

УДК 621.313.332

**АСИНХРОННІ ГЕНЕРАТОРИ АВТОНОМНИХ ЗВАРЮВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ.
РОЗВИТОК ТЕОРІЇ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ**

Л.І.Мазуренко, докт.техн.наук, **О.В.Джура**, канд.техн.наук,
Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна.

Викладено результати теоретичних і експериментальних досліджень, проведених у відділі електромеханічних систем Інституту електродинаміки НАН України протягом 2007–2010 років у рамках науково-дослідної роботи "Асинген-2". Отримані результати спрямовані на розвиток теорії і вдосконалення автономних зварювальних комплексів на основі безконтактних асинхронних генераторів з вентильним і ємнісним збудженням з блоками формування зовнішніх характеристик та однофазних генераторів власних потреб. Бібл. 16, рис. 4.

Ключові слова: автономний зварювальний комплекс, асинхронний генератор, вентильне збудження, ємнісне збудження.

Вступ. Автономні зварювальні комплекси (АЗК) широко застосовуються під час ремонту і будівництва магістральних нафто- і газопроводів, водопроводів та інших об'єктів, що віддалені від мереж. В АЗК здебільшого використовуються колекторні генератори постійного струму і вентильні генератори індукторного типу. Вони є також основою багатопостових структур. Однак індукторні генератори, що широко використовуються сьогодні, мають у порівнянні з іншими електричними машинами більшу масу, менший коефіцієнт корисної дії (ККД) і низькі динамічні показники, що збільшує тривалість відновлення напруги після короткого замикання і цим ускладнює процес збудження дуги. Недоліком генераторів постійного струму є наявність колектора. Тому існує складна науково-прикладна проблема створення енергоефективних джерел живлення зварювальної дуги (ДЖЗД), які змогли б забезпечити як необхідні зовнішні характеристики, так і ефективно працювати у багатопостових структурах. Радикальний шлях удосконалення АЗК – це їхня побудова на основі асинхронних генераторів (АГ), які позбавлені недоліків імпортованих в Україну генераторів, перш за все, індукторних. При виконанні АЗК на основі низьковольтних АГ вони повинні бути укомплектовані генераторами власних потреб для живлення шліфувальних машин, печей сушіння електродів тощо. Такі генератори також можуть бути асинхронними. Розробка асинхронних генераторів для АЗК – це перспективний науковий напрям у галузі створення електрозварювальної техніки. У цьому напрямку протягом 2007–2010 рр. проводилася науково-дослідна робота (НДР "Асинген-2") у відділі електромеханічних систем Інституту електродинаміки НАН України.

Розвиток теорії машино-вентильних систем на основі АГ з напівпровідниковими перетворювачами у колах статора. У зв'язку зі складністю процесів електромеханічного перетворення енергії в АГ з вентильними перетворювачами виникають труднощі при розробці їхніх математичних моделей

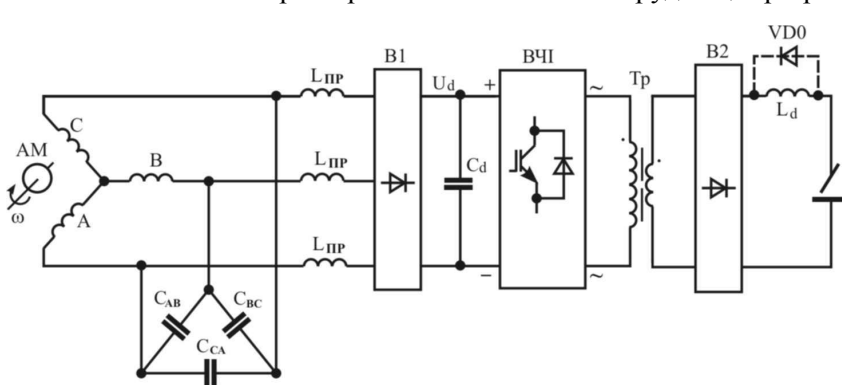


Рис.1

[9]. Тому розвинуто блочно-системний метод моделювання складних машино-вентильних комплексів з асинхронними машинами в області об'єднання їхніх структурних елементів, що забезпечило створення математичних моделей АГ з ємнісним збудженням (АГ з ЄЗ) з однією і двома статорними обмотками з різними схемами їх з'єднання та блоками формування зварюва-

