$) виходів. Є сім вихідних сигналів R , Q1.1, Q1.2, Q2.1, Q2.2, Q3.1, Q3.2, які відображають стан КС. Вони всі входять в байтове слово. Отже маємо кількість дескрипторів $N_{in} + N_T = 2+1=3$, розрядність таймера $m_T = 16$, розрядність комбінації виходів $m_q = 8$. Розрядність рядка $m_d = 3+16+8=27$. Розширимо рядок до 4 байтів $m_d = 32$.

Тоді по (3) визначаємо максимальну кількість рядків динамічної таблиці

$$n_v \leq 2^{18} (8/32) = 65536.$$

Наприклад, при 1000 рядків динамічної таблиці відповідності виграв в об'ємі пам'яті в порівнянні зі статичною таблицею буде більшим за 65 разів.

Розглянемо роботу контролера-автомата більш детально. Контролер зі статичною таблицею виконує по суті одну операцію. Вхідні стани КС t , $X1$, $X2$ з розрядністю 18біт викликають відповідну вихідну комбінацію R , Q1, Q2, Q3. Контролер звертається до однієї ячейки таблиці в пам'яті. Якщо вхідні стани змінилися, змінюється ячейка пам'яті і на виходах з'являються інші стани. Це відбувається за один такт роботи системи.

Контролер з динамічною таблицею працює складніше. Всі існуючі рядки таблиці опитуються по черзі зверху до низу і кожен раз перевіряється на істинність вираз вхідної частини рядка

$$(X1 \cup \overline{DS1}) \cap (X2 \cup \overline{DS2}) \cap ((T \geq t) \cup \overline{DS3}), \quad (2)$$

де $\cup$, $\cap$ – знаки «або», «і»; $X1, X2$ – вхідні сигнали КС; $DS1, DS2, DS3$ – дескриптори; T – значення таймеру в даний час; t – уставка таймеру.

Якщо дескриптор=0, ця величина вважається істиною незалежно від її значення, а якщо дескриптор=1, значення величини перевіряється на істинність=1. Якщо дескриптор=3=1, перевіряється чи системний час більший чи рівний уставці $T \geq t$. Таким чином, якщо весь вираз (2) не істинний, виходи не змінюються, а якщо істинний, то встановлюється відповідна нова вихідна комбінація $R, Q1.1, Q1.2, Q2.1, Q2.2, Q3.1, Q3.2$.

Вихідні RS-тригери на рис. 1 керують виходами контролера $Q1, Q2, Q3$, які перемикаються в стан «вкл.» при наявності $Qx.2=1$ на вході S , і в стан «викл.» при наявності $Qx.1=1$ на вході R . Якщо обидва сигнали діють одночасно ($Qx.1=1, Qx.2=1$), вихідний тригер не змінює стану.

В табл.1.1 наведено приклад динамічної таблиці відповідності для контролера-автомата на рис. 1. Перевіримо по (2) третій і четвертий рядки.

t2) якщо $X1=1$ і $T \geq 4$, то виходи стануть такі $Q1=1, Q2=0, Q3=C, R=0$, інакше будуть $Q1=C, Q2=C, Q3=C, R=C$,

t3) якщо $T \geq 8$, то виходи стануть такі $Q1=0, Q2=C, Q3=1, R=0$, інакше будуть $Q1=C, Q2=C, Q3=C, R=C^*$,

*де C означає, що стан виходу не змінюється і зберігається попередній стан.

Таблиця 1. Приклад динамічної таблиці відповідності комбінаційної логіки контролера-автомата

Мітки рядка	Входи КЛ				Виходи КЛ						
	Д	X1	X2	Сист. час t	Q1.1	Q1.2	Q2.1	Q2.2	Q3.1	Q3.2	R
t0	101	0	0	...00000000	0	0	0	0	0	0	0
t1	001	1	0	...00000001	1	0	0	0	1	0	0
t2	101	1	0	...00000010	0	1	1	0	0	0	0
t3	001	1	0	...00001000	1	0	0	0	0	1	0
t4	111	1	1	...00001100	0	1	0	1	1	0	0
t5	011	1	0	...00001110	1	0	0	0	0	0	0
t6	111	1	0	...00001111	0	0	1	0	0	0	1
...	...			...							

Часова діаграма на рис. 3 відповідає табл. 1 і показує зміни вихідних станів контролера-автомата в управляючі моменти часу $t1, t2, t3, \dots$

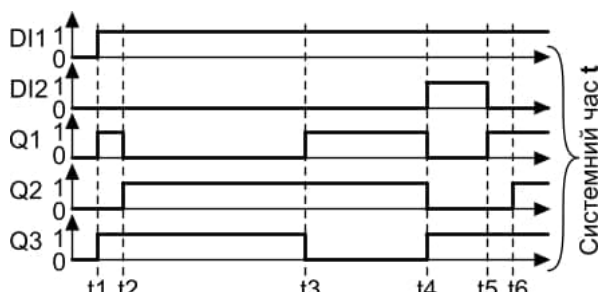


Рис. 3. Приклад діаграми роботи контролера-автомата

За кожен системний період T_s роботи таймера (на рис. 3 це відстань між моментами $t1$ і $t2$ або між $t5$ і $t6$) контролер повинен опитати всі рядки таблиці відповідності, тобто зробити стільки перевірок (2), скільки рядків в таблиці. Це потребує більше часу порівняно з роботою зі статичною таблицею, де за один такт обпитується один рядок. Тут на одну перевірку рядка потрібно не менше 10 елементарних операцій. За системний період вони помножуються на кількість рядків. Це призводить до зниження швидкодії контролера або до можливого зниження максимальної кількості рядків n_v динамічної таблиці з міркувань швидкодії контролера. Наприклад, припустимо, що для виконання елементарної операції мікроконтролера потрібно 0,5мкс (це не швидкий мікроконтролер). Тоді контролер-автомат зі статичною таблицею при відведенні на сервісні функції 50% потужності, за 1с обробить до 1000000 змін вхідних станів. Контролер з динамічною таблицею обробить за 1с біля 100000 рядків. Якщо в таблиці є 200 рядків, треба зчитати актуальний стан входів і таймера і порівняти його з умовами в 200 рядках за системний період. Тоді за одну секунду такий контролер обробить не більше $100000/200=500$ змін вхідних станів. А для 1000 рядків таблиці маємо 100 станів за секунду.

На рис. 4 показані комбінаційні схеми структури «і-або» контролера-автомата для статичної таблиці відповідності (а) і для динамічної таблиці відповідності (б). В статичній КС кількість елементів «і» шару L1 відповідає кількості входних комбінацій. Порядок включення виходів визначається набором прямих чи інверсних входів кожного елементу «або» шару L2. Кількість входів кожного елементу шару L2 дорівнює кількості комбінацій. Кількість цих елементів дорівнює кількості виходів. На рис. 4,а вихід R з його елементом не показано. Вихідна комбінація встановлюється після зміни входньої комбінації дуже швидко. Затримка відповідає затримці двох логічних елементів. Це порядку 10-20нс.

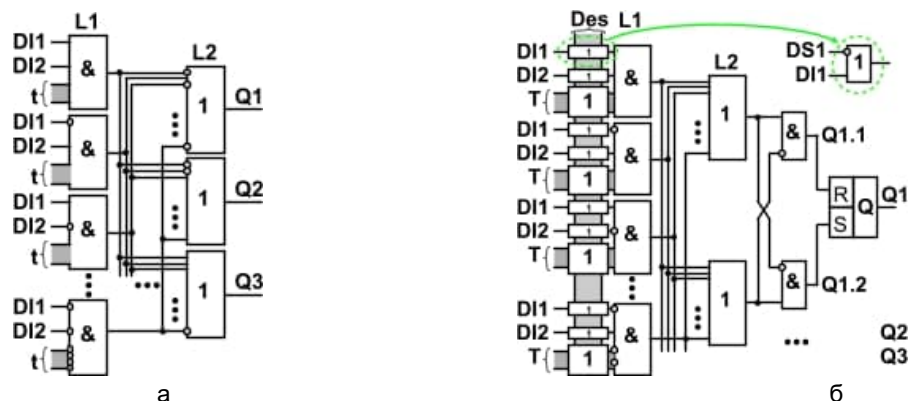


Рис. 4. Комбінаційні схеми (КС) контролеру-автомату:
а – статична схема, б – динамічна схема

В динамічній КС на рис. 4,б присутні додаткові входні сигнали – дескриптори, що подаються на логічні вентиля «не-або» шару Des, кількість яких дорівнює сумі кількості входів і таймерів, помноженої на кількість комбінацій входів n_v , яка в даному випадку обмежена лише потрібною логікою роботи контролера. Ця КС виконує порівняння значення таймеру з опорним значенням $T = t_x$. Для реалізації порівняння виду $T \geq t_x$ в шарі L1 замість логічних елементів «і» треба використовувати мажоритарні елементи.

Для забезпечення більшої гнучкості логіки контролера-автомата з динамічною таблицею відповідності можна змінити логіку дублюючих входних сигналів X1, X2 таким чином, щоб вони відображали тільки зміни стану входів DI1, DI2. Для цього додамо ще два дублюючі входи $\overline{X1}$ і $\overline{X2}$. При передньому фронті 0-1 на вході DI1 або DI2 буде з'являтися одиниця на X1 або X2 на один період таймера. При задньому фронті 1-0 буде з'являтися одиниця на $\overline{X1}$ або $\overline{X2}$. Це дозволить спростити деякі операції контролера.

Таким чином, контролер зі статичною таблицею потребує багато пам'яті для розміщення таблиці, але має найпростіший принцип дії і найвищу швидкодію. Контролер з динамічною таблицею, яка займає небагато пам'яті, має складніший принцип дії і набагато меншу швидкодію. Наприклад, при 1000 рядків динамічної таблиці виграш в об'ємі пам'яті буде біля 65 разів, а програш в швидкодії буде біля 10000 разів.

Для задач, де немає високих вимог до швидкості, вигідніше використовувати контролер-автомат з динамічною таблицею відповідності. Це автоматика комутаційно-розподільчої апаратури, керування групами споживачів електроенергії, виконавчими пристроями тощо.

Для швидких задач треба використовувати контролер-автомат зі статичною таблицею відповідності. Це задачі генерування сигналів складної форми для створення блоків сигналів завдання систем автоматики, перетворювачів частоти, опорних сигналів фільтруючих пристроїв та коректорів коефіцієнтів потужності.

Список використаних джерел

1. Баранов А.П. Автоматическое управление судовыми электроэнергетическими установками. — М.Ж Транспорт, 1981 — 255 с.
2. Тищенко О.Ю. Конспект лекцій з дисципліни «Системи управління енергетичними та загальносудновими установками» спеціальності 271 Річковий та морський транспорт, освітньої програми «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики», 2016 р.
3. Лашин В. А. МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ. Конспект лекций. , 2010. — 118с.
4. В.М. Глушков. Синтез цифровых автоматов (Серия «Математическая логика и основания математики») — М.: Физматгиз, 1962 г., 476 с., ил.
5. Zakharov N.G., Rogov V.N. Synthesis of digital automata: Textbook / N. G. Zakharov, V. N. Rogov. — Ulyanovsk: Ulyanovsk State Technical University, 2003.

УДК 621.3.013.22

Честних М.В. аспірант Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв, Україна, молодший науковий співробітник Інституту імпульсних процесів і технологій НАН України.

Науковий керівник - Черно О.О. д.т.н., проф., зав. кафедри комп'ютеризованих систем управління, Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв, Україна.

ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ В МЕТАЛЕВОМУ ПРОВІДНИКУ

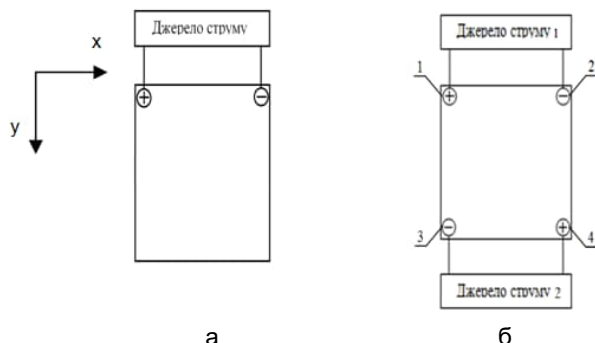
У технологіях ливарного виробництва для підвищення якості литого металу у процесі виплавки застосовують різні способи обробки розплаву. Останні роки відомі наукові школи проводять дослідження, в яких використовують метод кондукційної електростромової обробки розплаву КЕСО [1-4]. Існуючі дані показують, що принципи реалізації цілеспрямованої термосилової дії електричного струму на розплав при КЕСО можуть базуватися на керуванні характеристиками та параметрами базового первинного електричного поля, враховуючи параметри джерела струму, його тип та тип електродної системи [4,5].

Оскільки фізичні експерименти з розплавом затратні та трудомісткі, розробка підходів та методів моделювання багатомасштабних та взаємообумовлених (мультифізичних) процесів, які виникають у розплаві при КЕСО, є важливою науково-практичною задачею. Це обумовлено тим, що задачі, які розв'язуються, за допомогою, наприклад, методу скінчених елементів (МСЕ), не є тривіальними. Це тягне за собою кропіткий процес вирішення проблем тестування процесу розв'язку та отриманих результатів моделювання. З приводу цього актуальним є завдання пошуку продуктивного гнучкого методу дослідження у рідкометалевому розплаві, як мінімум, базового (первинного) електричного поля. У роботі [6] було запропоновано використовувати метод розбиття масивних провідників на елементарні комірки (М-К) для моделювання базового електричного поля в розплаві, що дозволить значно скоротити розрахунковий час і може бути реалізовано у безкоштовних пакетах програм, наприклад LT-Spice.

За допомогою М-К проведено дослідження розподілу електричного поля у алюмінієвому розплаві при його обробці електричним постійним струмом з використанням однієї пари електродів та одного джерела струму та двох пар електродів для одночасної обробки двома струмами. Такий варіант є більш ефективним при обробці великих мас розплаву. Оцінка достовірності результатів імітаційного моделювання можлива через їх порівняння з результатами, які отримано іншими методами, наприклад МСЕ або фізичним експериментом.

Тому мета роботи – провести верифікацію результатів імітаційного чисельного моделювання базового електричного поля шляхом фізичного експерименту у 2D варіанті.

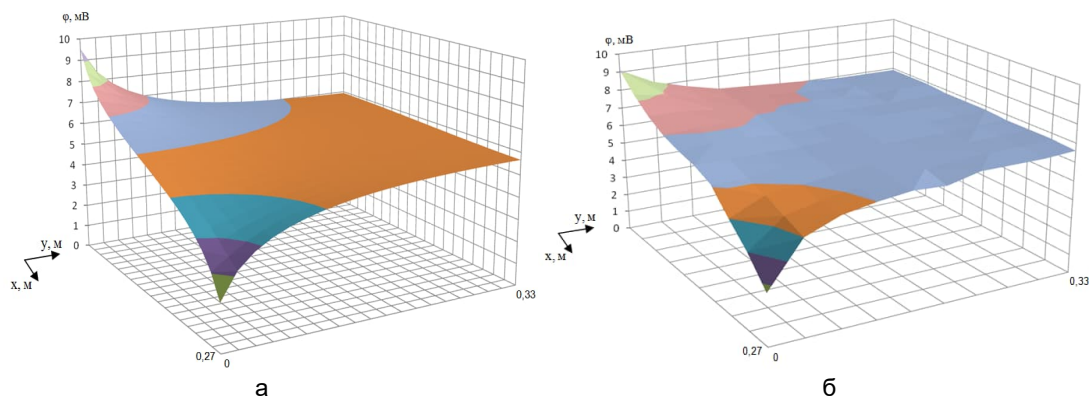
Методика експерименту. Для 2D аналізу було обрано металеву пластину (латунь марки ЛЖМц59-1-1) розмірами 270x325x1 мм, на якій на рівній відстані одна від одної уздовж осей x та y наносились точки для вимірювань, які є вузлами сполучених комірок. Всього обрано 3 варіанти, а саме: 5x5 точок, 10x10 та 20x20. Моделювалась обробка електричним струмом з використанням однієї пари електродів та одного джерела струму та двох пар електродів для одночасної обробки двома струмами. Електричний постійний струм амплітудою 20 А (для двоелектродної системи) та по 10 А для кожної пари електродів (для чотириелектродної системи) підводився до пластини відповідно рис. 1. Вимірювання розподілу потенціалів проводились по 5 разів у кожній точці за допомогою вольтметра В7-22А і розраховувалось середнє значення для кожної точки та відповідна похибка. Застосування металеві латунної пластини у твердому стані при температурі 20 °С для моделювання процесів у рідкому сплаві не протирічить принципам теорії подібності перш за все з фізичної точки зору. Провідність латуні при $T=20$ °С ($\gamma=12,5 \cdot 10^6$ См/м), рідкого алюмінію при $T=660$ °С ($\gamma=4,2 \cdot 10^6$ См/м). Тут різниця складає ≈ 3 рази але канали провідності та механізми перенесення зарядів у твердому та рідкому станах ідентичні.



а – двоелектродна система, б – чотириелектродна система.

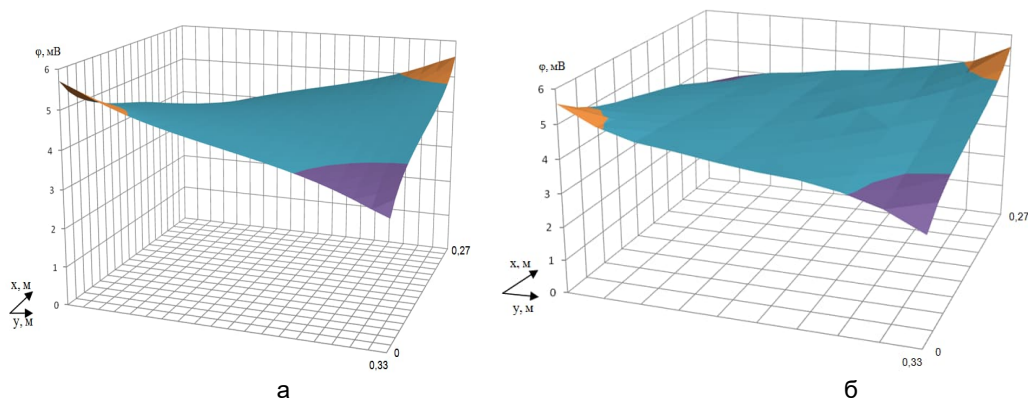
Рисунок 1 – Геометрична постановка задачі при моделюванні

Отриманий розподіл потенціалів у пластині для дво- та чотирьохелектродної систем відповідно наведено на рис.2 та рис. 3, де ряд 1 відповідає значенням між електродами 1 та 2 (від 1 до 2) (рис. 1, б), ряд 2 – значенням у пластині, що на Δy (де Δy – відстань між точками для вимірювань уздовж вісі y) нижче. Ряд 3 – нижче на $2\Delta y$ і т. д.



а – розрахункові дані, б - експеримент

Рисунок 2 - Розподіл потенціалів у пластині для двохелектродної системи



а – розрахункові дані, б - експеримент

Рисунок 3 – Розподіл потенціалів у пластині для чотирьохелектродної системи

З рис. 2 та видно рівномірний розподіл потенціалів електричного поля у площині пластини для двоелектродної системи, пік, що відповідає місцю підключення “+” електроду, та провал у місці підключення “-” електроду. Для чотирьохелектродної системи (рис. 3) розподіл потенціалів у площині пластини симетричний з наявністю двох піків та двох провалів, що відповідають місцям підведення електродів.

Порівняння розподілів потенціалів на рис. 4 у пластині між електродами 1 і 2 уздовж вісі x для чотирьохелектродної системи, що отримано методом М-К (φ_{x1}) та при фізичному моделюванні (φ_{exp}) показало, що різниця між відповідними значеннями не перевищує 6%. Відносна похибка вимірювань не перевищила 3%.

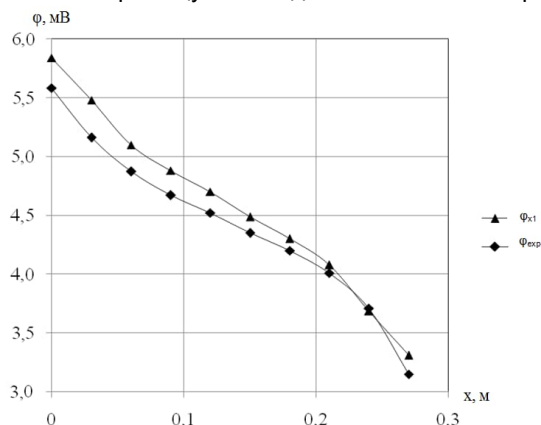


Рисунок 4 – Розподіл потенціалів у пластині між електродами 1 і 2 уздовж осі x для чотирьохелектродної системи, що отримано методом М-К (φ_{exp}) та при фізичному моделюванні (φ_{x1})

Висновки. Результати, які отримано за допомогою фізичного моделювання добре узгоджуються з результатами моделювання із застосуванням М-К, що підтверджує можливість його використання для моделювання розподілу електромагнітних полів у об'ємі розплаву при його обробці електричним струмом.

У подальшому гнучкий апарат М-К пропонується використовувати як елемент кіберфізичної системи, яку адаптовано для автоматичного регулювання процесами навантаження рідкометалевої системи, у технологіях ливарного виробництва.

Список використаних джерел

1. Experimental study on directional solidification of Al-Si alloys under the influence of electric currents / D. Rübiger, Y. Zhang, V. Galindo, S. Franke, B. Willers, S. Eckert // IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. – 2016. 143, 012021. Doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/143/1/012021>
2. Effect of electric current on the microstructural refinement of pure aluminum / Jee Seok Choi, Moonwoo La, DongEung Kim, Kyeong-Hwan Choe, Soong-Keun Hyun, Moon-Jo Kim // Journal of materials research and technology. – 2021. – Vol. 12. – P. 818-830. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.03.040>
3. Relevance of electrical current distribution to the forced flow and grain refinement in solidified Al-Si hypoeutectic alloy / Zhang, Y.H., Xu, Y.Y., Ye, C.Y. et al // Sci Rep 8. – 3242. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21709-y>
4. The features of controlled conductive electric current treatment of liquid metals / Yu. M. Zaporozhets, A.V. Ivanov, Yu. P. Kondratenko, V. M. Tsurkin // Advanced in Engineering Research. New York: Nova Science Publishers. – 2021. – Vol. 44. – Inc. P. 1-114.
5. Ivanov A.V. Peculiarities of Distribution of Electromagnetic and Hydrodynamic Fields for Conductive Electric Current Treatment of Melts in Different Modes / A. V. Ivanov, V. N. Tsurkin // Surf. Eng. Appl. Electrochem. – 2019. – Vol. 55, №1. – P. 53–64.
6. Моделювання розподілу електричного поля в металевому розплаві методом розбиття провідника на елементарні комірки / Честних М. В., Цуркін В. М., Іванов А. В., Черно О.О. // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2021. – № 4(56). – С.35-45.

УДК 681.5.011

Демідов І.А.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

МОДЕЛІ ТА СИСТЕМИ РОБАСТНОЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ АВТОНОМНОГО МОРСЬКОГО РУХОМОГО ОБ'ЄКТУ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Автономні морські рухомі об'єкти стали необхідною складовою сучасних технологій, що використовуються у різних сферах, включаючи дослідження океану, екологічний моніторинг, геологічний пошук, а також оборонні та комерційні цілі. Проте, їх успішна робота та безпека експлуатації вимагають вирішення складної проблеми – невизначеності в морських умовах.

Море, океани та інші водні об'єкти можуть бути дуже непередбачуваними та варіативними із-за таких явищ, як погодні умови, природні явища, морські течії та навіть вміст солей. Ці невизначеності створюють значний виклик для забезпечення стабільності та точності руху автономних морських об'єктів.

Спрямовані на забезпечення безпеки, надійності та ефективності автономних морських об'єктів, дослідження даного напрямку мають на меті розширити розуміння та розвивати нові підходи до робастної стабілізації цих об'єктів у складних та непередбачуваних умовах.

Метою роботи є аналіз моделей автономних морських об'єктів, систем робастної стабілізації та вдосконалення вже існуючих моделей та систем робастної стабілізації для автономних морських рухомих об'єктів в умовах невизначеності.

Це необхідно для наступних складових:

- 1) Підвищення стабільності – розроблення більш ефективніших систем, які забезпечують стабільний рух автономних морських об'єктів навіть у складних та змінних умовах морського середовища.
- 2) Забезпечення точності руху – удосконалення систем, що забезпечують високу точність навігації та контролю руху об'єктів, що є важливим у багатьох сферах, включаючи дослідження океану та геологічний пошук.
- 3) Зниження ризику – будь-яка система повинна бути не лише ефективною, але і безпечною, щоб ризики аварійного руху та надзвичайних ситуацій на морі звести до мінімуму, бо вони можуть призвести не тільки до втрати самого морського об'єкта, та й завдати шкоди навколишньому середовищу.
- 4) Підвищення надійності – систем має вміщати в собі всі недоліки попередніх розроблень та із цими урахуваннями забезпечувати більш надійну та ефективну роботу автономних об'єктів в різних умовах, в т.ч. і у випадку невизначеності.

Аналіз літератури показав, що моделювання морських умов у роботі "Hydrodynamics of High-Speed Marine Vehicles" (Laurent et al., 2006) дослідниками розглядається у використанні математичних моделей гідродинаміки для аналізу впливу морських умов на рух автономних морських об'єктів. Це джерело надає важливу інформацію про взаємодію водяного середовища з рухом об'єктів [1]. Робастно-оптимальні системи управління морськими рухомими об'єктами дуже детально були розглянуті у статті Тимченко В. Л. [2], що дає змогу порівнювати результати майбутніх досліджень. Системи стабілізації були розглянуті автором у дослідженні "Control and Dynamic Modeling of Autonomous Underwater Vehicles" (Fossen, 2011) для автономних підводних апаратів. Робота охоплює різні методи та алгоритми керування для забезпечення стабільного руху об'єктів у умовах невизначеності [3]. Робота Тимченка В.Л. "Моделювання та стабілізація автономних морських об'єктів в умовах невизначеності" (2018) також має важливе значення в контексті теми. У цьому дослідженні автор розглядає моделювання та робастні системи стабілізації автономних морських об'єктів, що дозволяють спиратися на вже отримані результати.

Висновки. Наукова новизна дослідження полягає у подальшому розвитку систем робастної стабілізації автономних морських рухомих об'єктів в умовах невизначеності з використанням сучасних технологій та методів. Дослідження у цій галузі сприятиме покращенню безпеки та ефективності діяльності в морському середовищі, а також розвитку сучасних технологій для автономних морських об'єктів.

Список використаних джерел

1. Laurent, A., Fossen, T. I., Blanke, M., & Petit, N. (2006). Hydrodynamics of High-Speed Marine Vehicles. Cambridge University Press.
2. Тимченко В. Л. (2014). Робастно-оптимальные системы управления морскими подвижными объектами
3. Fossen, T. I. (2011). Control and Dynamic Modeling of Autonomous Underwater Vehicles. Springer.
4. Pascoal, A. M., Silvestre, C., & Araújo, A. (2003). Robust Control of Autonomous Underwater Vehicles. Springer.
5. Тимченко В.Л. (2018). Моделювання та стабілізація автономних морських об'єктів в умовах невизначеності.

УДК 519.6

Верецаго Є. М., к.т.н., Стогнієнко Є. В.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

ВПЛИВ ДИСКРЕТИЗАЦІЇ ТА КВАНТУВАННЯ НА ЯКІСТЬ ПЕРЕХІДНОГО ПРОЦЕСУ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Перетворювачі електричної енергії зазвичай побудовані з використанням цифрових систем керування, тому для досягнення потрібних показників якості керування важливо обрати відповідні параметри. Зокрема, це стосується частоти дискретизації, пов'язаної з робочою частотою контролера; та квантування, пов'язаного із роздільною здатністю АЦП та бінарною репрезентацією чисел.

На якість обробки, продуктивність та ресурсомісткість системи управління джерелом живлення в системах плазмової обробки металів суттєво впливає правильний вибір параметрів аналого-цифрового перетворення. Вибір частоти дискретизації та інтервалу квантування в комплексі з іншими чинниками визначає ефективність, точність управління і навіть стабільність системи.

Оптимальний баланс між точністю управління та раціональним використанням обчислювальних ресурсів є важливим завданням для підвищення ефективності та продуктивності систем управління. Для цього потрібно провести моделювання та комплексний аналіз залежностей між параметрами аналого-цифрового перетворення та якістю управління. Додаткові можливості для оптимізації системи керування можуть бути знайдені в результаті дослідження взаємодії цих параметрів.

Метою роботи є аналіз впливу параметрів аналого-цифрового перетворення на показники якості й ефективності управління джерелом живлення для плазмової обробки металів з метою обрання значень параметрів для досягнення оптимальної продуктивності та якості плазмової обробки металів.

Аналіз літератури показав, що зазвичай розглядають два підходи до вибору частоти дискретизації: або розробляють цифрову реалізацію неперервної системи, або розробляють одразу дискретну систему [1]. Перший підхід спрощує розробку, а другий відкриває більше можливостей для оптимізації [2]. Іноді навіть розглядають використання регулятора з різною частотою дискретизації для різних його частин [2, 3].

Для точної реконструкції аналогового сигналу з дискретизованого важливо дотримуватися умови, встановленої теоремою відліків. Ця теорема зазначає, що частота дискретизації має щонайменше вдвічі перевищувати найбільшу частоту в спектрі аналогового сигналу. Однак на практиці зазвичай використовують значно більшу частоту [4 – 8].

Менший інтервал часу між дискретними значеннями, означає більшу точність управління. Однак, занадто малий період дискретизації може призвести до нераціонального збільшення обчислювальних витрат [9]. Окрім того, робота вимірювальних компонентів на занадто високих частотах може погіршити динаміку системи і призвести до нестабільності [10].

Зазвичай використовується квантування з фіксованою комою [4]. Для великих інтервалів раціонально використовувати оптимізоване N-квантування, а в інших випадках кращий результат дає квантування з однаковими інтервалами [11].

З діаграми залежності найбільшої миттєвої різниці сигналів від періоду дискретизації на рис. 1 видно, що ця залежність є прямою, близькою до експоненційної, збільшення періоду дискретизації T_s на одиницю призводить до збільшення максимальної похибки в рази. В таблиці 1 подано числові значення цієї залежності, а також величину статичної помилки.

Збільшення інтервалу квантування теж покращує точність управління, втім збільшуючи вимоги до бітової глибини АЦП та пам'яті для зберігання отриманої величини.

З діаграми залежності найбільшої миттєвої різниці сигналів від інтервалу квантування на рис. 2 видно, що ця залежність є незначною до 0,025 і близькою до лінійної далі. В таблиці 2 подано числові значення цієї залежності, а також величину статичної помилки.

Поверхнева діаграма на рис. 3 показує взаємний вплив дискретизації та квантування на якість перехідного процесу. З цієї діаграми можна побачити, що зменшення одного з них в певних межах може компенсувати збільшення іншого.

Наочно побачити вплив цих параметрів цифрової системи управління на точність можна на прикладі порівняння моделі з інтервалом квантування 0.025 секунди й часом дискретизації 2.5×10^{-5} секунди, моделі без квантування з тим самим часом дискретизації та моделі з неперервним сигналом управління на рис. 4.

Таблиця 1 – Різниця сигналів залежно від періоду дискретизації

Час дискретизації	Максимальна помилка	Статична помилка
6,25E-06	1,34E-02	-2,84E-05
1,25E-05	2,77E-02	-5,87E-05
1,88E-05	4,33E-02	-8,79E-05
2,50E-05	6,01E-02	-1,02E-04
3,13E-05	9,05E-02	-1,10E-04
3,75E-05	3,76E-01	-5,36E-04
4,38E-05	7,89E-01	-2,53E-02
5,00E-05	2,17E+00	2,17E+00

Таблиця 2 – Різниця сигналів залежно від інтервалу квантування

Інтервал квантування	Максимальна помилка	Статична помилка
0,0010	0,0599	-0,0005
0,0025	0,0601	-0,0002
0,0050	0,0595	0,0010
0,0075	0,0642	-0,0040
0,0100	0,0608	-0,0026
0,0250	0,0599	-0,0125
0,0500	0,0731	-0,0275
0,1000	0,0892	-0,0300

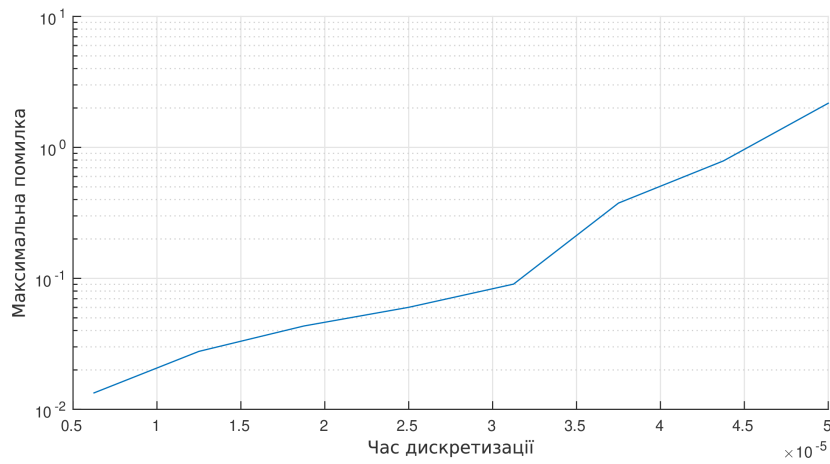


Рис. 1. Найбільша миттєва різниця сигналів залежно від періоду дискретизації

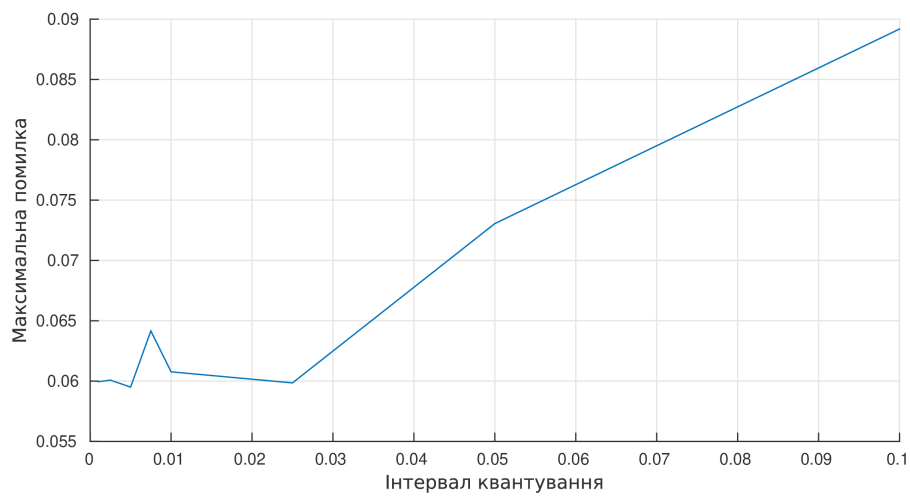


Рис. 2. Найбільша миттєва різниця сигналів залежно від інтервалу квантування

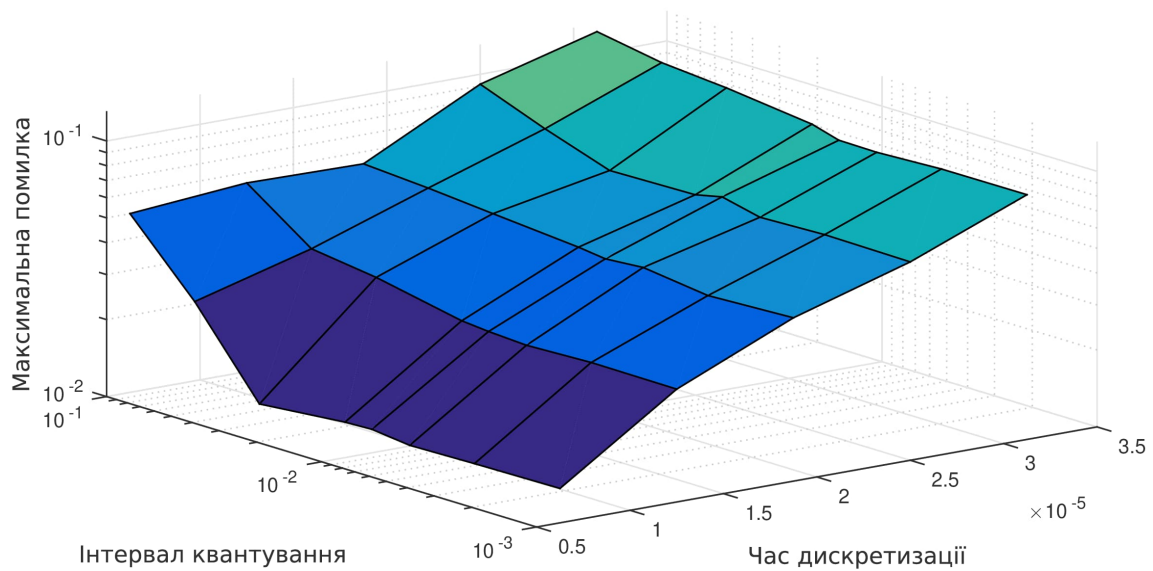


Рис. 3. Взаємний вплив періоду дискретизації та інтервалу квантування

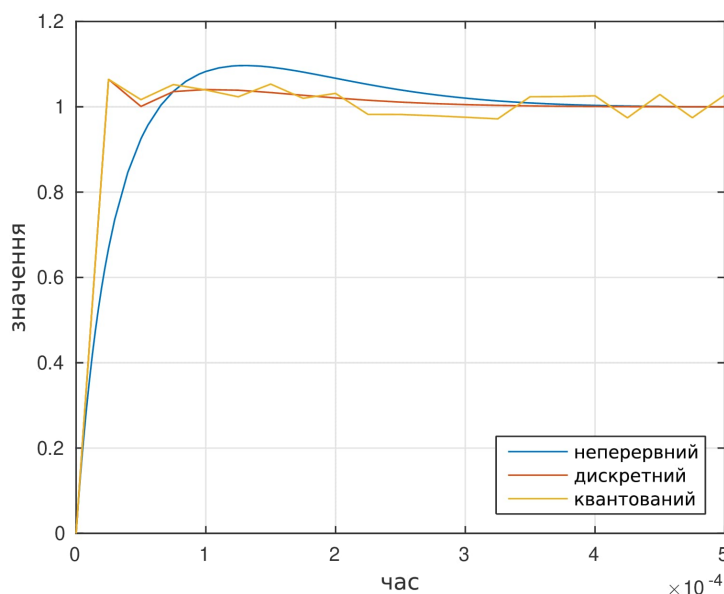


Рис. 4. Порівняння сигналів з квантуванням, дискретизацією і неперервного

Висновки. Вплив дискретизації та квантування на якість перехідного процесу може бути суттєвим, і важливо ретельно розглянути ці параметри при розробці систем обробки сигналів. Оптимальний вибір частоти дискретизації та роздільної здатності залежить від конкретних вимог і має забезпечувати відповідність показників якості системи керування.

