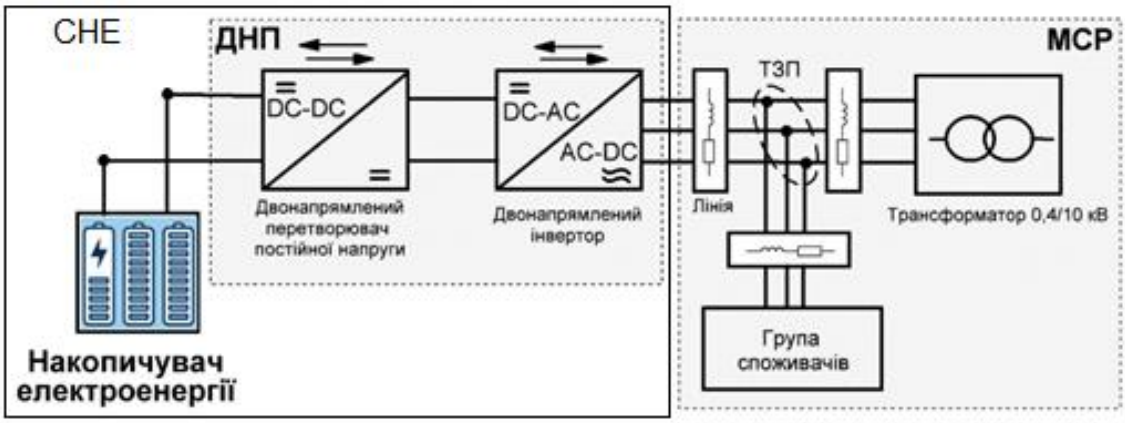
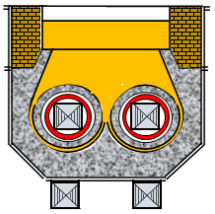
Вперше запропоновано модифікації загальноприйнятої в електроенергетиці України методики визначення закону регулювання напруги в центрі живлення та отримано нові розрахункові залежності і технічні засоби для використання в електричних мережах систем розподілу з джерелами відновлюваної енергії та системами накопичення енергії. Запропоновані рішення дозволяють за рахунок локального (місцевого) регулювання напруги, зокрема, шляхом залучення можливостей інверторного інтерфейсу розроблених багатофункціональних двонапрямлених напівпровідникових перетворювачів систем накопичення енергії, забезпечити допустимі відхилення напруги у споживачів при стохастичному характері генерації джерелами відновлюваної енергії. (акад. НАН України А.Ф. Жаркін, В.А.Попов, А.Г.Пазєєв)

Структурна схема напівпровідникових перетворювачів системи накопичення енергії



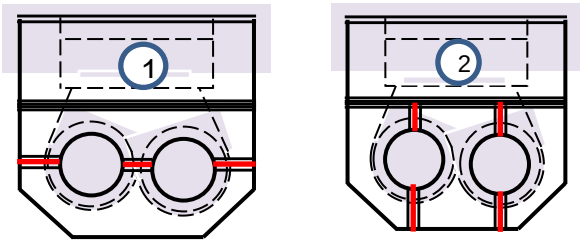
Виключення окремих розподільчих ліній з суттєвою відмінністю режимних характеристик з розгляду при визначенні закону регулювання напруги в центрі живлення дозволяє суттєво підвищити ефективність регулювання напруги для забезпечення допустимих відхилень напруги у переважній більшості споживачів. При цьому для означених розподільчих ліній можливо використовувати локальні засоби регулювання напруги за допомогою інверторного інтерфейсу системи накопичення енергії.

Розроблено нову математичну модель для дослідження електромагнітних процесів в індукційних плавильних установках щодо визначення шляхів підвищення енергоефективності плавильного обладнання. Сформульовано практичні рекомендації по зменшенню електричних втрат в конструктивних елементах зазначених установок за рахунок раціонального вибору металевого матеріалу з оптимальними електрофізичними властивостями, спеціального секціонування металевих каркасів та використання оптимальних систем живлення. Застосування зазначених рекомендацій дозволяє на 20-30 % зменшити додаткові електричні втрати в індукційних плавильних установках і таким чином суттєво підвищити їхню ефективність. (акад. НАН України А.К. Шидловський, Ю.М. Гориславець.)

