

DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-3\(41\)-379-389](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-3(41)-379-389)

УДК 621.314

Володимир Іванович Яськів¹, Ігор Феліксевич Домнін², Анна Володимирівна Яськів³

¹доктор технічних наук, професор кафедри радіотехнічних систем
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Тернопіль, Україна)
E-mail: yaskiv@yahoo.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0043-3909>. ResearcherID: KBC-7954-2024
SCOPUS Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6507314717>

²доктор технічних наук, провідний науковий співробітник Інституту іоносфери НТУ «ХПІ»
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (Харків, Україна)
E-mail: domninpro@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9824-4403>
SCOPUS Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36092533000>

³кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних систем
Економічний університет у Вроцлаві (Вроцлав, Польща)
E-mail: anna.yaskiv@ue.wroc.pl. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1806-1322>
SCOPUS Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59545123700>

НАПІВПРОВІДНИКОВІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ВИСОКОЧАСТОТНИМИ МАГНІТНИМИ ПІДСИЛЮВАЧАМИ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Розроблено та досліджено концепцію побудови енергетичного забезпечення засобів інформаційних технологій на основі напівпровідникових перетворювачів із високочастотними магнітними підсилювачами з високою якістю вихідних напруг, високим рівнем динамічних характеристик, високою ефективністю та надійністю, нижчою собівартістю.

Описано розроблений перетворювач електроенергії на вихідні параметри 5 В, 50 А для інформаційного табло. Представлено запропонований нерегульований високочастотний транзисторний інвертор (силовий автогенератор) для сумісної роботи з регуляторами напруги на основі високочастотних магнітних підсилювачів. Проведено експериментальне дослідження динамічних характеристик розробленого перетворювача. Використано запропонований метод зменшення втрат у силовому автогенераторі при побудові перетворювача електроенергії на вихідні параметри: 24 В, 10 А, коефіцієнт корисної дії його 92 %. Наведено методи підвищення ефективності енергетичного забезпечення інформаційних технологій за рахунок використання синхронного випрямлення та забезпечення режимів роботи польового транзистора замість зворотного діода у вихідному фільтрі у функції напруг дроселів насичення високочастотних магнітних підсилювачів без введення жодних додаткових зворотних зв'язків чи драйверів в їх схемотехніку. При цьому коефіцієнт корисної дії перетворювача на вихідні параметри 24 В, 15 А сягнув 95,7 %.

Ключові слова: напівпровідниковий перетворювач електроенергії; інформаційні технології; високочастотний магнітний підсилювач; прямокутна петля гістерезису; стабілізатор напруги; ефективність.

Рис.: 10. Бібл.: 10.

Актуальність теми дослідження. Сучасні інформаційні технології задля свого ефективного функціонування потребують відповідного енергетичного забезпечення. На сьогодні ці функції виконують високочастотні напівпровідникові перетворювачі електроенергії (НПЕ), проектування яких ведеться за даними замовника відповідно до таких критеріїв:

- забезпечення функціональних параметрів;
- ефективності;
- надійності;
- масо-габаритних показників;
- ціни.

У кожному випадку висуваються свої вимоги до НПЕ. Однак, зрозуміло, що найбільші значення вагових коефіцієнтів при перших чотирьох критеріях можуть бути досягнуті тільки за рахунок ціни. Тому актуальним є дослідження, яке б дозволило реалізувати НПЕ для засобів інформаційних технологій з високим рівнем експлуатаційних характеристик при мінімальних фінансових затратах.

Постановка проблеми. Специфіка роботи засобів інформаційних технологій формує особливий набір вимог до їх енергетичного забезпечення, які можна окреслити таким чином:

- висока якість вихідних напруг у 100 % діапазоні зміни струму навантаження;
- часто високий рівень струму навантаження;
- високий рівень динамічних характеристик;
- низький рівень електромагнітних завад;

- високий рівень ефективності та надійності;
- задовільний рівень масо-габаритних показників;
- споживач часто потребує кілька рівнів напруг із різними діапазонами зміни їх струмів навантаження.

Тому виникає необхідність у створенні відповідного енергетичного забезпечення, яке б дозволило в комплексі вирішити поставлені завдання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поява сучасних високочастотних магнітом'яких матеріалів спричинила подальший розвиток тієї частини перетворювальної техніки, яка базується на використанні техніки магнітного підсилення і перетворення. Основними елементами її є силові комутаційні елементи, реалізовані на високочастотних магнітних підсилювачах (ВМП) [1-11]. Високий рівень технічних характеристик використовуваних магнітних матеріалів (аморфних сплавів з прямокутною петлею гістерезису (ППГ)) та простота методів керування ВМП на їх основі дозволяють отримати високоєфективні імпульсні стабілізатори постійної напруги (ІСПН) зі 100 % діапазоном зміни струму навантаження та високим рівнем питомих показників.

За своєю суттю ВМП – це однообмотковий швидкодіючий магнітний підсилювач (дросель насичення), робочий цикл якого на високій частоті (50-100 кГц) забезпечується за рахунок рознесення в часі півперіоду керування та робочого півперіоду випрямним та розмагнічуючим діодами. При цьому широтно-імпульсна модуляція в робочий півперіод забезпечується зміною глибини розмагнічення у функції сигналу керування в керуючий півперіод, що призводить до зміни співвідношення часів насиченого та ненасиченого станів МК в межах одного періоду.