Окрім незалежного впливу, також було досліджено взаємний вплив цих параметрів на точність управління, показано, як найбільша миттєва різниця між сигналами залежить від дискретизації та квантування і як це впливає на точність управління системою.

Предметом подальших досліджень є проектування оптимального цифрового зворотнього зв'язку в імпульсних джерелах електроживлення.

Список використаних джерел

1. Cuesta, A. PID control under sampling period constraints / A. Cuesta, L. Grau, I. López // Felipe II College (Complutense Univ.), Communications and Control Systems Dept. (UNED). — 2007. — Vol. 31. — Pp. 63—72.
2. Chen, X. Essentials of Control Systems: Discretization and Implementation of Continuous-time Design / X. Chen // University of Washington. — 2020. — 20 p.
3. Kurokawa, F. A new fast-response digital control process for switching power supply / F. Kurokawa, Y. Maeda, Y. Shibata, H. Maruta, T. Takahashi, K. Bansho, T. Tanaka, K. Hirose // Electromotion. — 2010. — Vol. 17, iss. 3. — Pp. 220—225.
4. Sozański, K. Digital Signal Processing in Power Electronics Control Circuits. / K. Sozański. — 2nd ed. — London: Springer, 2017. — 340 p.
5. Phillips, C. L. Signals, Systems, And Transforms. / C. L. Phillips, J. M. Parr, E. A Riskin. — 4th ed. — New Jersey: Pearson Education, 2008. — 774 p.
6. Малахов, В.П. Влияние Периода Дискретизации На Параметры Цифрового Филтра / В.П. Малахов, И.Д. Яковлева // Труды Одесского политехнического университета. — 2008. — Т. 30, вып. 2. — С. 181—184.
7. Карташов, В.Я. Влияние Вариаций Периода Дискретизации На Свойства Цифровых Систем Управления / В.Я. Карташов, С.С. Самойленко // Вестник КемГУ. Серия: Математика. — 2013. — Т. 1, вып. 4(56). — С. 39—44.
8. Правило вибору частоти дискретизації сигналів у системах збирання даних [Електронний ресурс] // Холіт Дейта Системс. — Режим доступу: <http://holit.ua/application/applica-20200521.html> (дата звернення: 06.11.2023).
9. Білинський, Й. Й. Електронні системи: навч. посібник / Й. Й. Білинський, К. В. Огороднік, М. Й. Юкиш. — Вінниця : ВНТУ, 2011. — 208 с.
10. Femia, N. Optimizing sampling rate of P&O MPPT technique / N. Femia, G. Petrone, G. Spagnuolo, M. Vitelli // IEEE 35th Annual Power Electronics Specialists Conference, Aachen, Germany. — 2004. — Vol. 3, Pp. 1945—1949.
11. Wood, R. On optimum quantization / R. Wood // IEEE Transactions on Information Theory. — 1969. — Vol. 15, iss. 2. — Pp. 248—252.

УДК 621.314.26

Жук О.К., к.т.н., Дзисюк Я.В., Нікуліна А.О., Слабодчиков А.А.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СУМІСНІСТЬ СИСТЕМИ БЕЗДРОТОВОЇ ЗАРЯДКИ АКУМУЛЯТОРНОГО СУДНА З БЕРЕГОВОЮ МЕРЕЖЕЮ

Анотація. Розглянуто умови інтеграції потужної системи швидкої бездротової зарядки акумуляторного судна і портової мережі, виходячи з вимог до електромагнітної сумісності, які визначаються стандартними показниками припустимих гармонічних спотворень напруги і струму мережі. Виконано модельне дослідження зазначених показників для різних схем приєднання системи бездротової зарядки до берегової мережі як за наявності, так і за відсутності гібридних керованих фільтрокомпенсуючих пристроїв. Проведено аналіз принципів ефективної мінімізації гармонічних спотворень напруги і струму мережі при одночасній корекції коефіцієнта їх фазового зсуву з урахуванням сумірності потужностей системи бездротової зарядки та портової електричної мережі. Рекомендовано, як найбільш енергоефективний варіант, використання в системі бездротової зарядки 6-ти пульсного вхідного некерованого випрямляча у поєднанні з системним керованим фільтрокомпенсуючим пристроєм, налаштованим на компенсацію 5-ї та 7-ї гармонік, замість 12-пульсного випрямляча з триобмотковим трансформатором.

Ключові слова: якість електроенергії, електромагнітна сумісність, акумуляторні судна з електричними та гібридними пропульсивними енергоустановками, індуктивна система бездротової зарядки з резонансним LLC - перетворювачем, багатопульсний вхідний випрямляч, гібридний керований фільтрокомпенсуючий пристрій.

Вступ. Використання чисто електричних рухових установок з удосконаленими літій-іонними акумуляторними батареями (АКБ) високої ємності на судах з короткими маршрутами (наприклад, на поромках або портових буксирах) може забезпечити значну економію палива та роботу з нульовим рівнем викидів за умови швидкої підзарядки до достатнього рівня енергії на кожній стоянці протягом лише 4-5 хв. [1]. Індуктивні системи бездротової зарядки (СБЗ), які містять вхідний некерований випрямляч (НВ) та резонансний LLC – інвертор з частотною стабілізацією режиму, можуть незалежно від зміни умов індуктивного зв'язку забезпечити надійну і негайну передачу енергії на судно протягом всього часу стоянки [1].

Особливістю сучасних морських зарядних пристроїв є їх висока номінальна потужність (до декількох мегават) [2]. Отже, успішне впровадження технології індуктивної зарядки в морському секторі вимагає, насамперед, вирішення проблеми електромагнітної сумісності СБЗ з портовою береговою мережею сумірної потужності.

Метою даної роботи є забезпечення умов інтеграції потужних систем швидкої бездротової зарядки і портової інфраструктури шляхом пошуку та реалізації енергоефективних принципів забезпечення стандартних норм якості електроенергії (ЯЕ) – припустимих показників гармонічних спотворень напруги і струму мережі.

Задачі, які необхідно вирішити для досягнення мети:

1. Аналіз можливих варіантів схем приєднання СБЗ до портової мережі.
2. Порівняльне модельне дослідження впливу індуктивних СБЗ з резонансними інверторними LLC – перетворювачами та вхідними НВ різної пульсності на показники гармонічних спотворень та фазового зсуву напруги і струму в комплексі портова мережа – СБЗ за відсутності додаткових засобів забезпечення ЕМС.
3. Модельне дослідження ефективності впливу гібридного керованого фільтрокомпенсуючого пристрою (КФКП), що має удосконалену двоканальну структуру, на показники спотворень та фазовий зсув напруги і струму в портовій мережі з СБЗ.
4. Розробка практичних рекомендацій щодо забезпечення ЯЕ в портовій мережі, що живить індуктивну СБЗ сумірної потужності.

Наукова новизна полягає в модельній перевірці принципової можливості використання нової структури КФКП з двома нерегульованими резонансними фільтрами (РФ), налаштованими на 5-у і 7-у гармоніки, та регульованим реакторним компенсатором (РК) для ефективної корекції коефіцієнта зсуву з одночасним обмеженням рівня вищих гармонік в берегових мережах з потужними індуктивними СБЗ.

Основна частина. Міжнародні стандарти ЯЕ ІЕС 6100-4-30 та ІЕС 60092-101 визначають жорсткі припустимі рівні гармонік напруги і струму в судових і берегових мережах. Наприклад, інтегральний коефіцієнт гармонічних спотворень напруги THD_v не повинен перевищувати 5%, а будь-яка гармоніка (до 50-ї включно) не повинна перевищувати 3%. Виконання зазначених вимог передбачає необхідність попередньої оцінки показників ЯЕ, а також розробки ефективних засобів їх забезпечення з урахуванням особливостей мереж.

Визначальний вплив на характер і ступінь спотворень напруги і струму мережі живлення з СБЗ справляють вхідні діодні 6-пульсні або 12-пульсні НВ, відповідно з дво- та триобмотковими трансформаторами, які мають найбільше практичне використання в СБЗ з вхідною ланкою постійного струму (рис.1).

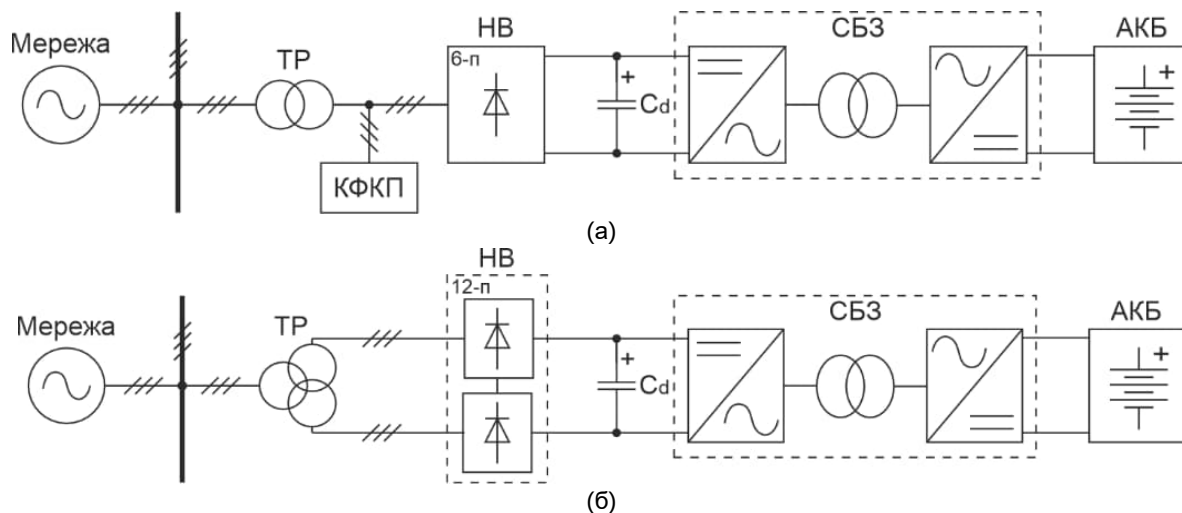


Рис 1. Схеми приєднання СБЗ до берегової мережі а) з 6-пульсним входним НВ; б) з 12-пульсним входним НВ

MATLAB- моделі комплексів берегова мережа – індуктивна СБЗ з 6-пульсним та 12-пульсним входними НВ показані на рис. 2 і рис. 3.

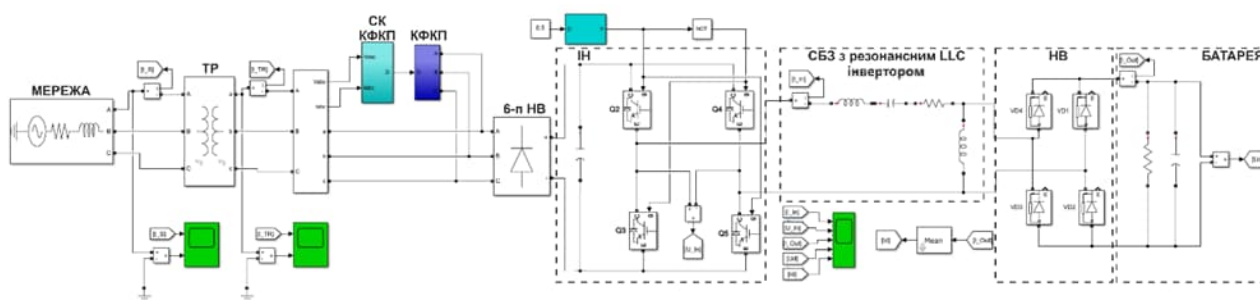


Рис 2. MATLAB- модель комплексу з 6-пульсним входним НВ СБЗ

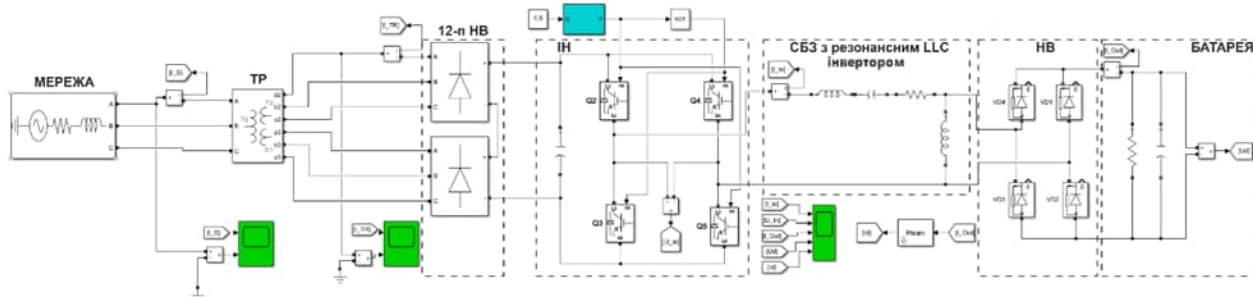


Рис 3. MATLAB- модель комплексу з 12-пульсним входним НВ СБЗ

Підвищення пульсності входних НВ рекомендується як основний шлях забезпечення ЯЕ в мережі з СБЗ. Система з 6-пульсним входним НВ досліджувалася як за відсутності, так і за наявності удосконаленого мережевого дволанкового КФКП, MATLAB-модель якого показана на рис. 4. Двоканальний КФКП складається з двох нерегульованих резонансних фільтрів 5-ї і 7-ї гармонік (РФ5, РФ7) та реакторного компенсатора, регульованого за допомогою напівпровідникового комутатора на IGBT ключах. Аналіз КФКП з одноланковим РФ 5-ї гармоніки виконано в [3].

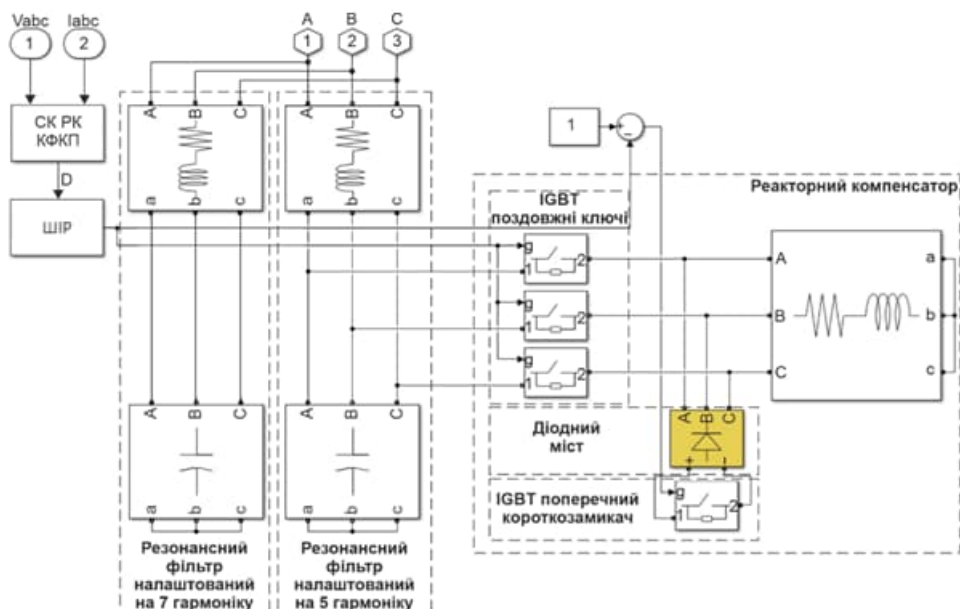


Рис 4. MATLAB-модель дволанкового системного КФКП з регульованим РК

Структурна схема системи керування (СК) РК з широтно-імпульсним регулюванням (ШИР) представлена на рис. 5.

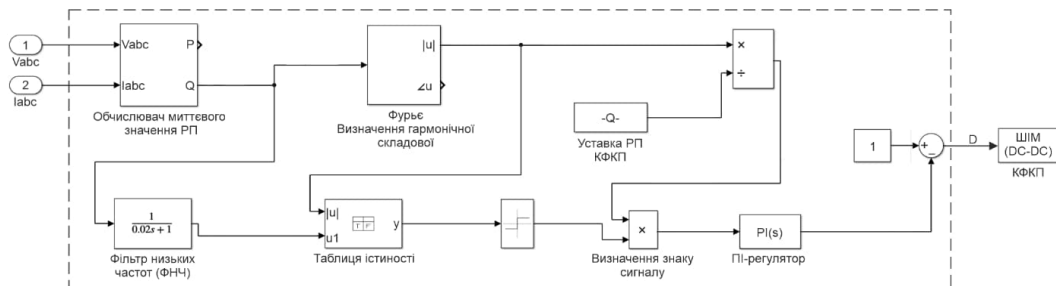


Рис 5. Структурна схема ШИР РК

До складу пристрою ШІР входять стандартний цифровий блок обчислення миттєвого значення реактивної потужності (РП) Q , споживаної з мережі СБЗ разом з КФКП, та фільтр нижніх частот для виділення постійної складової y у сигналі Q

$$Q = \frac{1}{\sqrt{3}} (i_{SA} u_{SBC} + i_{SB} u_{SAC} + i_{SC} u_{SAB})$$

Схема ШІР визначає шпаруватість керування РК таким чином, що значення реактивної потужності мережі Q прямує до нуля, а коефіцієнта зсуву – до одиниці при будь-якому режимі СБЗ.

Результати дослідження ЯЕ представлені на рис. 6,7,8 для різних варіантів комплексу портова мережа – СБЗ з наступними головними номінальними параметрами: повні потужності джерела мережі та вхідних трансформаторів СБЗ – відповідно 650 кВА і 375 кВА; лінійні напруги: мережі – 10 кВ; на виходах двообмоткових та триобмоткових вхідних трансформаторів СБЗ – відповідно 600 В і 300 В. Вихідна частота LLC – інвертора – 50 кГц. Зарядна напруга і постійна складова зарядного струму АКБ – відповідно 800 В і 350 А.

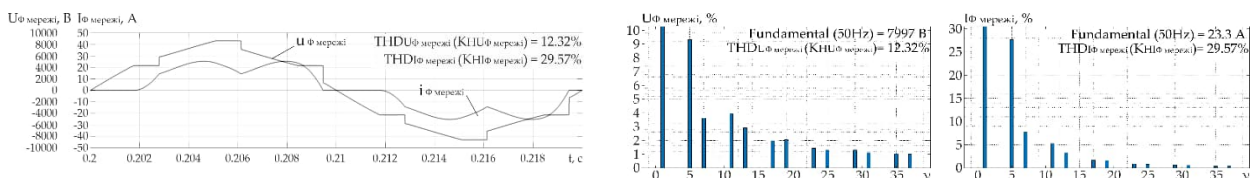


Рис 6. Часові діаграми та спектри напруги і струму мережі при роботі СБЗ з 6-пульсним НВ без КФКП

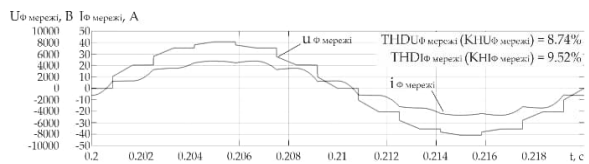


Рис 7. Часові діаграми та спектри напруги і струму мережі при роботі СБЗ з 12-пульсним НВ без КФКП

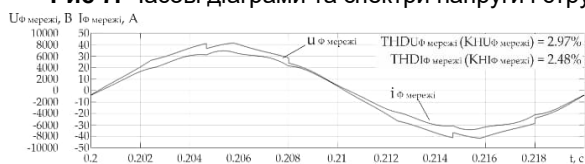


Рис 8. Часові діаграми та спектри напруги і струму мережі при роботі СБЗ з дволанковим системним КФКП

Осцилограми напруг і струмів окремих внутрішніх елементів dc/dc перетворювача досліджуваної індуктивної СБЗ наведені на рис. 9; вони практично співпадають для всіх варіантів розглянутих моделей, показаних на рис. 2 і 3.

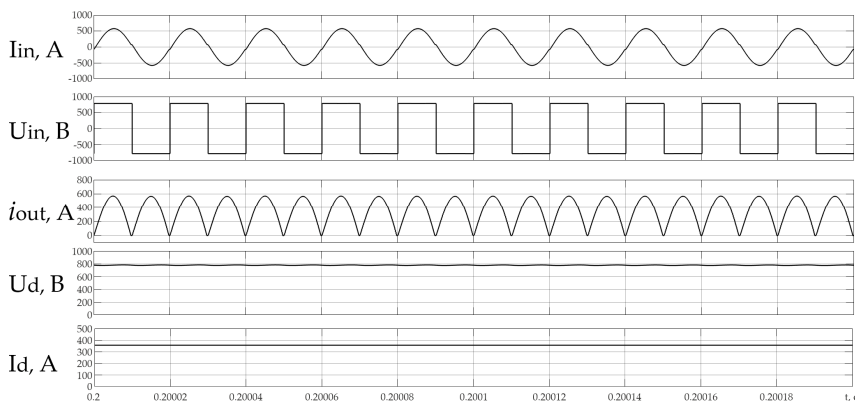


Рис 9. Результати моделювання струмів і напруг СБЗ з LLC інвертором

Висновки. Використання для варіанта СБЗ з економічним 6-пульсним входним НВ системного КФКП на основі удосконаленої дволанкової гібридної структури дозволяє забезпечити стандартні вимоги до ЯЕ, знижуючи THD_U та THD_I від 12,32% і 29,57% до 2,97% і 2,48% відповідно, одночасно повністю компенсуючи реактивну потужність. Порівняно з варіантом СБЗ, що містить 12-пульсний НВ при відсутності КФКП, таке рішення забезпечує більшу ефективність при меншій вартості.

Список використаних джерел

- [1] Жук О.К., Дзисюк Я.В., Нікуліна А.О. Побудова і управління енергоефективних безконтактних зарядних систем електричних суден: Матеріали 14-ї Міжнародної науково-практичної конференції СЕУТТОО-2023 – Херсон: ХДМА https://ksma.ks.ua/?page_id=2110
- [2] G. Guidi, J. A. Suul, F. Jensen, and I. Sørensen, "Wireless Charging for Ships: High-power inductive charging for battery electric and plugin hybrid vessels," IEEE Electrification Magazine, pp. 23 -32, Sept. 2017. doi: 10.1109/MELE.2017.2718829
- [3] O. Zhuk, D. Zhuk, D. Kryvoruchko, D'yakonov. Control of Improved Hybrid Power Line Conditioner. 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). Conference Proceedings, 2018, Kyiv, Ukraine. IEEE Catalog Number: CFP1805U-USB, ISBN: 978-1-5386-6382-0, pp. 605-610.

УДК 621.314.26

*Жук О.К., к.т.н., Макаров А.В.**Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв***ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ЗАРЯДНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ОБ'ЄКТА**

Анотація. Розвиток інтелектуальних технологій, систем зв'язку, сучасного інформаційно-вимірювального обладнання та мультикоптерних дронів дозволяє створювати організовані системи для виконання спеціальних задач, серед яких особливої актуальності набуває розробка автономних мобільних систем для адаптивного захисту об'єктів критичної інфраструктури, розвідки і т.п.

Використання сучасних Li-ion акумуляторних накопичувачів дозволяє розмістити автономні системи електроживлення для підзарядки дронів у важкодоступних захищених місцях без прямого втручання людини навіть при відсутності стаціонарних джерел живлення.

У роботі розглядаються основні напрямки удосконалення існуючих варіантів зарядних пристроїв, пов'язані насамперед з використанням інтелектуальної системи BMS (Battery Management System) Li-ion акумуляторних батарей, за допомогою якої забезпечується моніторинг, керування і безпечна експлуатація акумуляторів.

Ключові слова: безпілотні літаючі апарати (БПЛА), Li-ion акумуляторна батарея, інтелектуальний зарядний пристрій, знижувально-підвищувальний (BUCR-BOOST) DC-DC перетворювач зарядного пристрою, SMART BMS з керуванням по Bluetooth.

Вступ. Для надійного захисту об'єктів критичної інфраструктури Україні вкрай потрібний розвиток сучасних технологій ведення війни. Крім нових ракет великої дальності, систем протиповітряної оборони також необхідні автономні безпілотні бойові пристрої: наземні, морські і літаючі. БПЛА, необхідні для розвідки і знищення ворога, мають вбудовані акумуляторні батареї, які забезпечують їх тимчасову автономність. Основна проблема БПЛА полягає в необхідності скорочення часу заряджання таких батарей, зокрема найбільш ефективних Li-ion [1].

Мета роботи полягає в розробці принципів побудови та у практичному створенні реального зарядного пристрою, який зможе забезпечити швидке, контрольоване без оператора, заряджання акумуляторної батареї як від стаціонарної мережі змінного струму 220В, 50Гц, так і від автономного джерела постійної напруги 12-14.4В. Таким джерелом може бути будь-який інший акумуляторний накопичувач або мережа автомобіля, що підключається через прикурювач. Останній варіант в умовах України є дуже актуальним.

Для досягнення зазначеної мети вирішені наступні основні задачі:

- Побудова функціональної блок-схеми зарядного пристрою
- Розробка знижувально-підвищувального (BUCR-BOOST) DC-DC перетворювача у складі пристрою
- Розробка принципової схеми комутації живлення пристрою з інтелектуальною системою керування
- Аналіз можливості створення у перспективі безконтактного зарядного пристрою і його структури.

Новизна практичної розробки полягає в тому, що аналогів подібного пристрою в однокорпусному варіанті не існує. Крім того, одним з найголовніших показників є орієнтовна вартість виконаної практичної реалізації становить 250 доларів, тоді як аналоги коштують 500 – 700 доларів. Унікальна перевага розробленого та виготовленого пристрою полягає у можливості заряду одразу двох акумуляторних батарей. Відмінною особливістю є вбудована у пристрій система BMS, яка має можливість під'єднання через Bluetooth до смартфона для відображення усіх параметрів акумуляторної батареї і, найголовніше, зберігати при цьому режим радіотиші.

Основна частина. Li-ion акумулятори, що використовуються в дроні, мають багато переваг перед іншими типами акумуляторів, такими як свинцево-кислотні, нікель-кадмієві та нікель-металогідридні. По-перше, вони мають найвищу щільність енергії серед усіх типів акумуляторів. Вони здатні розряджатися при великих значеннях напруги та струму за короткий проміжок часу, що робить їх ідеальним рішенням для потужних мобільних додатків. Вони не потребують особливого обслуговування, не мають ефекту пам'яті та добре масштабуються [2].

В акумуляторній батареї БПЛА, використовуються акумулятори типу 18650В фірми Panasonic з такими характеристиками:

Максимальна напруга 4.2 вольт.

Номінальна напруга і ємність комірки 3.7В і 3500 мАг.

Номінальна ємність комірки 3500 мАг. Використовуємо 7 комірок типу 18650В, з'єднаних послідовно.

Максимальна напруга і ємність 29.4В і 3500 мАг. максимальний струм заряду не повинен перевищувати 1С (так рекомендує завод виробник).

Максимальний зарядний струм становить 3.5А (швидкість заряду теж дуже важлива).

Перемикання і вибір вихідних параметрів зарядного пристрою здійснюється автоматично: при живленні від постійної напруги 12В - вихід 2х 29.4В, 2.2А, а при живленні від мережі 220В50 Гц - вихід 2х29.4В 3.5А.

Характеристики розрядки комірки показані на рис.1

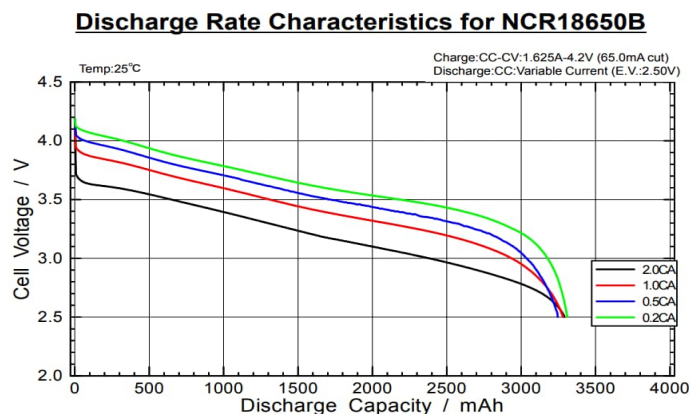


Рисунок 1. Характеристики розрядки комірки

Функціональна блок-схема зарядного пристрою представлена на рис.2

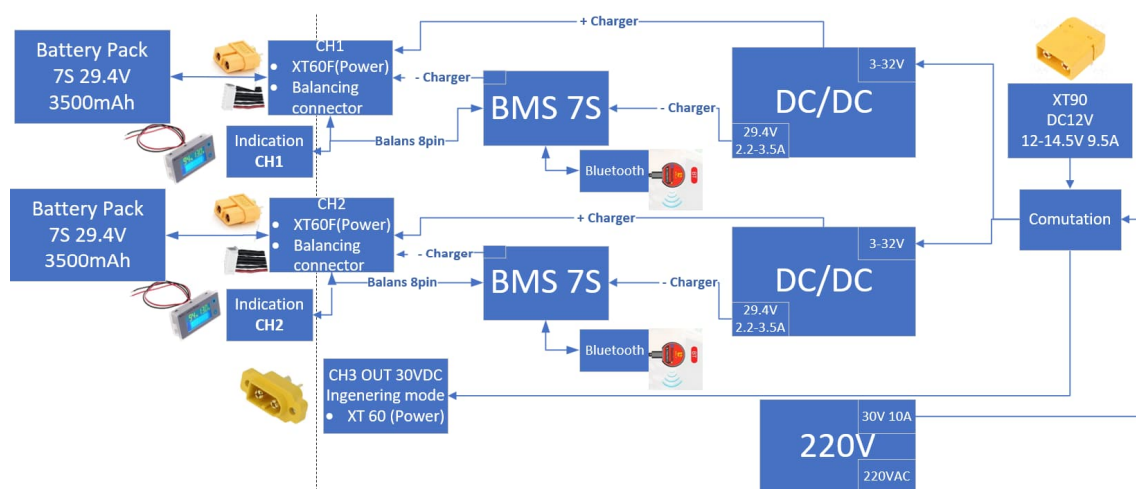


Рисунок 2. Функціональна блок-схема зарядного пристрою

Таким чином, на борту БПЛА є випрямляч, що перетворює змінну напругу в постійну, що надходить на входи двох стабілізованих DC-DC перетворювачів BUCK/BOOST. Вихідна напруга останніх подається на SMART BMS, яка контролює процес зарядки, слідкує за параметрами кожної комірки та балансує їх. Після SMART BMS напруга живлення надходить на самі акумуляторні батареї, на яких встановлені графічні ідентифікатори для швидкого визначення фактичної ємності кожної батареї.

Функціональну схему імпульсного джерела вторинного електроживлення зарядного пристрою зображено на рис. 3

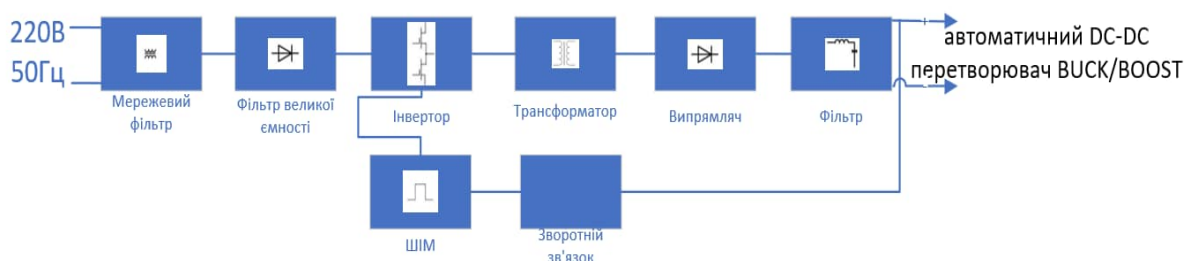


Рисунок 3. Функціональна схема імпульсного джерела вторинного електроживлення зарядного пристрою

Якщо використовується мережа змінної напруги 220 В, 50 Гц [3], спочатку ця напруга випрямляється за допомогою діодного моста та згладжується електролітичним конденсатором великої ємності. Далі згладжена напруга за допомогою інвертора знову перетворюється на змінну, але вже значно більшої частоти. В сучасних імпульсних блоках живлення вона має порядок десятків – сотень кілогерц. Це дає змогу значно знизити розміри знижувального трансформатора, через який передається ця напруга. Для підтримання заданого рівня напруги на навантаженні незалежно від зміни його параметрів та інших чинників впливу, необхідно змінювати параметри широтно-імпульсної модуляції інвертора. Роботою напівпровідникових ключів інвертора керує ШІМ-контролер, який отримує сигнал за зворотним зв'язком. ШІМ-контролер може виконуватися у вигляді окремої мікросхеми або в єдиному корпусі з напівпровідниковими ключами. Потім знижена напруга вторинної обмотки трансформатора знову випрямляється, згладжується і стабілізується.