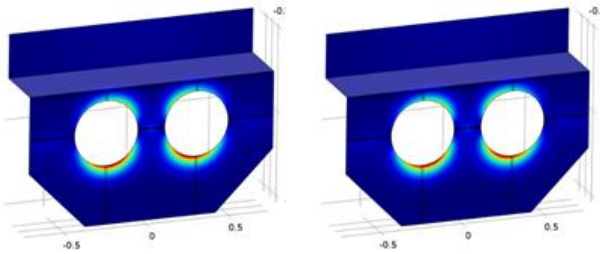


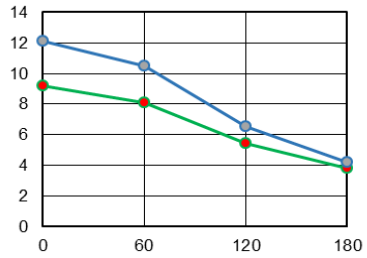
Індукційна плавильна установка

Секціонування металевих каркасів



Розподіл втрат в каркасах

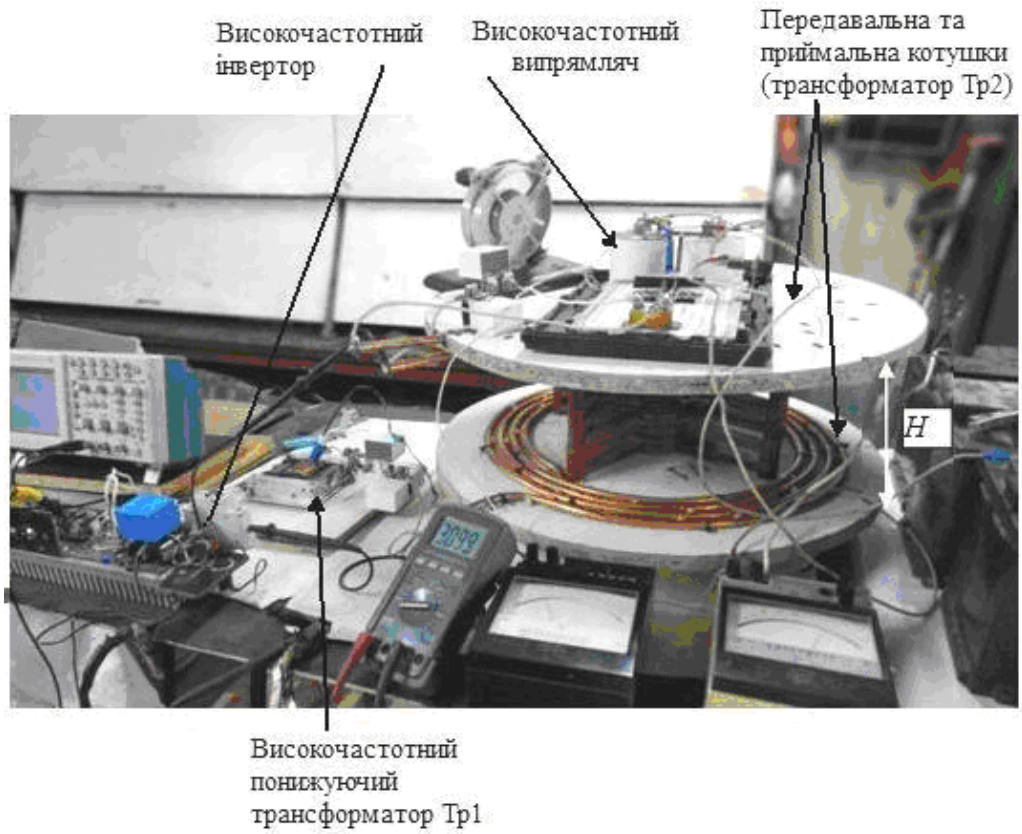




Втрати в металевих каркасах

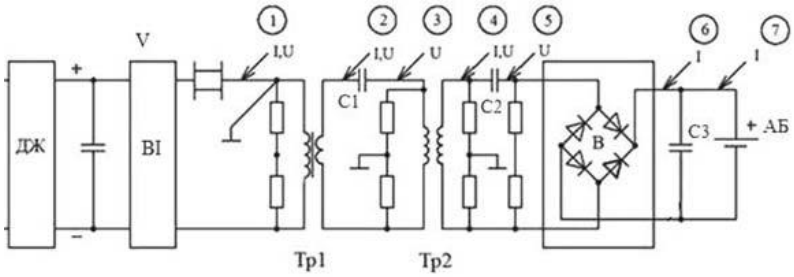
Розроблено нову комп'ютерну модель для дослідження енергоефективності процесів заряджання тягових акумуляторних батарей транспортних засобів з електроприводом. Визначено параметри систем заряду електромобілів при паралельній та послідовній побудові зарядних інверторів. Вперше в Україні отримані результати буде використано при розробці високочастотного інвертора (частота 100 кГц, напруга 300 В, вихідна потужність до 5 кВт) для бездротової зарядної системи тягової акумуляторної батареї енергоємністю 10 кВт*год. (академік НАН України А.Ф. Жаркін, В.Б. Павлов).

Зовнішній вигляд створеного дослідного зразка бездротового зарядного пристрою



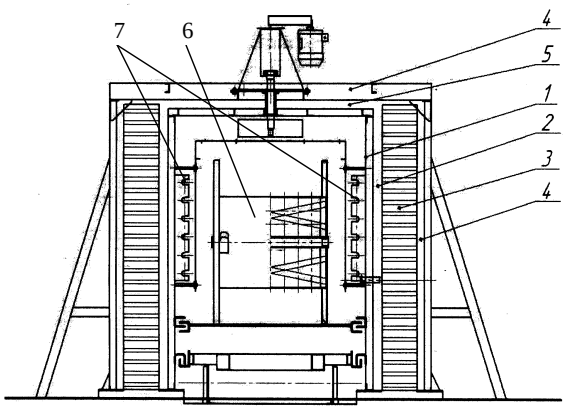
Розроблені модель та алгоритми обчислень дають змогу провести розрахунки пов'язаних процесів роботи високочастотного інвертора та заряду батареї з суттєво відмінними часовими характеристиками (відповідно характерний час 10^{-5}с та 10^{4}с), що дозволило дослідити інтегральну ефективність бездротової передачі електричної енергії від стаціонарного джерела живлення до акумуляторної батареї електромобіля.