Таким чином, структура багатоканального НПЕ набуває вигляду – нерегульований високочастотний транзисторний інвертор, у вторинних обмотках силового трансформатора якого ввімкнені ІСПН на ВМП.

Переваги магнітного ключа на ВМП порівняно з транзисторним ключем є суттєвими:

- є ключем змінної напруги;
- не критичний до форми вхідної напруги;
- коефіцієнт підсилення по струму до 1000;
- простота схеми керування (1-2 транзистори в лінійному режимі);
- не є джерелом електромагнітних завад;
- є фільтром вхідних завад (як в ненасиченому, так і в насиченому станах);
- високий ККД (99 %), втрати не залежать від струму навантаження;
- висока радіаційна і механічна стійкість;
- не вимагає захисту (сам слугує елементом захисту транзисторного перетворювача);
- багатофункціональність: підсилювач потужності, силовий комутаційний елемент, широтно-імпульсний модулятор, виконує функції інтегратора, компаратора, елемента захисту.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Проведений аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що саме напівпровідникові перетворювачі на основі високочастотних магнітних підсилювачів є перспективними для живлення засобів інформаційних технологій. Однак вони вимагають дослідження динамічних характеристик та використання доробку авторів у напрямку підвищення ефективності перетворювачів саме для живлення засобів інформаційних технологій.

Метою статті є розроблення та дослідження концепції побудови енергетичного забезпечення засобів інформаційних технологій на основі напівпровідникових перетворювачів із високочастотними магнітними підсилювачами з високою якістю вихідних напруг, високим рівнем динамічних характеристик, високою ефективністю та надійністю, низькою собівартістю.

Виклад основного матеріалу. Для живлення інформаційного табло було розроблено перетворювач на вихідні параметри 3 В, 50 А, структурна схема якого представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структурна схема досліджуваного джерела живлення:

- 1 – заводозахисний фільтр; 2 – мережевий випрямляч; 3 – пристрій заряду конденсатора;
- 4 – ємнісний фільтр; 5 – нерегульований високочастотний транзисторний інвертор;
- 6 – силовий високочастотний трансформатор; 7 – імпульсний стабілізатор постійної напруги на ВМІІ

Як видно із структурної схеми, досліджуваний пристрій складається з двох основних незалежних частин, пов’язаних між собою силовим високочастотним трансформатором, а саме: нерегульованого високочастотного транзисторного інвертора і стабілізатора постійної напруги на ВМІІ. У ролі високочастотного транзисторного інвертора використано розроблений авторами нерегульований силовий автогенератор [12] по півмостовій схемі з додатними зворотними зв’язками за вихідною напругою інвертора й за струмом колектора (рис. 2.). Особливістю його є використання високочастотного дроселя насичення з матеріалу з прямокутною петлею гістерезису в колі зворотного зв’язку за напругою, час повного перемагнічування якого в режимі джерела струму визначає тривалість півперіоду робочої частоти комутації інвертора, яка є стабільною в усьому діапазоні зміни вхідної напруги живлення та струму навантаження.

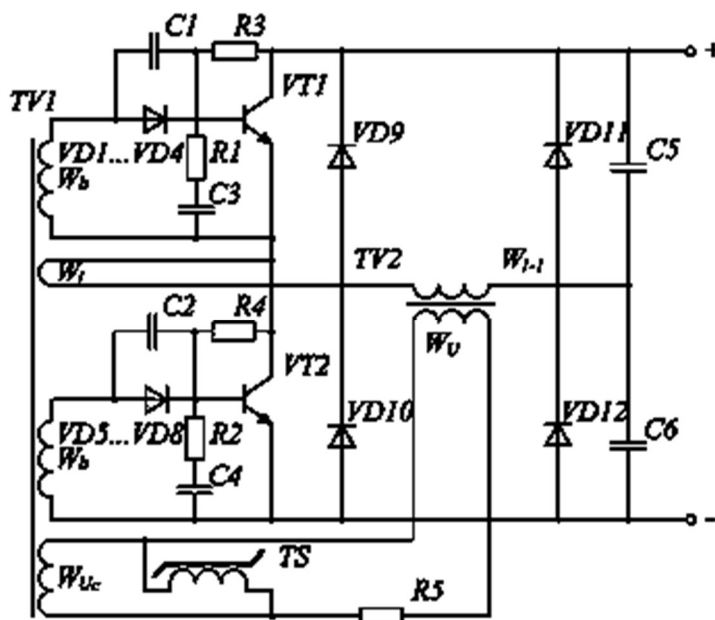


Рис. 2. Схема високочастотного нерегульованого транзисторного інвертора

До основних переваг інвертора належать: високий рівень ефективності та надійності; низький рівень електромагнітних завад; висока стабільність частоти комутації у широкому діапазоні зміни вхідної напруги та при 100 % діапазоні зміни струму навантаження; простота топології – відсутність схеми керування транзистором, не потрібно

додаткове джерело живлення для схеми керування; м'який старт починається з високої частоти комутації; відсутність асиметрії намагніченості силового трансформатора; при перевантаженні виходить з ладу лише один транзистор; низька вартість.