Другий варіант – це заряд від постійної напруги [4], коли живлення від будь якого іншого акумулятора, або від прикурювача автомобіля надходить на автоматичний DC-DC перетворювач BUCK/BOOST (знижувальний/підвищувальний), що має ККД до 95%. Коли вхідна напруга може бути вище, або нижче або дорівнювати вихідній напрузі, перетворювач повинен виконувати функції зниження або підвищення. На відміну від рішень, що вимагають громіздких трансформаторів, LTC3780 відповідає цим вимогам найбільш компактно і ефективно, використовуючи лише одну готову котушку індуктивності і один струмовий резистор. Він підходить для використання в схемах зарядки практично будь-якого акумулятора. Модуль має вбудований захист від короткого замикання на виході та неізолюваний індикаторний світлодіод. Три потенціометри на платі регулюють вихідну напругу та обмеження струму.

Принципова схема DC-DC перетворювача показана на рисунку 4

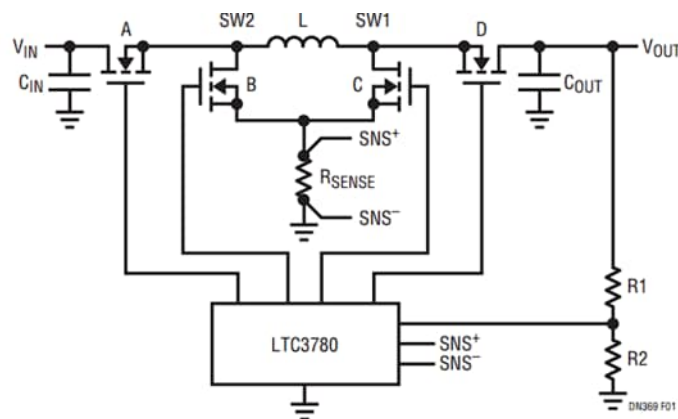


Рисунок 4. Принципова схема DC-DC перетворювача

Характеристики автоматичного DC-DC перетворювач BUCK/BOOST:

Вхідна напруга: DC 5-32В

Вихідна напруга: DC1V-30В регульована

Вихідний струм: Тривалий 8А, 10А пікове значення

Вихідна потужність: тривала 80 Вт, пікове значення 130 Вт, якщо потужність понад 80 Вт потрібне додаткове охолодження

Вихідні пульсації: 50mV

Діапазон робочих температур: -45 ~ + 85 °C

Для кращої комутації блоку живлення та зарядних DC/DC перетворювачів було прийняти зробити перехідну плату з індукційно ємнісним фільтром для згладжування перешкод, та з використанням системи так званий ідеальний діод. На рисунку 5 показані роз'єми для:

- Вихідної напруги з блоку живлення 29.4 В 10А
- Вхідної напруги живлення від будь-якого джерела постійної напруги
- Під'єднання живлення на вхід DC-DC перетворювача.

Для згладжування вхідної напруги було використано індукційно - ємнісний фільтр, що будується на реактивних елементах, які мають властивість накопичувати електричну енергію - дроселях і конденсаторах. Також на борту використана система ідеального діода. Оскільки при протіканні струму через звичайний діод є втрата напруги, було прийнято рішення реалізувати всі ключі на МОП транзисторах.

На платі використані заводські лінійні перетворювачі напруги на два рівні. 12 вольт – для живлення вентилятора охолодження і 3.3В для керування оптореле. VT1, VT3, VT5, VT6 відповідають за керування індикатором, що встановлюється на корпусі зарядного пристрою. VT2, VT4 – відповідають за зв'язок мобільного телефону зі SMART BMS по Bluetooth (він має можливість вмикання і вимикання, коли потрібна радіотиша).

VT7, VT8 – вмикають додатковий опір, для регулювання вихідного струму зарядного пристрою. Вихідний струм при живленні від 12В становить 2.2А на кожен з двох виходів.

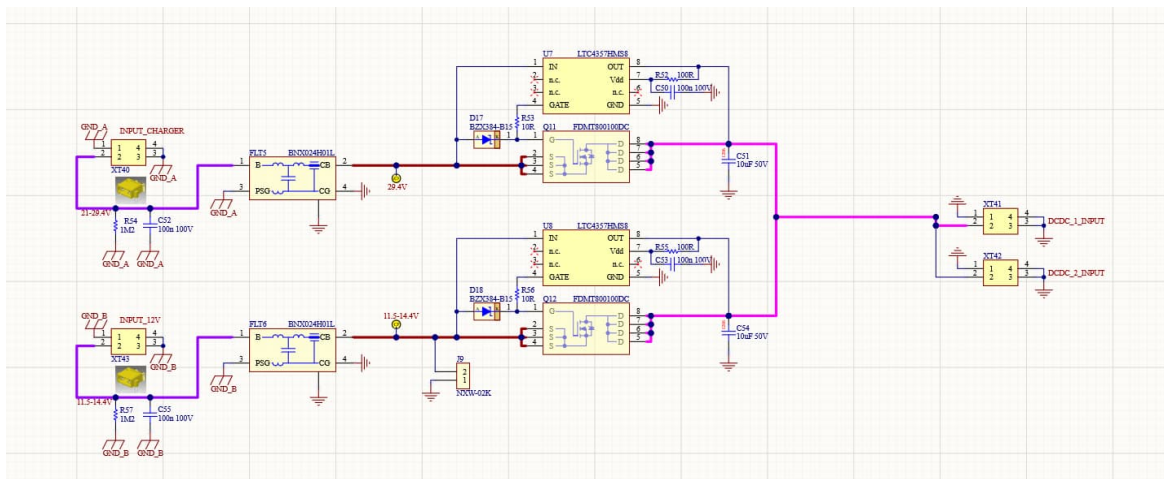


Рисунок 5. Принципова схема комутації силового живлення

Загальний вигляд РСВ плат комутації зарядного пристрою показано на рис. 6

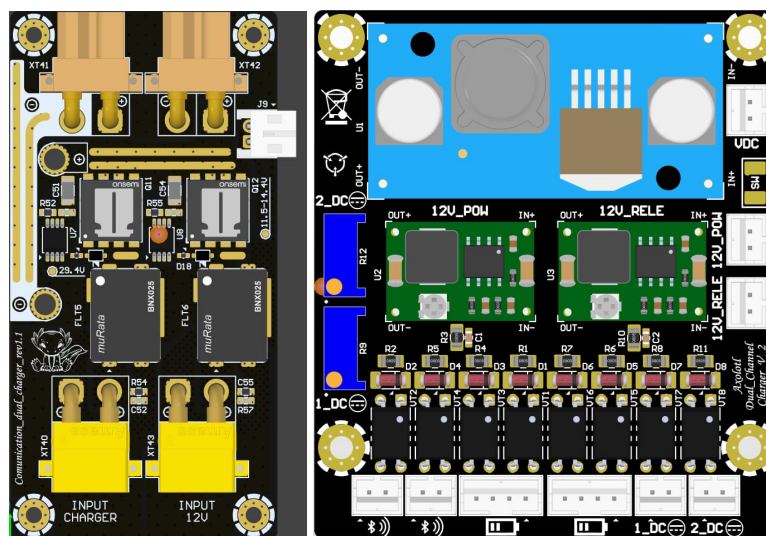


Рисунок 6. Загальний вигляд РСВ плат зарядного пристрою

Інтелектуальна частина зарядного пристрою, окрім схеми комутації силового живлення містить також SMART BMS [5]. Основна функція BMS - не давати виходити межі робочих напруг як усієї акумуляторної батареї загалом, так і кожної окремої паралелі. Використовується BMS плата DaLy Li-ion 24V 7S 20A симетрія - система управління та балансування Li-ion акумулятора.

Характеристики:

- номінальна напруга - 24В
- напруга заряду - 29.4В

- напруга розряду - 18.9V
- кількість балансуючих каналів - 7
- струм балансування - 30 ± 5 mA
- захист від перезаряду - 4.25V
- захист від перерозряду - 2.70V
- струм розряду, A - 150 (100mC)
- максимальний струм заряду - 10A
- максимальний струм розряду – 20A
- температура розряду, град - 20...+70C
- температура заряду, град -0...+50C

Зарядний пристрій на борту БПЛА має SMART BMS (рис.7) з можливістю під'єднання по Bluetooth до смартфона з можливістю виставляти всі пороги мінімальної, максимальної напруги, температури вимкнення тощо, а також найголовніше, що можна здійснювати моніторинг всіх параметрів акумулятора. Загальний вигляд практичної реалізації інтелектуального зарядного пристрою показаний на рис. 8.



Рисунок 7. Загальний вигляд SMART BMS



Рисунок 8. Практична реалізація інтелектуального зарядного пристрою

Можливість створення у перспективі безконтактного зарядного пристрою, його структура.

Спосіб передачі електричної енергії на відстань без використання струмопровідного середовища називається бездротовою або індукційною передачею. Для того щоб система працювала, потрібна передавальна індукційна котушка і котушка-приймач у самому зарядному пристрої. Першу вмикають в коло генератора високої частоти, а в другій при близькому знаходженні з нею індукується ЕРС, в результаті впливу якої і заряджається акумулятор. Принципова схема системи індукційної передачі представлена на рис. 9.

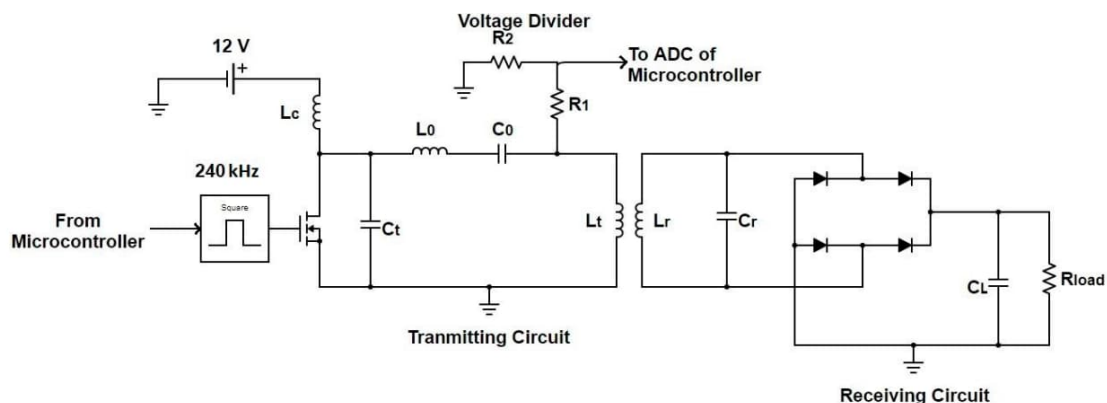


Рисунок 9. Принципова схема системи індукційної передачі електроенергії

Вже навіть існують заводські пристрої компанія WiBotic представила універсальну платформу для автономної зарядки БПЛА різних типів і розмірів [6]. Платформа називається PowerPad Pro і являє собою підставку з вбудованою системою бездротової зарядки, яка може обслуговувати дрони без необхідності підключення кабелів або зміни акумуляторів (рис.10)



Рисунок 10. Вигляд платформи для бездротової зарядки БПЛА

Висновки Створено діючу модель інтелектуального зарядного пристрою для швидкої зарядки одразу для двох акумуляторів. Пристрій використовує імпульсний блок живлення, з автоматичним DC-DC перетворювачем для заряду Li-ion акумуляторів, з власними платами комутації та SMART BMS. Інтелектуальною частиною є SMART BMS смарт БМС і можливість віддаленого керування режимом зарядки. Основними перевагами порівняно з аналогами є ціна і використання двох джерел живлення (постійної і змінної напруги) в одному корпусі. Заявлені характеристики: напруга і струм заряду 29.4В; 3.5 А при живленні від мережі 220В та 29.4В; 2.2 А при живленні від джерела постійної напруги. Має захист від потрапляння вологи, на борту встановлені індикатори на кожен канал, для швидкого визначення залишку заряду. Підтримує режим радіотиші.

Характеристики даного зарядного пристрою дуже еластичні, їх можна змінювати, тому можна назвати даний пристрій універсальним ..

Список використаних джерел

- [1] N. Atikah , A. H. Al Ghabid, W. Sutopo , A. Purwanto , M. Nizam. Technical Feasibility for Technology Commercialization of Battery Lithium Ion, in proc. "IEEE International Conference on Electrical Engineering and Computer Science", 2014, DOI: [10.1109/ICEECS.2014.7045268](https://doi.org/10.1109/ICEECS.2014.7045268)
- [2] BU-409: Charging Lithium-ion. Електронний ресурс [https:// batteryuniversity.com/article/bu-409-charging-lithium-ion](https://batteryuniversity.com/article/bu-409-charging-lithium-ion)
- [3] Luke Navas. Drone Battery Charger, Power Electronics Term Paper Term – 11/30/2019
- [4] TIDUBQ4A–July 2016–Revised July 2016 . Submit Documentation Feedback Non-Military Drone, Robot, or RC 2S1P. Battery Management Solution. Reference Design © 2016, Texas Instruments Incorporated
- [5] M.F.M.Elias,K.M.Nor, A K Arof. Design of Smart Charger for Series Lithium-Ion Batteries, in proc. "Power Electronics and Drives Systems", 2005. PEDS 2005. International Conference Volume: 2, DOI: 10.1109/PEDS.2005.1619923 · Source: IEEE Xplore
- [6] A. Rohan, M. Rabah, M.Talha and Sung-Ho Kim. Development of Intelligent Drone Battery Charging System Based on Wireless Power Transmission Using Hill Climbing Algorithm, MDPI, Appl. Syst. Innov. 2018, 1(4), 44; <https://doi.org/10.3390/asi1040044>

СЕКЦІЯ 1. ІМПУЛЬСНІ ПРОЦЕСИ І ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.319.4

В.І. Гунько, О.Д. Танасова, Т.А. Фещук

Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України, м. Миколаїв

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МІЦНОСТІ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ ЗАНУРЮВАЛЬНИХ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ІМПУЛЬСНИХ КОНДЕНСАТОРІВ

Одним із напрямів діяльності Інституту імпульсних процесів та технологій НАН України (ІІПТ) є створення розрядно-імпульсних установок для підвищення дебіту нафтових та газових свердловин за рахунок очищення привибійної зони від різного роду відкладень. Найбільш ефективним способом очищення привибійної зони та підвищення дебіту свердловини є навантаження привибійної зони імпульсним тиском, що виникає в результаті електричного розряду в рідині [1].

У свердловинних розрядно-імпульсних установках, як накопичувачі електричної енергії, застосовуються занурювальні високовольтні імпульсні конденсатори, до яких пред'являється вимога обмежених габаритів при високій надійності. Крім того, на відміну від високовольтних імпульсних конденсаторів для розрядно-імпульсних установок загальнопромислового призначення, до занурювальних конденсаторів висуваються додаткові вимоги - вони повинні мати циліндричне виконання і бути строго певного діаметру, який обмежений діаметром свердловини, а також повинні забезпечувати роботу в умовах підвищеної температури середовища до 100 °С та зовнішнього гідростатичного тиску до 50 МПа. Одним із шляхів вирішення поставленого завдання є підвищення питомих енергетичних характеристик високовольтних імпульсних конденсаторів (відносини енергії, що запасається до обсягу виробу) при збереженні величини сумарного напрацювання від початку експлуатації до переходу в критичний стан (ресурсу). Це можливо за рахунок використання робочого діелектрика секцій конденсаторів матеріалів з високою електричною міцністю і низьким тангенсом кута втрат, наприклад, полімерних плівок.

Проведені в ІІПТ дослідження показали, що застосування в конструкціях конденсаторів діелектричних систем на основі полімерних плівок, з просоченням малов'язкою неполярною рідиною, дозволяє підвищити, в порівнянні з застосуванням раніше паперово-плівковим діелектриком, питому енергію конденсаторів, що запасається в два рази при збереженні ресурсу. Якщо ж зберігати незмінною питому енергію, що запасається, то ресурс конденсатора підвищується більш, ніж в 10 разів [2, 3].

В результаті досліджень електрофізичних характеристик різних багатошарових плівкових діелектричних структур та їх компонентів було показано, що найбільш перспективним для застосування в якості робочого діелектрика високовольтних імпульсних конденсаторів є тришаровий плівковий поліпропіленово-поліетилентерефталатний діелектрик з варіативним відсотковим вмістом полярної та неполярної складової. Для просочення такого діелектрика доцільно використовувати малов'язку електроізоляційну рідину [4,5].

Роботи з удосконалення занурювальних високовольтних імпульсних конденсаторів для розрядно-імпульсних установок обробки привибійної зони нафтових та газових свердловин ведуться у різних напрямках. Для підвищення надійності конденсаторів з їх конструкції виключені металеві сильфони, що забезпечують механічну компенсацію температурного збільшення об'єму просочуючого діелектрика конденсатора. Замість таких компенсаторів у конструкції конденсатора передбачений певний обсяг, що заповнюється електрично міцним газом, який є речовиною, що стискається. При експлуатації конденсатора за умов підвищених температур усередині корпусу конденсатора створюється надлишковий тиск і відбувається насичення рідкого діелектрика газом. Тоді газ, що насичує рідкий діелектрик, стає одним з компонентів діелектричної системи високовольтного імпульсного конденсатора, довговічність якої значною мірою залежить від електричної міцності рідини, як найбільше електрично слабкого компонента діелектричної системи.

Раніше були проведені експериментальні дослідження з оцінки впливу температури та надлишкового тиску на електричну міцність касторової олії та поліметилсилоксанової рідини ПМС-20, при насиченні їх елєгазом або азотом [6]. Дослідження показали вплив надлишкового тиску газу у $3 \cdot 10^5$ Па на компенсацію зниження електричної міцності рідин при підвищенні температури до 100 °С.

Мета роботи є дослідження впливу підвищених температур та тиску на електричну міцність складної діелектричної системи: твердий багатошаровий діелектрик-електроізоляційна рідина-електрично міцний газ.

Для проведення експериментальних досліджень вибрано два типи плівкового діелектрика – тришаровий комбінований поліпропіленово-поліетилентерефталатний діелектрик загальною товщиною 39 мкм та чотиришаровий поліетилентерефталатний діелектрик загальною товщиною 40 мкм, які просочені поліметилсилоксановою рідиною. Діелектрик на основі тільки поліпропіленової плівки не розглядався, як не перспективний, через малу величину його відносної діелектричної проникності.

Для порівняння електричної міцності досліджуваних діелектричних систем обраний п'ятишаровий комбінований паперово-поліетилентерефталатний діелектрик загальною товщиною 55 мкм, просочений касторовою олією.

Як газоподібні компоненти діелектричної системи використовували елєгаз і азот.

Експериментальні дослідження визначення електричної міцності обраних діелектричних систем проводилися на макетах циліндричних секцій. Макети секцій розміщувалися в металевих індивідуальних випробувальних корпусах і піддавалися термовакуумному сушінню та просоченню за відповідними режимами – для конденсаторів з плівковим діелектриком і для конденсаторів з комбінованим паперово-плівковим діелектриком, відповідно.

Дані, щодо визначення електричної міцності різних типів діелектричної системи: твердий багатошаровий діелектрик-електроізоляційна рідина-електрично міцний газ, при різних температурах і тисках, наведені в табл.1.

Таблиця 1 Значення електричної міцності різних типів діелектричної системи

Твердий багато-шаровий діелектрик	Товщина діелектрика, мкм	Просочуюча рідина	При насиченні елєгазом			При насиченні азотом		
			тиск, Па	Темп., °C	Е _{пр ср} , кВ/мм	тиск, Па	Темп., °C	Е _{пр ср} , кВ/мм
Поліпропіленово-поліетилентерефталатний	39	Поліметил-силоксанова рідина ПМС-20	атм	15	427,3	атм	15	408,0
			0,7·10 ⁵	80	384,7	0,7·10 ⁵	80	366,3
			0,9·10 ⁵	100	350,7	0,9·10 ⁵	100	334,0
			2,0·10 ⁵	15	560,6	2,0·10 ⁵	15	533,9
			2,4·10 ⁵	80	505,1	2,4·10 ⁵	80	481,0
			2,6·10 ⁵	100	459,1	2,6·10 ⁵	100	437,2
Поліетилентерефталатний	40		атм	15	384,6	атм	15	367,1
			0,7·10 ⁵	80	346,5	0,7·10 ⁵	80	330,7
			0,9·10 ⁵	100	316,7	0,9·10 ⁵	100	302,3
			2,0·10 ⁵	15	506,7	2,0·10 ⁵	15	483,7
			2,4·10 ⁵	80	456,5	2,4·10 ⁵	80	435,8
			2,6·10 ⁵	100	415,0	2,6·10 ⁵	100	396,2
Паперово-поліетилентерефталатний	55	Касторова олія	атм	15	376,7	атм	15	361,4
			0,7·10 ⁵	80	342,4	0,7·10 ⁵	80	325,5
			0,9·10 ⁵	100	311,0	0,9·10 ⁵	100	295,9
			2,0·10 ⁵	15	466,1	2,0·10 ⁵	15	443,8
			2,4·10 ⁵	80	419,9	2,4·10 ⁵	80	399,8
			2,6·10 ⁵	100	381,7	2,6·10 ⁵	100	363,4

Для кожного виду випробувань було підготовлено по п'ять випробувальних корпусів, при цьому на одному з кожних п'яти корпусів був встановлений манометр для фіксації тиску в корпусі при температурі випробування.

З урахуванням коефіцієнтів об'ємного розширення просочуючих рідин (поліметилсилоксанової рідини ПМС-20 і касторової олії) із випробувальних корпусів відбувався слив частини рідини у відповідних кількостях.

Після зливу рідин випробувальні корпуси заповнювалися елєгазом без надлишкового тиску і витримувалися при температурі навколишнього середовища 15 °C протягом 24 години та макети секцій доводилися до електричного пробію. Електричний пробій макетів секцій здійснювався на апараті АИИ-70.

Потім випробувальні корпуси нагрівалися до (80^{+5}) °C, витримувалися за цієї температури чотири години і макети секцій доводилися до електричного пробію. Аналогічно проводилося визначення електричної міцності макетів секцій при (100^{+5}) °C. Температури випробувань (80^{+5}) °C та (100^{+5}) °C обрані виходячи з температурних умов експлуатації занурювальних конденсаторів – до 80 °C для газових свердловин та до 100 °C для нафтових свердловин.

При визначенні електричної міцності досліджуваних діелектричних систем в умовах надлишкового тиску і підвищених температур випробувальні корпуса з макетами секцій, просочених поліметилсилоксановою рідиною ПМС-20 і касторовою олією, заповнювалися елєгазом при надмірному тиску $2 \cdot 10^5$ Па, витримувалися 24 години при температурі навколишнього середовища та доводилися до електричного пробію. Тиск $2 \cdot 10^5$ Па був обраний виходячи з того, що при заповненні випробувальних корпусів газом при надмірному тиску $3 \cdot 10^5$ Па, як показано в [5], виникають проблеми у забезпеченні герметичності випробувальних корпусів при температурі (100^{+5}) °C. Після цього випробувальні корпуси нагрівалися до (80^{+5}) °C, витримувалися при цій температурі чотири години і макети

секцій доводилися до електричного пробую. Аналогічно проводилося визначення електричної міцності макетів секцій при (100^{+5}) °С.

У такій же послідовності проводилося визначення електричної міцності досліджуваних діелектричних систем при заповненні випробувальних корпусів азотом.

Висновки. Аналіз експериментальних даних щодо визначення електричної міцності досліджуваних діелектричних систем в умовах впливу підвищених температур і тиску газу показав, що ці фактори істотно впливають на електричну міцність всіх варіантів комбінованих діелектричних систем. Встановлено, що при надмірному надлишковому тиску газу $2 \cdot 10^5$ Па підвищується електрична міцність діелектричної системи твердий багатошаровий діелектрик-електроізоляційна рідина-електрично міцний газ на величину до 30 % залежно від типу діелектричної системи.

Необхідно відзначити, що великий науковий та практичний інтерес представляє проведення надалі експериментальних досліджень щодо визначення ресурсу діелектричної системи твердий багатошаровий діелектрик-електроізоляційна рідина-електрично міцний газ.

Список використаних джерел

- 1 Щерба А.А. Високовольтні електророзрядні компактні системи / А.А. Щерба, К.В. Дубовенко // Київ: НВП «Видавництво “Наукова думка” НАН України». - 2008. - 270 с.
- 2 Рудаков В.В. Стан та тенденції розвитку високовольтних імпульсних конденсаторів / В.В. Рудаков // ВІСНИК НТУ«ХПІ»: Серія: Техніка і електрофізика високих напруг. – Харків: НТУ «ХПІ» – 2009. - № 39. – С. 146-152.
- 3 Гунько В.И. Исследования конструкций пленочного диэлектрика для высоковольтных импульсных конденсаторов / В.И. Гунько, А.Я. Дмитришин, Л.И. Онищенко, С.О. Топоров, Т.А. Фещук // Электронная обработка материалов. – 2012. – № 2. – С. 93-96.
- 4 Дмитришин О.Я. Электрофизичні характеристики комбінованого плівкового діелектрика на основі поліпропіленової та поліетилентерефталатної плівок / О.Я. Дмитришин, В.І. Гунько, С.О. Топоров // ВІСНИК Національного технічного університету «ХПІ»: Серія: Техніка і електрофізика високих напруг – Харків: НТУ «ХПІ» - 2018 - № 36. – С. 20-24.
- 5 Дмитришин А.Я. Оценка длительной электрической прочности различных конструкций пленочного диэлектрика для высоковольтных импульсных конденсаторов / А.Я. Дмитришин, И.Ю. Гребенников, С.О. Топоров, Е.Н. Слепец // Электронная обработка материалов. - 2014. – №5. – С.92-94.
- 6 Гунько В.И. Экспериментальные исследования влияния азота и элегаза на электрическую прочность жидких диэлектриков / В.И. Гунько, И.Ю. Гребенников, А.Я. Дмитришин, Л.И. Онищенко, С.О. Топоров // Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування. - 2009. – №1. – С.148-152.

УДК 621.319.4

В.І. Гунько, О.Д. Танасова, І.А. Перекупка

Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України, м. Миколаїв

СТВОРЕННЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ІМПУЛЬСНИХ КОНДЕНСАТОРІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОГІДРОІМПУЛЬСНИХ УСТАНОВОК ОБРОБКИ ВОДОЗАБІРНИХ СВЕРДЛОВИН

Електророзрядні технології знайшли широке застосування у різних галузях промисловості, як України, так і інших країн світу. Це стало можливим завдяки гнучкості регулювання енергосилових характеристик, концентрованому потужному впливу на об'єкт обробки, високій ефективності та екологічній безпеці. Актуальною сферою застосування електророзрядних технологій є їх використання для інтенсифікації припливу корисних копалин у свердловинах [1, 2].

Одним із напрямів діяльності Інституту імпульсних процесів і технологій (ІІПТ) НАН України є створення спеціальних електророзрядних установок для відновлення продуктивності водозабірних свердловин. У процесі експлуатації водозабірної свердловини кількість одержуваної із неї води за одиницю часу зменшується. Це відбувається через зменшення проникності привибійної зони свердловини за час експлуатації за рахунок появи відкладень мулу, розчинених у воді солей та дрібних частинок породи у порах водоносного пласта, гравійно-піщаного обсіпання та фільтру. Найбільш ефективним способом збільшення проникності привибійної зони свердловини є створення нових каналів припливу води до свердловини у вигляді системи радіальних та кільцевих тріщин за рахунок імпульсного навантаження привибійної зони свердловини внаслідок впливу електричного розряду. Так, після обробки водозабірних свердловин електророзрядними установками типу «Скиф», що створюються в ІІПТ, видобуток води із свердловини відновлюється практично до початкової проектної величини.

Для досягнення стійкого ефекту підвищення проникності привибійної зони енергія, яка виділена в каналі розряду, повинна бути не менше 600 Дж (при цьому максимальний тиск на стінку свердловини становить близько 5 МПа). Крім того, підвищення енергії у розрядному імпульсі значно скорочує сумарний час обробки свердловини, так збільшення енергії до 1500 Дж (тиск на стінку свердловини збільшується до 12 МПа) призводить до швидкого підвищення проникності привибійної зони.

Для реалізації підвищення проникності привибійної зони раніше застосовувалася електророзрядна установка «Скиф-5», де як накопичувач електричної енергії застосовувався високовольний імпульсний конденсатор ІКП-40-1 на номінальну напругу 40 кВ і номінальною ємністю 1,0 мкФ, що забезпечує енергію 800 Дж з частотою проходження розрядів до 0,25 Гц.

Гостра необхідність у забезпеченні домогосподарств і підприємств України питною водою та екологічно усвідомлене управління водними ресурсами вимагало створення нових малогабаритних електророзрядних установок з підвищеною енергією, що запасується. Для комплектації електророзрядної установки «Скиф-140» були створені два типи високовольних імпульсних конденсаторів ІКП-30-3,3 та ІКП-40-2,2, енергія, що запасується, в яких збільшена в порівнянні з конденсатором ІКП-40-1 в 1,86 та 2,2 рази відповідно [3, 4].

Технічні характеристики створених конденсаторів наведено у таблиці 1 у порівнянні з характеристиками конденсатора ІКП-40-1.

Таблиця 1 - Технічні характеристики конденсаторів

Найменування	Тип конденсатора		
	ІКП-40-1	ІКП-30-3,3	ІКП-40-2,2
Номінальна напруга, кВ	40	30	40
Номінальна ємність, мкФ	1,0	3,3	2,2
Енергія, що запасується, Дж	800	1485	1760
Робоча напруженість електричного поля діелектрика, кВ/мм	103,8	130,4	133,4
Середній ресурс напрацювання до відмови, зарядів-розрядів	$4,0 \cdot 10^5$	$1,8 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^5$
Зовнішній діаметр, мм	123	140	140
Довжина конденсатора (по ізоляторам), мм	1502	1020	1170
Питома об'ємна енергоємність, Дж/дм ³	57,6	94,6	97,8

Найбільш раціональним вибором для комплектації електророзрядних установок «Скиф-140» став високовольний імпульсний конденсатор ІКП-30-3,3. Визначальним фактором у виборі високовольного імпульсного конденсатора є вимога уніфікації енергосилової частини електророзрядних установок для обробки нафтових, газових та водозабірних свердловин, створюваних ІПТТ.

Метою роботи є створення високовольного імпульсного конденсатора електророзрядних установок для відновлення продуктивності водозабірних свердловин з високими значеннями питомої об'ємної енергоємності.

У ході досліджень найважливішим критерієм вибору конденсатора була також його надійність, яка в умовах імпульсних навантажень виражається в кількості розрядних імпульсів до відмови. У реаліях фізичного експерименту таке розуміння надійності трансформується на забезпечення високої короткочасної та тривалої електричної міцності робочого діелектрика конденсатора. Короткочасна електрична міцність - здатність ізоляції витримувати короткочасні підвищення напруги (перенапруги), що виникають в електроенергетичних системах за різних перехідних процесів. Тривала електрична міцність ізоляції визначає термін її служби за нормальних експлуатаційних умов і від швидкості старіння діелектрика. В ІПТТ виконано комплекс наукових досліджень з пошуку нових діелектричних систем, що забезпечують більш високу короткочасну і тривалу електричну міцність в порівнянні з застосуванням раніше паперово-плівковим діелектриком, просоченим касторовою олією. Тут особливий інтерес представляє робочий діелектрик на основі полімерних плівок, просочених малов'язкою діелектричною рідиною.

Для створення надійного високовольного імпульсного конденсатора з високими значеннями питомої об'ємної енергоємності вирішували наступні завдання:

- досліджували питання сумісності полімерних плівок з рідкими просочуючими діелектриками;
- досліджували електрофізичні процеси, що протікають під дією сильних електричних полів у різних діелектричних системах;
- досліджували вплив на процеси старіння діелектричних систем режимів експлуатації конденсаторів (величини напруженості електричного поля діелектрика, декременту коливань розрядної напруги, частоти зарядів-розрядів, частоти струму в розрядному контурі, температури навколишнього середовища);

- досліджували електричні та теплові характеристики експериментальних зразків високовольтних імпульсних конденсаторів на основі полімерних плівок [5-8].

Проведені дослідження показали, що застосування в конструкціях конденсаторів діелектричних систем на основі полімерних плівок, з просоченням малов'язкої неполярної рідиною, дозволяє підвищити, в порівнянні з застосуванням раніше паперово-плівковим діелектриком, питому енергію конденсаторів, що запасається, в два рази при збереженні ресурсу напрацювання до відмови на колишньому рівні. Якщо ж зберігати незмінною питому енергію, що запасається, то ресурс напрацювання конденсатора до відмови підвищується більш ніж в 10 разів [9].

За підсумками проведених робіт для електророзрядної установки «Скиф-140» створений експериментальний зразок високовольтного імпульсного конденсатора ІСП-30-4 на номінальну напругу 30 кВ, номінальною ємністю 4,0 мкФ. Енергія, що запасається конденсатора 1800 Дж, діаметр 140 мм, довжина корпусу 1020 мм, питома об'ємна енергоємність конденсатора при цьому становить 115 Дж/дм³. У конструкції конденсатора застосований робочий діелектрик на основі поліетилентерефталатної плівки ПЕТ-КЕ, рідкий діелектрик для просочення - поліметилсилоксанова рідина ПМС-20. Прогнозований ресурс напрацювання до відмови такого конденсатора становить $1,5 \cdot 10^5$ зарядів-розрядів при робочій напруженості електричного поля діелектрика 187,5 кВ/мм.

Висновки. Результати виконаних робіт зі створення високовольтного імпульсного конденсатора з високими значеннями енергії, що запасається показали, що застосування в конструкції конденсатора робочого діелектрика на основі полімерної плівки, просоченої малов'язкої діелектричної рідиною дозволяє забезпечити такий рівень питомої об'ємної енергоємності конденсатора, який не досягається при використанні паперово-плівкового діелектрика, просоченого касторовою олією.

Перевірка ресурсу напрацювання експериментального зразка високовольтного імпульсного конденсатора ІСП-30-4 повністю буде виконана методом збору статистичних даних з місць експлуатації електророзрядних пристроїв на свердловинах.