Структурна схема дослідного зразка бездротового зарядного пристрою

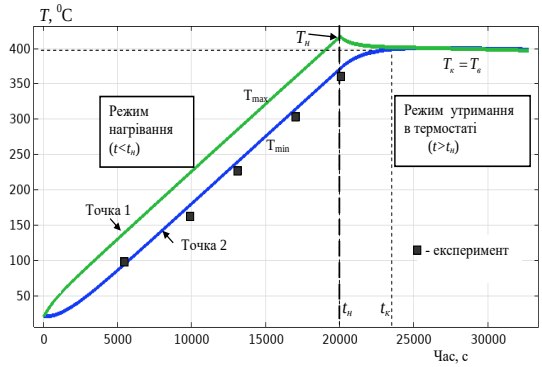


Для розробленого пристрою максимальне миттєве значення ККД досягає 89%, а величина інтегрального ККД для всього процесу заряджання батареї у разі зростання параметра SOC від 20% до 95% становить 86%.

Вперше на основі розвитку методу багатомасштабного моделювання процесів градієнтної електротермообробки намотаної на барабан алюмінієвої жили кабелів розроблено математичну модель і методику визначення оптимальних режимів і конструкцій реалізації цієї обробки у промисловій лінії ПАТ "Завод Південкабель" (м. Харків), що забезпечило серійний випуск силових кабелів з алюмінієвою жилою підвищеної гнучкості та стійкості до зовнішніх впливів, зокрема до її подовження на 28-32% без мікротріщин і розривів. Така продукція необхідна для скорочення термінів відновлення АЕС, ТЕС, ГЕС, електропідстанцій, ТЕЦ і кабельних ЛЕП всіх об’єктів критичної інфраструктури України. Розпочато активний експорт таких кабелів в Швецію, Норвегію, Данію, Естонію, Латвію і Литву, що підвищує позитивний імідж України, як промислово розвиненої країни (чл.-кор. НАН України Щерба А.А., д.т.н. Подольцев).