Стабілізатор вихідної напруги реалізовано на ВМП по двотактній схемі з середньою точкою. Функціональна схема досліджуваного джерела живлення подана на рис. 3.

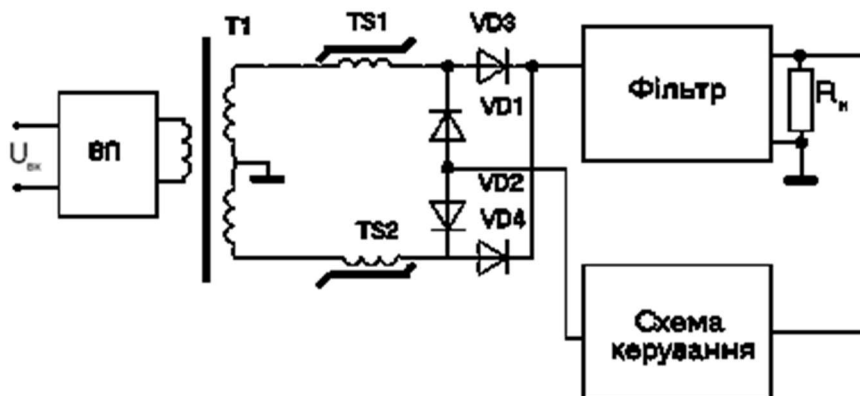


Рис. 3. Функціональна схема досліджуваного джерела живлення

Для аналізу динаміки розробленого джерела живлення функціональна схема стабілізатора напруги на ВМП може бути подана в частотній області структурною схемою (рис. 4), де K – коефіцієнт підсилення схеми керування, $W_{TS}(p)$ – функція передачі ВМП, $W_{\phi}(p)$ – функція передачі вихідного фільтра, β – коефіцієнт подільника вихідної напруги.

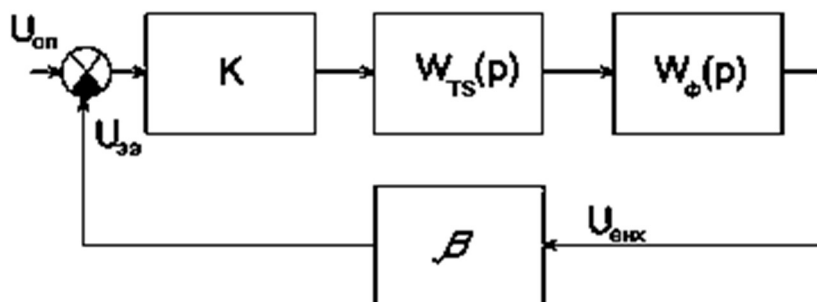


Рис. 4. Структурна схема досліджуваного джерела живлення в частотній області

У нашому випадку вихідний фільтр реалізовано у вигляді двокаскадного LC-фільтра. Функція передачі дроселя насичення (у т. ч. для ВМП) може бути подана як

$$W_{TS} = \frac{\Delta U_{вих}}{\Delta I_Y}$$

де ΔI_Y – приріст струму керування;

$\Delta U_{вих}$ – відповідний приріст вихідної напруги в магнітному підсилювачі (напруга на навантаженні).

Відношення приросту вихідної напруги магнітного підсилювача до відповідного приросту струму керування є так званим передавальним опором K_R , який може бути виражений через основні параметри магнітного підсилювача таким чином

$$K_R = \frac{2fW^2S \times \Delta B_y}{\Delta H_y l} = 2fW^2 \frac{S}{l} \mu_0 \mu_d,$$

де f – робоча частота;

W – кількість витків обмотки;
 S – активна площа перерізу осердя ВМП;
 l – середня довжина магнітної лінії;
 μ_0 – абсолютна магнітна проникність;
 μ_d – динамічна магнітна проникність (за динамічною кривою розмагнічення);
 ΔH_y – приріст напруженості зовнішнього поля у півперіод керування;
 ΔB_y – відповідний приріст індукції.
 В інший спосіб K_R може бути виражений таким чином

$$K_R = \frac{U_1 W^2}{H_{m1} l} = r_B W^2,$$

де H_{m1} – напруженість поля повного перемагнічування на заданій частоті;
 U_1 – приведені значення напруги насичення на один виток;
 r_B – еквівалентний опір перемагнічування на один виток.

Оскільки зміна вихідної напруги ВМП є функцією струму керування в попередній півперіод керування, то його можна розглядати як ланку із запізненням. Час запізнення рівний півперіоду частоти напруги живлення. Функція передачі ВМП з урахуванням часу запізнення має вигляд

$$W_{TS}(p) = K_R \cdot \exp(-pT/2).$$

Динаміка джерела живлення буде визначатись лише параметрами елементів стабілізатора напруги на ВМП, оскільки час перемикання транзисторних ключів високочастотного інвертора є на кілька порядків меншим за час комутації магнітного підсилювача.