Список використаних джерел

- 1 Хвоцан О.В. Создание высоковольтных погружных систем для повышения дебита скважин./ О.В. Хвоцан – Mauritius: LAP LAMBERT Academic Publishing. - 2018.- 217 с.
- 2 Жекул В.Г. Разработка и создание высоковольтных малогабаритных погружных устройств для интенсификации добычи полезных ископаемых из недр Земли / В.Г. Жекул, В.М. Косенков, Ю.И. Курашко, И.С. Шве́ц // Материалы XII Междунар. науч. школы-семинара «Физика импульсных разрядов в конденсированных средах», 24-26 авг. 2005 г. Николаев: КП «Ник. обл. типография». - 2005. С. 101-102.
- 3 Дмитришин А.Я. Перспективы повышения запасаемой энергии высоковольтных импульсных конденсаторов скважинных электроразрядных устройств / А.Я. Дмитришин, И.Ю. Гребенников, В.И. Гунько, Л.И. Онищенко, И.С. Шве́ц // Физика импульсных разрядов в конденсированных средах: Матер. XII Междунар. науч. школы-семинара, 22-26 авг. 2005 г. Николаев: КП «Ник. обл. типография». - 2005.- С.159-161.
- 4 Гунько В.И. Создание высоковольтных импульсных конденсаторов для малогабаритных скважинных устройств / В.И. Гунько, А.Я. Дмитришин, И.Ю. Гребенников, Л.И. Онищенко, С.О. Топоров // Електротехніка і електромеханіка (ЕТЕМ-2006) Всеукр. н.-т. конф. студентів, аспірантів, молодих вчених з міжнар. Участю (13-14 листопада 2006р.). - Миколаїв, НУК. -2006. - С.20-21.
- 5 Дмитришин О.Я. Електрофізичні характеристики комбінованого плівкового діелектрика на основі поліпропіленової та поліетилентерефталатної плівок / О.Я. Дмитришин, В.І. Гунько, С.О. Топоров // ВІСНИК Національного технічного університету «ХПІ»: Серія: Техніка і електрофізика високих напруг. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2018 - № 36. – С. 20-24.
- 6 Дмитришин А.Я. Оценка длительной электрической прочности различных конструкций пленочного диэлектрика для высоковольтных импульсных конденсаторов / А.Я. Дмитришин, И.Ю. Гребенников, С.О. Топоров, Е.Н. Слепец // Электронная обработка материалов. 2014. – №5. – С.92–94.
- 7 Гребенников И.Ю. О повышении удельных характеристик и ресурса высоковольтных импульсных конденсаторов / И.Ю. Гребенников, В.И. Гунько, А.Я. Дмитришин, Л.И. Онищенко, И.С. Шве́ц // Электронная обработка материалов. - 2004. - №5. - С. 70-74.
- 8 Онищенко Л.И. Разработка высоковольтных импульсных конденсаторов с пленочным диэлектриком / Л.И. Онищенко, В.И. Гунько, А.Я. Дмитришин, С.О. Топоров, И.А. Перекупка // ВІСНИК Національного технічного університету «ХПІ»: Серія: Техніка і електрофізика високих напруг. – Харків: НТУ «ХПІ»...-2012.- №52. - С.65-71.
- 9 Гунько В.И. Исследования конструкций пленочного диэлектрика для высоковольтных импульсных конденсаторов /В.И. Гунько, А.Я. Дмитришин, Л.И. Онищенко, С.О. Топоров, Т.А. Фещук // Электронная обработка материалов. – 2012. – № 2. – С. 93–96.

СЕКЦІЯ 2. АВТОМАТИКА, ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ І ПРИСТРОЇ

УДК 519.85

Гайдай Г.Ю., к.т.н.; Дончик О.В., студент магістрант

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

ГРАФІЧНИЙ РОЗВ'ЯЗУВАЧ РІВНЯНЬ ДЛЯ АНАЛІЗУ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ

Комп'ютерні системи невпинно еволюціонують з моменту їх появи, значною мірою це також стосується і засобів взаємодії з комп'ютерами. Перші персональні комп'ютери працювали під керуванням операційних систем на кшталт операційних систем сімейства DOS та взаємодія з такими комп'ютерами відбувалась за допомогою командної строки. Згодом стали з'являтися операційні системи з графічним інтерфейсом та взаємодія з комп'ютерами стала відбуватись за допомогою графічних вікон, що в свою чергу і дало назву одному з сімейств таких операційних систем Windows [1].

Все це відбувалось в той час, коли комп'ютерних мереж або не було взагалі, або вони існували у вигляді ізолюваних локальних мереж, основною метою яких була економія ресурсів. Тобто, коли в офісі був один комп'ютер з периферійними пристроями вводу-виводу інформації: дисковод, принтер тощо. Такий комп'ютер був на правах сервера, з ним з'єднувались інші комп'ютери, та або виводили текстові файли на друк, або записували інформацію на дискети. Відповідно і програмне забезпечення в той час потребувало інсталяції та працювало на кожному комп'ютері ізолювано [2].

На сьогоднішній стан розвитку комп'ютерних мереж і мережових технологій сформували сталий тренд на перехід до обчислювальних процесів на віддалених серверах. За таких умов звичайний Smart TV пристрій, розміром з невеликий блокнот, при підключенні до монітора та наявності клавіатури стає повноцінною робочою станцією [3].

Спостерігаючи напрямок розвитку такого флагмана у галузі хмарних обчислень, як Amazon з його платформою Amazon Web Services, яка робить можливим налаштування серверних потужностей через веб-інтерфейс [4], приходить розуміння, що корисні програмні продукти повинні становитись ближчими до користувача.

Наприклад, у наявності є достатньо добре розвинені програмні пакети для наукових обчислень написані на мові програмування Python [5]. Якщо до них розробити візуальний інтерфейс, то можливо отримати графічний розв'язувач рівнянь для аналізу математичних моделей динамічних систем не перевантажений ліцензійними обмеженнями, та орієнтований на сферу освіти. Це дозволить, наприклад, краще розуміти зміст таких важливих методів опису динамічних систем дисципліни "Теорія автоматичного керування" (Control Theory), як простір станів (State-space representation), перетворення Лапласа (Laplace Transform) тощо [6].

Базуючись на проведених дослідженнях сучасного стану справ у галузі графічних розв'язувачів рівнянь [7], запропонована концепція взаємодії користувача з елементами такої системи.

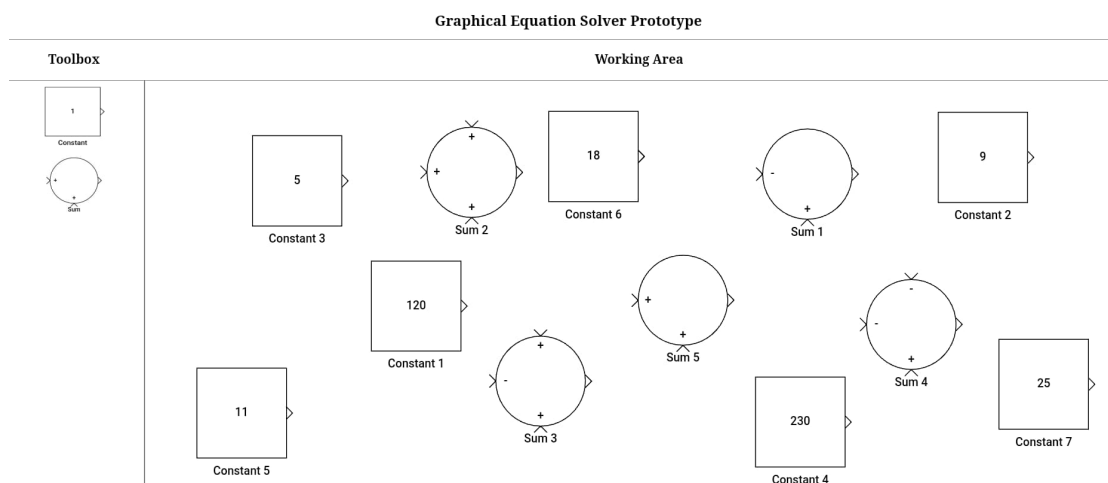


Рисунок 1 – Загальний вид графічного розв'язувача рівнянь

Як видно з рис. 1, інтерфейс графічного розв'язувача рівнянь складається з панелі інструментів (Toolbox) та робочої області (Working Area) [8]. Для того, щоб елемент з'явився в робочій області, необхідно виконати клік маніпулятором миша по зображенню такого елемента в панелі інструментів. Скільки буде виконано таких кліків,

стільки елементів і з'явиться. Ці елементи представляють з себе незалежні друг від друга об'єкти, які можна вільно переміщати по робочій області та проводити налаштування [9].

Розглянемо процес налаштування елемента Constant. На рис. 2 зображено елемент Constant та діалогове вікно його налаштувань, яке відкривається внаслідок подвійного кліку маніпулятором миша по елементу. Текстове поле Constant value відображає значення, яке присвоєно елементу, на початку це значення дорівнює одиниці.

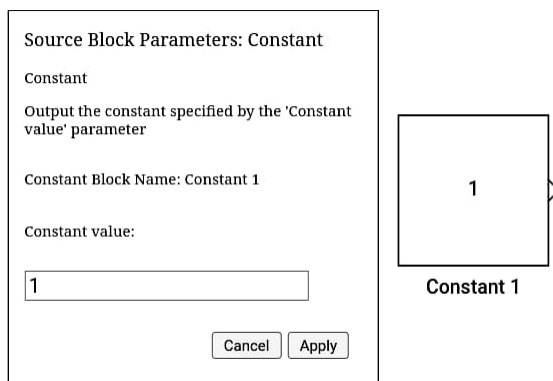
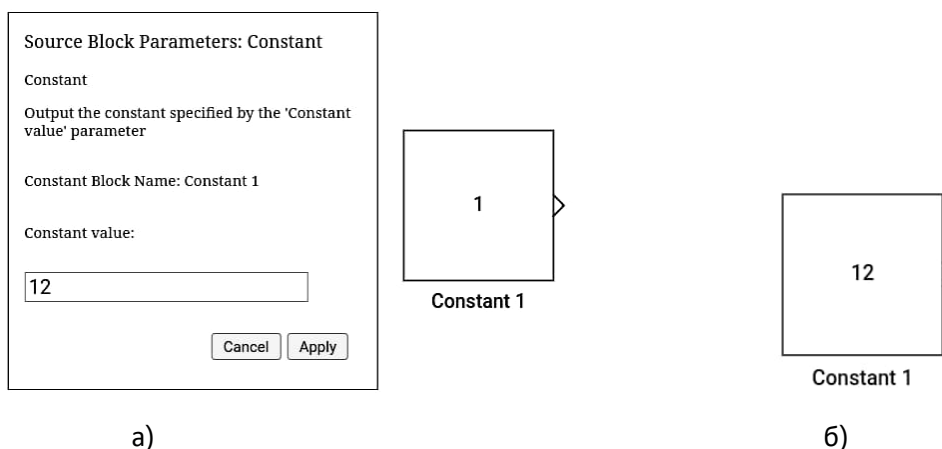


Рисунок 2 – Елемент Constant та відкрите діалогове вікно, за допомогою якого задаються його налаштування

Якщо ввести в текстове поле нове значення та натиснути кнопку Apply, то елементу Constant присвоюється значення, наведене на рис. 3.



а)

б)

Рисунок 3 – Присвоєння елементу Constant довільного значення:

а) - введення значення у текстове поле діалогового вікна;

б) - оновлений вигляд елемента Constant після закриття діалогового вікна

При повторному відкритті діалогового вікна нове значення відображається в текстовому полі (рис. 4), це означає, що система запам'ятовує стан кожного з елементів, завдяки чому буде можлива подальша обробка після об'єднання елементів у схему.

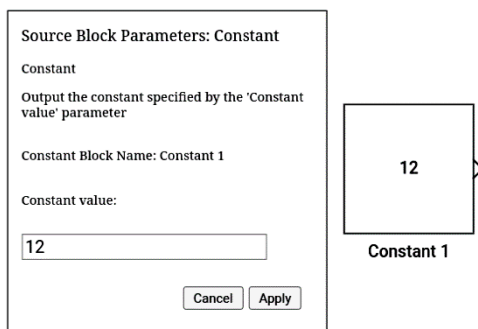


Рисунок 4 – При повторному відкритті діалогового вікна нове значення відображається в текстовому полі

Аналогічним чином відбувається налаштування елемента Sum. Діалогове вікно налаштувань містить текстове поле List of signs (рис.5), яке містить строку із математичних операторів. Довжина строки та математичний оператор, “+” або “-”, означає, скільки входів буде у елемента Sum та їх значення: складання або віднімання.

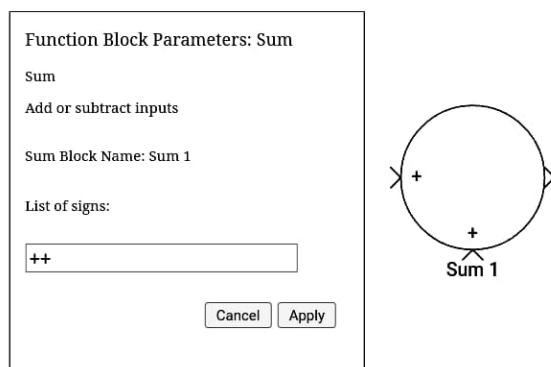
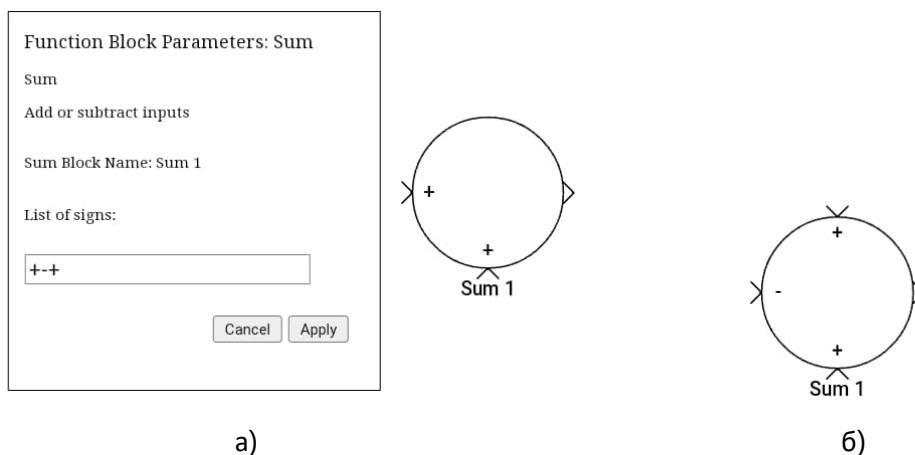


Рисунок 5 – Елемент Sum та відкрите діалогове вікно, за допомогою якого задаються його налаштування

Після того, як в текстове поле List of signs була введена строка “+-+”, знак одного входу був змінений на мінус та додано ще один вхід зі знаком плюс (рис. 6).



а)

б)

Рисунок 6 – Зміна конфігурацій входів елемента Sum:

а) - введення нового значення текстового поля List of signs;

б) - оновлений вигляд елемента Sum

При повторному відкритті діалогового вікна, як і у випадку з елементом Constant, нове значення також відображається в текстовому полі (рис. 7), це означає що система запам'ятовує стан кожного з елементів.

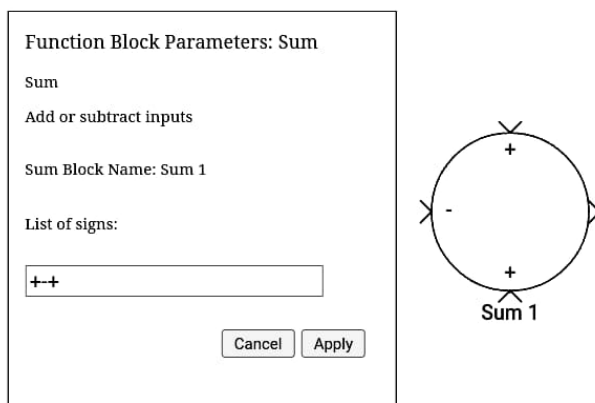


Рисунок 7 – При повторному відкритті діалогового вікна нове значення відображається в полі List of signs

Наступним кроком у розвитку середовища “Графічний розв’язувач рівнянь” може стати розробка візуального конструктора, завдяки якому буде можливість створювати комплексні елементи на основі базових. Розглянемо це на прикладі PID-контролера [10] (рис. 8).

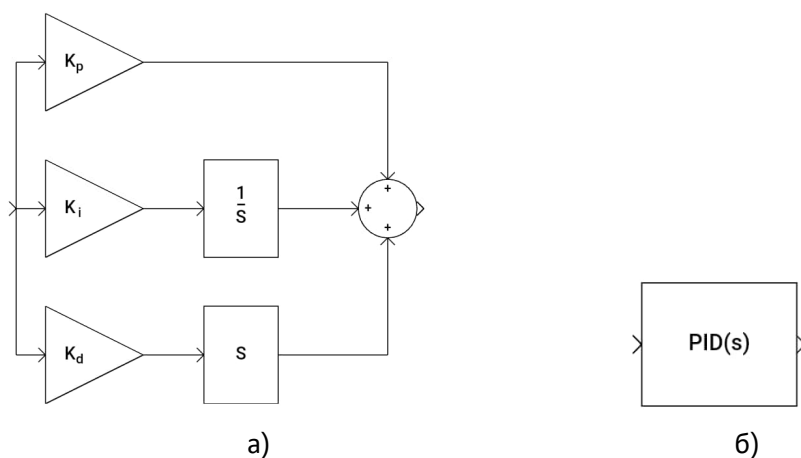


Рисунок 8 – Графічне зображення PID-контролера:

- а) – графічне зображення математичної моделі PID-контролера;
б) – представлення PID-контролера окремим елементом

Математичну модель PID-контролера, після застосування до неї перетворення Лапласа [11], можливо представити у виді графічної моделі, представленої на рис. 8а. Для того, щоб не було необхідності при створенні схем з застосуванням PID-контролера кожного разу повторювати графічну модель, представлену на рис. 8а, її можна інкапсулювати у окремий елемент (див. рис.8б) та всі налаштування проводити через відповідне діалогове вікно.

Список використаних джерел

1. Donald E. Kirk “Optimal Control Theory an Introduction”, Dover Publications Inc., Mineola, New York, 2004.
2. Philipp K. Janert “Feedback Control for Computer Systems”, O’Reilly, 2014.
3. James S. Walker “Fast Fourier Transforms”, Second Edition, CRC Press 1996.
4. Jorge L. deLyra “Solutions for Fourier Transforms”, 2019.
5. R.J. Beerends, H.G. ter Morshce, J.C. van den Berg, E.M. van de Vrie “Fourier and Laplace Transforms”, Cambridge University Press, 2003.
6. Mark H. Newman “How the Fourier Transform Works”, 2023.
7. Dr. A.P. Dhana Balan “Introduction to Fourier Series and Various Transforms”, 2022.
8. Walter J. Meyer “Concepts of Mathematical Modeling”, Dover Publications, 2004.
9. George Ellis “Control System Design Guide”, Fourth edition, Elsevier Inc., 2012.
10. Steve S. Niu, Deyun Xiao “Process Control Engineering Analyses and Best Practices”, Springer, 2022.
11. Liuping Wang “PID Control System Design and Automatic Tuning Using MATLAB/SIMULINK”, Wiley, 2020.

УДК 656.2

*Гайдай Г.Ю., к.т.н.; Моторкін М.Ю., студент магістрант**Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв***МОБІЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ВАГИ ДЛЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

Залізничний транспорт відіграє ключову роль у системі вантажоперевезень багатьох країн, включаючи Україну. Він є не лише зручним, але і економічно ефективним способом перевезення великих обсягів вантажів на значні відстані. Однак, ефективність залізничних вантажоперевезень у великій мірі залежить від точності та своєчасності визначення ваги вантажів, яке є критичним для оптимізації руху поїздів, планування робочого графіку та забезпечення безпеки на залізничних шляхах [1].

Традиційно для визначення ваги вантажів використовуються стаціонарні вагові системи, які встановлюються на залізничних станціях. Проте, ці системи мають ряд обмежень, зокрема високу вартість установки та експлуатації, складність обслуговування, а також вони вимагають значних капіталовкладень. Крім того, стаціонарні вагові системи не завжди можуть забезпечити необхідну точність вимірювань та оперативність отримання даних, особливо у випадках з підвищеним вантажообігом або віддаленими локаціями, де встановлення та обслуговування стаціонарних систем є непридатними [2, 3].

Ці обмеження створюють потребу у розробці мобільних систем вагового контролю, які б можна було легко переносити та встановлювати в потрібних локаціях без значних капіталовкладень [4]. Мобільні системи вагового контролю можуть значно поліпшити оперативність визначення ваги вантажів, забезпечити високу точність вимірювань та зменшити загальні витрати на обслуговування вагового контролю у залізничній галузі.

Метою роботи є розробка концепції мобільної системи контролю ваги для залізничного транспорту, яка може стати відповіддю на виклики, пов'язані з ваговим контролем на залізниці. Основна увага приділяється аналізу технічних характеристик, моделюванню та експериментальному тестуванню пропонуваної системи, а також оцінці її економічної ефективності та практичного використання на залізничному транспорті.

Мобільна система контролю ваги для залізничного транспорту призначена для точного та ефективного вимірювання ваги вагонів та їх вмісту. Ось як ця система може працювати.

1. Монтаж та Налаштування:

- Система встановлюється на залізничній станції або в мобільному режимі поруч із залізничними коліями.
- Налаштування системи включає калібрування датчиків ваги та підключення до бездротової мережі для передачі даних.

2. Вимірювання Ваги:

- Коли вагон прибуває, він розташовується на вагових платформах, де датчики навантаження вимірюють його вагу.
- Датчики навантаження перетворюють фізичне навантаження на електричний сигнал, який потім обробляється центральним процесором системи.

3. Обробка Даних:

- Процесор системи обробляє дані від датчиків, враховуючи калібрування та інші параметри, для визначення точної ваги вагону та його вмісту.
- Система може також визначати, чи є вагон перевантаженим, порівнюючи виміряну вагу з допустимими нормами.

4. Передача Даних:

- Дані про вагу та іншу інформацію передаються через бездротову мережу на центральну систему моніторингу або безпосередньо співробітникам через мобільний додаток.

- Дані можна відображати у реальному часі або зберігати для подальшого аналізу.

5. Моніторинг та Контроль:

- Співробітники можуть переглядати дані про вагу в реальному часі та отримувати сповіщення про будь-які проблеми, такі як перевантаження.
- Система також може надавати історичні дані для аналізу тенденцій та покращення операцій з вантажоперевезенням.

6. Підтримка та Обслуговування:

- Систему можна легко перевіряти та обслуговувати, щоб забезпечити її надійну роботу протягом тривалого часу.
- Оновлення програмного забезпечення та калібрування можна виконувати дистанційно або на місці.

Проектування Системи

- Центральний Процесор (CPU): вибір високопродуктивного мікроконтролера або мікропроцесора, наприклад, з серії RaspberryPi або Arduino, для обробки даних та управління системою [5].

- Датчики Навантаження: Вибір датчиків навантаження з високою точністю та довговічністю, як-от датчики навантаження типу LoadCell.
- Бездротовий Модуль: вибір модулів для бездротового зв'язку, наприклад, Wi-Fi 6 або LTE модулі, для передачі даних до центральної системи.
- Енергозабезпечення: розробка системи живлення, яка може включати акумулятори та сонячні панелі для автономної роботи.
- Дисплей та Інтерфейс Користувача: вибір зручного дисплею для відображення інформації та розробка інтуїтивного інтерфейсу користувача.

Для України розробка та впровадження мобільної системи контролю ваги для залізничного транспорту має ряд важливих переваг та причин для реалізації [6, 7]:

1. Підвищення Безпеки: точний контроль ваги вагонів допомагає уникнути перевантаження, що може призвести до аварій та пошкоджень інфраструктури.
2. Оптимізація Вантажоперевезень: за допомогою точних вимірювань ваги можна ефективно планувати та оптимізувати вантажоперевезення, що підвищує продуктивність та зменшує витрати.
3. Забезпечення Дотримання Нормативів: система дозволяє контролювати та забезпечувати дотримання нормативів вантажоперевезень, що є важливим для відповідності законодавчим вимогам.
4. Підвищення Доходів: точне вимірювання ваги дозволяє встановлювати коректні тарифи за перевезення вантажів, що сприяє збільшенню доходів від залізничних перевезень.
5. Автоматизація та Ефективність: автоматизація процесу вимірювання ваги зменшує потребу в ручному контролі та забезпечує швидке та точне вимірювання.
6. Аналіз Даних та Покращення Операцій: зібрані дані можна аналізувати для виявлення тенденцій та можливостей для подальшого покращення операцій з вантажоперевезенням.
7. Зменшення Витрат на Обслуговування: мобільність системи дозволяє швидко переміщати її між різними локаціями без потреби в додаткових витратах на інсталяцію стаціонарного обладнання.
8. Екологічна Відповідальність: попередження перевантаження та оптимізація вантажоперевезень може також призвести до зменшення викидів шкідливих речовин та зменшення використання палива.

В даній роботі було сформовано концепцію ефективного вимірювання ваги вагонів та їх вмісту. Система передбачає встановлення та налаштування на залізничних станціях, точне вимірювання ваги за допомогою датчиків навантаження, обробку даних центральним процесором, бездротову передачу даних для моніторингу та аналізу, а також можливість моніторингу та контролю у реальному часі. Підтримка та обслуговування системи забезпечує її надійність та довговічність у експлуатації. Ця система може значно полегшити процес контролю ваги на залізничному транспорті, забезпечуючи точні та оперативні вимірювання, що є критично важливим для ефективного управління вантажоперевезеннями та забезпечення безпеки.

Список використаних джерел

1. Андрієвський В.Б. Мобільні системи вимірювання ваги для залізничного транспорту. Вимірювальна техніка, 2010. № 4. – С. 23-29.
2. Білецький В.П. Технології бездротової передачі даних у системах контролю ваги. Телекомунікації, 2012. № 2. – С. 34-40.
3. Воронін А.О. Особливості використання датчиків навантаження у вагових системах. Вимірювальна техніка та метрологія, 2011. № 3. – С. 18-24.
4. Гаврилов І.М. Програмне забезпечення для мобільних систем вимірювання ваги. Програмування та комп'ютерні технології, 2013. № 6. – С. 45-51.
5. Демченко В.В. Енергозберігаючі технології в мобільних системах контролю ваги. Енергозбереження, 2014. № 2. – С. 16-22.
6. Єрмоленко І.М. Аналіз ефективності впровадження мобільних систем контролю ваги на залізницях України. Транспорт та логістика, 2015. № 7. – С. 28-35.
7. Козлов І.В. Архітектура мобільних систем вимірювання ваги для залізничного транспорту. Інформаційні технології, 2016. № 1. – С. 39-45.

УДК 681.121

*Гайдай Г.Ю., к.т.н.; Дубатова Д.В., студент магістрант**Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв***СТАЦІОНАРНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ВАГИ ЄМНОСТІ ЗІ СКРАПЛЕНИМ ГАЗОМ**

Скраплений природний газ, часто відомий як СВГ, є різновидом вуглеводневого газу, який зазвичай знаходиться в газоподібному стані при кімнатній температурі і тиску, але перетворюється в рідину при дуже низьких температурах, що полегшує його зберігання і транспортування [1]. Джерелами вуглеводневого газу є попутний нафтовий газ, перероблення нафти на нафтопереробних заводах, газоконденсатні родовища. Пропан, бутан, етан та інші домішки можуть міститися в нафтовому газі; пропан і бутан, зокрема, часто утилізуються. Вони мають перевагу в тому, що легко змінюють свій агрегатний стан (стають рідкими), що робить їх найбільш практичними для зберігання і транспортування. Їх перевага полягає в тому, що вони швидко перетворюються з твердої форми в рідину, яка є найбільш зручною для зберігання і транспортування. Вони також легко випаровуються, що робить їх зручними у використанні [2]. Плюсів користування альтернативним джерелом енергії – пропан-бутановою сумішшю – є безліч. Ми проаналізували ряд об'єктивних факторів, які говорять про переваги скрапленого газу для підприємств [3, 4].

Вигідні умови обслуговування. При використанні дизельного палива значно зростають витрати на обслуговування пальників, заміну фільтрів та інші супутні витрати. Крім того, через низьку якість дизельного палива в зимовий період його необхідно підігрівати. Система газопостачання складається з стаціонарної ємності для зберігання пропан-бутану, модульної випарної установки з регулятором та системи газопроводів, що ведуть до пальника. Використання випарника дозволяє обладнанню бездоганно працювати в зимовий період при сильних морозах, не потребує додаткових витрат на обслуговування, що підтверджено досвідом експлуатації в Україні, а для нагляду за всіма операціями потрібна лише одна людина.

Енергетична ефективність. У порівнянні з природним газом та дизельним паливом, LPG має значно більшу питому теплоту згорання – 10800 кКал/кг. У порівнянні з використанням дизельного палива, пропан-бутан на 35-50% дешевший, що різко знижує виробничі витрати. Термін окупності встановлення обладнання на зрідженому газі становить 3-7 місяців, оскільки котельні або інші підприємства з потужним газовим обладнанням споживають величезні обсяги палива. Зріджений газ розв'язує питання стабільної теплової потужності, яка особливо необхідна для безперервної роботи і виробництва високоякісної продукції, завдяки постійному тиску і високій калорійності.

Точний облік. Підприємство використовує точні лічильники (об'ємні масові витратоміри) для вимірювання об'єму та ваги пропан-бутану при його відвантаженні з газозовів. Встановлення поплавкового рівнеміра на резервуарі дозволяє здійснювати подальший контроль шляхом передачі даних на особистий кабінет (телефон, комп'ютер), де директор може переглядати рівень палива та отримувати попередження при його різкому підвищенні або зниженні, запобігаючи несанкціонованим поставкам. Другий об'ємний витратомір, доданий в систему, який відображає точну вагу спаленого газу, дозволяє корпорації додатково регулювати його використання. Прийняті та використані кілограми пального використовуються для розрахунку бухгалтерії.

Екологічність. Скраплений газ є екологічно чистим продуктом і часто використовується в металургійній, сільськогосподарській та харчовій промисловості для сушіння зерна, опалення, газопостачання печей, асфальтних заводів тощо. Підприємства, які працюють на дизельному паливі, мають труднощі з отриманням екологічних дозволів та проблеми з розташуванням. Використання скрапленого газу значно спрощує оформлення погоджень.

Захист від крадіжок. Зберігання пропан-бутану під високим тиском виключає його розкрадання на підприємстві. Система подачі скрапленого газу не має елементів, що дозволяють відбирати газ. Якість палива може контролюватися споживачем. В той час як крадіжки дизельного палива на підприємствах можуть становити до 20%. На підприємствах, які використовують природний газ, також спостерігається перевитрата палива та його низька калорійність, недостовірність показань лічильників через "прозору" процедуру перевірки лічильників.

Мобільність та зручність. Для підприємств установки скрапленого газу виготовляються у вигляді модульних конструкцій, за потреби їх можна транспортувати, монтаж обладнання відбувається в короткі терміни.

Впровадження газопостачання на пропан-бутані має очевидні переваги. Аналітики ринку вже давно відзначають потенціал і темпи зростання газопостачання України пропан-бутаном, а реальні приклади його використання є в кожному куточку країни.

Обґрунтування необхідності системи. Скраплений газ використовується в широкому спектрі промислових та побутових застосувань, починаючи від опалення та завершуючи виробництвом. Точний контроль за кількістю газу в ємностях є критично важливим для ефективності процесів, безпеки та економічності.

Опис системи. Дана система є стаціонарною і включає в себе датчики для вимірювання ваги ємностей, а також програмне забезпечення для обробки даних і відображення інформації користувачу. Система дозволяє в

реальному часі відстежувати кількість газу в ємності, виявляти можливі витоки та оптимізувати процеси поповнення [5].

Технічні деталі системи контролю ваги ємності зі скрапленням газом

1. Датчики ваги. Система використовує високоточні тензометричні датчики, які дозволяють вимірювати вагу ємності з точністю до 0.1% від вимірюваної величини. Датчики стійкі до впливу зовнішніх факторів, таких як температурні перепади та вібрації, що забезпечує надійність вимірювань.

Тензометричні датчики ваги. Використовуємо тензодатчики змінного опору, які забезпечують високу точність та стабільність вимірювань. Система автоматично калібрується, враховуючи зміни температури та інших зовнішніх умов. Датчики обладнані захисними кожухами для забезпечення довговічності та стійкості до агресивних середовищ.

2. Модуль зв'язку. Дані з датчиків передаються на центральний сервер через бездротовий модуль зв'язку. Це дозволяє здійснювати моніторинг у режимі реального часу без необхідності фізичного підключення до ємності.

Бездротовий модуль зв'язку. Використовується передова технологія бездротового зв'язку, яка гарантує стабільну та надійну передачу даних. Модуль оснащений власним джерелом живлення з можливістю аварійного включення.

3. Програмне забезпечення. Програмне забезпечення даної системи дозволяє аналізувати отримані дані, визначати поточний рівень заповнення ємності, прогнозувати час для наступного поповнення та виявляти можливі витоки газу. Інтерфейс користувача інтуїтивно зрозумілий та легкий у використанні [6].

Алгоритми аналізу даних: використовуються передові алгоритми обробки сигналу для забезпечення максимальної точності вимірювань.

Інтеграція з базами даних: система може бути інтегрована з корпоративними базами даних для зберігання історії вимірювань та аналізу трендів.

4. Система оповіщення. У разі виявлення аномалій або критично низького рівня газу в ємності система автоматично відправляє сповіщення відповідальному персоналу через електронну пошту, SMS і т. д..

Кастомізація сповіщень: користувачі можуть налаштувати систему для отримання сповіщень за певними критеріями та на різні засоби зв'язку [7].

Логування подій: всі сповіщення та події автоматично записуються в системний журнал.

5. Інтеграція з іншими системами. Дана система може бути інтегрована з іншими системами управління на виробництві, що дозволяє автоматизувати процеси використання та поповнення скрапленого газу.

API для інтеграції: система надає повний набір API для інтеграції з іншими програмами та обладнанням.

Гнучкість налаштувань: система легко адаптується під різні види обладнання та вимоги виробництва.

6. Безпека та надійність. Система розроблена з урахуванням вимог безпеки та надійності. Всі компоненти відповідають відповідним стандартам якості та безпеки. Система обладнана резервними джерелами живлення для забезпечення безперервної роботи в разі відключення електроенергії. Регулярно проводиться самодіагностика системи для перевірки її працездатності та виявлення можливих несправностей.

Переваги та інновації. Дана система відрізняється високою точністю, надійністю і може бути інтегрована з іншими системами управління на виробництві. Також розроблено спеціальний алгоритм для обробки даних, який забезпечує мінімальну помилку вимірювань.

Практичне застосування та результати. Система була впроваджена на декількох підприємствах, після чого спостерігалось значне покращення в контролі за використанням газу, а також зниження витрат через оптимізацію процесів поповнення.

Список використаних джерел

1. Динамічна система контролю ваги на виробництві, 2023. URL: <https://eurojet.com.ua/ua/checkweighers>.
2. Пат. 95543 Україна МПК C01B 31/02 (2006.01), H05H 1/24 (2006.01), H05H 1/32 (2006.01). Спосіб одержання вуглецевих наноматеріалів (варіанти)/ Л.З.Богуславський, Д.В.Вінниченко, Н.С.Назарова (Україна); заявник і патентовласник ІІПТ НАН України. – № а 2010 01186; заявл. 05.02.2010; Опубл. 10.08.2011 р., Бюл.№ 15.
3. Система контролю, 2023. URL: <https://elearn.nubip.edu.ua/mod/book/view.php?id=487908&forceview=1>.
4. Вагові рамки, 2005. URL: https://www.avtoves.ua/ukr/blog/vesy/vesovyye_ramki/.
5. Григоренко С.М., Кондратенко Р.О. Розробка вимірювальної системи контролю ваги автотранспорту. Інформаційні технології, 2020. URL: <https://www.kpi.kharkov.ua/archive/microcad/2020.pdf>.
6. Фурманова Н., Малий О., Фарафонов О. Розробка системи аналізу транспортного потоку. Матеріали наукової конференції: Харків, 2019. . URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/edd5afa9-77a4-443d-9484-823568dccec3/content>.
7. Ємності для газу – що являють собою та які бувають, 2023. URL: <https://ukravtonomgaz.ua/blog/emnosti-dlya-gazu-scho-yavlyayut-soboyu-ta-yaki-buvayut>.