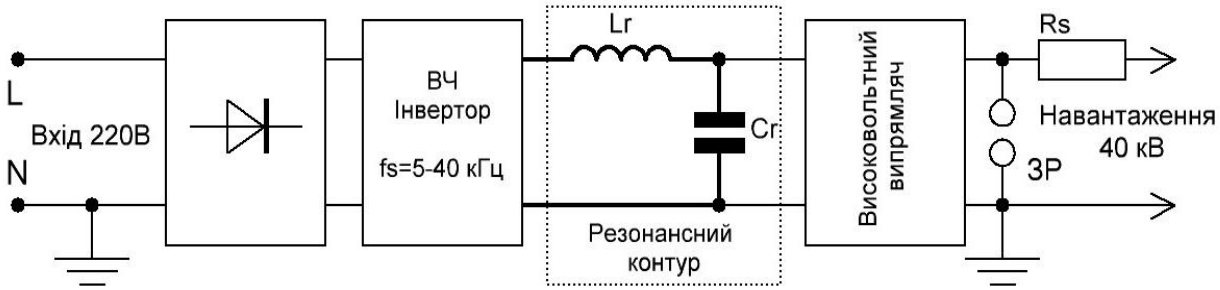
Електрична піч заводу “Південкабель" для “відпалювання” алюмінієвих жил



Змінення у часі температури жили у двох просторових точках перерізу барабану, де розташовані датчики температури

У 2023 р. розроблено і передано в НТЦ ДП «НАЕК «Енергоатом» першу вітчизняну методику контролю ізоляції лобових частин обмоток статорів ТГ шляхом вимірювання струмів витоку у вивідних та з’єднувальних шинах при формуванні напруги до 40 кВ (чл.-кор. НАН України Щерба А.А., к.т.н. Вінниченко Д.В.).

Розроблено нову наукову концепцію створення мобільних високовольтних електротехнологічних систем резонансного типу на основі послідовного високодобротного індуктивно-ємнісного контуру та високочастотного резонансного струму, що викликає багатократне підвищення напруги на навантаженні високовольтної ізоляції турбогенераторів, силових кабелів та інших енергооб’єктах критичної інфраструктури України.

