

M&MS 2023, 19-20 October, Kharkiv, UKRAINE



VII International Conference
MANUFACTURING
&
MECHATRONIC
SYSTEMS

УДК: 005:004.896:62-65:338.3

Виробництво & Мехатронні Системи 2023: матеріали VII-ої Міжнародної конференції, Харків, 19-20 жовтня 2023 р.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)].-Харків: [електронний друк], 2023 - 163с.

У збірник включені тези доповідей, які присвячені сучасним тенденціям розвитку технологій та засобів виробництва та мехатронних систем, передовому досвіду та впровадженню їх в галузях систем промислової автоматизації та керування виробництвом; системній інженерії; CAD/CAM/CAE системах; мехатроніці (електро-механічних системах, електронних інструментах систем керування, механічних CAD системах); робототехніці та засобах інтелектуалізації; MEMS (сучасних матеріалів та технологіях виготовлення MEMS) та компонентах і технологіях автоматизації видобутку, переробки та транспортування нафти та газу.

Редакційна колегія: І.Ш. Невлюдов, В.В. Євсєєв.

Manufacturing & Mechatronic Systems 2023: Proceedings of VIIst International Conference, Kharkiv, October 19-20, 2023: Theses of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] .- Kharkiv .: [electronic version], 2023. - 163 p.

The collection includes the theses of reports on modern trends in the development of technologies and means of production and mechatronic systems, top experience and implementation of them in fields of: industrial automation and production management systems; systems engineering; CAD/CAM/CAE systems; mechatronics (electrical and mechanical systems, electronic control tools, mechanical CAD systems); robotics and intellectual tools; MEMS (modern materials and manufacturing technologies MEMS) and components and technologies for the automation of oil, gas and oil extraction, processing and transportation.

Editorial board: Igor.Sh. Nevlyudov, Vladyslav.V. Yevsieiev

© Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій,
автоматизації та робототехніки (КІТАР),
ХНУРЕ,2023

Міністерство освіти і науки України (МОНУ)
Харківський національний університет радіоелектроніки (ХНУРЕ)
Варшавський університет сільського господарства (WULS - SGGW)
Азербайджанський державний університет нафти і промисловості
Національний університет «Львівська політехніка»
Festo Didactic Україна
Jabil Circuit Ukraine Limited
ТОВ «Науково-виробниче підприємство «УКРІНТЕХ»»
Факультет автоматики і комп'ютеризованих технологій (АКТ)
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР),
Державне підприємство «Науково-дослідний технологічний інститут приладобудування»
Державне підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості»

МАТЕРІАЛИ

VII-ої Міжнародної Конференції
ВИРОБНИЦТВО
&
МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ 2023
(19-20 жовтня 2023)
Харків, Україна



ОРГАНІЗАТОРИ



Міністерство
освіти і науки
України

Міністерство освіти і науки України (МОНУ)
The Ministry of Education and Science of Ukraine



NURE
Kharkiv National University
of Radioelectronics

Харківський національний університет
радіоелектроніки (ХНУРЕ)

Kharkiv National University of Radioelectronics



**WARSAW UNIVERSITY
OF LIFE SCIENCES
- SGGW**

Варшавський університет сільського
господарства (WULS - SGGW)

Warsaw University of Life Sciences WULS - SGGW



Азербайджанський державний університет
нафти і промисловості

Azerbaijan State Oil and Industry University



Festo Didactic Україна

Festo Didactic Ukraine



ТОВ «Науково-виробниче підприємство
«УКРІНТЕХ»»

Research and Production Enterprise
"UKRINTECH" Ltd



Національний університет «Львівська
політехніка»

National University Lviv Polytechnic

Державне підприємство «Харківський науково-
дослідний інститут технології машинобудуван-
ня», м. Харків, Україна

State Enterprise «Kharkiv Scientific-Research
Institute of Mechanical Engineering Technology»,
Kharkiv, Ukraine



Державне підприємство «Південний державний
проектно-конструкторський та науково-
дослідний інститут авіаційної промисловості»,
м. Харків, Україна

State Enterprise «National Design & Research
Institute of Aerospace Industries», Kharkiv,
Ukraine