УДК 681.51:004.89

*Матюхін В. Ю., Ковальов М. І., Лісанов М. А, Грудініна Г.С., к.т.н.**Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв*

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В АВТОМАТИЗАЦІЇ СУДНОВОИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

В умовах інтенсивного розвитку цифрових технологій, які на високому рівні дозволяють вирішувати будь-які завдання керування за рахунок автоматизації логічною та закономірною є тенденція поєднання та автоматизації всіх функцій на судні [1].

Також, сучасною є ідея створення інтегрованого обладнання ходової рубки, яка полягає в створенні так званої інтегрованої місткової системи (Integrated Bridge System). Дана система повинна об'єднувати системи навігації, керування рухом, керування енергетичною установкою тощо. Дані системи будуються, як правило, за двома принципами інтегрування: централізована система (обробка інформації та формування команд управління в блоці центрального комп'ютера); децентралізована або розподілена система (використовується технологія багатомодульності). Дані системи надають оператору (рулевому) інформацію о параметрах роботи двигуна, енергетичного обладнання тощо, але рішення про визначення технічного стану він повинен приймати особисто [2, 3].

Метою роботи є огляд стану питання, щодо тенденцій розвитку сучасних систем автоматизації суднових енергетичних установок.

Аналітичний огляд джерел [4-6] показав, що на сьогоднішній день сучасні системи автоматичного керування електроенергетичними пристроями підійшли до повної автоматизації процесів експлуатації суден класу А1 без втручання людини. Крім цього фахівцями під час проведених досліджень були визначені критичні ситуації, які підвищують аварійність суднових систем через незадовільну роботу джерел електроенергії і якості відпрацювання автоматики, що пов'язано з [4, 5]:

- низькою якістю електричної енергії, що виробляється автономними генераторами;
- неякісною роботою систем автоматики її паралельне виконання операцій;
- несвоєчасним виконанням команд і операцій у встановлений період часу.

Ступень автоматизації та засоби її підвищення, разом із тоннажем і типом вантажу – є основною характеристикою судна.

За ступенем автоматизації механізмів і можливістю дистанційного керування різними системами, за класифікацією Germanischer Lloyd та інших класифікаційних компаній, поділяють судна на три класи:

- клас AUT – можливий 24-годинний безвахтовий режим;
- клас AUT – n-g – можливий безвахтовий режим n годин;
- клас AUT Z – режим постійної 24-годинної вахти.

Не зважаючи на вартість, все більше судновласників надають перевагу класу AUT, що дозволяє скоротити екіпаж судна. Щоб досягти потрібного класу автоматизації необхідно забезпечити постійне живлення суднових систем.

Ведучими світовими виробниками і розроблювачами в області автоматизації суднових електростанцій є фірми Selco A/S (модулі Tline, S6000, S6100, S6200, S6250, M2000, M2500), DEIF A/S (контролери PPM3, PPM4), ABB (контролер Synpol D), Stuke Elektronik Gmb (контролер SYMAP). На сучасних суднах в основному застосовуються контролери PP3 фірми Deif. Такі системи знайшли застосування на суднах проектів RSD44, RST25, RST54, 52, TG04, BLV2, PV300 та ін. [7, 8].

Багато електротехнічних компаній використовують провідні системи автоматизації суднових електроустановок, таких як SYNPOL-D від ABB і Multi-line2 від DEIF.

Компактний модуль, SYNPOL-D, встановлений для кожного генератора:

- контролює запуск і зупинку дизеля і відповідно, включення і виключення генератора;
- запуск після відключення, синхронізацію між дизель-генераторами і розподіл навантаження під час паралельної роботи;
- включення резервного дизель-генератора вмикання і вимкнення залежно від навантаження;
- перенесення навантаження від валу генератора до дизель-генератора і навпаки, а також від берегової станції до дизель-генератора .

Окрім контролю, ці системи, відповідно до встановлених вимог, забезпечують захист генераторів від перевантаження, короткого замикання, високої або низької частоти чи напруги, захист у випадках зворотного живлення, відключення мало відповідальних користувачів для запобігання перевантаженню генератора. Залежно від контрольних параметрів система сигналізації подає сигнали аварійної сигналізації. Дисплей, встановлений на двері електроцита, має командні кнопки для вибору режимів роботи установки, вимірює активний і реактивний вихідний струм, потужність, напругу, коефіцієнт потужності. Програмування контролеру здійснюється через ноутбук або панель дисплея.

Налаштування можна зберігати та використовувати для легкої установки, на інші судна. Можливість програмування дозволяє розширити функціональні можливості суднової електростанції.

Повний функціонал системи автоматичного керування розкривається на судах з повністю комп'ютеризованими системами, таких як лайнери, мега-яхти, великотоннажні судна та кораблі військового флоту з висококваліфікованим екіпажем.

Правила реєстру вимагають, щоб захист генератора від перевантаження, короткого замикання і мінімальної напруги забезпечувався власною системою захисту електроустановки. В такому випадку застосування систем автоматизації може дублювати різні функції захисту. При проектуванні електростанцій малогабаритних і маневрених суден від 3000 до 10000 т. дв. намагаються зберегти баланс між ступенем автоматизації і надійністю, з урахуванням ціни і легкості керування. У таких випадках часто використовують поширену систему T-Line від SELCO, що включає окремі компоненти для захисту і контролю генераторів і моніторингу пошкодження мережі, це дозволяє уникнути дублювання функцій. Підвищений ступінь автоматизації також дозволяє дистанційно керувати генераторами з містку.

Паралельно з технологічними вимоги автоматизації безперервно підвищуються, прикладом є нещодавно представлені SOLAS примусові вимоги до системи виявлення проникнення води до вантажу.

Тенденція до обов'язкового застосування подібних систем буде продовжуватись, що забезпечить напрямок розвитку нових проектів. Безпека завжди буде провідним фактором і шляхи її забезпечення визначатимуть потенціал сучасних технологій [9, 10].

Висновки. Головною тенденцією у напрямку сучасної автоматизації суднових електроенергетичних систем є наближення до повної автоматизації процесів експлуатації суден, що забезпечує можливість безвахтового режиму. Дана система повинна об'єднувати системи навігації, керування рухом, керування енергетичною установкою тощо. Підвищення ступеня автоматизації суднових електроенергетичних систем знижують рівень аварійності суднових систем через незадовільну роботу джерел електроенергії і якості відпрацювання автоматики.

Список використаних джерел

1. Kolomiyets O. M. (2019). Features of Automation of Control of Technical Status of Marine Transport. World Science. 3(43), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal_ws/31032019/6400
2. Богом'я В.І., Давідов В.С., Доронін В.В., Пашков Д.П., Тіхонов І.В. (2012). Навігаційне забезпечення управління рухом суден. К.: ДВВП «Компас». 336 с.
3. Коломієць О. М., Данік О. В. (2017). Оцінювання впливу застосування інтелектуальної системи експлуатації судна на вирішення завдання безпеки. Стандартизація, сертифікація, якість. Вип. 2 (105). П. 75–78.
4. Вагущенко Л.Л. Системы автоматического управления движением судна. 3-е изд., перераб. и доп. Одесса: Феникс, 2007. 328 с.
5. Носенко В.М. Судовые энергетические установки / В.М. Носенко. – Николаев: ФЛН Швед В.Д., 2013. – 443 с.
6. Артемов Г.А. Суднові енергетичні установки / Г.А. Артемов, В.М. Горбов. – Миколаїв: УДМТУ, 2002. – 356 с.
7. Дакі О.А., Колесник В.В., Дорофєєва З.Я., Тришин В.В., Якусевич Ю.Г. Моделі автоматизації елементів судна. Водний транспорт: Збірник наукових праць. Випуск 2(33), 2021.
8. Gorbov V.M. Marine engineering encyclopedia / V.M. Gorbov, S.I. Serbin, V.S.Mitienkova. Mykolaiv: publisher Torubara V.V., 2017. – 200 p.
9. Вагущенко Л.Л. Бортовые автоматизированные системы контроля мореходности. Одесса: Феникс, 2005. 272 с.
10. Вагущенко Л.Л. Интегрированные системы ходового мостика. Одесса: Латстар, 2003. 169 с.

УДК 681.3-621.375

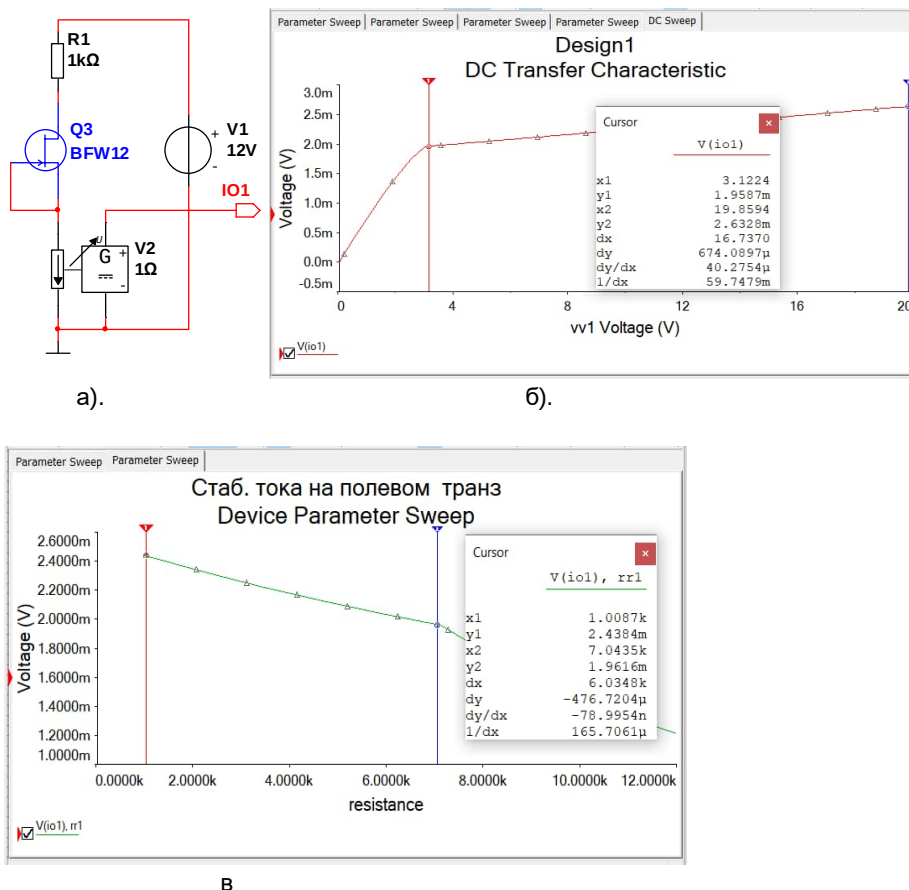
Рябенський В.М., д.т.н., проф. Фомін Д.С. магістр

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

МОДЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНЗИСТОРІВ, ЯК СТАБІЛІЗАТОРІВ СТРУМУ

Сучасні електронні пристрої, особливо пристрої аналогової схемотехніки, досить часто для забезпечення стабільної роботи використовують перетворювачі напруга – струм. Це дає можливість забезпечити високу температурну стабілізацію роботи схеми, зменшити вплив розкиду параметрів елементів та коливань напруги живлення пристрою. Такі стабілізатори виготовляються іноді по досить складних схемах, з точним підбором параметрів окремих елементів, що простіше зробити при використанні інтегральних технологій [1, 3]. В роботі виконується аналіз можливості використання простих транзисторних схем для побудови стабілізаторів струму і визначаються ті можливості і межі в яких можна забезпечити необхідний рівень стабілізації струму.

Стабілізатори струму в обов'язковому порядку повинні не тільки забезпечити необхідну стабілізацію струму, а і бути не «чутливими до коливань напруги живлення, змін температури та змін опору навантаження. [2, 4]. Одним з простих способів побудови малопотужних стабілізаторів струму є використання польових транзисторів з р-п переходом у яких виводи затвору і витоку з'єднані. Такий транзистор працює здебільшого при запираючих напругах на затворі. При цьому перехід затвор – канал зміщений в зворотному напрямку, тобто, струм затвора відсутній. При нульовій напрузі на затворі відносно витоку вплив затвора на канал практично відсутній. При прикладанні напруги між витком і стоком струм в каналі буде визначатись омичним опором каналу[1, 4].



В

Рис.1. а) Схема стабілізатора струму на польовому транзисторі з р-п – переходом, б) вихідна характеристика при його включенні по схемі, в) = характеристика навантаження

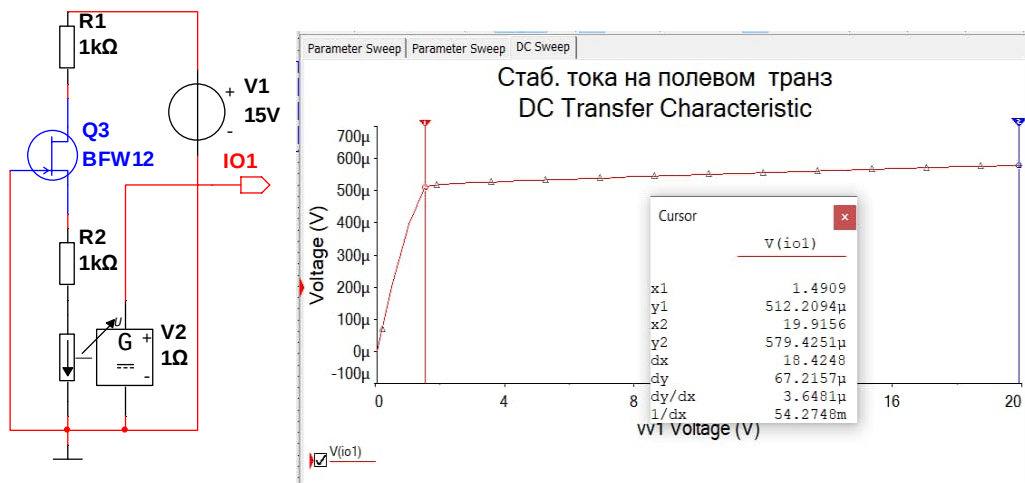
Струм стоку при нульовій напрузі на затворі $U_{зв} = 0$ називається початковим струмом стоку $I_{сп}$ і він має максимальне значення для вибраного транзистора. Опір каналу залежить як від напруги стоку, так і від струму через канал і при зростанні струму ширина каналу зменшується, що приводить до зростання опору каналу. В транзисторі діє від'ємний зворотний зв'язок, який стабілізує величину струму стоку (Рис.1, а) [4]. На рис. 1, а) наведена схема стабілізатора струму на транзисторі BFW12.[3]. Як видно з рис.1, б), режим стабілізації струму починається з напруги джерела $V1=3.12$ В. При зміні напруги живлення від 3.12 до 20 В струм змінюється від 1.96 мА до 2.63 мА, тобто, величина диференційного опору:

$$r_i = \Delta u / \Delta i = (20 - 3.12) / (2.63 - 1.96) \cdot 10^{-3} = 25.2 \text{ кОм}.$$

Напруга відсічки для вибраного транзистора рівна 3.12 В.

З характеристики залежності струму від величини зміни опору навантаження (рис. 1, в) витікає, що при зміні опору навантаження в 6 раз, зміна величини струму не перевищує 20%. При аналізі температурного режиму в діапазоні температур, в якому в основному працює електронна апаратура, тобто в діапазоні $(20 - 60)^\circ\text{C}$ величина струму практично не змінювалась.

Якщо послідовно з витком встановити резистор (Рис.2.а), то транзистор буде мати від'ємне зміщення, струмова характеристика стане більш жорсткою, наруга зміщення знизиться (рис.2.б), але при цьому робочий струм джерела струму також зменшиться.



а).

б).

Рис. 2. а) Стабілізатор струму з від'ємним зміщенням, б) вихідна характеристика

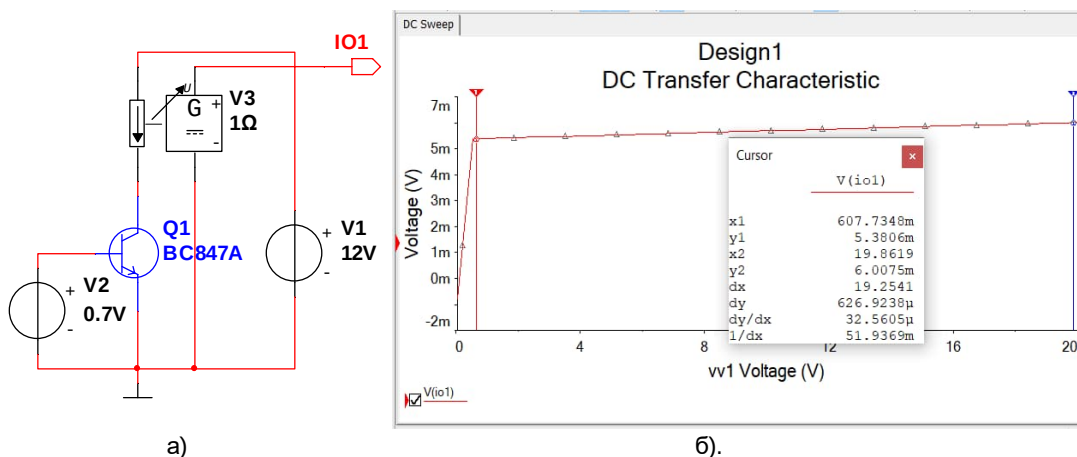
Величина внутрішнього диференційного опору зростає до величини

$$r_i = (20-1.5) / (579.4 - 512.2) \cdot 10^{-6} = 275 \text{ кОм}.$$

Величина внутрішнього зворотного зв'язку, і, відповідно, стабільність струму зросла більш ніж на порядок. Мінімальна величина порогової напруги теж суттєво зменшилась. З наведеного прикладу можна зробити ще один висновок, а іменню, встановивши в коло витoku змінний опір, можна задавати величину вихідного струму і його стабільність. В стабілізаторі, який розглянуто вище, можна використовувати і польові транзистори з вмонтованим каналом[1,4].

При використанні біполярного транзистора слід враховувати той факт, що для наявності колекторного струму перехід база емітер повинен бути зміщений в прямому напрямку і, відповідно, струм через нього не буде рівним нулю. Більш того, цей струм визначатиме величину колекторного струму.

При включенні транзистора по схемі з загальним емітером, як відомо, колекторна напруга теж буде впливати на величину колекторного струму, що особливо проявляється при малих напругах на колекторі, коли колекторний перехід зміщується у зворотному напрямку. Оскільки для зворотного зміщення колекторного переходу необхідна незначна зворотна напруга, то режим насичення на характеристиках появиться при менших значеннях колекторної напруги, ніж у польових транзисторів.

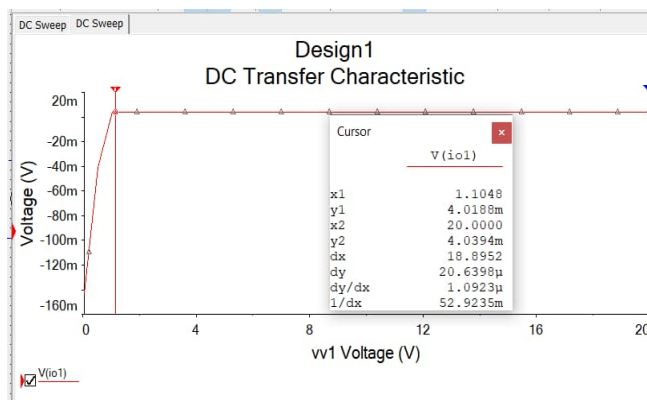
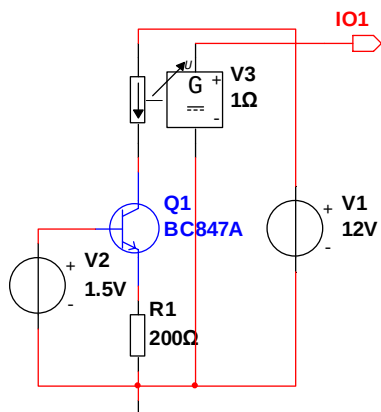


а).

б).

Рис.3. а) схема стабілізатора струму на біполярному транзисторі, б) вихідна характеристика,

Для вибраного транзистора, схема включення якого наведена на рис. 3.а) вихідна характеристика наведена на рис.3.б), величина диференційного опору $r_i = 32 \text{ кОм}$



а). б).
Рис.4. а) схема стабілізатора струму з зворотним зв'язком, б) вихідна характеристика

При наявності емітерного опору, що є опором від'ємного зворотного зв'язку (Рис.4. а) вихідна характеристика становиться більш жорсткою (Рис.4, б) і величина диференційного опору досягає величини 945 кОм. Мінімальна напруга зросла до 1.1. В. З точки зору стабілізації струму остання схема має значно кращі параметри, ніж при використанні польового транзистора. При зміні температури в межах $(20 \div 60)^{\circ}\text{C}$ встановлена величина струму 4 мА змінюється в межах 0.2 мА, тобто, на 5%.

при зміні опору навантаження При зміні опору навантаження в межах від 50 Ом до 1 кОм при номінальному струмі 4 мА величина струму в навантаженні змінилась на 0.01 мА, тобто, на 0.25%. Недолік схеми – наявність джерела зміщення легко компенсується підключенням прямо зміщеного світлодіода.

Висновок. Використовуючи допоміжне зміщення і від'ємний зворотний зв'язок за рахунок емітерного опору в біполярному транзисторі можна будувати прості стабілізатори струму з вихідним опором до 1 МОм. і високою стабільністю при коливаннях температури і навантаження.

Список використаних джерел

1. Payl Horovitz, Winfield Hill. The art of electronics. Cambrige universitypress, New York, 1986, 704p.
2. Camenzind H. Designing Analog Chips. – Virtualbookworm.Com Publishing, Inc orporated, 2005. – 242 p.
3. Шустов М. Прецизійні джерела струму. Радіолоцман №4, 2020р стр 46-50
4. Рябенський В.М. Схемотехніка електронних пристроїв і систем. т.1 Аналогова схемотехніка. Миколаїв, Ілліон, 2011, 390с.

УДК 621.865.8

Васильєв О.Г., к.т.н., доцент, Гостєв Г.Р., Капітоненко К.О.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

НАЛАШТУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ ПІД-РЕГУЛЯТОРА

Система керування електродвигуном (ЕД), як механічним приводом руки робота, має ряд недоліків, що істотно знижують ефективність його роботи. До цих недоліків відносяться: поява на деяких режимах роботи енергодвигуна автоколивань, потрапляння системи автоматичного керування (САУ) у зону нестійкої роботи, у результаті створюються аварійні ситуації.

Більшість сучасних підходів до синтезу систем автоматичного керування акцентуються на здібності системи зберігати необхідну якість і надійність, незважаючи на неточності моделі або суттєву невизначеність характеристик об'єкта управління.

В роботі оцінювалась ефективність САУ з метою вибору належного регулятора. Враховуючи, що основним завданням обраного регулятора буде забезпечення необхідної якості системи в перехідних і встановлених режимах, був обраний регулятор, який забезпечує швидкодію, що визначається часом регулювання у порівнянні з іншими регуляторами при подачі на вхід системи тестового ступінчастого сигналу, та допустимі зміни якості системи, що характеризуються зазначеними параметрами [1]. У роботі було продемонстровано метод налаштування коефіцієнтів регулятора.

Найбільш гнучкий закон управління - пропорційно-інтегрально-диференціальний. Варіювання його параметрів дозволяє реалізовувати решту законів. Він поєднує, природно, всі переваги та недоліки складових його законів. Кожен із елементів регулятора (пропорційна, інтегральна та диференціальна ланки) виконує своє завдання і робить свій специфічний вплив на функціонування системи: пропорційний закон відповідає за сьогодення (реагує на поточну помилку), диференціальний – за майбутнє (реагує на тенденцію зміни помилки), а інтегральний – за минуле (накопичуючи попередні помилки та згладжуючи високочастотні шуми).

Закон ПІД-управління виглядає як сума вхідних до складу ПІД-регулятора керуючих компонентів

$$u_{pid}(t) = u_p(t) + u_i(t) + u_d(t) = k_p \times e(t) + k_i \times \int e(t)dt + k_d \times (\dot{y}(t) - \dot{y}(t-1)).$$

Передатна функція ПІД-регулятора

$$W_{per}(p) = k_p + \frac{k_i}{p} + k_d p.$$

Підсумкова структурна схема системи, що використовує ПІД-регулятор, зображена на рисунку 1.

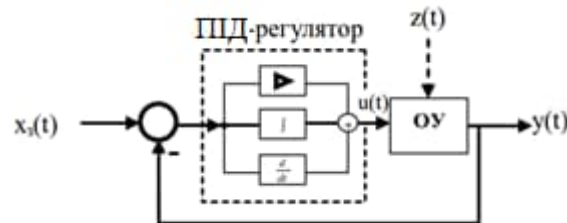


Рисунок 1 – Система з ПІД-регулятором

ПІД-регулятор – це старий винахід. Він був створений ще 1910 року, проте значно пізніше, лише 1942 р. було розроблено методику його налаштування (Зіглер і Нікольс). Незважаючи на свою поширеність, довгий час ПІД-регулятор був досить складним та дорогим пристроєм. Але після появи мікропроцесорів у 80-х рр. розвиток та поширення (де треба і де не треба) ПІД-регуляторів стало відбуватися наростаючими темпами. Зараз ПІД-регулятор відноситься до найпоширенішого типу регуляторів. Вважається, що майже 90% регуляторів, що зараз перебувають в експлуатації, використовують ПІД алгоритм. Причиною такої високої популярності є насамперед їхня низька вартість. Щоправда, останніми роками спостерігається тенденція витіснення "класичних" ПІД-регуляторів їх аналогами - регуляторами, які використовують так звану "нечітку логіку". Нечіткі регулятори, не поступаючись швидкодії, все-таки простіше в налаштуванні і більш універсальні [2,3,4].

Налаштування ПІД-регулятора. Налаштування параметрів ПІД-регулятора (коефіцієнтів k_p , k_i та k_d) – це найскладніший процес. Ця настройка залежить від складу нашої системи, характеристик її складових частин, від задачі, що вирішується.

Для налаштування необхідно намалювати структурну схему системи. При цьому необхідно знати всі характеристики всіх компонентів, що входять в систему (треба знати передатні функції всіх ланок). Далі обчислюється те, що називається передавальною функцією системи. За цією передатною функцією можна визначити якість перехідних процесів, точність тощо. Тобто, розрахувати коефіцієнти регулятора так, щоб наше завдання вирішувалося оптимальним чином.

Вихідні дані. У даній роботі на прикладі замкненої системи керування оцінюється ефективність системи автоматичного керування електродвигуном при використанні трьох типів цифрових регуляторів: 1) пропорційно-інтегруючий (ПІ); 2) пропорційно-диференційний (ПД); 3) традиційний пропорційно інтегрально-диференційний (ПІД) регулятор. Для цифрового ПІ-регулятора швидкості обрано початкові розрахункові коефіцієнти:

$k_p = 14,62$, $k_i = 1/0,27$, які були визначені для системи управління електроприводом промислового (ПР) робота AdeptViper.

В наші дні широке застосування отримали сучасні обчислювальні засоби у дослідженні динамічних систем, що ґрунтуються на використанні добре розроблених пакетів прикладних програм, що реалізують відомі методи аналізу, синтезу та оптимізації САУ. Серед таких програмних засобів найбільш відома система Matlab, в якій реалізована мова програмування високого рівня для технічних обчислень [5]. З урахуванням чисельних значень параметрів передатних функцій складаємо в інтерактивній системі MATLAB (Simulink) структурну схему системи автоматичного керування електропривода ПР із цифровим ПІ-регулятором, рисунок 2.

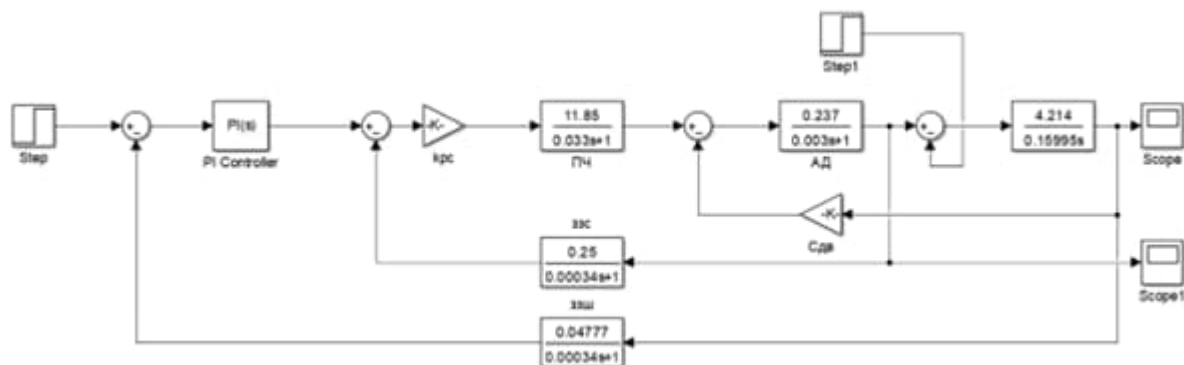


Рисунок 2 - Структурна схема системи з ПІ-регулятором швидкості

Запускаємо програму та отримуємо графік перехідного процесу (рисунок 3).

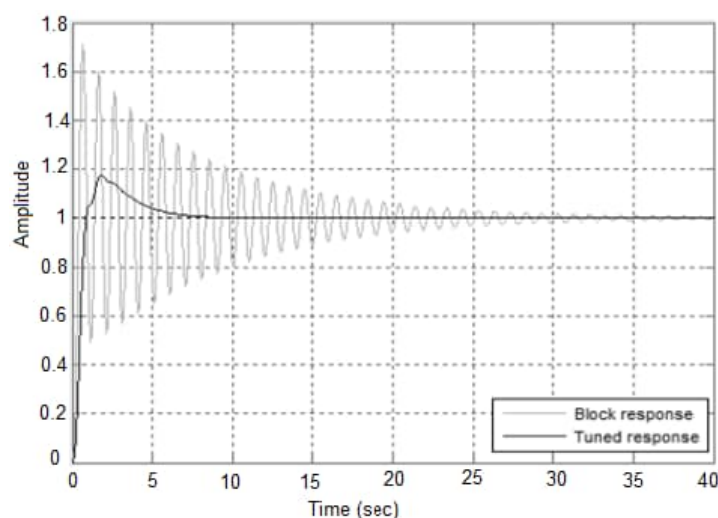


Рисунок 3 - Графік перехідного процесу системи з ПІ-регулятором за швидкістю з розрахунковими параметрами

З рисунку 3 видно, що система з розрахунковими коефіцієнтами підсилення k_p , k_i не є стійкою до 30с (Block response), тому проводимо автоматичний підбір коефіцієнтів за допомогою функції Tuner.

Для автоматичного підбору коефіцієнтів переходимо до блоку P Controller із стандартними настройками. За допомогою функції Tuner, яка знаходиться у блоці P Controller, задаємо розрахункові коефіцієнти підсилення регулятора швидкості, натисканням кнопки Tuner запускаємо програму. У вікні налагодження натискаємо Update Block та отримуємо наші нові коефіцієнти підсилення k_p , k_i . На панелі параметрів (рисунок 4) показані нові коефіцієнти для системи з ПІ-регулятором.

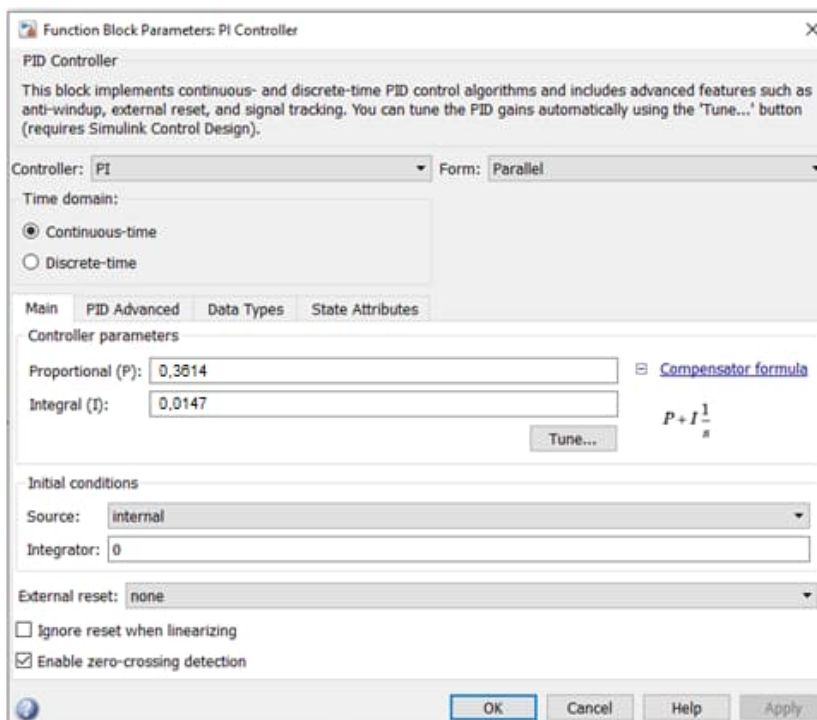


Рисунок 4 - Запропоновані нові коефіцієнти для системи з ПІ-регулятором

Графік перехідного процесу системи з ПІ-регулятором за швидкістю з новими запропонованими коефіцієнтами наведений на рисунку 5.

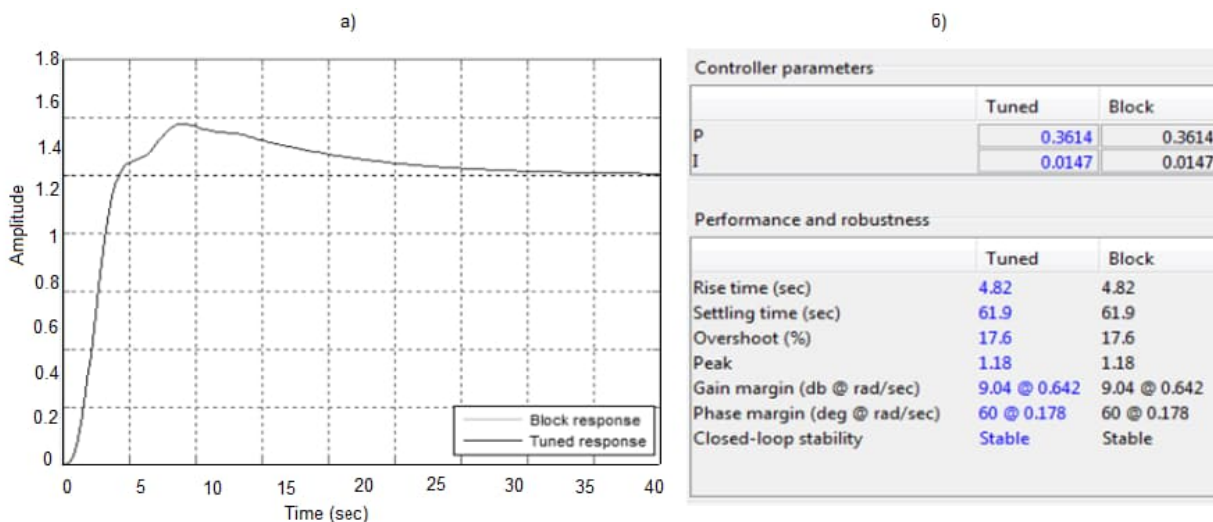


Рисунок 5 - Графік перехідного процесу системи з ПІ-регулятором за швидкістю з новими запропонованими коефіцієнтами (а) та його числові характеристики (б)

В результаті отримані параметри, що відповідають заданим вимогам до систем автоматичного керування.