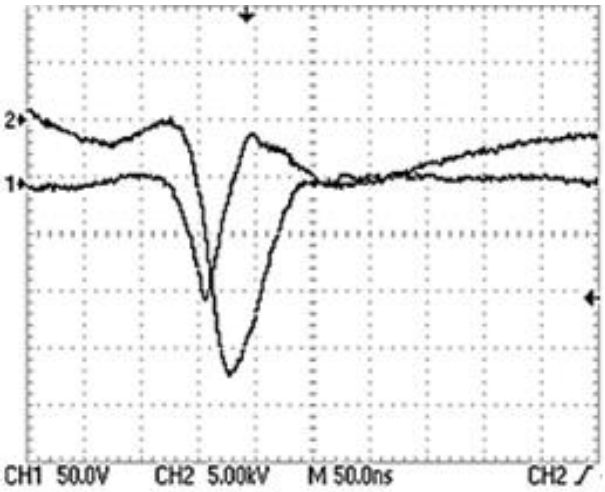


Структурна схема ВВ ЕТС резонансного типу з високодобротним LC контуром

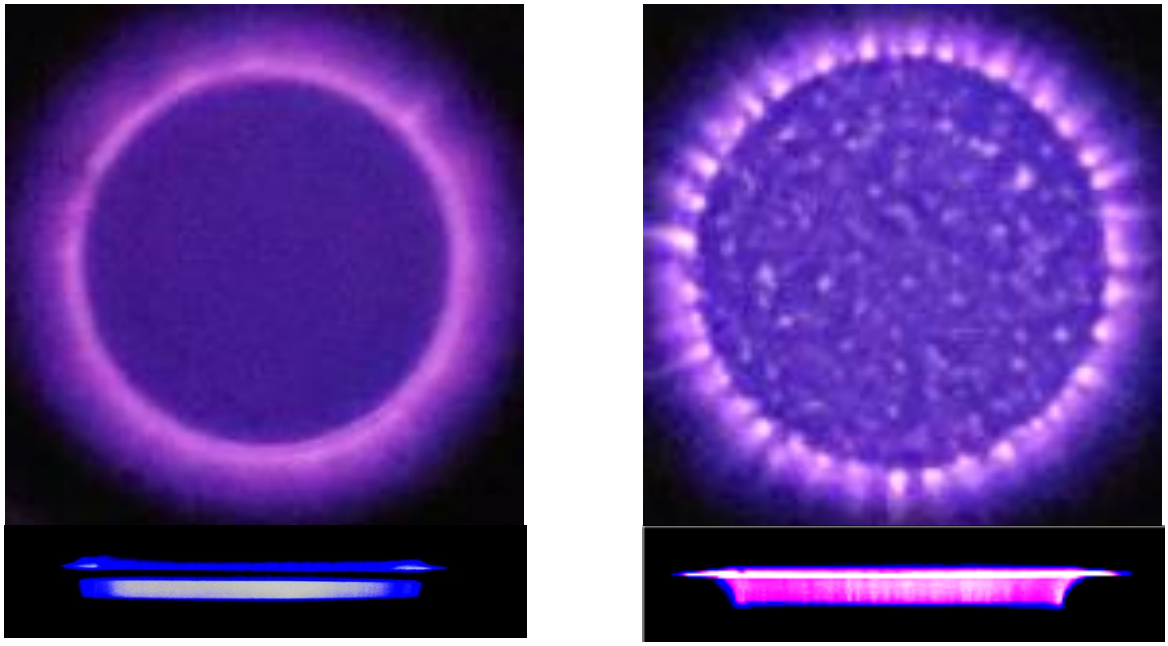
Розроблено новий алгоритм гібридного керування для напівпровідникового регулятора постійного струму РЕНАП-3В-700-Д, призначеного для автоматичного регулювання напруги і струму двигуна постійного струму 18 кВт, 700 А та підтримання цих параметрів на заданому рівні незалежно від параметрів мережі живлення, навантаження та умов навколишнього середовища, що дало змогу зменшити абсолютні і відносні показники споживання електроенергії, що підтверджено результатами дослідної експлуатації виготовлених макетних та дослідних зразків. (чл.-кор. НАН України В.М. Михальський, О.А. Зайченко).

Отримано акт впровадження в промислову експлуатацію тиристорного регулятора постійного струму з гібридним алгоритмом керування РЕНАП-3В-700-Д як результат успішно виконаних випробувань, що проводились на авіаційних двигунах серії СТГ-12Т, які використовуються як стартери для запуску основних авіаційних двигунів, а також як генератори для живлення бортового обладнання.

Вперше експериментально визначені фактори (швидкість наростання імпульсної напруги та максимальна величина електричного поля) в перебігу генерації імпульсного бар'єрного розряду в повітрі атмосферного тиску, які визначають умови його існування в однорідній формі, яка забезпечує підвищення на ≈20% енергоефективності розряду при генерації озону та розширює технологічні можливості цього розряду. (чл.-кор. НАН України І.П. Кондратенко, І.В. Божко).

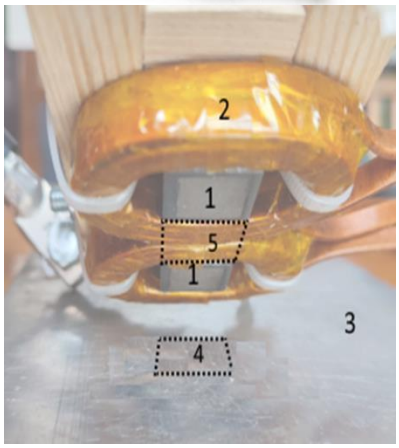


Характерні для ІБР при амплітудній напрузі U_m≈22,5 кВ осцилограми струму *i(t)* (крива 1) та напруги *u(t)* (канал 2) на електродній системі. (Амплітудна густина струму ~ 10 А/см^2)

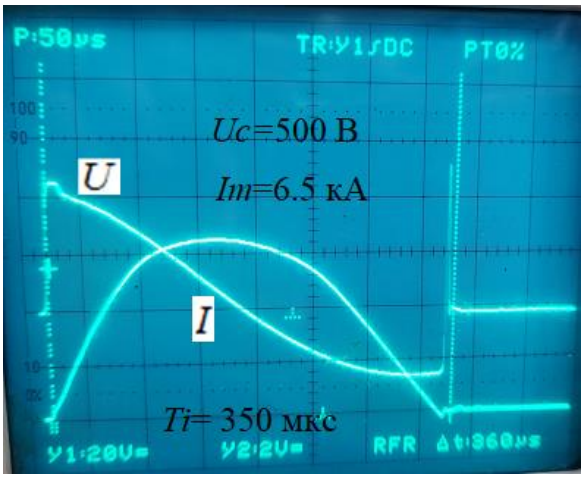


Встановлено, що для субміліметрових газових проміжків критичною величиною електричного поля для існування імпульсного бар'єрного розряду в однорідній формі є 50 кВ/см якої можна досягати при швидкості наростання напруги понад $3*10^{11}$ В/с.