Jabil Circuit Ukraine Limited

КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Ігор Шакирович Невлюдов** голова комітету конференції, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна
- Олександр Іванович Филипенко** заступник голови комітету конференції, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій (АКТ), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна.
- Мурад Анвер огли Омаров** доктор технічних наук, професор, проректор з міжнародного співробітництва, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна
- Владислав В'ячеславович Євсєєв** секретар, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), Харківського національного університету радіоелектроніки, Україна.
- Andrzej Chochowski** доктор технічних наук, професор Варшавського університету сільського господарства (WULS - SGGW), Польща
- Pawel Obstawski** доктор технічних наук, професор Варшавського університету сільського господарства (WULS - SGGW), Польща.
- Сергій Богомолів** лектор/доцент, доктор філософії (комп'ютерні науки), Дослідницька школа комп'ютерних наук, Коледж інженерії та комп'ютерних наук, Австралійський національний університет, Австралія.
- Микола Васильович Замірець** доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування, Україна
- Михайло Васильович Лобур** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри систем автоматизованого проектування Національного університету «Львівська політехніка», Україна.
- Євген Сергійович Риженко** керівник відділу дидактики ДП «Фесто», Україна
- Сергій Володимирович Демченко** директор ТОВ «Науково-виробничого підприємства «УКРІНТЕХ»», Україна.

- Самед Імамалі огли Юсіфов** кандидат технічних наук, доцент, декан факультету інформаційних технологій та управління, Азербайджанський державний університет нафти і промисловості, Азербайджан.
- Фарід Гаджі огли Агасв** кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри управління та системної інженерії, Азербайджанський державний університет нафти і промисловості, Азербайджан.
- Віктор Васильович Косенко** доктор технічних наук, доцент, директор Державного підприємства «Харківського науково-дослідного інституту технології машинобудування», Україна.
- Володимир Вікторович Козирський** доктор технічних наук, професор, директор Навчально-наукового інституту енергетики, автоматики та енергозбереження, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.
- Віталій Пилипович Лисенко** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.
- Юрій Францевич Зіньковський** доктор технічних наук, професор кафедри радіоконструювання і виробництва радіоапаратури, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна.
- Володимир Митрофанович Свищ** доктор технічних наук, професор, радник директора Державного науково-виробничого підприємства «Об'єднання Комунар», Україна.
- Віталій Євгенович Овчаренко** доктор технічних наук, професор, заступник директора з наукової роботи Державного підприємства «Науково-дослідний технологічний інститут приладобудування», Україна.
- Лариса Сергіївна Глоба** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційно-комунікаційних мереж, Інститут телекомунікаційних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна.
- Анатолій Олександрович Андрусевич** доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу Національного авіаційного університету, Україна.
- Роман Володимирович Артюх** кандидат технічних наук, директор Державного підприємства «Південний державний проектно-конструкторський інститут авіаційної промисловості», Україна.

- Glen Kurtwitz** генеральний менеджер Titan Machinery Limited, Шотландія.
- Liu Shan** генеральний менеджер Titan Machinery Limited, Китай.
- Володимир Андрійович Павлиш** кандидат технічних наук, професор, перший проректор Національного університету «Львівська політехніка», Україна
- Сергій Іванович Осадчий** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації виробничих процесів, Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна.
- Анатолій Афанасійович Єфіменко** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електронних засобів та інформаційно-комп'ютерних технологій, Одеський національний політехнічний університет, Україна
- Анатолій Петрович Ладанюк** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації та інтелектуальних систем, Національний університет харчових технологій, Україна.
- Володимир Михайлович Решетюк** кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Олександр Михайлович Цимбал** заступник голови конференції з організаційних питань, доктор технічних наук, професор комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Сергій Павлович Новоселов** кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Євген Анатолійович Разумов-Фризюк** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.
- Наталія Павлівна Демська** кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР), Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.

Програмна реалізація системи керування лабораторним блоком живлення

Олексій Юрко¹, Дмитро Кухаренко¹, Михайло Довбня¹, Микола Мешков¹

¹ Навчально-науковий інститут електричної інженерії та інформаційних технологій, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, УКРАЇНА, Кременчук, вул. Першотравнева, 20. email: dkuch100@gmail.com

Анотація: На сьогоднішній день неможливо уявити науковий заклад, сервісний центр, лабораторію, лікарню без застосування в них лабораторного блоку живлення. Донедавна стандартним для імпульсних джерел живлення було аналогове керування, але цифрове керування дозволяє оптимізувати операцію керування, підвищити ККД, забезпечити лінійність регулювання струму навантаження.