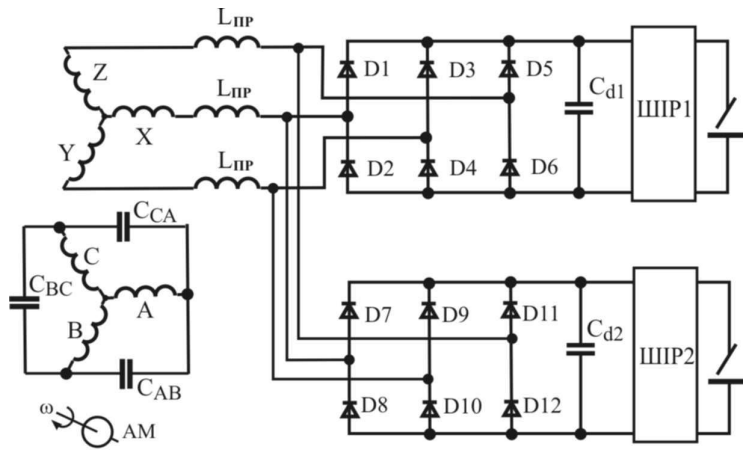


Рис.2

координат $d-q$, оскільки остання менш ефективна при дослідженні несиметричних режимів. Запропоновані моделі випрямлячів і трансформатора забезпечують практично аналогічні SPS-моделям якісні та кількісні показники розрахунку. Модель інвертора більш ідеалізована у порівнянні з моделями інвертора бібліотеки SPS, що обумовлює різницю в часі розрахунку. При високих частотах перемикання, а також при малих напругах генератора, коли втратами в інверторі нехтувати недопустимо, доцільно користуватись моделлю бібліотеки SPS. Моделювання навантаження надає більші можливості, ніж у разі використання моделей навантажень бібліотеки SPS, які заблоковані для зміни в процесі розрахунку.

Необхідно підкреслити, що розроблена математична модель однообмоткового АГ з випрямлячем і декількома ШІП (рис. 3) дозволяє виконати оптимізацію обмоткових даних машини і провести попередній вибір силових напівпровідникових елементів [6]. У моделях АГ з двома статорними обмотками використано ефективний підхід, коли зведені струми і напруги робочої обмотки представлені у реальній системі координат за допомогою ідеальних трансформаторів [3].

Науково обґрунтовано принципи керування автономним машино-вентильним комплексом на основі асинхронного генератора з вентильним збудженням (АГ з ВЗ), напівпровідниковий перетворювач якого забезпечує генератор реактивною потужністю, змінює його ковзання в залежності від навантаження, виконує функції випрямляча та формує крутоспадні і жорсткі зварювальні характеристики [10].

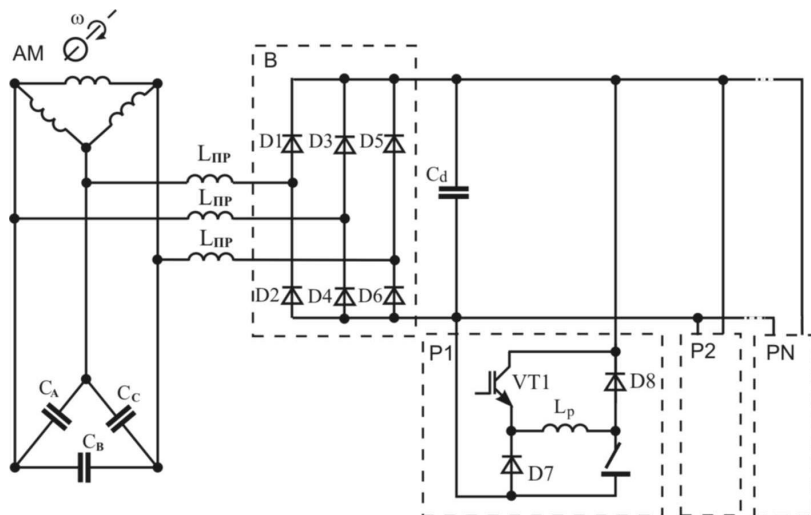


Рис.3

ми, що включає елементи, які не змінюються для всіх схем заміщення, а також елементи, що змінюються для кожної із схем заміщення. При використанні цієї моделі тривалість розрахунку в 10...15 разів менша у порівнянні з відомими моделями без втрати точності обчислень [12].