Зовнішній вигляд досліджуваного джерела живлення на вихідні параметри 5 В, 50 А представлено на рис. 5. Дослідний зразок виготовлено в межах виконання спільного проєкту за Програмою українсько-китайського науково-технічного співробітництва. Його експериментальні дослідження проводились у лабораторіях фірми Jinan Rongda Electronics Co., Ltd (м. Цзинань, КНР) і в лабораторії систем вторинного електроживлення ТНТУ (Тернопіль, Україна).



Рис. 5. Зовнішній вигляд досліджуваного джерела живлення на вихідні параметри 5 В, 50 А

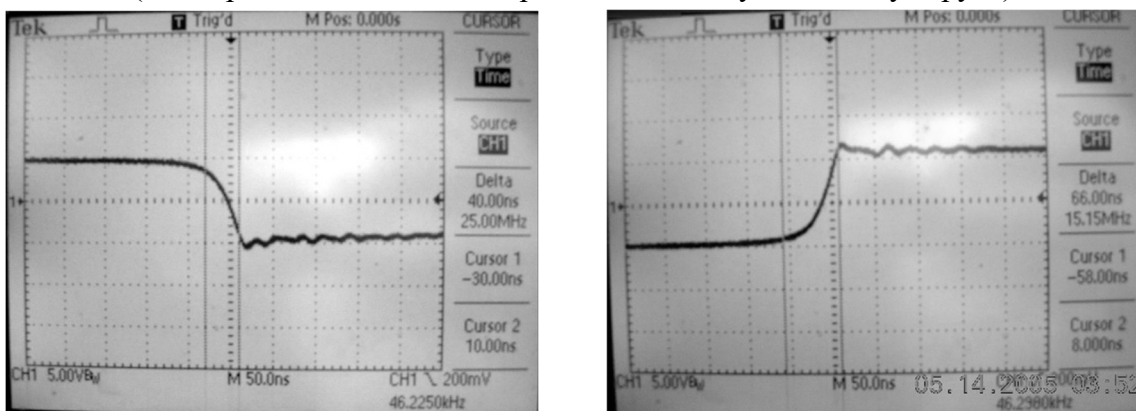
Основні технічні дані дослідного зразка джерела живлення:

- | | |
|---|---------------------|
| - вхідна напруга | 135...270 В, 50 Гц; |
| - вихідна напруга | 5 В; |
| - струм навантаження | 0...50 А; |
| - робоча частота | 5 0 кГц; |
| - ККД | 70-80 %; |
| - загальна нестабільність вихідної напруги | <1 %; |
| - високочастотні пульсації вихідної напруги | 20 мВ; |
| - подвійний розмах високочастотних піків | <100 мВ; |

- питома потужність при природньому охолодженні 130 Вт/дм³;
- габарити 100×220×60 мм.

Для експериментальних досліджень динаміки розробленого джерела живлення використовувалась наступна вимірювальна апаратура: осцилограф «Tektronix TDS1012» та програмоване електронне навантаження «Chroma 63103».

На рис. 6 показано осцилограми напруг, отриманих з одного витка силового високо-частотного трансформатора, які ілюструють процеси перемикання силових транзисторних ключів (час перемикання 40-50 нс при номінальному вихідному струмі).

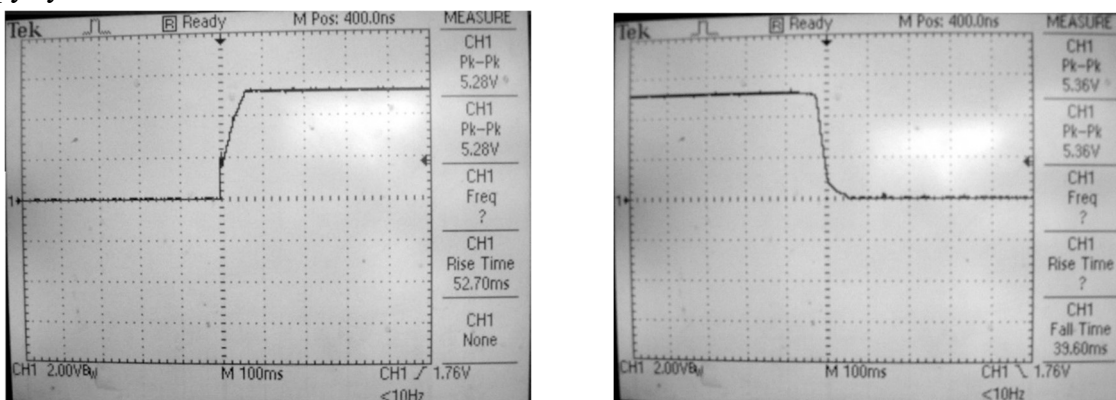


а

б

Рис. 6. Передній (а) та задній (б) фронти на силовому ключа при його комутації в транзисторному нерегульованому інверторі (силовому автогенераторі) при номінальному вихідному навантаженні

Рис. 7 ілюструє процеси зміни вихідної напруги при ввімкненні джерела живлення в первинну мережу та його вимкненні. Тривалість перехідних процесів знаходиться на рівні 50 мс. Осцилограми, подані на рис. 8, ілюструють перехідні процеси вихідної напруги при дії циклічного навантаження частотою 5 кГц із щільністю двійка при зміні струму навантаження в межах 0-100 % та 60-100 % відповідно.