При розробці регульованих джерел електроживлення за відсутності високочастотного перетворювача відома проблема, коли при мінімальній вихідній напрузі та великому струмі навантаження на регульовальному елементі (стабілізатор) розсіюється велика потужність. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми – зробити кілька відводів у вторинній обвитці силового трансформатора та розбити діапазон регулювання вихідної напруги на піддіапазони.

Такий принцип використаний у багатьох серійних джерелах живлення, однак такий шлях ускладнює і саме джерело живлення і ставить під сумнів можливість керування таким пристроєм від системи верхнього рівня. Одним із раціональних рішень у цій ситуації є застосування транзисторних високочастотних перетворювачів. У цьому випадку є можливість розробки джерела живлення, керованого одним задатчиком вихідної напруги у вигляді потенціометра або одним керуючим сигналом, наприклад, від комп'ютера.

Метою роботи є розроблення системи керування лабораторним джерелом живлення і розкриття переваг цифрового керування джерелом живлення перед застарілим аналоговим.

Ключові слова: система керування, блок живлення, програмна реалізація, програмне забезпечення.

I. ВСТУП

Також лабораторні блоки живлення використовуються як аналог стабілізатора напруги для медичного обладнання. При цьому він має перевагу перед стабілізаторами, оскільки видає не відсотки, а фіксований напруга, що буває важливо при скачках напруги. Тобто, при будь-якому вхідному напрузі він дає на виході заданий необхідне значення напруги.

Основні характеристики блоків живлення можна дізнатися виходячи з назви моделі. Цей міжнародний стандарт найменування зроблений спеціально для уникнення плутанини і підтримується всіма зарубіжними виробниками.

Перші дві букви в назві (їх може і не бути) позначають код виробника. Далі - чотири (рідше три або п'ять) цифр позначають максимальне видається напруга (перші дві цифри) і максимальний вихідний струм (останні дві цифри). До них, через рисочку, може бути додана цифра, що означає кількість каналів.

Наприклад, YIHUA 1502DD, EXtools PS-1502D, NYelec NY1502D позначає блок живлення, що видає максимальне напруження 15В, і максимальний струм до 2А.

електроенергії та частоті вхідної напруги.

Залежно від принципу дії і кількості пристроїв, що підключаються, лабораторні БП діляться на лінійні і імпульсні, а також одноканальні і багатоканальні, відповідно. Крім того, вони розрізняються за параметрами стабілізації (струму або напруги), формі напруги: постійному або змінному, типу діапазону, максимальному току і напрузі, потужності, по типу настройки видається напруги і струму, по виду ізоляції і по індикації.

Лінійні (також звані «трансформаторними») засновані на низькочастотному трансформаторі, що знижує вхідна змінна напруга 220В з частотою 50 Гц до десятків Вольт з тією ж частотою 50 Гц. Потім змінну напругу випрямляється і згладжується конденсаторами. Після чого знижується транзисторним стабілізатором до необхідного заданого рівня. Перевага такого типу пристроїв - простота і надійність конструкції, відсутність високочастотних пульсацій, а також низька вартість ремонту і запчастин. Однак у лінійних БП є і зворотна сторона - низький ККД (до 60%), пов'язаний з тим, що все зайве напруга перетвориться в тепло. На транзисторному стабілізаторі буде розсіюватися в 4 рази більше потужності, ніж надходить на навантаження. Через це вони досить громіздкі і важкі. Наприклад, сучасні моделі, що забезпечують роботу з навантаженням до 200 Вт, важать від 5 до 10 кг. Також, з часом, відбувається усихання згладжують конденсаторів, через що на виході утворюються провали напруги. Додатково до цього не виключено попадання високочастотних шумів. Тому, якщо потрібно найбільш чисте вихідна напруга, слід використовувати хороший мережевий фільтр, встановлений перед лінійним ЛБП.

Імпульсні лабораторні блоки живлення функціонують за допомогою заряду імпульсами струму згладжують конденсаторів. У них вхідна змінна напруга вирівнюється і отриманий постійний струм, у вигляді малих імпульсів збільшеною частоти, надходить на фільтри конденсаторів. Після цього завдяки інвертору відбувається перетворення постійного струму в змінний. А потім напруга згладжується фільтром. Ну а регулювання вихідної напруги, як правило, здійснюється за допомогою зміни спеціальним контролером широтно-імпульсної модуляції (ШІМ).