Подібним чином були отримані параметри налагодження для ПД-регулятора (k_d) та для ПІД-регулятора (k_p , k_i та k_d). Після підстановки нових параметрів налагодження ПІД-регулятора отриманий графік перехідного процесу (рисунок 6).

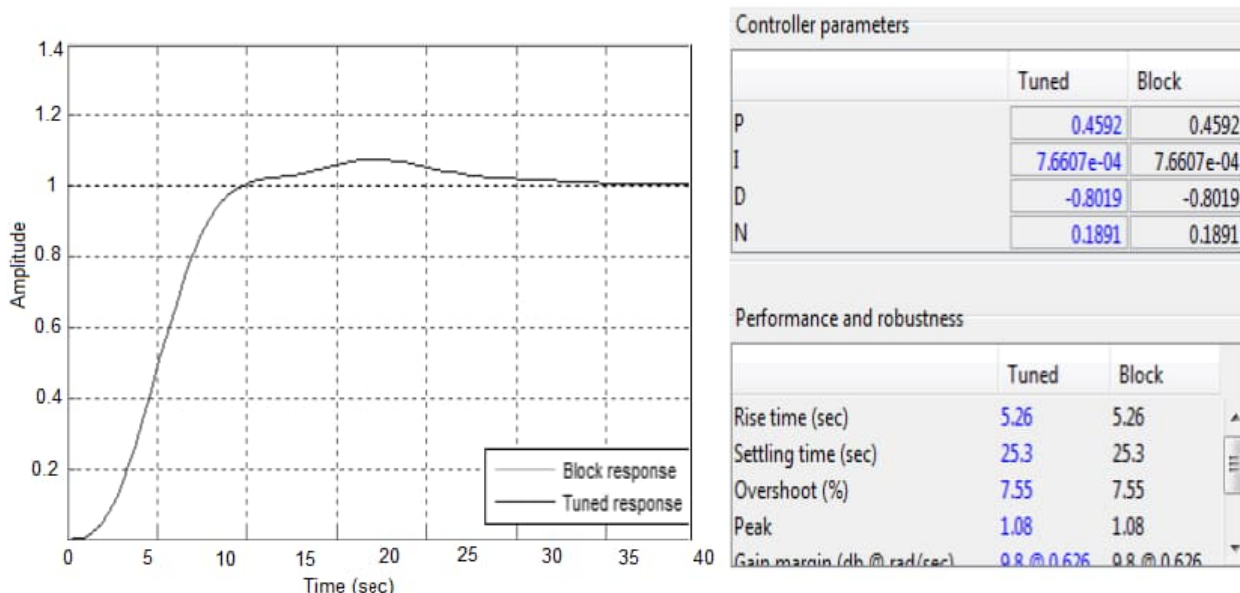


Рисунок 6 - Графік перехідного процесу системи з ПІД-регулятором за швидкістю з новими запропонованими коефіцієнтами що відповідає вимогам стійкості

Після автоматичного підбору коефіцієнтів ми можемо побачити з рисунку 6, що стан системи стає стійким до 22 с. ПІД-регулятор відповідає вимогам стійкості, час регулювання мінімально ($t_{max} = 22$ с) у порівнянні із застосуванням інших регуляторів і перерегулюванням $\sigma = 7,5\%$, що відповідає допустимим межах [2].

Список використаних джерел

1. Гостев В.И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления / В.И.Гостев. Киев: Радиоаматор. 2008. 972 с.
2. Зайцев Г. Ф. Теория автоматического управления и регулирования / Г.Ф.Зайцев. — 2-е изд., перераб. и доп. Киев, Издательство Выща школа Головное издательство, 1989.
3. Оптимізація параметрів pid-контролера системи збудження генератора [Електронний ресурс] / Марченко А.А., к.т.н., доцент, Наухацька Т.А., студентка – Режим доступу до ресурсу: <http://jour.fea.kpi.ua/article/viewFile/129888/125503>.
4. Расчёт и исследование возможностей систем автоматического управления с типовым ПИД-регулятором и модифицированным ПИ2Д-регулятором [Електронний ресурс] / Марченко Г.А. Французова, Е.П. Котова – Режим доступу до ресурсу: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28845982>
5. Поршнев С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB. М.: Горячая линия – Телеком. 2003. 592 с.

УДК 621.865.8

Угольников Г.Г.¹, Герасин О.С.^{1,2}, к.т.н., доцент

¹Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

²Миколаївський національний університет імені В. О. Сухомлинського, м. Миколаїв

ОГЛЯД СУЧАСНИХ РОБОТІВ-МАНІПУЛЯТОРІВ З АВТОМАТИЗОВАНИМ КЕРУВАННЯМ

Сучасний світ переживає стрімкий технологічний розвиток, де автоматизація та роботизація стають важливими тенденціями у багатьох галузях людської діяльності. Особливу увагу при цьому привертають роботи-маніпулятори з автоматизованим керуванням, які використовуються для виконання найрізноманітніших завдань у виробництві, логістиці, медицині, археології, сільському господарстві, будівництві, дослідженнях та багатьох інших галузях [1]. Вдалі робототехнічні рішення демонструють великий потенціал для сучасної трансформації в різних сферах, зокрема: підвищення продуктивності, зниження витрат та покращення якості роботи. Однак цей швидкий розвиток ставить перед собою завдання розробки універсальних та ефективних конструкцій, складних систем управління та використання сучасних технологічних засобів для їх реалізації. Таким чином, ключовою проблемою сьогодення є необхідність вдосконалення та адаптації роботів-маніпуляторів для вирішення конкретних завдань у різних сферах діяльності [2].

Актуальність вивчення сучасних роботів-маніпуляторів наголошується їхньою ключовою роллю в трансформації різних галузей людської діяльності. Роботи-маніпулятори – це складні технічні пристрої, які обладнані арсеналом рухомих механізмів і сенсорів, здатні виконувати широкий спектр дій: від зварювання та монтажу виробів до сортування та пакування товарів. Їхні можливості не обмежуються лише виробництвом, оскільки вони знайшли застосування в археології для розкопок та реконструкції історичних об'єктів, у сільському господарстві для автоматизованого оброблення полів та збирання врожаю, а також в будівництві для підйому та розміщення важких конструкцій та матеріалів [3].

Метою роботи є проведення огляду сучасних роботів-маніпуляторів з автоматизованим керуванням, встановлення їхніх ключових характеристик, виявлення невирішених проблем та постановка завдань для подальших досліджень у цьому напрямку.

Огляд літературних джерел за тематикою роботів-маніпуляторів виявляє багато аспектів, які важливі для розуміння їхнього потенціалу та обмежень при здійсненні автоматизованого керування [4]. Нижче наведені найбільш характерні приклади використання сучасних технологій для розробки та удосконалення таких робототехнічних об'єктів (рис. 1, табл. 1).



а



б



в



г



д



е



є



ж

Рисунок 1 – сучасні роботи-маніпулятори: а – Boston Dynamics Spot, б – ABB IRB 6700; в - Da Vinci Surgical System; г – Clearpath Robotics Husky; д – Spidercam; е – Agrobot; є – FarmBot; ж – Boston Dynamics Handle.

Таблиця 1 - Огляд сучасних роботів-маніпуляторів

Модель	Тип конструкції	Призначення	Особливості	Переваги	Недоліки
Boston Dynamics Spot (рис. 1, а) [5]	Квадрупед (робот на чотирьох ногах)	Використовується для інспекції, навчання, носіння вантажів тощо	Гнучкість, адаптивність до нерівного ґрунту, обладнаний камерами і сенсорами для автономної навігації	Висока маневреність, можливість використання в різних умовах	Висока вартість, залежність від метеумов, обмежена вага вантажу
ABB IRB 6700 (рис. 1, б) [6]	Промисловий робот-маніпулятор	Застосовується для виконання завдань зварювання, монтажу та обробки матеріалів в промислових умовах	Має високу точність, швидкість та автоматизовану систему керування, що полегшує інтеграцію у виробничі процеси	Висока надійність та довговічність	Обмеженість робочої зони через його механічну конструкцію та обмеженість області застосування через великі розміри. Висока вартість
Da Vinci Surgical System (рис. 1, в) [7]	Хірургічна система	Використовується для виконання складних та малоінвазивних хірургічних втручань	Точність, система 3D-відображення, можливість використання дистанційного керування	Хірургічна точність - менший ризик ускладнень та травмування для пацієнта	Висока вартість, складність обслуговування
Clearpath Robotics Husky (рис. 1, г) [8]	Мобільна платформа	Використовується для досліджень, розробки та тестування різнотипних робототехнічних систем	Можливість встановлення різних сенсорів і пристроїв, гнучка система керування	Гнучкість в дослідженнях, можливість налаштування під конкретні завдання	Обмежена вага навантаження. Невисока прохідність та залежність від метеумов можуть впливати на роботу
Spidercam (рис. 1, д) [9]	Підвісна система	Використовується для трансляції спортивних подій, концертів та інших великих заходів	Підвісна система камер, автономна навігація, великий радіус дії	Універсальність і гнучкість, висока швидкість реакції та позиціонування, стабільність під час руху	Висока вартість, залежність від метеумов, обмеження ваги вантажу, ризик для безпеки
Agrobot (рис. 1, е) [10]	Мобільна платформа	Використовується в сільському господарстві для збору плодів та овочів	Використання комп'ютерного зору для визначення готовності плодів до збору, автоматизація рухів	Висока продуктивність та ефективність збору. Здатність працювати впродовж тривалого часу	Обмежені можливості в деяких умовах експлуатації, таких як: велика кількість рослин та нерівномірність урожаю
FarmBot (рис. 1, є) [11]	Стационарна платформа	Використовується для вирощування рослин: автоматизованого поливу, підживлення та обробки ґрунту	Висока точність та автоматизована система керування	Точність, автономність, зменшення трудових витрат у галузі садівництва та сільського господарства	Висока вартість, залежність від метеумов, складність налаштування та масштабування
Boston Dynamics Handle (рис. 1, ж) [12]	Мобільна платформа	Може використовуватися для виконання завдань з транспортування у великих просторах	Комбінований колісний рушій, можливість виконання стрибків	Висока швидкість та маневреність, здатність виконувати складні рухи	Складність управління у тісному просторі, обмежена вантажопідйомність

Висновки. В результаті проведеного огляду визначено, що роботи-маніпулятори на мобільних платформах мають більшу гнучкість у переміщенні ніж стаціонарні роботи, але можуть мати обмеження в автономності, вантажопідйомності та точності. Огляд сучасних роботів-маніпуляторів з автоматизованим керуванням також підкреслює важливість і значення цих технологій у сучасному світі. Завдяки своїм широким можливостям та потенціалу такі роботи виявилися корисними інструментами в різних галузях людської діяльності, включаючи виробництво, науку, логістику, медицину, археологію, сільське господарство та будівництво. В цілому, роботи-маніпулятори допомагають підвищити точність, надійність, безпеку, продуктивність та якість виконуваних технологічних операцій, але вимагають складних конструктивних, програмних рішень та технічного обслуговування.

Основні технічні виклики, пов'язані зі створенням роботів-маніпуляторів, включають розробку більш точних і надійних систем керування, ідентифікацію та інтеграцію з оточуючим середовищем, масштабування, а також забезпечення безпеки взаємодії з людьми та навколишніми об'єктами. Ці виклики потребують подальших наукових досліджень та інновацій, щоб максимально використовувати потенціал таких роботів у різних галузях.

Список використаних джерел

1. Sotnik, S. Modern Industrial Robotics Industry / S. Sotnik, V. Lyashenko // International Journal of Academic Engineering Research. – 2022. – Vol. 6 Issue 1. – P. 37-46.
2. Lyashenko, V. Modern Walking Robots: A Brief Overview / V. Lyashenko, MA. Ahmad, N. Belova, S. Sotnik // International Journal of Recent Technology and Applied Science. – 2021. – Vol. 3, No. 2. – P. 32-39.
3. Mobile Robotics: Solutions and Challenges. Proceedings of the Twelfth International Conference on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines / ed. by O. Tosun, H.L. Akin, M.O.Tokhi, G.S. Virk. – Istanbul, Turkey, 9-11 September, 2009.
4. Thomas Braunl. Embedded Robotics. Mobile Robot Design and Applications with Embedded Systems / Thomas Braunl // Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2003. – Third Edition.
5. "Boston Dynamics Spot" [Електронний ресурс] – <https://bostondynamics.com/products/spot/>
6. "ABB IRB 6700" [Електронний ресурс] – <https://new.abb.com/products/robotics/robots/articulated-robots/irb-6700>
7. "Da Vinci Surgical System" [Електронний ресурс] – <https://www.intuitive.com/en-us/products-and-services/da-vinci>
8. "Clearpath Robotics Husky" [Електронний ресурс] – <https://clearpathrobotics.com/husky-unmanned-ground-vehicle-robot/>
9. "Spidercam" [Електронний ресурс] – <https://www.rossvideo.com/cameras-and-robotic-systems/robotic-systems/spidercam/>
10. "Agrobot" [Електронний ресурс] – <https://www.agrobot.com/e-series>
11. "FarmBot" [Електронний ресурс] – <https://farm.bot/>
12. "Boston Dynamics Handle" [Електронний ресурс] – <https://arstechnica.com/gadgets/2021/03/meet-boston-dynamics-next-commercial-robot-stretch/>

СЕКЦІЯ 3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА

УДК 004.77

Трешнюк А.І., Худякова І.М., к.п.н.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ДЛЯ ОНОВЛЕННЯ СОЦІАЛЬНО ВАЖЛИВОЇ ІНФОРМАЦІЇ.

Отримання **актуальної** інформації про ліки в період пандемії та війни є вельми важливим завданням, оскільки в таких умовах становить загрозу здоров'ю та життю багатьох людей. Основною метою отримання актуальної інформації про ліки є захист життя та здоров'я людей.

Tabletki.ua - найбільший портал, створений для пошуку та бронювання фармацевтичної продукції в Україні. Цей ресурс корисний, якщо необхідно отримати інформацію про лікарський засіб, заявлену виробником, або знайти його офіційну інструкцію від виробника, а також дізнатися про наявність та ціну в аптеках на території України. Джерелами розміщених даних є виключно офіційні ресурси, включаючи Державний реєстр лікарських засобів.

Для того, щоб отримати від аптек актуальну інформацію щодо наявності та вартості фармацевтичної продукції у місцях продажу на території України, а саме лікарських засобів, виробів медичного призначення, медтехніки, лікувальної косметики та інших товарів використовуються засоби телекомунікацій.

Метою цієї роботи було створення програмного забезпечення для періодичної передачі актуальної інформації про наявність лікарських засобів однієї з аптек м. Миколаїв на сайт Tabletki.ua.

Телекомунікації використовуються для періодичного автоматичного оновлення інформації на сайті шляхом передачі даних з одного джерела до іншого через мережу. Для забезпечення цього процесу потрібно використовувати різні технології та протоколи, такі як HTTP, FTP, SSH, а також мови програмування і сервіси для автоматизації цих завдань. Способи, які можуть бути використані для оновлення інформації на сайті через телекомунікаційні засоби:

Використання HTTP/HTTPS запитів: дають можливість налаштувати автоматичні HTTP або HTTPS запити до іншого сервера або сервісу, щоб отримувати актуальні дані. Відповідь на ці запити може бути оброблена і оновлена на сайті.

Основні переваги використання HTTP/HTTPS запитів включають:

- **Актуалізація даних:** можна отримувати свіжі дані з інших джерел, таких як новини, погода, фінанси, соціальні мережі тощо, і автоматично оновлювати їх на сайті без необхідності ручного втручання.
- **Асинхронність:** HTTP/HTTPS запити можуть виконуватися асинхронно, що дозволяє завантажувати дані на сторінку без блокування основного потоку виконання JavaScript і без перезавантаження сторінки.
- **Інтерактивність:** завдяки HTTP/HTTPS запитам, веб-сайт може взаємодіяти з іншими сервісами і відображати інформацію на основі дій користувачів, що робить взаємодію більш цікавою і корисною.
- **Оптимізація швидкості:** можна завантажувати лише необхідні дані, що дозволяє економити широкополосний обсяг і підвищувати швидкість завантаження сторінки.
- **Покращення користувацького досвіду:** можна створювати інтерактивні елементи, такі як автозаповнення поля для пошуку, фільтри, каруселі тощо, що покращує користувацький досвід.

Використання FTP/SFTP: Якщо інформація зберігається на іншому сервері, зазвичай використовується FTP або SFTP для збереження і оновлення файлів на віддаленому сайті. FTP/SFTP дозволяє створювати і керувати структурою каталогів на сервері, щоб організувати файли в логічні категорії. SFTP забезпечує шифрування даних під час передачі, що забезпечує безпеку вашої інформації під час завантаження на сервер. Для використання FTP або SFTP, необхідно мати доступ до сервера з відповідними правами доступу. Також можна використовувати клієнтські програми FTP або SFTP для здійснення підключення до сервера та виконання операцій з файлами.

Використання API: Багато онлайн-сервісів надають API, які дозволяють отримувати інформацію через мережу. Це дозволяє використовувати ці API для автоматичного оновлення даних на сайті. За допомогою API можна автоматизувати процеси на сайті, такі як оновлення товарів у магазині, відстеження замовлень або оновлення рейтингів та відгуків користувачів. Використання API дозволяє додавати нові функції та можливості до сайту без необхідності повного переписування коду. Багато API вимагають аутентифікації, що забезпечує безпеку обміну даними між вашим сайтом і іншими сервісами. Для використання API, зазвичай потрібно отримати ключ API або токен, який дає доступ до ресурсів та функціональності сервісу.

Використання крон-завдань: На сервері сайту можна налаштувати крон-завдання, які автоматично виконуватимуть певні задачі в заданий час. Це може включати завантаження і оновлення даних з інших джерел.

Основні переваги використання крон-завдань включають:

- **Автоматизація:** Крон-завдання дозволяють автоматично виконувати певні дії на сервері без необхідності ручного втручання. Це особливо корисно для регулярних завдань, таких як щоденне оновлення даних.
- **Регулярність:** Крон-завдання можна налаштувати для виконання в заданий час або на певному інтервалі, що дозволяє планувати регулярне оновлення даних.
- **Оптимізація ресурсів:** Завдяки крон-завданням, ви можете запускати важкі або обчислювати інтенсивні операції в часи з найменшим навантаженням на сервер, що дозволяє оптимізувати використання ресурсів.
- **Інтеграція з іншими сервісами:** Крон-завдання можуть використовувати API та інші засоби взаємодії для завантаження даних з інших джерел, що розширює можливості вашого сайту.

Прикладами крон-завдань можуть бути:

- Оновлення кешу сторінок сайту для підвищення швидкості завантаження.
- Резервне копіювання бази даних на сервері.
- Вивід інформації про акції та новини на сайті на певному інтервалі часу.

Крон-завдання зазвичай налаштовуються на рівні операційної системи сервера.

Використання веб-скрапінгу: веб-скрапінг можливо використовувати, щоб автоматично отримувати інформацію з інших веб-сайтів і оновлювати її на власному сайті. Проте цей метод повинен бути використаний обережно і з дотриманням авторських прав та правил використання. Також важливо враховувати обсяг даних, які ви отримуєте, і як вони використовуються на вашому сайті. Великі обсяги даних можуть призвести до надмірного навантаження на сервер і повільного завантаження сторінок. При використанні веб-скрапінгу для оновлення даних на сайті, необхідно обирати розумну частоту оновлень, щоб уникнути надмірного трафіку на інший сайт і зменшити ризик блокування IP-адреси. Відкрита комунікація з власниками сайту, з якого скрапите інформацію, може допомогти вирішити потенційні питання та узгодити використання даних. Треба пам'ятати про безпеку і захист даних, особливо якщо інформацією є особисті або конфіденційні дані. У деяких випадках, де доступ до даних обмежений або небажаний, можуть бути надійніші альтернативи, такі як використання API або отримання даних від джерел, які дозволяють обмін даними безпосередньо.

Мова програмування: Python - це потужна, високорівнева мова програмування, яка має широкий спектр застосувань. Її простота, зрозумілість та гнучкість роблять її популярним вибором для розробників у багатьох галузях. Python має лаконічний синтаксис, який легко зрозуміти та використовувати. Крім того, Python має велику кількість сторонніх бібліотек, які полегшують програмування.

Завдання полягало в тому, щоб з вказаним періодом формувати файл з інформацією про залишки медпрепаратів в аптеці та передавати цю інформацію на сайт Tabletki.ua. **З бази** даних, яка є інформаційною базою даної аптеки кожні 10 хвилин вивантажуються залишки медпрепаратів в форматі CSV. Потім створюється архівний файл для завантаження на сайті Tabletki.ua.

Формат та ім'я файлу створюються за правилами адміністраторів сайту Tabletki.ua. Ім'я файлу містить код аптеки та час створення. Для вирішення завдання використовувалась мова програмування Python і протокол FTP для збереження і оновлення файлів на сайті Tabletki.ua.

Фрагмент коду програми на рис.1.


```

mon = '{:0>2}'.format(month)
h = '{:0>2}'.format(hour)
minn = '{:0>2}'.format(minute)
sec = '{:0>2}'.format(second)
mask = 'Rest_49517_' + str(year) + str(mon) + str(d) + str(h) + str(minn) + str(sec) + '.zip'
src = '12345.csv'
dst = 'Rest_49517_' + str(year) + str(mon) + str(d)+str(h) + str(minn) + str(sec) + '.csv'
#os.rename(src, dst)
shutil.copy2(src, dst)
# удалить архив
test = os.listdir("c:/tablet/")
for item in test:
    if item.endswith(".zip"):
        os.remove(item)
# *****
archive = zipfile.ZipFile(mask, mode='w')
try:
    archive.write(dst)
    print('Files added.')
finally:
    #print('Reading files now.')
    archive.close()
zip_archive = zipfile.ZipFile(mask, "r")
os.remove(dst)

```

Рис.1. Фрагмент коду програми

Висновок

Важливо надавати цю інформацію громадськості, щоб люди могли бути свідомими щодо свого здоров'я та вчасно звертатися за медичною допомогою. Необхідно враховувати правові та етичні аспекти при використанні телекомунікаційних засобів для оновлення інформації на сайті. Використання HTTP/HTTPS запитів, FTP/SFTP, API, крон-завдань і веб-скрапінгу, допоможе автоматизувати процеси оновлення інформації на медичних сайтах. Також важливо забезпечити безпеку та надійність цих процесів, щоб уникнути проблем з безпекою даних та доступністю сайту.

Список використаних джерел

1. Жураковський Б. Ю., Зенів О. Комп'ютерні мережі Частина 1 навчальний посібник КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 8,6 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 336 с. [Електронний ресурс]
https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/36615/1/Zhurakovskiy_Zeniv_%20Kompiuterni_merezhi_Ch1.pdf
2. Бурячок В. Л. Технології забезпечення безпеки мережевої інфраструктури. [Підручник] / В. Л. Бурячок, А. О. Аносов, В. В. Семко, В. Ю. Соколов, П. М. Складанний. – К.: КУБГ, 2019. – 218 с.
3. Бурячок В. Л. Інформаційний та кіберпростори: проблеми безпеки, методи та засоби боротьби / В. Л. Бурячок, Г. М. Гулак, В. Б. Толубко. – К.: ДУТ, 2015. – 449 с.
4. Богуш В. М. Основи інформаційної безпеки держави / В. М. Богуш, О. К. Юдін. – К.: МК-Прес, 2005 – 432 с.
5. Васильєв О.М. Програмування мовою Python. – Богдан, 2021. – 504с.

УДК 621.391.26

Трешнюк А.І., Ушкаренко О.О.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ УЗГОДЖЕНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ СИГНАЛІВ

В електронних та телекомунікаційних системах для передачі інформації фізично існує безліч різних технологій. Наприклад, це може бути передача електричних сигналів по проводах, світлових імпульсів по оптоволокну, звукових сигналів повітрям або під водою, а також електромагнітних імпульсів. При використанні будь-якої з цих технологій виникають проблеми, пов'язані з обмеженням дальності та якості зв'язку через паразитний шум у каналі передачі [1]. Сигнал може бути настільки зашумлений, що вилучення інформації з нього виявляється неможливим. Ці проблеми частково вирішуються за допомогою методів, таких як синхронне детектування [2], методу розширення спектру або накопичення періодичного сигналу [3]. Одним із завдань, розв'язуваних під час цифрової обробки сигналів, є їх розрізнення. В основу розрізнення сигналів покладено їхнє порівняння шляхом обчислення взаємної кореляційної функції. При збігу порівнюваних сигналів коефіцієнт кореляції максимальний і дорівнює енергії. Отже, порівняння сигналів може здійснюватися з урахуванням аналізу значення коефіцієнта кореляції.

Метою роботи є програмна реалізація алгоритму узгодженої фільтрації отриманого зашумленого сигналу і визначення моменту часу і форми детермінованого сигналу, що надійшов на його вхід. Отримані результати можуть бути використані при програмуванні вбудованих електронних та телекомунікаційних систем.

Білий шум в каналі зв'язку, який адитивно впливає на детерміновані сигнали, що передаються, моделюється програмно. Реалізований програмний розрізник має у своєму розпорядженні зразки сигналів і порівнює сигнал, що надійшов на вхід, з кожним з еталонів. За результатами порівняння приймається рішення про те, який із сигналів діє на вході. На рис. 1, а, представлена структурна схема пристрою для отримання кореляційного інтеграла (корелятора) [1]. Алгоритм роботи цього пристрою реалізовано програмно.

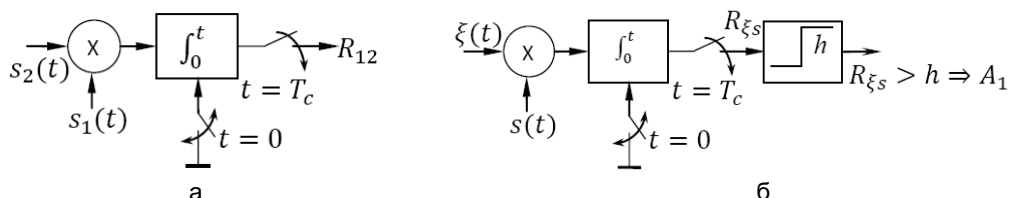


Рис. 1. Структурні схеми пристроїв для отримання кореляційного інтегралу:
а – корелятор; б – корелятор та пороговий пристрій

Однак для програмної реалізації інтегрування має виконуватися над вхідним дискретним сигналом $X(n)$, який отримується після оцифровування прийнятого сигналу та його множення дискретний еталонний сигнал. Процедура інтегрування представлена у вигляді графоаналітичного виразу, представленого на рис. 2. При цьому кількість вибірок на інтервалі спостереження дорівнює N , $f_1(\Sigma)$, $f_2(\Sigma)$, ..., $f_i(\Sigma)$ – функціональні структури суматорів, $f_1(\Sigma/2)$ – функціональна структура дільника. Така форма опису надає розробникам більш глибоке розуміння процесу обробки та перетворення дискретних сигналів, що відбувається в мікропроцесорних системах.

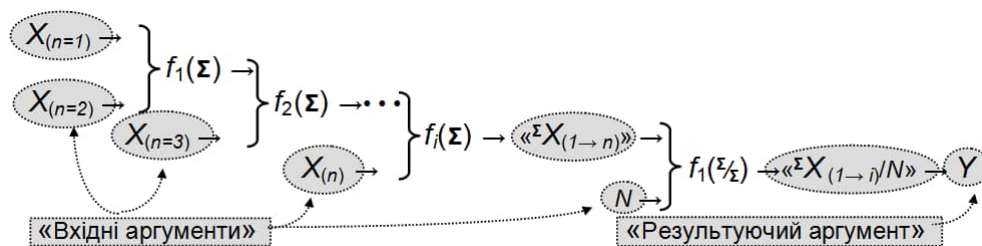


Рис. 2. Графоаналітичний вираз, що описує процедуру інтегрування дискретного сигналу

Особливістю аналітичного виразу, представленого на рис. 2, є однозначна послідовність виконуваних дій, що зручно при програмній реалізації цієї математичної операції.

На рис. 3, а, представлено діалогове вікно програми та результат її виконання. Як видно з рисунку, інформаційний сигнал дуже зашумлений. В цьому експерименті відомо, що у сигналі є прямокутні та трикутні імпульси. Програмний алгоритм шляхом узгодженої фільтрації виявляє положення трикутних імпульсів і позначає їхнє положення пунктирною лінією. Порівнюючи результати виконання програми з очікуваними можна зробити висновок про коректність роботи реалізованого алгоритму.

Наступне завдання формулюється таким чином: знайти в довгій послідовності вхідних даних, отриманих в результаті передавання по сильно зашумленому каналу заздалегідь відому короткий послідовність імпульсів.

Принцип оптимального виявлення послідовності імпульсів заснований на порівнянні коливання (сигналу), що обробляється, з опорним сигналом. Коли коефіцієнт кореляції перевищує порогове значення, дискретний сигнал, що обробляється, вважається подібним опорному сигналу і приймається рішення про його наявність [4]. До складу виявника входить корелятор або узгоджений фільтр і пороговий пристрій (рис. 1, б). Для навмисного розширення спектру з метою підвищення перешкодостійкості спочатку у вузькосмуговий сигнал в кожен інформаційний біт, що передається (логічний 0 або 1), вбудовується послідовність чіпів. Чіпові послідовності, що використовуються для розширення спектру сигналу, повинні задовольняти певним вимогам автокореляції. З цієї позиції найкращими вважаються такі коди, значення бічних пелюсток автокореляційної функції яких мінімальні по всій довжині інтервалу кодового слова за максимального значення центрального піку. До таких кодів належить код Баркера [5]. В результаті роботи алгоритму визначено початок цифрової послідовності (позначено пунктирною лінією). На рис. 2, б, представлений результат роботи програми.

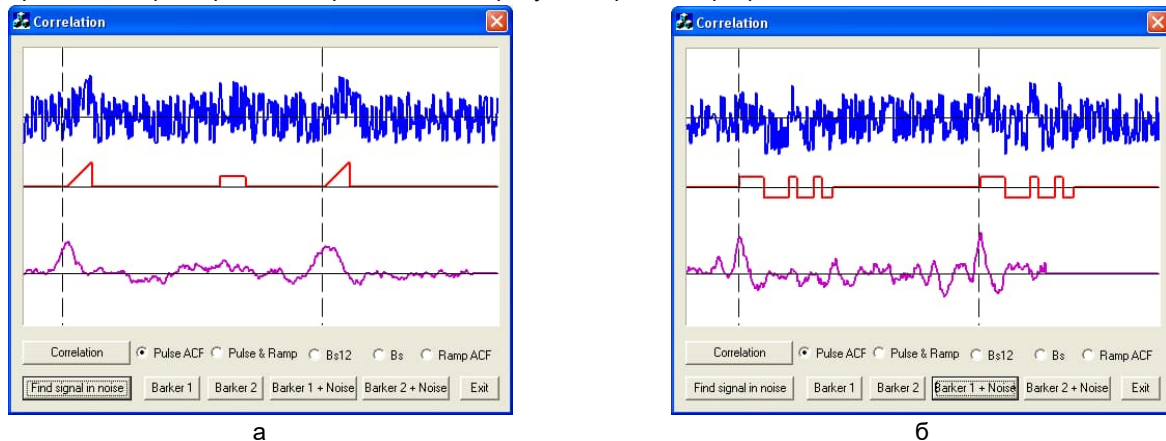


Рис. 3. Програмні засоби для дослідження процесу узгодженої фільтрації:
а – виявлення сигналів детермінованої форми; б – виявлення коду Баркера

Кореляційний метод є оптимальним методом визначення сигналу відомої форми і натомість білого шуму – метод має найкраще ставлення сигнал/шум.

Висновки. Розроблене програмне забезпечення, в якому реалізований алгоритм узгодженої фільтрації дозволяє визначити граничні значення характеристик сигналу (форми, амплітуди, тривалості) та шуму (середньоквадратичного відхилення, дисперсії), при яких виділення детермінованого сигналу з шуму все ще можливе. При цьому отримані програмні рішення можуть бути використані при розробці систем зв'язку для підвищення надійності передачі даних по сильно зашумлених комунікаційних каналах. Також слід зазначити таку особливість програмної реалізації описаного у роботі алгоритму. При зсуві вліво прийнятий і еталонний сигнали не перекриваються, і дані в кінці послідовностей не формують парні утворення – виникає так званий крайовий ефект. Одне з можливих рішень проблеми полягає в тому, щоб довжину однієї з послідовностей зробити вдвічі більше довжини, необхідної для знаходження функції кореляції. Для цього можна записати більше даних, або якщо одна з послідовностей періодична, повторити послідовність. При цьому особливу увагу слід звернути на узгодження країв.

Список використаних джерел

1. Гумен М. Б. Основи теорії процесів в інформаційних системах: підручник (у 2-х кн.). Кн.1. Аналіз детермінованих процесів / М. Б. Гумен, В. М. Співак, С. К. Мещанінов, Г. Г. Власюк, Т. Ф. Гумен. 2-е вид., зі змінами і доповн. К: Кафедра, 2017. 281 с.
2. Поведа Р.А. Моделювання характеристик синхронного детектора як складової системи обміну / Р.А. Поведа, С.В. Оптасюк // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського Національного університету ім. І. Огієнка. 2021. №27. С. 117-119.
3. Домрачева К. О. Аналіз технологій та стандартів зв'язку для мережі IoT / К.О. Домрачева, Н.М. Довженко, В.В. Дмитренко // Наук. зап. Укр. наук. дослід. ін-ту зв'язку. 2019. №3. С. 54-62.
4. Cheremskaya N. Correlation function and quasi-deterministic signals / N. Cheremskaya // Bulletin of the National Technical University KhPI Series Innovation researches in students' scientific work. 2023. P. 39-43.
5. Maksimov V. New composite Barker codes in the synchronization system of broadband signals / V. Maksimov, I. Volodymyr // Information and Telecommunication Sciences. 2020. P. 24-30.

УДК 681.391.82

Редька І.В., Трешнюк О.І., Ушкаренко О.О.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

ПРИНЦИПИ ОПИСУ СИСТЕМ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНОМУ РІВНІ

Вступ. Цифрова обробка сигналів має велике фундаментальне та прикладне значення в електроніці, сучасній радіотехніці, телекомунікаціях та суміжних галузях. Сучасні електронні системи керування, збору та обробки інформації характеризуються великою кількістю елементів, множиною зв'язків та значним обсягом оброблюваної інформації. Для проектувальника електронних систем важливим є глибоке розуміння процесів перетворення сигналів, яке виконує система, для розробки відповідних алгоритмів та їх реалізації на базі мікропроцесорної техніки.