Розроблено також математичну модель АГ з ВЗ для АЗК (рис. 4) з використанням методу припасування, яка враховує особливості його режимів, і, в тому числі, роботу в режимі короткого зами-

льних характеристик на основі систем випрямляч-високочастотний інвертор-трансформатор-випрямляч (В-ВЧІ-Тр-В) (рис. 1) та випрямляч-широкоімпульсний регулятор (В-ШІП) (рис. 2, двопостова структура).

Порівняння моделей структурних елементів системи АГ з ЄЗ – В-ВЧІ-Тр-В з аналогічними моделями бібліотеки SimPowerSystems (SPS), що входить в пакет Matlab, дозволяє зробити наступні висновки [4].

Модель асинхронної машини (АМ) в фазних координатах, нерухомих відносно статора, має переваги в порівнянні з SPS-моделлю АМ в перетвореній системі

Запропоновано та розроблено математичну модель АГ з ВЗ загальнопромислового призначення з використанням методу припасування, яка базується на його миттєвих схемах заміщення і не потребує інформації про стан напівпровідникових елементів на кожному кроці розв'язку диференціальних рівнянь. Диференціальні рівняння АГ з ВЗ, що описують послідовність миттєвих схем, одержано у матричній формі. Їхньою основою є матриця стану системи

кання, та дозволяє розраховувати зовнішні характеристики, розбіжність яких з експериментальними не перевищує 2...6 % в залежності від струму зварювання [11].

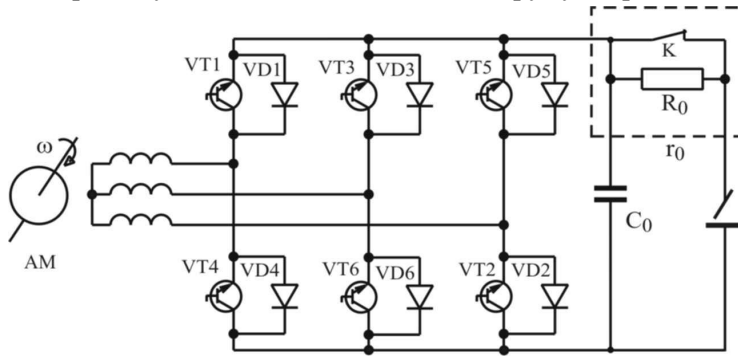


Рис.4

нофазних асинхронних генераторів (ОАГ) власних потреб для живлення шліфувальних машин та печей сушіння електродів автономних зварювальних комплексів, що дозволяє розраховувати їхні статичні характеристики з використанням методу симетричних складових. Розроблено методи регулювання ОАГ з трифазною обмоткою статора, що вирішило задачу повного симетрування струмів машини і дозволило проводити незалежне керування їхніми електромагнітним моментом і магнітним потоком.

Розвинуто теоретичні засади проектування АГ з блоками формування зовнішніх характеристик для автономних зварювальних комплексів на основі системного методу проектування складних машино-вентильних систем, що забезпечило врахування впливу генератора на вентильні перетворювачі і навпаки.

Розрахункові та експериментальні дослідження джерел живлення зварювальної дуги на основі АГ з ємнісним збудженням. За допомогою створеного комплексу комп'ютерних програм і експериментальних зразків досліджено електромагнітні процеси та встановлено робочі характеристики джерел живлення зварювальної дуги з АГ з однією та двома обмотками статора з блоками формування зварювальних характеристик на основі некерованого випрямляча та широтно-імпульсного регулятора, високочастотного інвертора (система АГ з ЄЗ–В–ВЧІ–Тр–В) при крутоспадних і жорстких зовнішніх характеристиках в однопостовому і багатопостовому їх виконанні.