Для перетворення струму використовуються невеликі трансформатори, тому імпульсні БЖ досить компактні, мають невелику вагу. ККД імпульсних блоків - 80, а іноді і 90%. До переваг можна віднести високий коефіцієнт стабілізації і більш висока, в порівнянні з лінійними блоками харчування, вихідна потужність, а також відсутність чутливості до якості

II. МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Головні недоліки імпульсних блоків живлення - складність конструкції [1], що впливає на надійність, і наявність високочастотної пульсації (навіть з урахуванням фільтрації): при цьому рівень пульсації

залежить від навантаження - чим вона вища, тим більше амплітуда пульсацій. Крім того, він дає радіочастотні наведення. Так що вони не дозволяють працювати з деякими типами пристроїв.



Рисунок 1 – Сучасні лабораторні блоки живлення

Як бачимо, в обох типів лабораторних блоків живлення є як переваги, так і недоліки. Тому вибір оптимального типу пристрою залежить від необхідних якостей. Якщо Вам потрібен ЛБП, що володіє хорошою надійністю і відсутністю радіоперешкод, варто вибрати лінійний (трансформаторний). Якщо ж є необхідність у великій потужності і зручною транспортабельності - підійде імпульсний.

Також тип потрібного БП визначається навантаженням по току. Так, для приладів, які споживають до 5А підходять лінійні блоки живлення. Для пристроїв, що працюють на струмі понад 5А - імпульсні БЖ. Справа в тому, що всі потужні лабораторні блоки живлення, що дають великий струм, - імпульсні.

Сучасні лабораторні блоки живлення (рис.1) можуть застосовуватися як для одного, так і для одночасного використання декількох приладів. Це визначається кількістю вихідних каналів. Тому вони діляться на одно- і багатоканальні.

Більшість нових моделей лабораторних блоків живлення мають тільки один вихідний канал. Рідше використовуються двох і трьохканальний пристрою.

Варто відзначити, що багатоканальні блоки живлення дозволяють видавати регульоване напруга і струм різних значень. Тобто, параметри вихідної напруги задаються окремо. Погодьтеся, це дуже зручно, якщо потрібно працювати з різними типами пристроїв, що підключаються. Правда, в трьохканальний блоках харчування третій канал нерегульований (на 5В).

Найбільш дешевими і поширеними є одноканальні блоки живлення. Їх досить для перевірки або підключення одного приладу. Два каналу виведення підійдуть якщо потрібно живити дві ділянки схеми різними напругами або одночасно протестувати два пристрої. Трьохканальний, що мають один фіксований на 5В (як найбільш поширене мала напруга) і два регульованих каналу, знаходять застосування для підключення до складних приладів. Наприклад, це може використовуватися для харчування медичного обладнання з роздільним живленням датчика, блоку первинної обробки даних і схеми точної обробки і відображення параметрів. При наявності гальванічної

розв'язки між каналами такі ЛБП здатні видавати напруги і струми, помітно різняться з сусідніми каналами.

Оскільки всі БП великої потужності (більше 500 Вт) мають тільки один канал, може здатися очевидним, що при необхідності, можливо підключити кілька БП. Однак таке рішення не дозволить забезпечити синхронне включення / вимикання і регулювання блоків живлення і спровокує підвищення високочастотної пульсації. Крім того, не виключений ризик пошкодження БП через пробією ізоляції.

Основними властивостями лабораторних БП є регульована видача стабілізованої напруги (CV) та струму (CC). При використанні лабораторного блоку живлення в режимі видачі стабілізованої напруги, формується заданий напруга навіть при змінюються токах навантаження. У режимі стабілізації струму блок живлення повинен подавати заданий струм навіть при змінному опорі навантаження.

Режим стабілізації вихідного струму, як правило, присутня на всіх одноканальних блоках харчування якісних брендів (Mastech, AXIOMET, Hyelec). І зрідка, як виняток, в дорогих багатоканальних моделях.

Режим стабілізації вихідного струму відсутня в дешевих одноканальних і в більшості багатоканальних (незалежно від бренду) блоках харчування. Замість цього вони мають «захист від перевантаження і короткого замикання».

Ще однією з характеристик є форма напруги і струму на виході. Залежно від конкретної моделі, ЛБП можуть бути розраховані як на видачу постійного струму і напруги, так і на змінні напруга / струм.