а

б

Рис. 7. Перехідний процес вихідної напруги: а – при ввімкненні джерела; б – при вимкненні джерела живлення при номінальному вихідному навантаженні

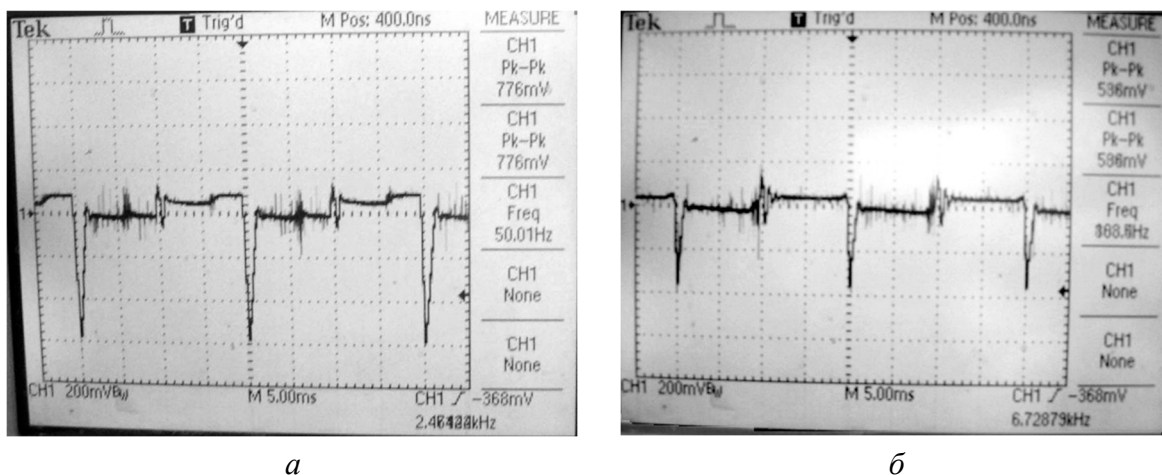


Рис. 8. Перехідні процеси вихідної напруги при дії циклічного навантаження частотою 5 кГц з цілинністю двійка при зміні навантаження:
 а – в межах 0-100 %; б – в межах 60-100 %

Як видно з наведених результатів досліджень:

- в усіх випадках відсутні будь-які перерегулювання вихідної напруги;
- тривалість перехідних процесів є мінімальною;
- надзвичайно малий час переключення силових біполярних транзисторів високочастотного перетворювача.

Таким чином, досягнутий результат є наслідком правильного поєднання напівпровідникових та магнітних елементів із забезпеченням оптимальних режимів їхньої роботи. Для досягнення схожих результатів традиційними методами постає складна задача синтезу відповідних схем керування силовими ключами.

На рис. 9 наведено графік залежності коефіцієнта корисної дії від струму навантаження, отриманий для різних значень вхідної напруги.

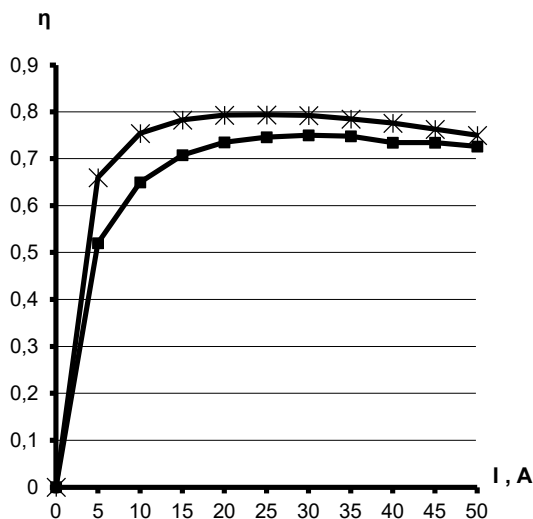


Рис. 9. Графік залежності коефіцієнта корисної дії від струму навантаження при різних значеннях вхідної напруги:

- * – для напруги 150 В, 50 Гц;
- – для напруги 220 В, 50 Гц

Підвищення ефективності перетворювача за запропонованою структурою можливе за рахунок зменшення втрат на резисторі R_5 , який задає струм перемагнічення дроселю насичення TS у високочастотному нерегульованому транзисторному інверторі [12]. З цією метою було запропоновано використати генератор струму, як показано на рис. 10. Це дозволило на порядок зменшити втрати в колі додатного зворотного зв'язку за вихідною напругою інвертора.

Саме таке рішення було використано при розробці НПЕ для інформаційних технологій на вихідні параметри 24 В, 10 А і дозволило досягнути ККД на рівні 92 % при живленні від мережі промислової частоти. Для порівняння був поміряний ККД аналогічного перетворювача тайванського виробництва, який склав 88 %.