При дослідженні однопостового АГ з двома статорними обмотками, коли до однієї обмотки підключено ємнісну систему збудження (обмотка збудження (ОЗ)), а до іншої (робоча обмотка (РО)) – випрямляч з ШПР з максимальним струмом зварювання 250 А, який виконано на основі асинхронної машини 4А160М4У3, розглянуто крутоспадні характеристики, співвідношення між струмом зварювання і напругою на дузі, струмом короткого замикання і струмом зварювання. Показано їхню відповідність вимогам стандартів. Досліджено характер зміни коефіцієнтів корисної дії системи АГ – В – ШПР (η_c) і власне генератора (електричної машини), коефіцієнтів потужності РО і ОЗ, втрат у машині ΣP_m і перетворювачах (випрямляч і ШПР) ΣP_{II} та в системі АГ–В–ШПР ΣP_C в залежності від потужності у колі електрозварювання P_{SV} . При зміні режиму від холостого ходу (ХХ) до короткого замикання (КЗ) η_c спочатку зростає до максимального значення, а потім знижується до мінімального. Аналогічно змінюються втрати в електричній машині ΣP_m . У випрямлячі з ШПР втрати ΣP_{II} весь час зростають від режиму ХХ до КЗ, що викликає такий самий характер зміни загальних втрат ΣP_C .

Встановлено, що для підвищення ККД системи АГ–В–ШПР необхідно, перш за все, знижувати втрати в блоці формування зварювальних характеристик (у ШПР). При електрозварюванні ККД не більший 0,75 в діапазоні зміни струму зварювання 30...200 А. Від (ХХ) до (КЗ) коефіцієнт потужності робочої обмотки $\cos \lambda_{PO}$ змінюється в діапазоні 0,6...0,9. Коефіцієнт потужності ОЗ незалежно від навантаження і зовнішньої характеристики близький до нуля, бо основна складова потужності – реактивна. Напруги обмотки збудження та робочої обмотки при зміні навантаження практично не змінюють свою форму, яка практично синусоїдальна як в режимах, близьких до ХХ і КЗ, так і в робочому режимі при зварюванні (п'ята гармоніка не перевищує 5% від першої). При цьому п'яті гармоніки струму не більше 25% першої гармоніки.

У випадку жорстких зовнішніх характеристик залежності η_c , $\eta_z = f(P_{SV})$ не відрізняються від цих залежностей для АГ, що працюють у режимі стабілізації напруги [9]. Їхні значення біля точки перетину зовнішньої характеристики і залежності $U_{SV} = 17 + 0,05 I_{SV}$ (U_{SV} , I_{SV} – відповідно напруга дуги і струм зварювання): η_c – близько 0,76, $\eta_z = 0,8...0,9$. Значення коефіцієнта потужності РО знаходиться у тому самому діапазоні, що і η_z .

Встановлено зв'язок між опором дуги і ковзанням генератора, що дозволяє визначити як робочий діапазон ковзання АГ з ВЗ, так і мінімальний опір R_0 у колі постійного струму для забезпечення роботи генератора в області самозбудження. Це дозволило розробити методику розрахунку робочих характеристик зварювального АГ з ВЗ, яка базується на його схемі заміщення [13].

Розвинуто метод еквівалентних схем заміщення по відношенню до од-

При дослідженні двопостового ДЗЖД на основі АГ з двома статорними обмотками (виконаного на основі АМ 4А160М4У3) та некерованих випрямлячів з ШПР (на кожний зварювальний пост) встановлено істотний вплив індуктивностей проводів $L_{\text{пр}}$, що з'єднують АГ з випрямлячами, на жорсткість його зовнішньої характеристики. Тому для оптимізації кута нахилу зовнішньої характеристики ці індуктивності повинні мінімізуватись. У реальних пристроях випрямлячі повинні розташовуватись або безпосередньо біля машини, або з'єднуватись з машиною прямим безвитковим кабелем.