Як правило, лабораторні БП видають постійна напруга і струм. Однак для тестування електронних приладів може знадобитися зміна вихідної напруги за певним заданим алгоритмом. Для цього в деяких моделях блоків живлення є «Режим зміненого вихідного напруги за списком заданих значень». З його допомогою можна створити програму, що складається з послідовних кроків, кожен з яких має певну напругу і тривалість. Завдяки існуванню такого режиму можливо проводити тестування обладнання і пристроїв на скачки напруги,

наростання і спад напруги, втрату напруги. Якщо ж має значення імітація навантажень в побутової електричної мережі 220 В, варто звернути увагу на БП, що видають змінне напруга. Причому деякі моделі формують трифазне напругу з вимірюванням зсуву кутів фаз.

Діапазон лабораторних блоків живлення по вихідній напрузі і току буває двох видів: фіксованим і автоматичним. Фіксований діапазон мають багато бюджетні ЛБП. Вони дозволяють вибрати будь-яку комбінацію струму і напруги в максимальних значеннях. Так, одноканальний ЛБП з найбільшим напругою 30В і силою струму 5А здатний підтримати даний струм при такому напруженні. Однак підвищити межі як струму, так і напруги, на такому пристрої неможлива. При цьому підтримувана потужність складе $30\text{В} \times 5\text{А} = 150\text{Вт}$.

Автоматичний діапазон характеризується можливістю вибору будь-якої комбінації напруги і струму, навіть перевищуючи їх максимальні значення, в межах максимальної потужності.

БП володіють різним подається напругою і струмом. Поширені діапазони постійної напруги такі: 0 - 15В, 0 - 30В, 0 - 60В. Діапазони по току: 0 - 2А / 3А, 0 - 5А, 0 - 10А, 0 - 20А, 0 - 30А.

Такий важливий фактор при виборі БП - потужність пристрою, що видається в навантаження. Так, ЛБП постійного струму діляться на стандартні і потужні. Перші підтримують навантаження до Потужність 700 Вт. Другі - більше Потужність 700 Вт. БП стандартної потужності мають вагу до 15 кг. Надпотужні пристрої до 3 кВт існують як в переобраним, так і в стоечному варіанті. Більш потужні (від 3 кВт) - тільки в промисловому стоечному виконанні. Оскільки універсальних лабораторних блоків живлення не існує, при виборі слід спиратися на потужність під конкретну задачу.

По виду настройки лабораторні блоки живлення бувають ручні і програмні. Ручні налаштовуються безпосередньо на самому ЛБП за допомогою рукояток-крутилок або кнопок. Програмна настройка проводиться не на приладі, а на комп'ютері. Тому нею можливо управляти віддалено. Вона може бути виконана у вигляді готової спеціальної програми, що поставляється разом з ЛБП, так і у вигляді власної створеної програми. Необхідність програмування може виникнути в разі включення ЛБП до складу вимірювального комплексу або застосування надпотужних ЛБП.

Деякі моделі мають комбінованим керуванням, яке можна здійснювати як з корпусу ЛБП, так і з комп'ютера. Для цього передбачена можливість підключення до ПК.

Основними відображеними параметрами є вольтметр і амперметр. Їх індикація буває стрілочної і цифровий. Стрілочні індикатори представлені у вигляді аналогової шкали зі стрілкою. Вони більш чутливі до перепадів напруги і струму, але менш інформативні, оскільки точність вимірювання залежить від поділок шкали і по ним неможливо визначити десяті й тисячні значення (наприклад, 0.2 А чи 0.05А).

Цифрові відображають електричні параметри на LCD дисплеї. Вони дозволяють показувати десяті й тисячні частки вимірів. Такі дисплеї трьох і чотирьох розрядні.

Є моделі ЛБП, що мають цифрове відображення вольтметра і стрілочне - для амперметра.

Гальванічна ізоляція БП дозволяє ізолювати напругу і струм між різними каналами і мережею живлення. Вона захищає від пробоя напругою вище 220В і замиканням на землю. Це досягається за допомогою наявності окремих обмоток трансформатора для кожного з каналів.

Наявність гальванічної захисту обов'язково для застосування ЛБП при підключенні пристроїв, що мають аналогову і цифрову частину або ізольовані частини.