Наступне підвищення коефіцієнта корисної дії є можливим за рахунок зменшення втрат на діодах вихідного випрямляча. Так, у роботі [13] авторами запропоновано використання синхронного випрямляча в перетворювачі на ВМП. У запропонованому стабілізаторі постійної напруги забезпечується високий рівень коефіцієнта корисної дії за рахунок того, що у двотактному випрямлячі із середньою точкою використано польові транзистори, які керуються синхронно від відповідних вторинних обмоток силового високочастотного трансформатора. А поява наскрізних струмів у двотактній схемі є неможливою завдяки принципу роботи ІСПН на ВМП – силовий струм у робочий півперіод ВМП у кожному плечі двотактної схеми з'являється після досягнення насичення матеріалу осердя ВМП. Тобто завжди перекомутація у двотактній схемі відбувається при відсутності струму навантаження в силовому колі. Саме це дозволило безпосереднє використання синхронних випрямлячів (без введення будь-яких додаткових елементів чи схем керування ними) в ІСПН на ВМП і створило передумови для побудови НПЕ з високим рівнем струму навантаження (десятки-сотні ампер) при високому коефіцієнті корисної дії перетворювача в цілому з мінімальними фінансовими затратами.

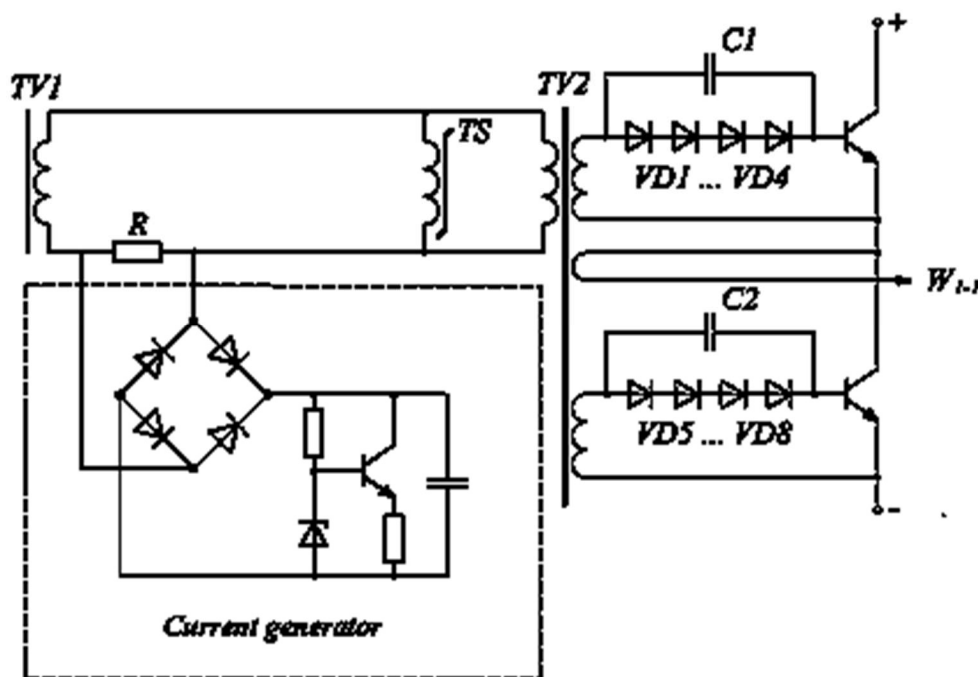


Рис. 10. Генератор струму на напівпровідникових компонентах у колі додатного зворотного зв'язку за вихідною напругою високочастотного нерегульованого транзисторного інвертора

Окрім того, в запропонованому стабілізаторі постійної напруги забезпечується високий рівень коефіцієнта корисної дії за рахунок і того, що у вихідному фільтрі використано польовий транзистор, який керується напругами додатково встановлених відповідних обмоток керованих дроселів насичення без введення будь-яких додаткових елементів чи схем керування (драйверів). Пропонований метод реалізації ІСПН на ВМП із синхронним випрямленням забезпечує 100 % діапазон зміни струму навантаження при дії всіх збурюючих факторів.

Так, для перетворювача на вихідні параметри 24 В, 15 А при живленні його від джерела постійної напруги 310 В (еквівалент мережі промислової частоти) при використанні запропонованих методів ефективність його досягла 95,7 %, а в діапазоні зміни струму навантаження від 3 А до 11 А знаходиться в межах 94-95,7 %.

Забезпечення високого рівня ККД забезпечується при низькій собівартості перетворювача. Так, вартість досліджуваного дослідного зразка на вихідну потужність до 400 Вт на робочій частоті 50 кГц, реалізованого за структурою: високочастотний нерегульований транзисторний перетворювач напруги (силовий автогенератор) і ІСПН на ВМП у вторинному колі, становить менше 20 \$, що співмірно з вартістю одного силового приладу по GaN-технології.

Висновок. Запропоновано та досліджено концепцію побудови енергетичного забезпечення засобів інформаційних технологій на основі напівпровідникових перетворювачів із високочастотними магнітними підсилювачами, яка передбачає використання наступної структури: нерегульований високочастотний інвертор, у вторинних обмотках силового трансформатора якого ввімкнені ІСПН на ВМП. Переваги:

- висока якість вихідних напруг (відсутня низькочастотна складова, мінімальні високочастотна складова та високочастотні піки);
- високий рівень динамічних характеристик (відпрацювання збурення здійснюється за час, рівний півперіоду робочої частоти комутації, відсутні будь-які перерегулювання в перехідних режимах, перехідний процес завершується в момент досягнення регульованою величиною її усталеного значення);
- висока ефективність;
- вища надійність за рахунок як фізичної природи МК, так і суттєвого спрощення схемотехніки;
- можливість реалізації високого рівня струму навантаження;
- нижча собівартість;
- широкий діапазон зміни вхідної напруги;
- високий рівень питомої потужності;
- високий рівень уніфікації – можливість використання одного типорозміру осердя ВМП та одних і тих же схемотехнічних рішень для реалізації НПЕ в широкому діапазоні вихідних параметрів;
- можливість реалізації багатоканальних ДВЕЖ із рівноцінними і незалежними вихідними каналами із 100 % діапазоном зміни струму навантаження.