Обґрунтовано доцільність виконання АГ з електричним зв'язком між РО і ОЗ для збільшення його максимальної потужності. Показано, що ефект зростання потужності АГ тим більший, чим більш низьковольтна ОЗ.

Виявлено вплив насичення електричної машини на максимально допустимі значення зварювального струму, що зростають із його збільшенням.

Однією з головних вимог, що висувається до багатопостових ДЗЖД, є незалежність зовнішніх характеристик кожного посту від процесів інших постів. При частоті перемикання ШПР 3 кГц та застосуванні підсилюючої аперіодичної ланки у колі регулювання коефіцієнта заповнення γ імпульсів керування транзистором ШПР (рис. 2) ефект впливу постів відсутній. Аналіз результатів моделювання однообмоткового АГ з випрямлячем і декількома ШПР (рис. 3) показує, що максимальне відхилення струму кожного поста від сталого значення в перехідних режимах, викликаних роботою іншого поста, не перевищує 1...3 %, що також допустимо [6].

При дослідженні АГ з високочастотним інвертором (рис. 1) встановлено характер протікання електромагнітних процесів. Показано, що спотворення напруг статора АГ, коливання електромагнітного моменту навколо середнього значення АГ є наслідком впливу випрямляча [1].

Асинхронні зварювальні генератори з вентильним збудженням. При формуванні жорсткої частини крутоспадної зовнішньої характеристики частота імпульсів керування вентильним перетворювачем визначається у контурі стабілізації напруги, а при формуванні спадної – у контурі стабілізації струму, які є незалежними один від одного.

Досліджено показники якості перехідних процесів при роботі контурів стабілізації напруги та струму для різних коефіцієнтів регуляторів. Встановлено, що при роботі як контура стабілізації напруги, так і струму, введення диференціальної складової в структуру регуляторів покращує в порівнянні з використанням РІ-регулятора якість перехідних процесів і зменшує максимальне значення пікової величини струму в процесі зміни навантаження, яка є визначаючою при виборі елементної бази вентильного перетворювача. Крім того, при виборі коефіцієнтів підсилення пропорційної і інтегральної складової регулятора напруги k_{pU} і k_{iU} , струму k_{pI} і k_{iI} слід враховувати, що їхнє збільшення призводить до зменшення часу перехідних процесів регулювання відповідно напруги і струму дуги та зростання максимального значення струму статора і навпаки. Тому перед вибором k_{pU} , k_{iU} , k_{pI} , k_{iI} слід визначити максимально допустимий час регулювання і максимальний піковий струм статора.

Виконано спектральний аналіз кривої фазної напруги, форма якої не залежить від величини навантаження. Найбільший вплив мають 5, 7, 11 і 17-а вищі гармоніки. Форма кривої фазного струму наближається до синусоїдної при переході від холостого ходу до режиму короткого замикання.

Розроблено алгоритм розрахунку робочих характеристик зварювального АГ з ВЗ з відомою зовнішньою характеристикою і врахуванням насичення, що базується на запропонованих аналітичних залежностях, та проведено їхнє дослідження. Відхилення між результатами дослідження робочих характеристик, отриманими з використанням алгоритму при аналізі схеми заміщення АГ з ВЗ і при розрахунку на математичній моделі на основі повної системи диференціальних рівнянь, не перевищує 15%. Адекватність моделі перевірено при порівнянні розрахункових значень струмів і напруг з експериментальними даними.

Показано, що для забезпечення роботи АГ з ВЗ в області існування квазісталіх режимів вентильного збудження при значеннях опору дуги, близьких до нуля, необхідно в колі постійного струму короткочасно вмикати додатковий опір R_0 (для експериментального зразка 0,2...0,4 Ом), який не впливає на енергетичні показники генератора, бо в робочих режимах він шунтується.

Однофазні асинхронні генератори власних потреб. Проведено розрахунки та експериментальні дослідження статичних характеристик ОАГ з ЄЗ та автостабілізацію вихідної напруги [2]. Розглянуто можливі підходи до підвищення його статичної перевантажуваності. Запропоновано викори-

стовувати два канали відбору потужності генератора, що дало змогу збільшити коефіцієнт використання габариту машини до 0,7...0,73.