Все частіше виникає необхідність у розробці більш складних цифрових систем у більш короткий термін, щоб скоротити час і вартість розробки та вивести новий продукт на ринок першим. Ці вимоги показали обмеження, які існують із традиційними підходами у проектуванні систем цифрової обробки сигналів (ЦОС), які раніше були розроблені для невеликих проектів, де робота на компонентному рівні була частиною звичайного процесу проектування. У більш складних проектах робота на компонентному рівні більше не є ефективною, що призводить до необхідності працювати більш високому рівні абстракції проекту [1]. Тут проектувальник розробляє та використовує високорівневі системні моделі, які потім реалізуються схемотехнічно з використанням регістрової логіки, програмованих логічних інтегральних схем, або програмно у вигляді вихідного коду мовою високого рівня.

Відомі кілька еквівалентних форм подання цифрових фільтрів як ланок систем автоматичного керування. Це подання у формі передавальної функції, різницевого рівняння [2], у вигляді розкладання передавальної функції на прості дроби, у каскадній формі, у просторі станів, а також у вигляді зр-представлення [3]. При цьому інформація про структуру системи обробки сигналів або відсутня, або представлена в неявному вигляді. Також широко використовується опис у вигляді структурних схем, принципів схем, а також системи моделювання Matlab Simulink [4, 5], SciCos [6], Proteus, Multisim та інші, у яких досліджуються системи, а також їх елементи, представлені з використанням різних рівнів абстрагування, що отримані в результаті декомпозиції вихідної системи на окремі підсистеми [7]. Такі підсистеми виконують перетворення вхідного сигналу у вихідний. Однак основним недоліком такого опису системи є відсутність інформації про структуру її окремих елементів, що розглядаються як «чорна скринька». Через це виникають труднощі з аналізом адекватності моделей, а також практичної реалізації алгоритмів обробки сигналів. Глибина опису, рівень деталізації визначається призначенням системи та використовується для побудови моделей систем. Вивчення особливостей цієї інформації предмет аналізу систем [7]. У зв'язку з цим методи опису структур систем ЦОС та процесів перетворення сигналів у них вимагають удосконалення, і як показує проведений аналіз літератури, мають резерви для розвитку.

Синтез сучасних мікропроцесорних систем керування передбачає розробку алгоритмів обробки сигналів, що отримуються з первинних вимірювальних перетворювачів. При цьому пряме використання відомих методів, що зазвичай застосовуються в аналогових системах керування, на цифрові системи іноді виявляється неефективним. Тому актуальним є завдання розвитку підходів до опису систем цифрової обробки сигналів та її окремих елементів, а також застосування алгоритмів цифрової фільтрації для покращення якості функціонування мікропроцесорних систем керування, збору та обробки інформації різного призначення.

Метою роботи є розробка з використанням правил формального опису елементів систем ЦОС та подання у вигляді графоаналітичних виразів структур цифрових нерекурсивних та рекурсивних фільтрів, відмінною особливістю яких є підвищений інформаційний зміст та зручність їх використання при програмній реалізації алгоритмів ЦОС.

Основна частина. Якщо вхідний сигнал підсистеми ЦОС розглядати як аргумент, а вихідний сигнал як функцію, то підсистема є деякою функціональною структурою. Таким чином, повний опис системи можна подати у вигляді функціональних структур, що взаємодіють, кожна з яких виконує перетворення вхідних аргументів. Якщо найпростішу схемну реалізацію фільтра ФНЧ першого порядку на основі одного елемента затримки $Z^{-1} \rightarrow \langle f_1(RSZ^{-1}) \rangle$ подати у вигляді регістра пам'яті та суматора $f_1(\Sigma)$, які записати у вигляді графоаналітичного виразу, представленого на рис. 1, а, тоді цей вираз з урахуванням процесу перетворення аргументів може бути записано у вигляді аналітичного виразу виду:

$$x(n) \rightarrow f(\text{Action}) \rightarrow y(n),$$

яке адекватно відображає процес перетворення аргументів і відповідає поняттю функціональної структури, за допомогою якої складаються прямий сигнал « $x(n)$ » та затриманий сигнал (або відлік) з виходу елемента затримки. Для функціональної структури регістру пам'яті «Action» являє собою затримку на один такт. Тоді, згідно з цією формою запису, елемент затримки Z^{-1} позначатиметься як « $f_1(RSZ^{-1})$ », суматор позначається як « $f_1(\Sigma)$ », і помножувач позначається як « $f_1(\Sigma_Z)$ », оскільки з математичної точки зору множення це багаторазове додавання. У цьому випадку видно, що у складі елемента затримки є RS-тригери. Цей тип тригерів є базовим для побудови

тригерів інших типів, зокрема D-тригерів. У свою чергу, на основі D-тригерів будуються регістри пам'яті, які використовуються при апаратній реалізації системи ЦОС. Таким чином, стає частково відомим внутрішній устрій елементів, з яких складається система ЦОС. Такі елементи в графоаналітичній моделі є «сірою скринькою». Нижній індекс в позначеннях відповідає порядковому номеру елемента структури цифрового фільтра.

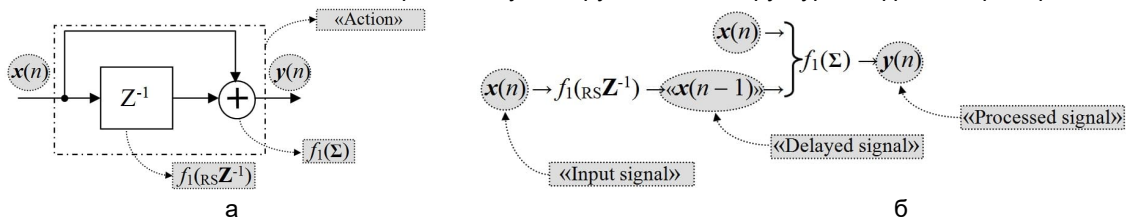


Рис. 1. Структура апаратної реалізації СІХ-фільтра (а) і графоаналітичний вираз, що описує функціональну структуру фільтра (б)

При аналітичному описі структур цифрових фільтрів вибір символу « Σ » математичного аналізу є досить вдалим, оскільки він включає зміст функціональної структури і може бути уточнений із застосуванням різних індексів і символів, які широко використовуються в науці.

Якщо структуру фільтра (рис. 1, а) подати у вигляді графоаналітичного виразу, то може бути сформовано аналітичний вираз функціональної структури фільтра, представлений на рис. 1 б, в якому над вхідним сигналом «Input signal» виконуються певні дії для отримання обробленого сигналу «Processed signal» $y(n)$.

Другий варіант побудови фільтра ФНЧ/ФВЧ першого порядку з одним полюсом представлений у вигляді структурної схеми на рис. 2.

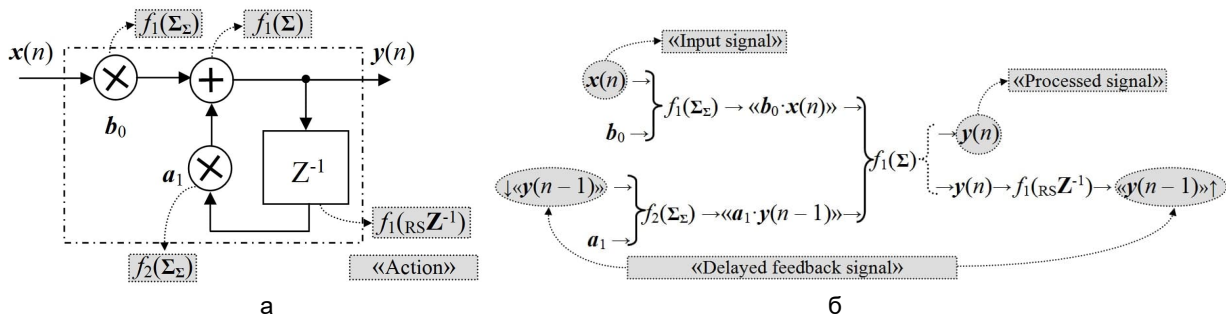


Рис. 2. Структура апаратної реалізації рекурсивного цифрового фільтра (а) та графоаналітичний вираз, що описує структуру фільтра (б)

У цій схемі фільтра з нескінченною імпульсною характеристикою (НІХ) використовується зворотний зв'язок, за допомогою якого складаються прямий та затриманий сигнали. Для цієї схеми фільтра, якщо $a_1 > 0$ – це ФНЧ, якщо $a_1 < 0$ – це ФВЧ. Даний фільтр має полюс при $z = -a_1$ як у режимі ФВЧ, так і в режимі ФНЧ, фільтр має нуль при $z = 0$.

Якщо структуру фільтра (рис. 2, а) записати аналітично, то може бути сформовано графоаналітичний вираз функціональної структури, представлений на рис. 2, б, в якому вхідним є "Input signal" і "Delayed feedback signal", над якими виконуються певні дії для отримання обробленого сигналу "Processed signal" $y(n)$.

Запропонований підхід можна використовувати для синтезу структур цифрових фільтрів більш високих порядків. На рис. 3 представлений графоаналітичний опис цифрового НІХ-фільтра другого порядку (біквадратний фільтр). Напрямок передачі інформації позначається за допомогою стрілки ($\uparrow$). Вхідний інформаційний потік позначається стрілкою вниз ($\downarrow$).

Отримані графоаналітичні моделі було використано при розробці програмного забезпечення для мікроконтролера STM32 (STM32F411RE), який встановлено на платі Nucleo, у середовищі Keil uVision для перевірки їх коректності та повноти опису структур цифрових фільтрів. Для реалізації алгоритмів цифрової обробки сигналів необхідно, щоб мікроконтролер працював на високій частоті. Налаштувати частоту тактових сигналів можна за допомогою середовища CubeMX. Коефіцієнти цифрового фільтра були заздалегідь розраховані з використанням методу зважування [2, 5]. Слід зазначити, що для роботи фільтра потрібен додатковий масив, розмір якого дорівнює порядку фільтра плюс розмір блоку даних мінус 1, тобто $\text{firStateF32}[\text{BLOCK_SIZE} + \text{NUM_TAPS} - 1]$. Сигнал, що містить дві компоненти – низькочастотну та високочастотну, згортається з імпульсною характеристикою цифрового фільтра нижніх частот. Після виконання програми в масиві буде відфільтрований сигнал.

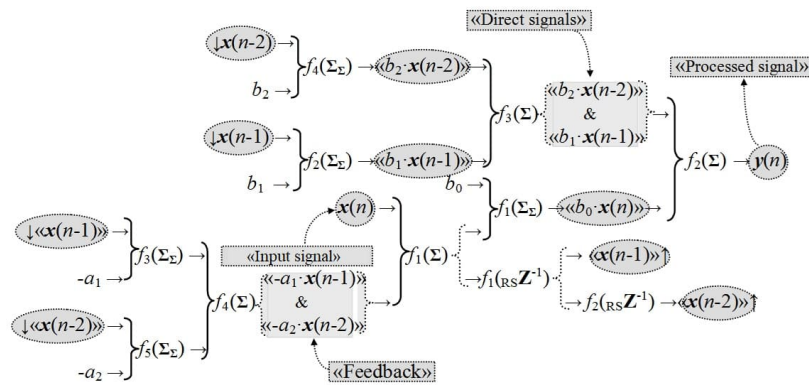


Рис. 3. Графоаналітичний вираз, що описує бiквдратний фiльтр

На рис. 4 представлено вікно логічного аналізатора в середовищі Keil uVision з сигналом до фільтрації та після неї.

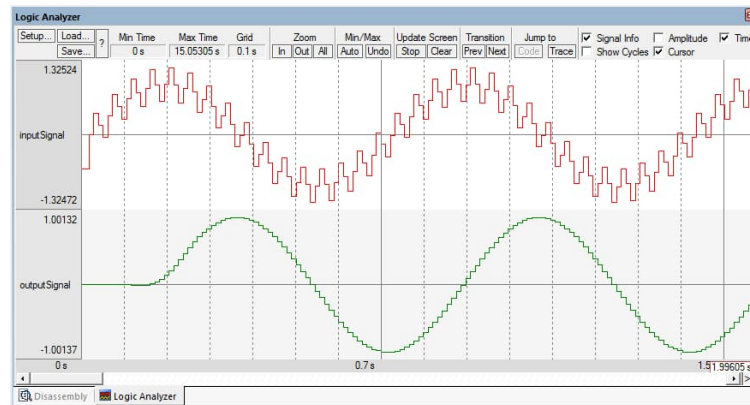


Рис 4. Результат роботи програмно реалізованого цифрового фільтру нижніх частот

Операція згортки описує проходження сигналу через цифровий фільтр. Результатом згортки є відфільтрований сигнал, який містить лише низькочастотну складову.

Висновки. В роботі розглянуто підхід до опису структур цифрових фільтрів шляхом формування графоаналітичної форми запису процедури перетворення вхідних дискретних сигналів у функціональних структурах. Такий підхід дає змогу підвищити інформаційний зміст математичних моделей підсистем цифрової обробки сигналів та виконати аналіз системи ЦОС шляхом багаторівневої декомпозиції. У свою чергу, це дозволяє оцінити якість структури системи ЦОС та її елементів з позиції загального системного підходу, а також надає розробникам, разом з різницевиими рівняннями, додаткову інформацію, що спрощує програмну реалізацію цифрових фільтрів та тестування їх роботи. Практична цінність отриманих результатів також полягає у можливості використання описаного підходу для синтезу оптимізованих структур цифрових фільтрів.

Список використаних джерел

1. Ian Grout. Digital Systems Design with FPGAs and CPLDs / Grout Ian // Newnes. 2008. P. 647-705.
2. Kehtarnavaz N. Digital signal processing system design: LabVIEW-Based Hybrid Programming / N. Kehtarnavaz. Academic Press, 2008. 344 p.
3. Sasa Nikolic. Realization of digital filters with complex coefficients / Nikolic Sasa, Stancic Goran, Cvetkovic Stevica // Facta Universitatis, Series: Automatic Control and Robotics. 2018. P. 25-38.
4. Zhao Jie. Modeling and Simulation of Digital Filter / Jie Zhao // In Proc. 4th National Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering (NCEECE 2015), December 12-13, Xi'an, China, 2015. P. 1333-1338.
5. Mefedova J. A. Development of a model to calculate the coefficients of digital IIR filter / J. A. Mefedova // International Research journal. 2016. Vol. 2, No. 4(46). P. 126-128.
6. Campbell St. L. Modeling and Simulation in Scilab/Scicos with ScicosLab 4.4. Second Edition / St. L. Campbell, J.-P. Chancelier, R. Nikoukhan. New York: Springer, 2010. 341 p.
7. Коваленко І.І. Вступ до системного аналізу: навч. посіб. / І. І. Коваленко, П. І. Бідюк, О. П. Гожий. Миколаїв: МДГУ ім. Петра Могили, 2004. 148 с.

УДК 621.314.26

Запальський В. М. к.т.н., доцент, Кириллов Є. Д.

Миколаївський будівельний фаховий коледж Київського національного університету будівництва та архітектури, м. Миколаїв,

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ БАЛАСТНОЇ СИСТЕМИ ТАНКЕРУ ХІМОВОЗУ - ПРОДУКТОВОЗУ «BARDON»

Експлуатація морських рухомих об'єктів у портовій акваторії, при завантаженні та розвантаженні, при складній навігаційній обстановці та проходженні каналів та вузькостей, рух з частковим навантаженням, тощо, передбачає високу майстерність екіпажу та виконання складних завдань керування судновими механізмами. Однією з таких систем, є баластна система судна.

Баластна система призначена для прийому, відкачування та перекачування рідкого баласту - забортної води. Це дозволяє в потрібному напрямку змінювати осад, диферент, крен, стійкість і міцність судна. В якості баластових ємностей використовують відсіки подвійного дна, форпик, ахтерпик, бортові та підпалубні цистерни, дитанки.

В якості базової баластної системи судна для модельного дослідження у програмному продукті Matlab/Simulink у статті розглядається танкер хімовоз-продуктовоз «BARDON». Поздовжньо-поперечний перетин якого приведено на рис. 1.

Модельне дослідження математичної моделі виконували у програмі MATLAB/Simulink, блок схема моделі представлена на рис.2. У ході моделювання, насос із системою ПЧ – АТ представляли як єдиний механізм, який має махову масу, складену ротором електродвигуна та робочим колесом насоса та має механічну постійний час. У моделі щодо реалізації математичного апарату, що реалізує вирішення системи диференціальних рівнянь, запропоновано алгоритм прямого чисельного методу Рунге – Кутта.

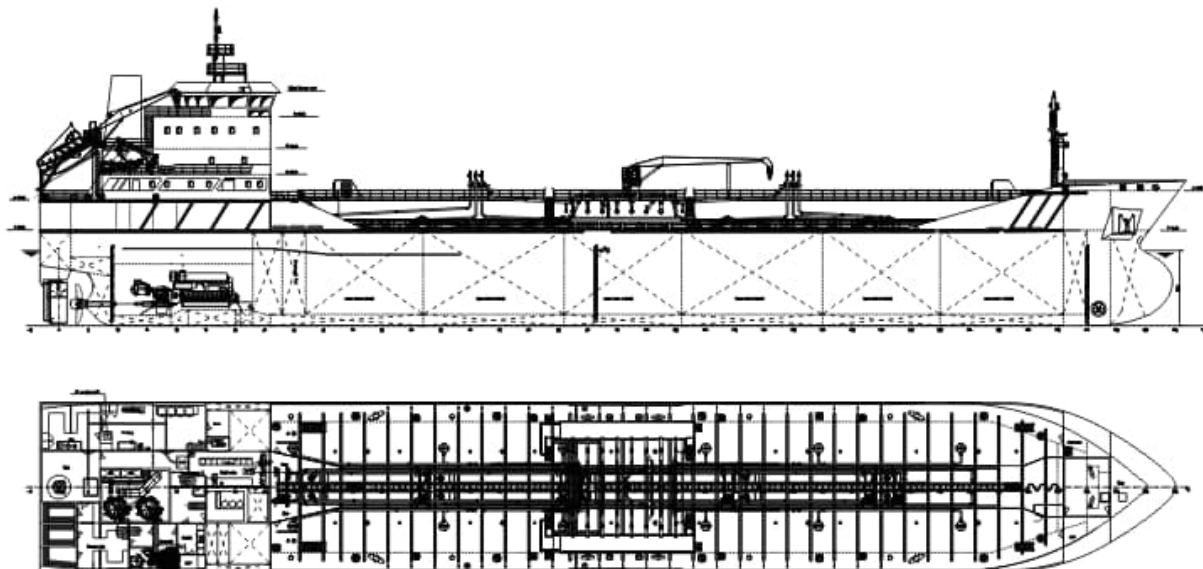


Рисунок 1 – Поздовжньо-поперечний перетин танкеру хімовозу-продуктовозу «BARDON»

До результатів модельного дослідження слід віднести отримання перехідних характеристик системи в моменти плавного пуску та часу виходу відцентрованого насоса на робочий тиск. Графік залежності параметрів пуску відцентрованого насоса приведені на рис. 3 (а) - залежності витрати від часу, рис. 3 (б) – залежності збільшення натиску до номінального значення.

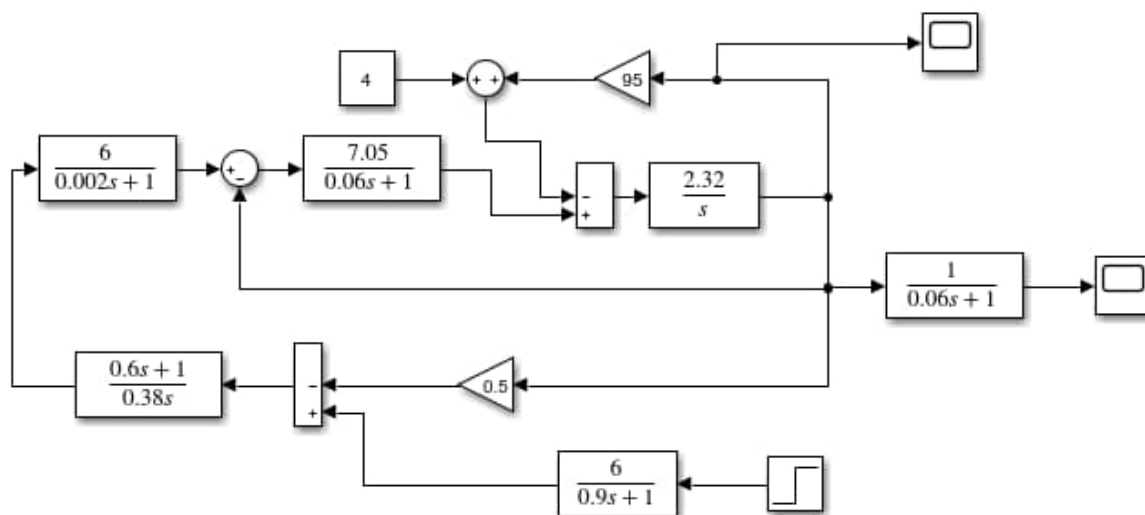
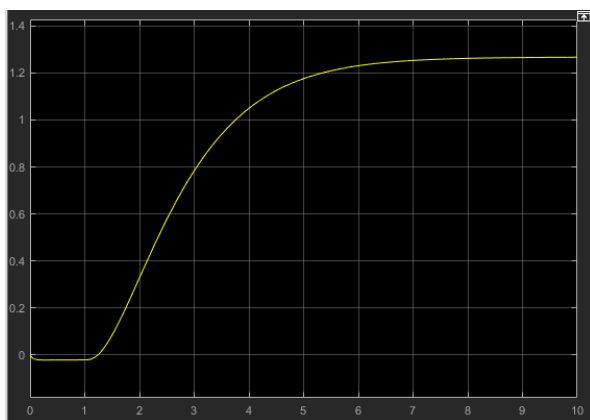
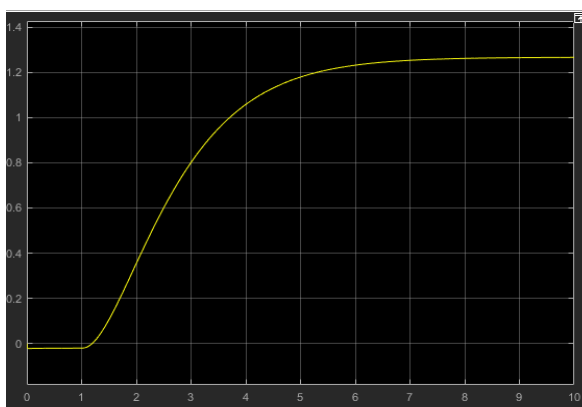


Рисунок 2 - Структурна схема математичної моделі відцентрового насоса.



а) витрати від часу



б) натиск від часу

Рисунок 3 – Результати модельного дослідження, моменту пуску відцентрового насоса баластної системи.

За результатами проведеного модельного дослідження системи керування баластним насосом танкеру хімовозу-продуктовозу «BARDON» у програмному продукті MATLAB/Simulink слід зробити наступний висновок. Запропонована структура керування насосом відповідає нормам Морського Регістру та Кваліфікаційних товариств. Отримані перехідні процеси підтвердили результати аналітичного обґрунтування системи керування, показуючи відсутність коливань та перерегулювання, доказуючи стійкість самої системи до оборюючих впливів, тим самим забезпечуючи плавного виходу на номінальний режим роботи.

Список використаних джерел

1. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови суден внутрішнього плавання (у 4 томах), Том 2. Офіційне видання. – Київ: Регістр судноплавства України, 2016. – 362 с.
2. Перетворювачі частоти: види, конструкція, принцип дії та схема. / [Електронний ресурс] - Режим доступу: URL: [https:// www.volta.com.ua/blog/preobrazovateli-chastoty-vidy-konstruktsiya-printsip-deystviya-i-skema-matlab-simulink/](https://www.volta.com.ua/blog/preobrazovateli-chastoty-vidy-konstruktsiya-printsip-deystviya-i-skema-matlab-simulink/) (Дата звернення: 30.10.2022).
3. Устройство судна: Учебное пособие / Одесская национальная морская академия. – Изд. 4-е, перераб. и доп. под редакцией Сиряченко В.Ф. – Одесса: Фенікс, 2006. - 117 с.
4. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink./Черных СПб: Питер, 2008. - 288 с
6. Башарін А.В., Новіков В.А., Соколовський Г.Г. Управління електроприводами: Навчальний посібник для вузів. - Л.: Вища школа, 1982.
7. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6 – СПб: Корона-принт, 2001

УДК 621.3.089.2

*Трибулькевич С.Л., Сидоренко О. Ю.**Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв***ВИМІРЮВАЛЬНИЙ МОДУЛЬ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ**

Вимірювання параметрів електронних компонентів є критично важливим завданням у ряді контекстів і галузей через кілька причин: вимірювання параметрів, таких як опір, напруга, струм, ємність, індуктивність, графік частотних характеристик тощо, дозволяє оцінювати якість та дотримання специфікацій електронних компонентів; у виробництві електроніки тестування дозволяє виявити дефекти та відхилення від заданих параметрів; вимірювання параметрів електронних компонентів є ключовим у випадках обслуговування та ремонту електронних систем; під час розробки нових електронних пристроїв та систем вимірювання параметрів дозволяє інженерам отримати необхідні дані для аналізу та налагодження проекту; у випадку вивчення нових матеріалів та технологій вимірювання параметрів допомагає в оцінці їхніх характеристик та ефективності. Вимірювання параметрів електронних компонентів є важливою складовою процесу виробництва, тестування та обслуговування електроніки, а також в дослідженні та розробці нових технологій.

Традиційно задачі подібного класу вирішуються за допомогою характериографів. Характериограф – загальна назва приладів, призначених для спостереження та дослідження характеристик радіоелектронних пристроїв та компонентів, вимірювальна інформація в цих приладах відображається, як правило, на екрані (ЕЛТ, рідкокристалічному, світлодіодному або ін.) вигляді кривої або сімейства кривих. [1]

Метою роботи є розробка універсального вимірювального модуля, який дозволить вимірювати параметри дискретних електронних компонентів для подальшої їх обробки з розрахунком характеристик та побудовою моделей для програм схемотехнічного моделювання.

Структурна схема комплексу. Комплекс має модульну структуру – за кожне завдання відповідає окремий модуль. Структурна схема наведена на рис. 1.



Рисунок 1 – Структурна схема лабораторного комплексу

Вхідний комутатор призначено для програмного підключення модулів дослідних зразків до вимірювального модуля. Така технологія дозволяє проводити лабораторні роботи з твердотілої електроніки в умовах дистанційного навчання. Вимірювальний модуль представляє собою набір джерел струму та напруги, програмно керованих підсилювачів інтегральних мікросхемах та аналогово-цифрових перетворювачів. Модуль керування призначено для управління комутатором та вимірювальними модулями, а також для збору та передачі інформації. Модуль відображення інформації представляє собою графічний рідкокристалічний дисплей з перетворювачем рівнів сигналів для сумісності з мікроконтролером. Модуль Ethernet призначено для передачі інформації у локальну мережу.

Вимірювальний модуль для лабораторного стенду для тестування електронних компонентів — це система, призначена для вимірювання різноманітних параметрів електронних компонентів, таких як резистори, конденсатори, транзистори, інтегральні схеми та інші. Такий стенд може використовуватися в електроніці, телекомунікаціях, автоматизації та інших галузях для якісного контролю, вимірювань та тестування електронних компонентів.

Структурну схему вимірювального модулю наведено на рис. 2. Модуль складається з прецизійних джерел струму та напруги, що керуються мікроконтролером. Параметри, що виміряно на досліджуваному приладі через модуль АЦП подаються до мікроконтролера, обробляються ним та передаються до ПК або модуля керування через перетворювач інтерфейсів.

Розроблюваний пристрій дозволяє знімати характеристики резисторів, конденсаторів, дроселів, діодів, біполярних транзисторів, MOSFET та IGBT з можливістю передачі даних на ПК через інтерфейс USB та в мережу через TCP/IP.

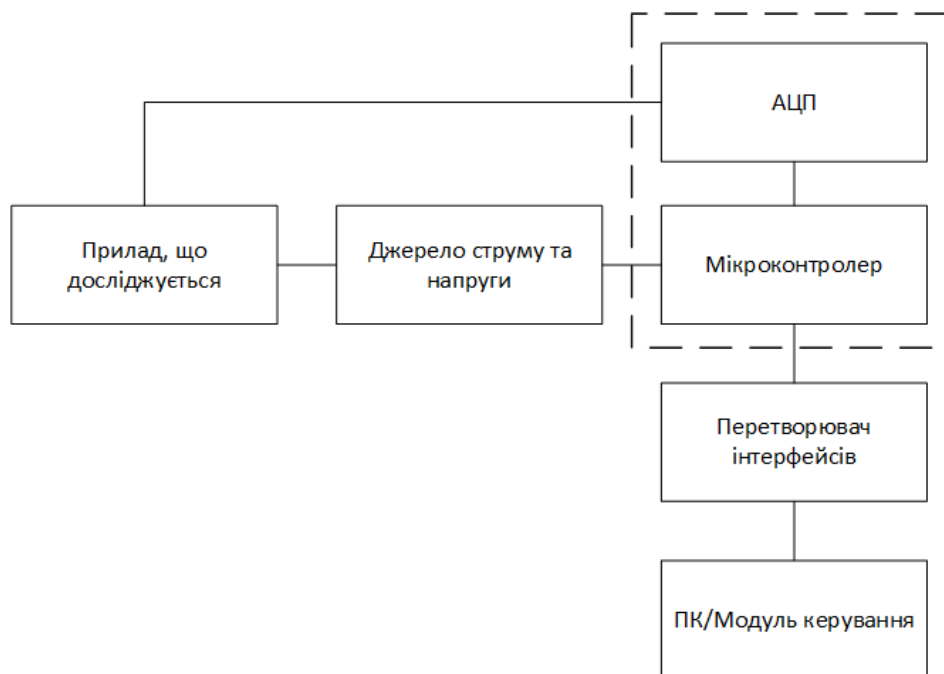


Рисунок 2 – Структурна схема вимірювального модуля

Електрична частина пристрою дозволяє вимірювати параметри електронних компонентів, а програмне забезпечення на ПК – розраховувати характеристики та візуалізовувати їх у вигляді графіків, по отриманих даних можна розрахувати параметри SPICE моделей [6] з подальшим імпортом їх у програми схемотехнічного моделювання.

Висновки. Розроблено універсальну апаратну модульну платформу комплексу вимірювання. Розроблено методику зняття характеристик та розрахунку параметрів. Передбачено можливість віддаленого керування та вибору зразка з набору, що дасть змогу проведення лабораторних робіт в умовах дистанційного навчання..

Список використаних джерел

1. Википедия (2020) Характериограф. Відновлено з <https://ru.wikipedia.org/wiki/Характериограф>
2. Рябенкий В.М., Трибулькевич С.Л. (2022). Лабораторний комплекс для дослідження параметрів електронних компонентів: Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, № 1. С. 51 – 56. Режим доступу: [https://doi.org/10.15589/znp2022.1\(488\).7](https://doi.org/10.15589/znp2022.1(488).7)
3. ChipDip (2022) 2450 - Источник-измеритель Source Meter (Калибратор-мультиметр). Відновлено з <https://www.chipdip.ru/product/keithley-2450-2>
4. Keithley (2013) Easy I-V Characterization of Diodes Using the Model 2450 SourceMeter® SMU Instrument. https://www.mouser.com/pdfdocs/IVChrZDiodes2450_AN1.PDF
5. Keysight Technologies (2019) B1505A Power Device Analyzer/Curve Tracer. Відновлено з <https://www.keysight.com/zz/en/assets/7018-02115/data-sheets/5990-3853.pdf>
6. Недолужко И., Лебедев А. (2005). Модели мощных биполярных транзисторов и определение их параметров: Силовая электроника, № 1. С. 12 – 17.

УДК 621.3.089.2

Трибулькевич С.Л., Чимадуров Р. М.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв

ПРОТОКОЛ ІНФОРМАЦІЙНОГО ОБМІНУ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ

Метою роботи є розробка протоколу інформаційного обміну між блоками лабораторного стенду та між лабораторним стендом та ПЕОМ.

Структурна схема комплексу. Комплекс має модульну структуру – за кожне завдання відповідає окремий модуль. Структурна схема наведена на рис. 1.



Рисунок 1 – Структурна схема лабораторного комплексу

У лабораторному комплексі використовуються наступні інтерфейси передачі даних: USB, UART, SPI, I2C, Ethernet.

USB (Universal Serial Bus) – це універсальна послідовна шина, що призначена для підключення периферійних пристроїв. Шина USB являє собою послідовний інтерфейс передачі даних для високо-, середньо- та низькошвидкісних периферійних пристроїв. Для підключення периферійних пристроїв до шини USB використовується чотиридротовий кабель. Одна пара дротів служать для прийому та передачі даних, інша пара – для живлення периферійного пристрою. Вбудовані лінії живлення дозволяють підключати пристрої без власного джерела живлення. На даний час широко використовуються пристрої, виготовлені відповідно до специфікації USB 2.0.

SPI (Serial Peripheral Bus) – популярний та один з найпоширеніших інтерфейсів для обміну даними між мікросхемами, розроблений компанією Motorola. Призначена для підключення зовнішніх пристроїв. Шина організована за принципом “ведучий-підлеглий”. В ролі ведучого можуть виступати мікроконтролер, програмована логіка, DSP-контролер. Підключенні до ведучого шини зовнішніх пристроїв утворюють підлегли шини. Це мікросхеми, наприклад запам’ятовуючі пристрої, годинники реального часу, цифрові потенціометри, АЦП/ЦАП, спеціалізовані контролери тощо.

UART означає універсальний асинхронний приймач і визначає протокол або набір правил обміну послідовними даними між двома пристроями. UART — дуже простий протокол, у якому використовується лише два дроти між передавачем та приймачем для передачі та прийому в обох напрямках. Обидва кінці також мають заземлення. Зв’язок у UART може бути симплексним (дані передаються тільки в одному напрямку), напівдуплексним (кожна сторона здійснює передачу, але тільки по черзі), або повнодуплексним (обидві сторони можуть передавати одночасно). Дані UART передаються у вигляді кадрів. Далі наведено короткий опис та пояснено формат та вміст цих кадрів.

Ethernet – це найбільш поширена технологія організації локальних мереж. Стандарти Ethernet описують реалізацію двох перших рівнів моделі OSI - дротові з’єднання та електричні сигнали (фізичний рівень), а також формати блоків даних та протоколи керування доступом до мережі (канальний рівень).

Ethernet використовує ідею загального ефіру. Кожна машина посилає дані в ефір та визначає, кому вони адресовані. Дані можуть дійти до всіх машин мережі, але обробляти їх буде тільки та, котрій ці дані призначалися. Промисловому застосуванню стандарту довгий час заважав метод випадкового доступу до мережі, що не гарантував доставку повідомлення в коротке й заздалегідь відомий час. Однак це проблема була вирішена застосуванням комутаторів. Недоліком промислового Ethernet є відносно висока ціна: Ethernet модулі уведення-висновку в середньому в 2 рази дорожче аналогічних Modbus-пристроїв.[1,2]

Дана СК відноситься до ієрархічного типу, тобто передбачає наявність різних рівнів управління. Вона передбачає наявність найвищого рівня, який складається з МК, що працює в режимі master, згідно концепції протоколу Modbus.

Керуючі сигнали формуються на ПЕОМ за допомогою ПЗ і конфігуруються згідно протоколу. Отриманий сигнал приймається і обробляється за допомогою Ethernet контролера, після передається по SPI головному МК, де здійснюється наступна обробка інформації та формування керуючих сигналів для інших блоків.