Список використаних джерел

1. Harada K., & Nabeshima T. (1988). Applications of magnetic amplifiers to high-frequency DC-to-DC converters. *Proceedings of the IEEE*, 4 (76), 355-361. <https://doi.org/10.1109/5.4422>.
2. Lee, J., Chen, D. Y., & Jamerson, C. (1988). Magamp postregulators: Practical design considerations to allow operation under extreme loading conditions. *Proceedings of the IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC 1988)*, 368-376.
3. Jamerson, C., & Chen, D. Y. (1993). Magamp postregulators for symmetrical topologies with emphasis on half-bridge configuration. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 8(1), 26-29.
4. Wen, C. C., Chen, C. L., Chen, W., & Jiang, J. (2001). Magamp post regulation for flyback converter. *Proceedings of the IEEE Power Electronics Specialists Conference (PESC)*, 333-338. <https://doi.org/10.1109/PESC.2001.954042>.

5. Chen W., Han J., & Wen C. C. (2002). Bi-directional resetting scheme of the magamp post-regulator. *In Proceedings of the IEEE Applied Power Electronics Conference*, 838-842.
6. Chen C.-L., & Wen C.-C. (2005). Magamp application and limitation for multiwinding flyback converter. *IEE Proceedings – Electric Power Applications*, 3(152), 517-525. <https://doi.org/10.1049/ip-epa:20040829>.
7. Chen W., & Hui S. Y. (2011). A Dimmable Light-Emitting Diode (LED) Driver with Mag-Amp Postregulators for Multistring Applications. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 6 (26), 1714-1722.
8. Austrin L. (2007). On Magnetic Amplifiers in Aircraft Applications. Royal Institute of Technology. Sweden. Electromagnetic Engineering, School of Electrical Engineering.
9. Yao, W.-X., Hong, X.-Y., & Lu, Z.-Y. (2008). A novel current-sharing scheme based on magamp. *Journal of Zhejiang University SCIENCE A*, 9(8), 1150-1156. <https://doi.org/10.1631/jzus.A0720112>.
10. Mamano, B. (n.d.). *Magnetic amplifier control for simple, low-cost, secondary regulation (SLUP129)*. Unitrode Corp. Retrieved from <http://www.ti.com/lit/ml/slup129/slup129.pdf>.
11. NASA Technical Reports Server (NTRS). (1993, March 1). *Large space structures and systems in the space station era: A bibliography with indexes (Supplement 05)* (NASA SP-7085(05), Document ID 19940009938). Retrieved from https://archive.org/details/NASA_NTRS_Archive_19940009938/page/n145/mode/2up.
12. Yaskiv V., & Oleg Yurchenko. (2020). Unregulated Transistor Inverter for High-Frequency MagAmp Power Converters. *Computational Problems of Electrical Engineering*, 1(10), 45-50. <https://doi.org/10.23939/jcpee2020.01.045>.
13. Яськів, В. І., Юрченко, О. М., & Яськів, А. В. (2025). Синхронний випрямляч в імпульсному стабілізаторі постійної напруги на основі високочастотних магнітних підсилювачів. *Технічна електродинаміка*, 1, 35-41. <https://doi.org/10.15407/techned2025.01.035>.

References

1. Harada K., & Nabeshima T. (1988). Applications of magnetic amplifiers to high-frequency DC-to-DC converters. *Proceedings of the IEEE*, 4 (76), 355-361. DOI:10.1109/5.4422.
2. Lee, J., Chen, D. Y., & Jamerson, C. (1988). Magamp postregulators – practical design considerations to allow operation under extreme loading conditions. *Proceedings of IEEE APEC*. 1988. (P. 368-376).
3. C. Jamerson, & D. Y. Chen. (1993). Magamp Postregulators for Symmetrical Topologies with Emphasis on Half-Bridge Configuration. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 1(8), 26-29.
4. Wen C. C., Chen C. L., Chen W., & Jiang J. (2001). Magamp Post Regulation for Flyback Converter. *Proceedings of the IEEE Power Electron. Spec. Conf., PESC Record*, (P. 333-338). DOI: 10.1109/PESC.2001.954042.
5. Chen W., Han J., & Wen C. C. (2002). Bi-directional resetting scheme of the magamp post-regulator. *Proceedings of the IEEE Applied Power Electronics Conference*. (P. 838-842).
6. Chen C.-L., & Wen C.-C. (2005). Magamp application and limitation for multiwinding flyback converter. *IEE Proceedings – Electric Power Applications*, 3(152), 517-525. DOI: 10.1049/ip-epa:20040829.
7. Chen W., & Hui S. Y. (2011). A Dimmable Light-Emitting Diode (LED) Driver with Mag-Amp Postregulators for Multistring Applications. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 6 (26), 1714-1722.
8. Austrin L. (2007). On Magnetic Amplifiers in Aircraft Applications. Royal Institute of Technology. Sweden. Electromagnetic Engineering, School of Electrical Engineering.
9. Yao W.-X., Hong X.-Y., & Lu Z.-Y. (2008). A novel current-sharing scheme based on magamp. *Journal of Zhejiang University SCIENCE A*, 1150-1156. DOI: 10.1631/jzus.A0720112.
10. Mamano, B. (n.d.). *Magnetic amplifier control for simple, low-cost, secondary regulation (SLUP129)*. Unitrode Corp. Retrieved from <http://www.ti.com/lit/ml/slup129/slup129.pdf>.
11. NASA Technical Reports Server (NTRS) 19940009938: Large space structures and systems in the space station era: A bibliography with indexes (supplement 05). 139. https://archive.org/details/NASA_NTRS_Archive_19940009938/page/n145/mode/2up.
12. Yaskiv V., & Yurchenko, O. (2020). Unregulated Transistor Inverter for High-Frequency MagAmp Power Converters. *Computational Problems of Electrical Engineering*, 1(10), 45-50. DOI: <https://doi.org/10.23939/jcpee2020.01.045>.