Для забезпечення безпечної роботи і збереження як самого ЛБП, так і підключеного до нього обладнання, передбачені захисні функції, представлені у вигляді захисту від струмового перевантаження, перенапруги, перевантаження по потужності, перегріву. Реалізація захисних функцій різноманітна. Наприклад, при перевищенні заданого струму, в разі короткого замикання, може відключити навантаження, обмежити струм на виході або переключитися на режим стабілізації вихідного струму.

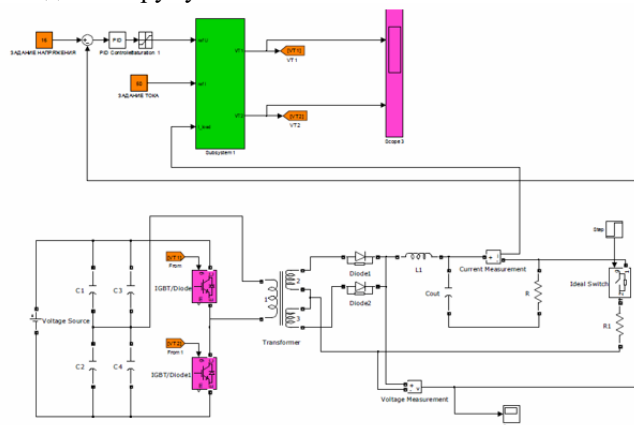


Рисунок 2 – Модель джерела живлення в Simulink

На рисунку 2 представлена імітаційна модель джерела живлення, яка виконана в системі Matlab- Simulink (MATLAB).

У верхній частині моделі представлена частина, що відноситься до системи керування. Завдання по вихідній напрузі порівнюється з вимірним значенням. Далі результат порівняння потрапляє на ПД регулятор, на виході якого розташований блок насичення. Блок насичення відсікає всі величини, які менші 0.05. Це необхідно в силу того, що важливо враховувати час комутації транзисторів верхнього і нижнього плеча, тому коефіцієнт заповнення не повинен перевищувати величини 0.95.

На рисунку 3 запропоноване програмне забезпечення для керування лабораторним блоком живлення в Delphi 11, а розроблений макет представлений на рисунку 4. Графік залежність корисної потужності від температури нагрівання пристрою показує, що запропонована конструкція має вдалу будову (рис.5).

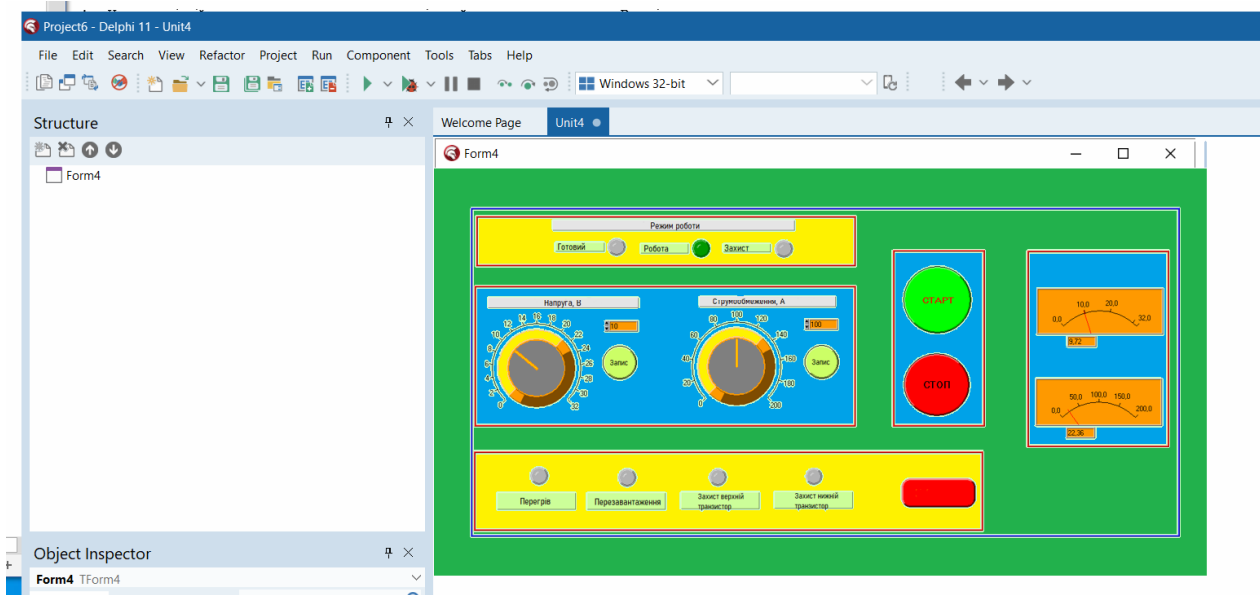


Рисунок 3 – Програмне забезпечення для керування лабораторним блоком живлення в Delphi 11