Після прийому і обробки інформації, головний МК формує пакет з відповідними командами для МК 1-ого рівня, що працює в режимі slave згідно концепції протоколу Modbus, які можуть відповідати керуючому ядру однієї з систем.

Структурну схему ієрархічного зв'язку між модулями показано на рис. 2. Дана СК передбачає необмежену кількість рівнів, тобто при необхідності МК 1-ого рівня може одночасно працювати в режимі slave щодо вищого рівня та в режимі master для наступного рівня (2-го рівня). При необхідності також можна забезпечити зв'язок між МК одного рівня або навіть керування нижчестоящого над вищестоящому МК: налаштування між МК master-slave відносин. За допомогою ускладнення структури СК можна домогтися збільшення її функціональності і гнучкості, також підвищити надійність і швидкість обміну інформації між вузлами.

Обмін інформацією здійснюється згідно протоколу Modbus RTU і з можливість використання різних промислових інтерфейсів, які підтримує протокол: RS-232C, RS-422, RS-485 або ж струмового петля 20 мА, CAN інтерфейс і інші.

Slave TCP та master RTU реалізовано на платі модуля керування з використання середовища розробки MPLABX і мови програмування C (компілятор XC8) [3,4]. Дане ПЗ забезпечує прийом Modbus TCP запиту, його обробку і аналіз, а також формування Modbus RTU запиту та отримання Modbus RTU відповіді, її обробка і аналіз. Блок схема представлена на рис. 3, а. Slave RTU реалізовано на платі вимірювального модуля та модуля комутаторів з використання середовища розробки MPLABX і мови програмування C (компілятор XC8). Дане ПЗ забезпечує формування Modbus RTU відповіді та обробка Modbus RTU запиту і його аналіз. Блок схема представлена на рис. 3, б.

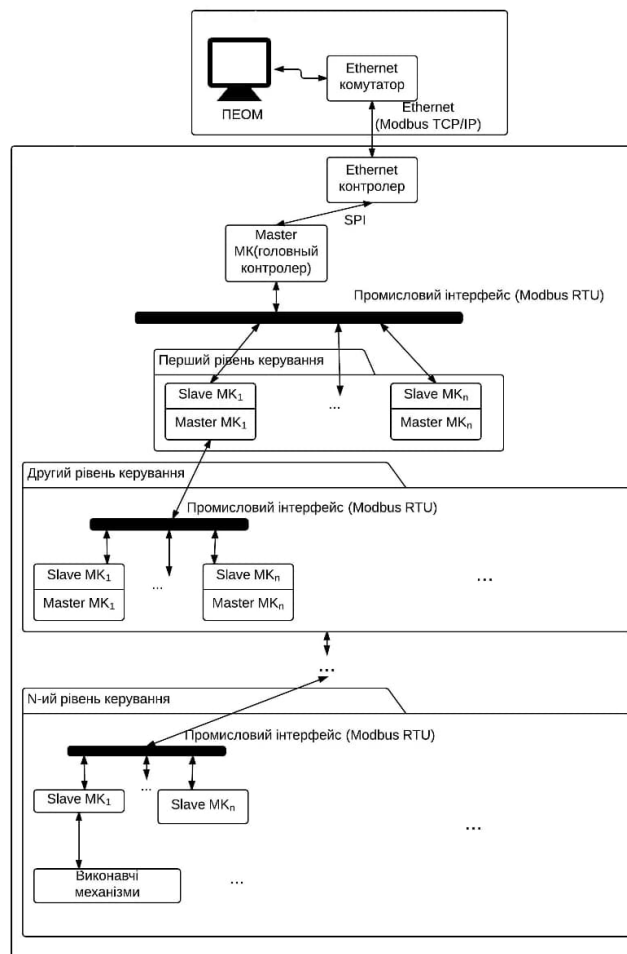
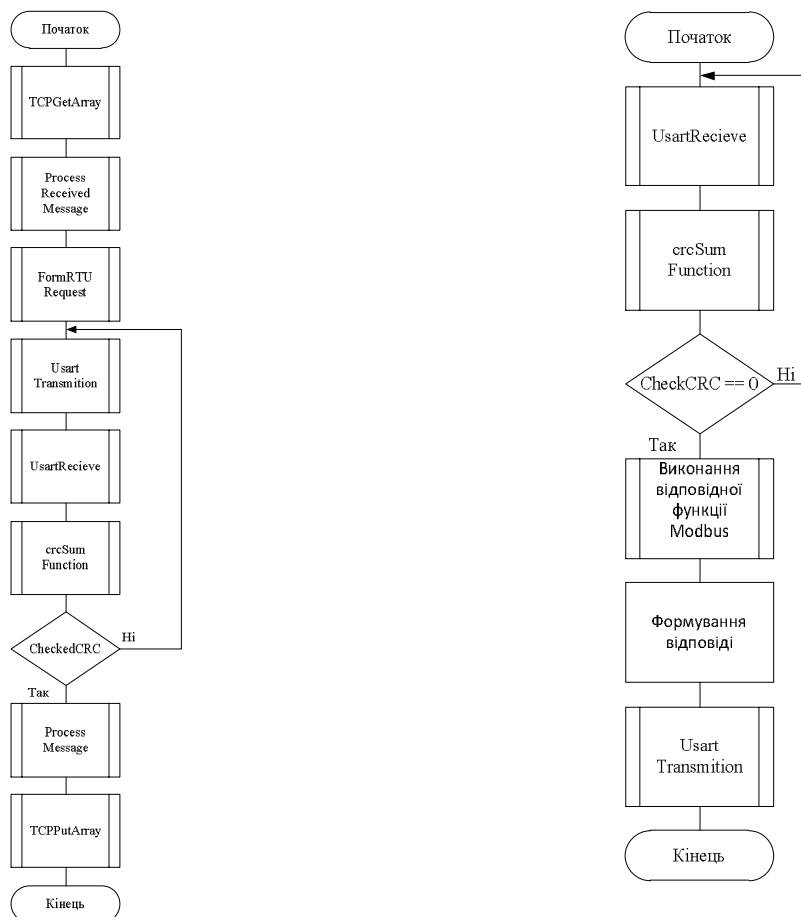


Рисунок 2 – Ієрархічна структура системи керування



а — slave TCP/master RTU; б — slave TCP/master RTU

Рисунок 3 – Блок схема ПЗ

Висновки. Розроблено протокол міжблокового зв'язку та керування лабораторним стендом. За основу обрано протокол MODBUS, як стандартний протокол зв'язку у промислових системах. За рахунок використання стандартизованих протоколів можливо використання стандартизованого програмного забезпечення для прийому та передачі на стороні ПК. Також можливе використання даного стенду для вивчення роботи протоколу MODBUS.

Список використаних джерел

1. Промышленная сеть. [Електронний ресурс] // Википедия – 2013 – Режим доступу: http://ru.wikipedia.org/wiki/Промышленная_сеть, вільний.
2. Энциклопедия АСУ ТП. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://bookasutp.ru/>, вільний.
3. Введение в протоколы стека TCP IP. [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://citforum.ru/nets/protocols/1_02_02.shtml, вільний.
4. Обзор технологии Ethernet. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://bg.net.ua/content/obzor-tehnologii-ethernet>, вільний.
5. PIC18F2420/2520/4420/4520 Data Sheet 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers with 10-Bit A/D and nanoWatt Technology. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.microchip.com/>, вільний.
6. PIC18(L)F2X/4XK22 Data Sheet 28/40/44-Pin, Low-Power, High-Performance Microcontrollers with XLP Technology. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.microchip.com/>, вільний.
7. ENC28J60 Stand-Alone Ethernet Controller with SPI Interface. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.microchip.com/>, вільний.
8. AN1108 Microchip TCP/IP Stack with BSD Socket API. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.microchip.com/>, вільний.
9. Microchip TCP/IP Stack Help. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.microchip.com/>, вільний.
10. Протоколы и сети Modbus и Modbus TCP. [Електронний ресурс] // Режим доступу: www.cta.ru/cms/f/435973.pdf, вільний.

УДК 629.12:629.56

Яценко В. С., аспірант PhD, Ковальчук М. С., аспірант PhD., Волянський Ю. С., магістр,
Волянська Я. Б., д.т.н., Волянський С. М., к.т.н.,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ПОБУТОВИХ ПРИЛАДІВ НА БАЗІ ОДНОФАЗНИХ КОНДЕНСАТОРНИХ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

У сучасному електроприводі асинхронні двигуни посідають перші місця у більшості технологічних установок та комплексів.

Асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором (АД) найбільш прості за конструкцією, володіють високими експлуатаційними характеристиками через відсутність у його конструкції контактних вузлів і постійних магнітів, надійні, мають низьку вартість порівняно з іншими типами двигунів, мінімальну вимогливість до обслуговування, що зумовило широке поширення АД у всіх галузях промисловості [1].

Підвищення якості, конкурентоспроможності та економічності – основні завдання модернізації електротехнічної продукції, що потребують постійної уваги та рішення. Якість є визначальним чинником конкурентоспроможності товарів, конкуренція – важливий чинник ринкової економіки, економічний добробут підприємств визначається високою якістю продукції, що випускається. Ці завдання особливо важливі для асинхронних конденсаторних електроприводів, які є основними перетворювачами електричної енергії на механічну для більшої частини побутових приладів (наприклад пральні машини, вентилятори, витяжки, холодильне обладнання, насоси, стаціонарні деревообробні, металообробні верстати) [2]. Асинхронні конденсаторні двигуни нових серій у складі таких електроприводів – досконалі електричні машини, що відповідають рівню світового електромашинобудування.

Зі світової практики відомо, що масові серії асинхронних двигунів змінюються кожні 5–7 років, тому робота з удосконалення конструкції та технології виготовлення в нашій електропромисловості повинна йти безперервно [7].

Також потрібно враховувати те, що об'єм використання побутової техніки з кожним роком зростає, таким чином збільшується кількість вживаної енергії та матеріалів для її виготовлення.

Питаннями вирішення завдань розробки конденсаторних асинхронних електроприводів, ідентифікації параметрів та контролю вихідних змінних АД, а також технічних рішень для їх реалізації займалися та продовжують займатися вчені різних країн. Великий внесок у дослідження цієї галузі зробили: Чилікін М. Г., Копилов І. П., Рудаков В. В., Потапов Ж. А., Масандилов Л. Б., Юферов Ф. М., Тун А. Я., Москаленко В. В., Старошкірі. А. І., Сошкін, В. П., Рибальченко Ю. І., Дартай В. А., Мельников В. Ю., Кібартас В. В., Бород В. В. Виноградов А. Б., Каширських В. Г., Макаров В. Г., Holtz J., Blaschke F., Okuyama T., Lawrenson P.J., Harris M. R.

В даний час основні тенденції при проектуванні та виготовленні енергозберігаючих асинхронних електроприводів – це облік точності, дослідження впливу розсіювання на показники якості, нетрадиційні шляхи зниження маси та габаритних розмірів машини та приводу, удосконалення технологічних процесів та виробничої бази на нових технологічних принципах. Розробку асинхронних однофазних конденсаторних приводів доцільно проводити із використанням системи автоматизованого проектування [3, 4].

Сучасні системи автоматизованого проектування асинхронних електроприводів характеризуються незв'язаністю між собою, тому необхідна їхня координація та об'єднання в єдину систему із загальним банком даних. До того ж, необхідно для системи автоматизованого проектування створити нові алгоритми модернізації асинхронних електроприводів з урахуванням розсіювання показників якості, перевищення температури обмотки, енерго-матеріало-збереження, особливостей роботи самої побутової техніки [5, 6, 8].

Розробка електроприводів на базі конденсаторного однофазного асинхронного двигуна (ОКАД) з урахуванням вищезазначеного та модернізація існуючого розрахункового комплексу для системи автоматизованого проектування, безперечно, є актуальними завданнями удосконалення електротехнічної продукції, що потребують пошуку оптимальних рішень.

Метою роботи є пошук нетрадиційних шляхів модернізації асинхронних двигунів малої потужності та розробка розрахункових алгоритмів для системи автоматизованого проектування, що полягають у використанні основ теорії точності для вивчення розсіювання показників якості та середнього перевищення температури обмотки асинхронних двигунів, зниження матеріаломісткості та врахування технологічного алгоритму роботи побутової техніки.

Аналіз сучасних літературних джерел та наявного стану у виробництві показав, що приводам на базі однофазних конденсаторних асинхронних двигунів поділяється дуже мало уваги. В основному використовують технології та розробки 30–40 річної давнини. А вибір приводу до конкретного призначення проводиться з лінійки тих двигунів, що є в наявності.

З іншого боку, ознайомлення з технологічним процесом виготовлення однофазних конденсаторних двигунів [9] показав значний вплив якості використаних матеріалів (чистоти алюмінію при заливці клітин роторів, різність характеристик обмотувального дроту від різних виробників, нестабільність та якість робочих конденсаторів) та якості виконання технологічних операцій (збільшення допустимої заусінні у межах робочого відхилення наприклад може дати різницю довжин ротора та статора до 10 % від довжини, а це впливає на кількість активних матеріалів, а відповідно на робочі характеристики).

Не менш важливою є третя сторона проблеми – це кінцевий пристрій, а саме той технологічний процес, за ради якого встановлюється ОКАД. Як показала практика використання побутових приладів [10], двигуни, що в них встановлюються мають запас потужності майже вдвічі ніж потрібний для виконання покладених на пристрій задач, тому зазвичай двигуни мають майже утричі більший строк можливого користування ніж сам виріб, у якому він встановлений (7 років проти 25) [11, 12].

Висновки. Однофазні конденсаторні асинхронні двигуни продовжують займати лідируючі позиції при використанні у побутових приладах різного призначення, і хоч у середніх та великих типорозмірах є періодичні технологічні зміни, малим типорозмірам АД не прихиляють певної поваги. Їх використовують з наявного типоряду, не враховуючи можливі вдосконалення для зменшення ресурсу – матеріалоемності, витрат електроенергії при виробництві та експлуатації.

Для досягнення поставленої мети треба вирішити такі завдання:

- провести аналіз відомих схем конденсаторних однофазних двигунів, визначити їх переваги та недоліки;
- створити математичну та комп'ютерну моделі конденсаторного асинхронного електроприводу, призначену для вивчення статичних та динамічних режимів його роботи;
- синтезувати математичну модель як програмний комплекс системи автоматизованого проектування для проведення аналізу технологічного розсіювання, розв'язання задач синтезу допусків та управління якістю на всіх стадіях розробки, модернізації, виготовлення та експлуатації конденсаторних асинхронних електроприводів;
- розглянути можливість використання нетрадиційного шляху зниження матеріаломісткості за рахунок зменшення розсіювання показників якості для модернізації асинхронних електроприводів побутової техніки;
- створити підсистему автоматизованого проектування асинхронних двигунів для здійснення уніфікації сердечників статора для різної потужності конденсаторних асинхронних електроприводів;
- розробити та виготовити стенд для дослідження електроприводів побутової техніки;
- розробити, виготовити, дослідити примірники конденсаторних енергозберігаючих асинхронних електроприводів побутової техніки;
- провести оцінку економічної та енергетичної ефективності запропонованих нетрадиційних методів модернізації конденсаторних асинхронних електроприводів побутової техніки.

Список використаних джерел

1. Лопухіна Е. М. Автоматизированное проектирование электрических машин малой мощности / Е. М. Лопухина, Г. А. Семенчуков. – М.: Высш. шк., 2002.
2. Лир Э. В. Электробытовые машины и приборы : справ. / Э. В. Лир, И. В. Петко. – К.: Техника, 1990.
3. Анищенко Н. В. Математическая модель однофазного конденсаторного асинхронного двигателя / Н. В. Анищенко, А. А. Астапов // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск «Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика. – Х.: НТУ «ХПІ», 2009, №44. – С. 9–13.
4. Анищенко Н. В. Моделирование асинхронного однофазного конденсаторного двигателя / Н. В. Анищенко, А. А. Астапов, А. А. Коколева // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» – Х.: НТУ «ХПІ», 2010, №28. С. 459–461.
5. Kim Y. S., Yoshihara H., Fujioka N. et al. // Industry Applications Conference. 2003. Vol. 1. P. 262–269.
6. Intelligente Kranefürdie Intralogistik. DHF Intralogistik. 2021. Vol. 6 P. 16–25.
7. Lase AFM: Eine Alternative zu Massband und Zollstock. F+H Fördern Und Heben. 2021. Vol. 71(7–8). P. 56–57.
8. Mohan N., Underland T. M., Robbins W. P. Power Electronics Converters, application and design - New York: John Wiley and Sons, 1995. – 820 p.
9. ТУ 568М-А038-001-93 «Електродвигуни однофазні конденсаторні типу ОКА...4/56Р».
10. ДСТУ EN 60456:2019 Машины пральні побутові. Методи вимірювання експлуатаційних характеристик (EN 60456:2011, IDT; IEC 60456:2010, MOD).
11. ДСТУ 8277:2015 Двигуни асинхронні. Загальні технічні умови.
12. ДСТУ EN 60456:2017 Машины пральні побутові. Методи вимірювання функційних характеристик (EN 60456:2016, IDT; IEC 60456:2010, MOD).

УДК 621.432

*Заїка О. І., Лещенко О. О., Солобута Л. В., к.т.н.**Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, м. Миколаїв***WI-FI МОДУЛЬ ДЛЯ БЕЗДРОВОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИЛАДАМИ**

З розвитком IoT індустрії з'явилися нові технології, протоколи, засоби для керування приладами «розумних» речей. Тому все більш є потреба в механізмах керування пристроями та способах їх зв'язку.

Існують різноманітні протоколи за допомогою яких відбувається керування пристроями, а саме: WiFi, Zigbee, CAN, LoRaWAN. В залежності від області застосування використовується та чи інша технологія. Якщо область застосування має такі потреби як велика дальність та низьке енергоспоживання, краще за все використовувати технологію LoRaWAN. LoRa є стандартом бездротової мережі WAN з низьким енергоспоживанням, прийнятий і просувається американською компанією Semtech. На основі технології розширеного спектру, це одна з технологій бездротового зв'язку LPWAN, що добре працює з точки зору дальності передачі та енергоспоживання. LoRa працює на більших відстанях, ніж інші бездротові технології, при тому ж енергоспоживання, надання простої системи з великими відстанями, тривалий час автономної роботи, та висока продуктивність є пріоритетною. Покриття з'єднання LoRa становить 3-5 разів більше, ніж традиційний радіочастотний зв'язок. На даний момент, LoRa широко використовується у всьому світі, в Інтернеті речей також.

ZigBee краще використовувати для створення та автоматизації систем з великої кількості малопотужних приладів: розумних розеток, автоматичних замків, лампочок, датчиків, реле. Мінусами технології є висока ціна та обмеження покриття передачі, а також складність мережі. Через коротку відстань зв'язку Zigbee, вартість її висока для додатків, що вимагають розгортання великої кількості вузлів. Обмежене покриття означає, що Zigbee в основному застосовується всередині приміщень, а не зовні. Бездротова мережа Zigbee включає велику кількість термінальних вузлів і шлюзів, тому створення мережі складно, а розширення мережі утруднене.

WiFi – це бездротова технологія, яка дозволяє пристроям підключатися до Інтернету на більших відстанях, ніж ZigBee. Він зазвичай є в ноутбуках, смартфонах та інших пристроях, яким потрібний високошвидкісний доступ до Інтернету.

WiFi найчастіше використовується для розумних домашніх пристроїв, тому що він швидкий та широко доступний. Переваги технології в швидкості, можливості працювати з потужними пристроями, великий радіус дії. WiFi також широко доступний, а це означає, що не виникне проблем із пошуком сумісних пристроїв.

До недоліків слід віднести низьку енергоефективність, високу ціну модулів та схильність до перешкод. Але не зважаючи на це, для домашнього використання невеликої кількості пристроїв, це найбільш ефективно.

Метою роботи є розробка системи бездротового керування електроприладами на основі WiFi технології.

Аналіз особливостей побудови системи. Для створення проекту використовувалась платформа ESP8266 та реле модуль. В якості пристрою керування було використано телефон с Телеграм-ботом та WiFi. Telegram-бот – спеціальний обліковий запис, створений в автоматичному режимі, який дозволяє користувачам здійснювати керування об'єктами через сам месенджер. Такий бот може писати та читати повідомлення, реагувати на них, відправляти в чат меню з кнопками та багато іншого. ESP8266 може здійснювати безпосереднє керування пристроєм, що дає величезні можливості: отримання даних з датчиків або керування своїм проектом з будь-якої точки.

Програмування виконано на платформі Arduino IDE.

Принцип роботи пристрою. В якості керуючого пристрою було використано мініатюрний WiFi модуль на базі мікросхеми ESP8266 із вбудованим стеком протоколу TCP/IP та керуванням AT-командами. Чіп створений для використання в розумних розетках, mesh-мережах, IP-камерах, бездротових сенсорах, електроніці, що носить, тощо. Всі якості модуля ESP8266 дуже влучно використовувати в системах «Інтернету речей».

Передбачено два варіанти використання чіпа: міст UART-WIFI, коли модуль на базі ESP8266 підключається до існуючого рішення на базі будь-якого іншого мікроконтролера та управляється AT-командами, забезпечуючи зв'язок рішення з інфраструктурою WiFi та реалізуючи нове рішення, що використовує сам чіп ESP8266 як керуючий мікроконтролер.

Мініатюрний WiFi модуль ESP8266 застосовується в даній розробці для керування пристроями по мережі WiFi. Завдяки 9-ти виводам GPIO модуль ESP8266 може використовуватися без додаткового мікроконтролера, що значно спрощує конструкцію, зменшує розміри і споживання. GPIO виводи можна використати, наприклад, для керування реле, індикацією, сервоприводами та ін. або для зчитування з датчиків температури, тиску, освітленості, руху та ін.

Програмувати модуль можна платами Arduino або USB-UART конверторами за допомогою AT команд.

Характеристики модуля:

- WIFI стандарти: 802.11 b/g/n.
- Шифрування: WEP, WPA, WPA2.

- Режими роботи: Клієнт (STA).
- Точка доступу (AP), Клієнт+Точка доступу (STA+AP).
- Напруга живлення: 3.3 В.
- Струм споживання: до 215 мА.

Модуль ESP8266 автоматично підключається до WIFI-мережі та керується через Телеграм-бот (рисунок 1). В Телеграм-бот задається команда /start, потім йде команда /control, після цього у боті з'являється кнопка вкл/викл під назвою "lamp".

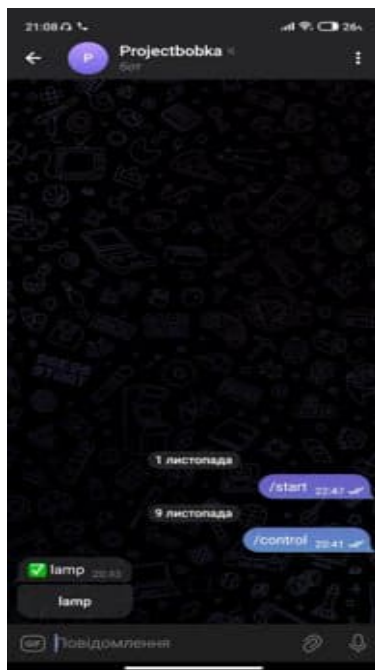


Рисунок 1 – Телеграм-бот

Далі подається сигнал на реле модуль, який вмикає електроприлад, що підключений до розриву дроту (рисунок 2). Релейний модуль складається з самого реле, плати керування та кількох інших електронних компонентів. Схема релейного модуля призначена для забезпечення спільної роботи всіх компонентів задля забезпечення роботи системи у цілому.

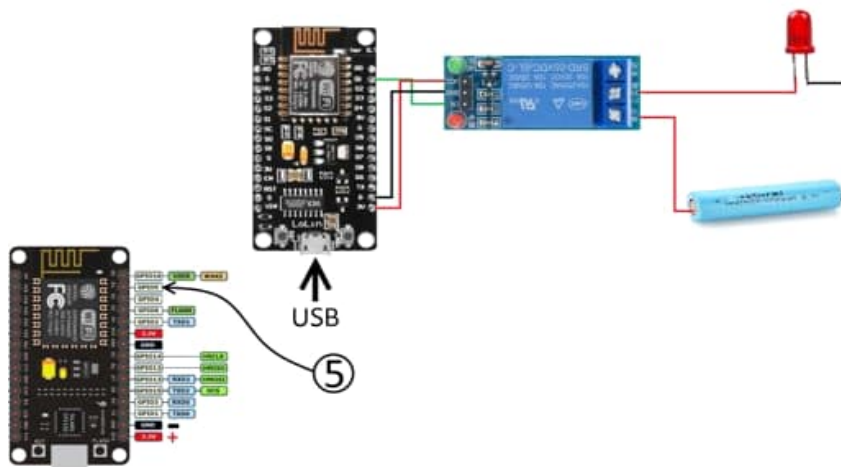
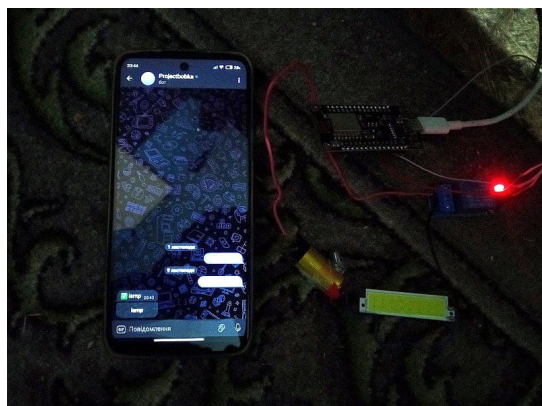


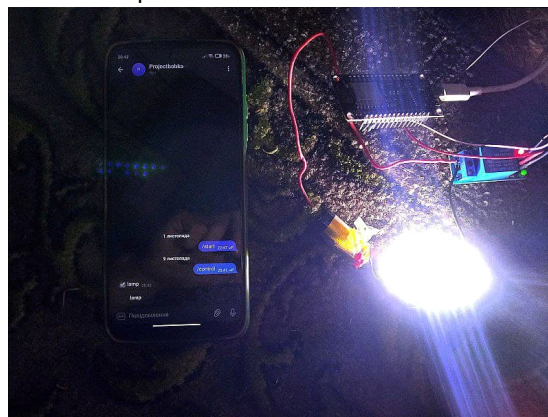
Рисунок 2 – Монтажна схема

Коли в Телеграм-боті натискається кнопка включення з назвою пристрою "lamp", подається сигнал с Телеграм-бота на плату ESP8266 з вбудованим WiFi модулем, після цього плата подає сигнал на вихід D1, з якого йде дріт, по якому передається команда на сигнальний вихід реле, потім спрацьовує реле. Таким чином,

при замиканні реле спрацьовує електроприлад на прикладі, в якості якого використовується світлодіодна матриця (рисунк 3). Вмикання або вимикання здійснюється кнопкою "lamp".



а)



б)

Рисунок 3 – Робота пристрою: а) вимкнено; б) увімкнено.

На рисунку 4 наведено програмний код створення Телеграм-бота для керування електроприладами. Слід мати на увазі, що після встановлення IDE необхідно додати до неї бібліотеки для роботи з ESP8266.

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <UniversalTelegramBot.h>

#define BOT_TOKEN "694897064:AAH0Qzqj_uy5R-CL58B0CTlamp_bot"

char ssid[] = "TP-LINK_802E";
char password[] = "3893459";
String buttons[] = {"lamp"};
int pin[] = {5};
bool protection = 0;
int chatID_access[] = {};

String on_symbol="⬆";
String off_symbol="⬆";

WiFiClientSecure client;
UniversalTelegramBot bot(BOT_TOKEN, client);
int quantity;
int Bot_name = 3000;
long Bot_lasttime;
bool Start = false;
const int ledPin = 1;
int ledState = 0;
String keyboardJson = "";

//for messageID;

void handleNewMessages(int numNewMessages) {
  Serial.println("handleNewMessages");
  Serial.println(String(numNewMessages));

  for (int i=0; i<numNewMessages; i++) {
    String chat_id = String(bot.messages[i].chat_id);
    String m_id = String(bot.messages[i].message_id);
    if (bot.messages[i].type == "callback_query") {
      String stateMessage;
      for (int i=0; i<quantity; i++) {
        if (bot.messages[i].text == buttons[i]) {
          digitalWrite (pin[i], !digitalRead(pin[i]));
          digitalWrite (pin[i], !digitalRead(pin[i]));
          String stateMessage="on_symbol";
          stateMessage+=off_symbol;
          stateMessage+="\n";
        }
      }
    }
  }
}

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.disconnect();
  delay(100);

  Serial.print("Connecting Wifi: ");
  Serial.print(ssid);
  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(500);
  }

  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");
  Serial.print("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());

  quantity=sizeof(pin)/sizeof(int);
  for (int i=0; i<quantity; i++) {
    pinMode(pin[i], OUTPUT);
  }

  for (int i=0; i<quantity; i++) {
    if (i==0) keyboardJson += "[";
    keyboardJson += "{" + "\"text\" : \"" + buttons[i] + "\"";
    keyboardJson += "," + "\"callback_data\" : \"" + buttons[i] + "\"";
    keyboardJson += "},";
    keyboardJson += "\" \" }";
    if (i==quantity-1) {
      keyboardJson += "]}";
    } else {
      keyboardJson += ",";
    }
  }
  delay(10);
  client.setInsecure();
}

}

bot.deleteMessage(bot.messages[i].chat_id, bot.messages[i].message_id);
bot.sendMessage(bot.messages[i].chat_id, stateMessage, "", keyboardJson);
}

String text = bot.messages[i].text;
Serial.println(i);
String from_name = bot.messages[i].from_name;
if (from_name == "") from_name = "Guest";
int i=0;
if (protection || String(chatID_access[i]) == chat_id) {
  if (text == "control") {
    String stateMessage;
    for (int i=0; i<quantity; i++) {
      digitalWrite (pin[i], !digitalRead(pin[i]));
      stateMessage+=buttons[i];
      stateMessage+="\n";
    }
    bot.sendMessage(chat_id, stateMessage, "", keyboardJson);
  }

  if (text == "start") {
    String welcome = "Привітання " + from_name + "!";
    welcome = "Для управління електроприладами ESP8266, використайте Telegram-бота";
    welcome = "control : вмикає та вимикає світло";
    String keyboardStart = "[\" \"text\" : \"start\" , \"callback_data\" : \"start\" ]";
    bot.sendMessage(chat_id, welcome, "", keyboardStart);
  }
}

while (i<bot.messages[i].message_id) {
  while (i<bot.messages[i].message_id) {
  }
}

void setup() {
  Serial.begin(115200);
}
```

Рисунок 4 – Програмний код проекту

Висновки. Запропонована схема бездротового керування електроприладами на основі WiFi технології через Телеграм-бот та модуль ESP8266. Система легко налагоджується, має невисоку вартість та проста в обслуговуванні. Після нескладних доопрацювань схеми та програмного коду, систему можна застосовувати для керування декількома приладами.

Список використаних джерел

1. Chung, J.-M. Internet Of Things and Augmented Reality Emerging Technologies. Yonsei University, 2017. 215 p.
2. Fremantle, P. A Reference Architecture for The Internet of Things. London: WS02, 2015. 130 p.
3. Things to know about IoT platform – Режим доступу: <https://iot-analytics.com/5-things-know-about-iot-platform/>
4. Connectivity of the Internet of Things – Режим доступу: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/connectivity-of-the-internet-of-things>

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНА СЕКЦІЯ.....	3
Дьяконов О.С., Школьный І.І. Проект модернізації АІС-станції MARINETRAFFIC №5064.....	3
Обрубов А.В., Ткаченко Д.І. Контролер-автомат з динамічною таблицею.....	6
Честних М.В., Черно О.О. Фізичне моделювання розподілу електричного поля в металевому провіднику.....	10
Демідов І.А. Моделі та системи робастної стабілізації автономного морського рухомого об'єкту в умовах невизначеності.....	12
Верецаго Є.М., Стогнієнко Є.В. Вплив дискретизації та квантування на якість перехідного процесу системи керування.....	13
Жук О.К., Дзисюк Я.В., Нікуліна А.О., Слабодчиков А.А. Електромагнітна сумісність системи бездротової зарядки акумуляторного судна з береговою мережею.....	17
Жук О.К., Макаров А.В. Принципи побудови інтелектуального зарядного пристрою для автономного об'єкта.....	21
СЕКЦІЯ 1. ІМПУЛЬСНІ ПРОЦЕСИ І ТЕХНОЛОГІЇ.....	27
Гунько В.І., Танасова О.Д., Фещук Т.А. Дослідження електричної міцності діелектричної системи занурювальних високовольтних імпульсних конденсаторів.....	27
Гунько В.І., Танасова О.Д., Перекупка І.А. Створення високовольтних імпульсних конденсаторів для електрогідроімпульсних установок обробки водозабірних свердловин.....	29
СЕКЦІЯ 2. АВТОМАТИКА, ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧІ СИСТЕМИ І ПРИСТРОЇ.....	32
Гайдай Г.Ю., Дончик О.В. Графічний розв'язувач рівнянь для аналізу математичних моделей динамічних систем.....	32
Гайдай Г.Ю., Моторкін М.Ю. Мобільна система контролю ваги для залізничного транспорту.....	36
Гайдай Г.Ю., Дубатова Д.В. Стаціонарна система контролю ваги ємності зі скрапленням газом.....	38
Матюхін В.Ю., Ковальов М.І., Лісанов М.А., Грудініна Г.С. Сучасні тенденції в автоматизації судовоих електростанцій.....	40
Рябенський В.М., Фомін Д.С. Модельні дослідження транзисторів, як стабілізаторів струму.....	41
Васильєв О.Г., Гостєв Г.Р., Капітоненко К.О. Налаштування компонентів ПІД-регулятора.....	44
Угольніков Г.Г., Герасін О.С., Огляд сучасних роботів-маніпуляторів з автоматизованим керуванням.....	48
СЕКЦІЯ 3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА.....	52
Трешнюк А.І., Худякова І.М. Використання засобів телекомунікацій для оновлення соціально важливої інформації.....	52
Трешнюк А.І., Ушкаренко О.О. Розробка програмних засобів для дослідження алгоритму узгодженої фільтрації сигналів.....	55
Редька І.В., Трешнюк О.І., Ушкаренко О.О. Принципи опису систем цифрової обробки сигналів на структурно-функціональному рівні.....	57
Запальський В.М., Кирилов Є.Д. Удосконалення управління баластної системи танкеру хімовозу - продуктовозу «BARDON».....	60
Трибулькевич С.Л., Сидоренко О.Ю. Вимірювальний модуль лабораторного стенду для тестування електронних компонентів.....	62
Трибулькевич С.Л., Чимадунов Р.М. Протокол інформаційного обміну лабораторного стенду для тестування електронних компонентів.....	64
Ященко В.С., Ковальчук М.С., Волянський Ю.С., Волянська Я.Б., Волянський С.М. Розробка та дослідження енергозберігаючих електроприводів побутових приладів на базі однофазних конденсаторних асинхронних двигунів.....	67
Заїка О.І., Лещенко О.О., Солобута Л.В. WI-FI модуль для бездротового керування електроприладами.....	69

Наукове видання

АВТОМАТИКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА – 2023

ВСЕУКРАЇНЬСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

13-14 листопада 2023 року

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, проспект Центральний, 3

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

(українською та англійською мовами)

Відповідальний за випуск:
Комп'ютерна верстка:

А. В. Обрубов
М. О. Козлов

Видавець Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
проспект Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54007
E-mail: publishing@nuos.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2506 від 25.05.2006 р.