Розроблено та виготовлено експериментальний зразок джерела живлення та робочого інструменту для магнітоімпульсного оброблення механічно напружених електропровідних металевих виробів для зниження цього напруження із залученням магніто-пластичного ефекту. Співставлення експериментальних і розрахункових результатів дає підставу для попереднього визначення режимів обробки алюмінієвих пластин різної товщини (чл.-кор. НАН України І.П. Кондратенко, О.М. Карлов, Р.С. Крищук).



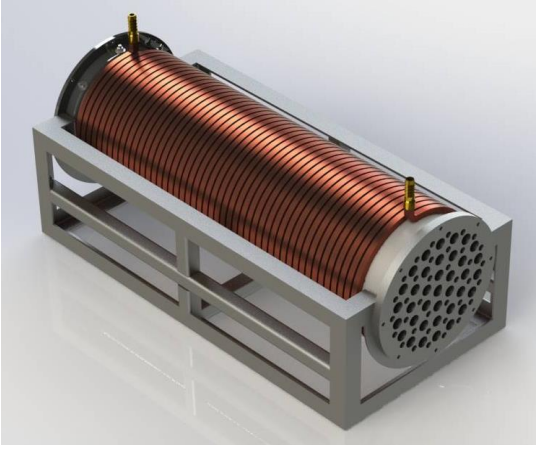
1 – магнітопровід
2- обмотка
3 – пластина
4- зона обробки

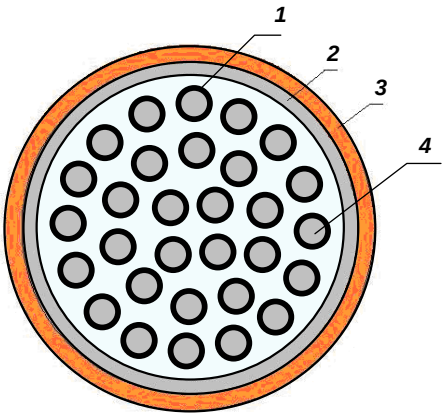


Експериментальний зразок джерела живлення та робочого інструменту для магнітоімпульсного оброблення механічно напружених електропровідних металевих виробів дозволяє отримати для пластини товщиною 5,75 мм амплітуди середнього значення густини струму в об’ємі області оброблення пластини 0,5×109 А/м^2, а для товщини 1,4 мм – відповідно 1,5×109 А/м^2. Магнітопровід позитивно впливає на збільшення інтенсивності вихрових струмів (до 20%) і щільності магнітної сили в зоні обробки (до 40%). При цьому сила струму в обмотці зменшується на 12%.

З використанням методу вторинних джерел розроблено тривимірну математичну модель теплогенератора індукційного типу при живленні його від трифазного джерела струму/напруги із завантаженням у вигляді незв’язаних між собою феромагнітних

електропровідних труб, враховано характер симетричного розподілу густин вторинних джерел електромагнітного поля (чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф. КондратенкоІ.П., д.т.н., проф. Жильцов А.В.)