Рисунок 4 – Запропонований лабораторний блок живлення

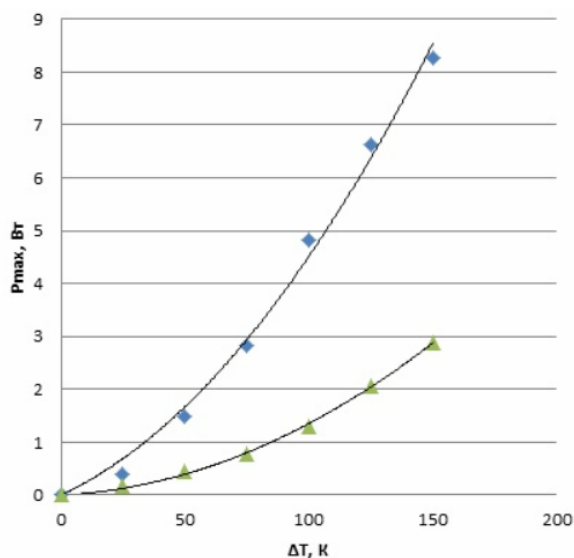


Рисунок 5 – Залежність корисної потужності від температури нагрівання

III. ВИСНОВКИ

Зважаючи на необхідність обов'язкової гальванічної роз'язки між вхідною частиною перетворювача і його виходом, а також необхідності установки на вході ємнісного фільтра, що знижує вплив коливань напруги на вході перетворювача, для розробленої керування лабораторним блоком живлення обрано напівмостовий перетворювач з ємнісним дільником вхідної напруги, який дозволяє використовувати тільки одну первинну обвитку трансформатора і дві вторинні.

Для розробленої комп'ютерно-інтегрованої системи керування лабораторним джерелом живлення на основі проведених розрахунків аргументований вибір силових транзисторів, імпульсного трансформатора, вихідного LC фільтра, ємності дільника напруги, вихідного конденсатора, датчиків керуючої частини, вхідної напруги, вхідного струму, струму навантаження та датчика температури, що відповідає основним вимогам доступності обладнання та його невисокої вартості.

На основі запропонованої електричної принципіальної схеми керування перетворювачем, за допомогою середовища LabVIEW розроблений віртуальний прилад, який дозволяє керувати вихідною напругою лабораторного блоку живлення в діапазоні 0...32В, задавати величину струмообмеження в діапазоні 0...150А, а також відображати його параметри. Особливістю даної системи є можливість роботи як по інтерфейсу USB, так і по інтерфейсу RS-485, що дозволяє включати його до складу промислових мереж.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Кухаренко Д.В., Фомовський Ф.В., Гладкий В. В., Саньков С. В. МЕТОД ДІАГНОСТИКИ СКЛАДНИХ ЕЛЕКТРОННИХ СХЕМ 3