13. Yaskiv V. I., Yurchenko O. M., & Yaskiv A. V. (2025). Synchronnyi vypryamlyach v impulsnomu stabilizatori postoinoi napruhy na osnovi vysokot chastotnykh mahnitnykh pidsyluvatchiv [Synchronous rectifier in DC voltage stabilizer based on high-frequency magnetic amplifiers]. *Tekhnichna Elektrodynamika – Technical electro dynamics, 1*, 35-41. <https://doi.org/10.15407/techned2025.01.035>.

Отримано 20.09.2025

UDC 621.314

Volodymyr Yaskiv¹, Ihor Domin², Anna Yaskiv³

¹Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Radio Engineering Department
Ternopil Ivan Puluj National Technical University (Ternopil, Ukraine)

E-mail: yaskiv@mail.yahoo.com. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0043-3909>. **ResearcherID:** [IZE-2184-2023](https://orcid.org/0000-0003-0043-3909)

SCOPUS Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6507314717>

²Doctor of Engineering Sciences, Leading Researcher, Institute of Ionosphere
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" (Kharkiv, Ukraine)

E-mail: domninpro@ukr.net. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9824-4403>

SCOPUS Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36092533000>

³PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Information Systems Department
Wroclaw University of Economics (Wroclaw, Poland)

E-mail: anna.yaskiv@ue.wroc.pl. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-1806-1322>

SCOPUS Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59545123700>

SEMICONDUCTOR POWER CONVERTERS WITH HIGH-FREQUENCY MAGNETIC AMPLIFIERS FOR INFORMATION TECHNOLOGIES

Modern information technologies require appropriate power supply systems to function efficiently. Therefore, it is relevant to conduct research that enables the implementation of semiconductor power converters for information technology devices with high operational performance and minimal financial costs.

The operational specifics of information technology devices imposes particular set of requirements on their power supply systems, which can be summarized as follows: high quality of output voltages across the 100 % range of load current variation, often a high level of load current, high efficiency, reliability, and dynamic characteristics, low electromagnetic interference, and satisfactory weight and size characteristics. Additionally, consumers often require multiple voltage levels with different load current ranges.

The aim of the article is to develop and investigate a concept for designing power supply systems for information technology devices based on semiconductor converters with high-frequency magnetic amplifiers that provide high output voltage quality, superior dynamic characteristics, high efficiency and reliability, and lower cost.

A developed power converter with output parameters of 5 V and 50 A for an information display is described. A proposed unregulated high-frequency transistor inverter (power self-oscillator) designed to operate together with voltage regulators based on high-frequency magnetic amplifiers is presented. Experimental studies of the dynamic characteristics of the developed converter were conducted. The proposed method for reducing losses in the power self-oscillator was used to build a power converter with output parameters of 24 V and 10 A, achieving an efficiency of 92 %. The paper also presents methods for improving the efficiency of power supplies for information technology systems using synchronous rectification and by enabling field-effect transistor operation instead of a reverse diode in the output filter, in a function of the voltages across the windings of the saturable cores of the high-frequency magnetic amplifiers, without introducing any additional feedback or driver circuits. As a result, the efficiency of the converter with output parameters of 24 V and 15 A reached 95,7 %.

A concept for building power supply systems for information technology devices based on semiconductor converters with high-frequency magnetic amplifiers is proposed and investigated. This concept consists in the use of the following structure: an unregulated high-frequency transistor inverter (power self-oscillator), in whose the secondary circuits the pulse voltage stabilizers based on high-frequency magnetic amplifiers are connected. The advantages of this approach include high quality of output voltages, high level of dynamic performance, efficiency, and reliability, the ability to operate at high load currents, lower cost at wide range of change of input voltage, high power density, and unification.

Keywords: semiconductor power converter; information technology; high-frequency magnetic amplifier; rectangular hysteresis loop; voltage stabilizer; efficiency.

Fig.: 10. *References:* 10.