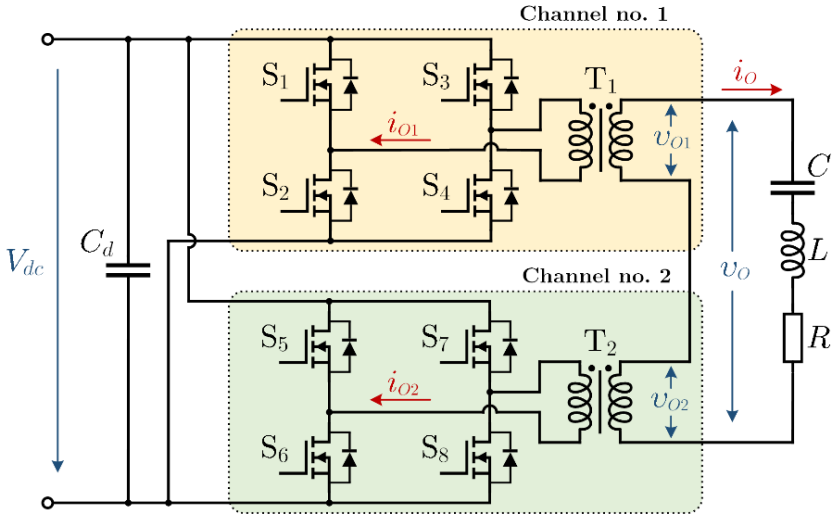


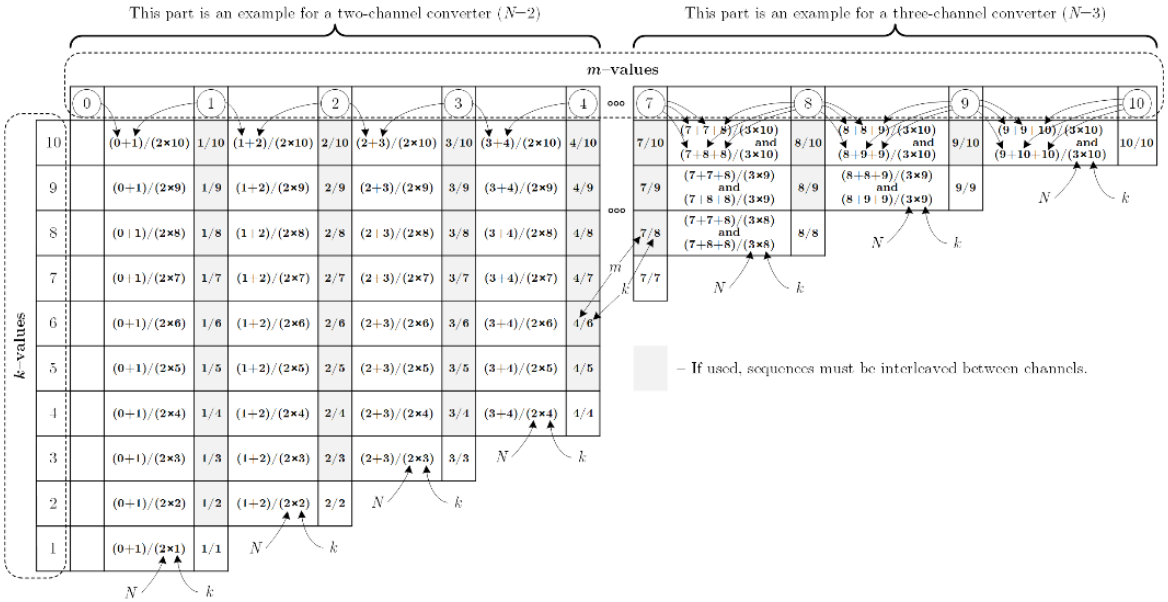
Циліндричний індуктор із завантаженням у вигляді пучка труб:
1 – завантаження індуктора;
2 – теплоізоляція ;
3 – індуктор;
4 – теплоносій.

ПЕРЕВАГИ:

- точно враховується магнітне поле розсіювання;
- максимально враховується симетрія магнітної системи;
- мінімальна розрахункова область;
- раціонально використовуються обчислювальні ресурси;
- дозволяє провести аналіз впливу вихрових струмів у завантажені на додаткові втрати в обмотці індуктора;
- при різних способах увімкнення чергування фаз у обмотці розраховується безпосередньо густина вихрових струмів у трубах завантаження;
- розраховується як потужність теплових втрат в цілому так і рівномірність їх розподілу у завантажені.

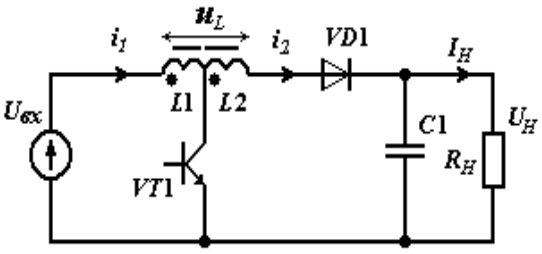
Запропоновано новий метод керування послідовним резонансним перетворювачем із модульною структурою побудови, який шляхом поєднання переваг почергової (interleaved PDM), покрокової (stepped PDM) та доповненої (augmented PDM) модуляцій щільності імпульсів забезпечує менші коливання амплітуди вихідного струму перетворювача, що в свою чергу дозволяє підвищити надійність перетворювача та його ККД (Юрченко О.М, Герасименко П.Ю.).