- ВИКОРИСТАННЯМ СИГНАТУРНОГО АНАЛІЗУ. Вісник Кременчуцького Національного університету імені Михайла Остроградського. Випуск 3/2020 (122), Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2020. – С. 133–138.
- [2] Невлюдов І.Ш. Автоматизована система керування технологічними процесами в SCADA системі TRACE MODE 6: Навчальний посібник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, В.В. Євсєєв, С.С. Максимова, М.Г. Стародубцев, В.В.Невлюдова. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2018. 320 с.
- [3] Моделі та методи кіберфізичних виробничих систем в концепції Industry 4.0 : монографія / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, А. О. Андрусевич, С. С. Максимова ; – Oktan Print – Prague. 2023. – 321 с.
- [4] Attar, H., & et al.. (2022). Control System Development and Implementation of a CNC Laser Engraver for Environmental Use with Remote Imaging. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 9140156, <https://doi.org/10.1155/2022/9140156>.
- [5] Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Yevsieiev, V., Amer, A., Demska, N., Luhach, A. K., & Lyashenko, V. (2022). Electronic User Authentication Key for Access to HMI/SCADA via Unsecured Internet Networks. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 5866922. <https://doi.org/10.1155/2022/5866922>
- [6] Attar, H., & et al.. (2022). Zoomorphic Mobile Robot Development for Vertical Movement Based on the Geometrical Family Caterpillar. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 3046116, <https://doi.org/10.1155/2022/3046116>.
- [7] Khalid, M. S., Yevsieiev, V., Nevliudov, I. S., Lyashenko, V., & Wahid, R. (2022). HMI Development Automation with GUI Elements for Object-Oriented Programming Languages Implementation. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 70.1, 139-145.
- [8] Nevliudov, I., & et al.. (2021). Development of a cyber design modeling declarative Language for cyber physical production systems, *J. Math. Comput. Sci.*, 11(1), 520-542.
- [9] Nevliudov, I., & et al.. (2021). GUI Elements and Windows Form Formalization Parameters and Events Method to Automate the Process of Additive CyberDesign CPPS Development. *Advances in Dynamical Systems and Applications*, 16(2), 441-455.
- [10] Nevliudov, I., & et al.. (2020). Method of Algorithms for Cyber-Physical Production Systems Functioning Synthesis. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(10), 7465-7473
- [11] Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., Demska, N., Kolesnyk, K., & Miliutina, O. (2022, September). Object Recognition for a Humanoid Robot Based on a Microcontroller. In 2022 IEEE XVIII International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH) PP. 61-64. DOI: 10.1109/MEMSTECH55132.2022.10002906
- [12] Viktoriia Bortnikova, Vladyslav Yevsieiev, Iryna Botsman, Igor Nevliudov, Kostiantyn Kolesnyk, Nazariy Jaworski. Queries classification using machine learning for implementation in intelligent manufacturing // Chapter 6 in Monograph «Methods and tools in CAD – selected issues». – Białystok (Poland): Publishing House of Białystok University of Technology. – 2021. – PP. 63-74.
- [13] Yevsieiev V. Some aspects of the development of the BEAM robot control scheme / V. Yevsieiev // In IV International Scientific and Theoretical Conference, Singapore, Republic of Singapore. - P. 79-81.
- [14] Vladyslav Yevsieiev, Nikolaj Starodubcev (2023). Development of a control algorithm for a small-sized mobile manipulation robot. *Scientific Collection «InterConf»*, (140), P. 648-651.
- [15] Yevsieiev V. (2023) Development of a program for modeling the control of a mobile manipulation robot in the unity environment / Yevsieiev V., Starodubcev N. // *Scientific Collection «InterConf»*, (141), P. 331-334.
- [16] Yevsieiev, V. ., Maksymova, S. ., & Starodubcev, N. . (2022). A ROBOTIC PROSTHETIC A CONTROL SYSTEM AND A STRUCTURAL DIAGRAM DEVELOPMENT. *Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ»*, (August 12, 2022; Zurich, Switzerland), 113–114. <https://doi.org/10.36074/logos-12.08.2022.33>
- [17] Yevsieiev V., Maksymova S., Starodubcev N. Software Implementation Concept Development for the Mobile Robot Control System on ESP-32CAM // *Current issues of science, prospects and challenges: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the II International Scientific and Theoretical Conference (Vol. 2), June 10, 2022. Sydney, Australia: European Scientific Platform., 2022. P. 54-56*
- [18] Yevsieiev V., Bronnikov A. Analysis of the cyber-physical production systems implementation impact to achieve the goals of lean production. The IIth International scientific and practical conference «Development of scientific and practical approaches in the era of globalization» (USA, Boston, 28–30 September. 2020). P.221–226. DOI:10.46299/ISG.2020.II.II.
- [19] Nevliudov I., Omarov M., Yevsieiev V., Bronnikov A., Lyashenko V. Method of Algorithms for Cyber-Physical Production Systems Functioning Synthesis // *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*. – 2020. – Vol. 8(10). – P. 7465-7473.
- [20] Yevsieiev, V. V., & Bronnikov, A. I. (2020). Development of databases interconnection “essences” information model for cyber-physical production systems additive cyber design creation automation. *Збірник Наукових Праць НУК, №3. С.56-62. DOI https://doi.org/10.15589/znp2020.3(481).7*