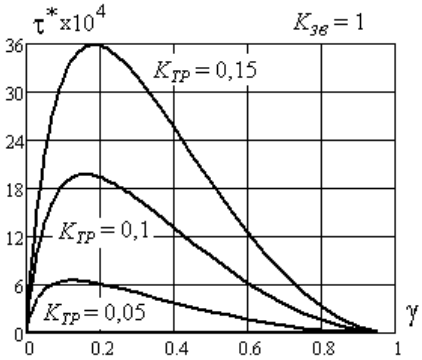


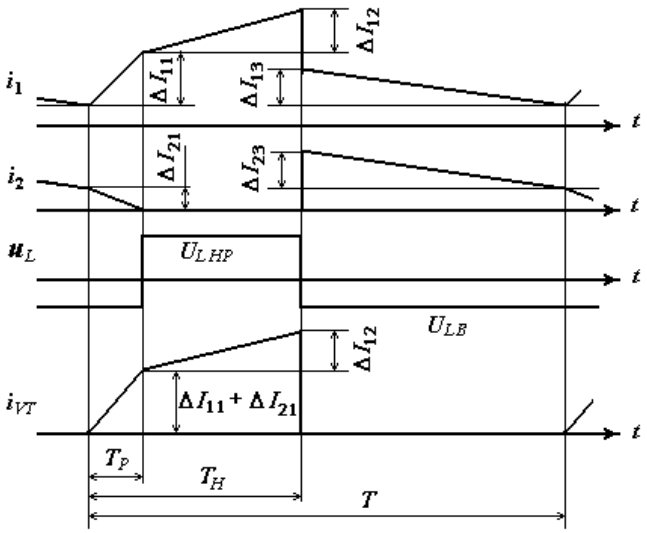


У порівнянні з почерговою модуляцією щільності імпульсів (interleaved PDM), використання запропонованого методу керування дозволяє зменшити коливання амплітуди струму до 9% при Q = 5 та до 7% при Q = 10 (для двоканального перетворювача). Хоча порівняно з покроковою PDM (stepped PDM) зниження є меншим (2% при Q = 5 та 1% при Q = 10), важливо відзначити, що запропонований метод дозволяє також збалансувати розподіл втрат потужності по всіх каналах перетворювача.

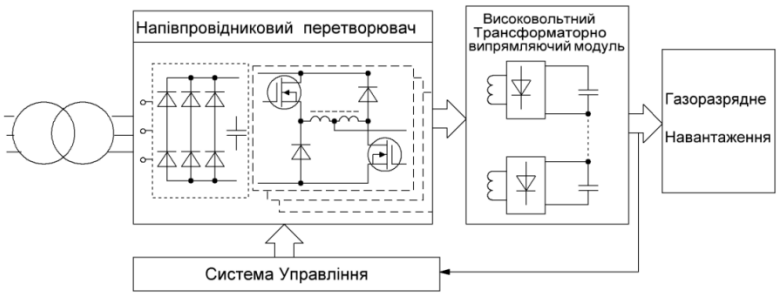
Розроблено та обґрунтовано нову методику розрахунку пульсацій вихідної напруги імпульсних перетворювачів в режимах безперервної та переривчастої провідності із застосуванням створених математичних моделей з усередненими за допомогою теорем Лагранжа змінними. Нова методика спрощує розрахунок перетворювача завдяки виключенню громіздких обчислювальних процедур. Отримані нові аналітичні моделі дозволяють досліджувати характеристики перетворювачів з множинною кількістю станів для напівпровідникових джерел електроживлення потужних газорозрядних установок та їх властивості на етапі проектування, застосовуючи в тому числі методи математичного аналізу. (Руденко Ю.В.).







Визначено умови зменшення енергонакопичення у вихідних колах джерел електроживлення потужних газорозрядних установок та встановлено взаємозв'язок між величиною пульсацій вихідної напруги, опором навантаження, параметрами вихідного фільтра, потужності джерела живлення та частоти, на який працює імпульсний перетворювач. Показано, що у високовольтних системах електроживлення енергетичні характеристики їх вихідних фільтрів, для досягнення необхідної якості вихідної напруги, істотно залежать від потужності джерела, частоти перетворення і допустимих коливальних процесів при зміні струму навантаження. Отримані аналітичні вирази, що дозволяють розраховувати основні параметри високовольтного джерела живлення для досягнення потрібної якості вихідної напруги з урахуванням допустимої енергії, яка може накопичуватися у їх вихідних колах. (Мартинов В.В.)



Структурна схема та експериментальний зразок багатофазного джерела живлення для потужних газорозрядних навантажень