За жорсткістю зовнішніх характеристик запропонований генератор перевершує генератори з паралельним ємнісним збудженням, що виготовляються серійно. Генератор дозволяє проводити від нього пуск однофазних двигунів номінальною потужністю 27...28% від потужності АМ, на базі якої виконано генератор.

Проведено розрахунково-експериментальну оптимізацію параметрів ємнісних систем збудження ОАГ. Розроблено уточнену схему заміщення ОАГ, яка дозволяє враховувати вплив змінної частоти обертання привода на характеристики генератора [7].

Проектування, алгоритми керування, схемотехнічні рішення, експериментальні зразки.

Визначено особливості проектування АГ для зварювальних комплексів і розроблено підходи до розрахунку та рекомендації щодо проектування окремих функціональних блоків: електричної машини та системи збудження, випрямляча, широтно-імпульсного регулятора струму [5], систем керування.

Для використання серійних двигунів при створенні АГ дано рекомендації щодо вибору типорозміру машини для даного технічного рішення ДЖЗД при заданій величині зварювального струму. При цьому одержано залежності максимальної величини струму зварювального поста АГ з ШПР від типорозміру серійної АМ при однопостовому і двопостовому виконанні для випадків електричного зв'язку між робочою обмоткою і обмоткою збудження і при його відсутності. Наприклад, АГ з двома статорними обмотками і ємнісним збудженням доцільно виконувати на основі асинхронної машини 4А200М4У3 ($P_{НОМ} = 37$ кВт) для двопостових зварювальних комплексів з $TH \leq 60\%$ і номінальним струмом кожного поста до 250...280 А в режимі ручного дугового зварювання та до 280...310 А – у режимі напівавтоматичного зварювання в середовищі CO_2 . Якщо крім живлення зварювальних постів з зазначеними номінальними струмами від ОЗ повинне житися допоміжне обладнання 3...5 кВт, то необхідно використовувати асинхронну машину 4А200S4У3 ($P_{НОМ} = 45$ кВт).

Для АГ з високочастотним інвертором розроблено алгоритм фазового керування, що дозволяє ліквідувати постійну складову струму первинної обмотки високочастотного трансформатора для запобігання його намагнічування. Для цього в системі керування передбачається швидкодіючий блок регулювання інтервалів позитивної і негативної півхвиль напруги, що прикладається до трансформатора. Алгоритм керування забезпечує також імпульсно-дугове електрозварювання (кероване перенесення металу на поверхні, що зварюються).

Розроблено деталізовані алгоритми керування, схемотехнічні рішення [14–16] та керуючі програми мікропроцесорних систем керування АГ з некерованим випрямлячем і широтно-імпульсним регулятором та АГ з багатофункціональним вентильним перетворювачем, що одночасно формує зварювальні характеристики, забезпечує генератор реактивною потужністю та регулює його ковзання.

Обґрунтовано перспективність застосування ДЖЗД на основі АГ з замкненими по струму і напрузі системами формування зовнішніх характеристик для побудови автономних зварювальних комплексів.

На основі аналізу несиметричного режиму роботи ОАГ одержано алгоритм керування системою вентильно-ємнісного збудження (ВЄЗ), який дозволяє при незмінній структурі системи збудження одержати генератор, що має високі експлуатаційні характеристики як в трифазному (коефіцієнт потужності навантаження $\cos \varphi_n = 0,8$), так і однофазному ($\cos \varphi_n \approx 1$) режимах роботи (трифазно-однофазний АГ) [8]. Алгоритм керування вентильною частиною системи збудження, що виконана по схемі інвертора напруги, забезпечує стабілізацію напруги і симетрування струмів АГ та дозволяє використовувати його для електроживлення як симетричних, так і несиметричних навантажень. Симетрування режиму роботи АГ дозволяє максимально використовувати габаритну потужність машини в генераторному режимі. Сформовано рекомендації щодо вибору параметрів ємнісної частини системи збудження ОАГ з ВЄЗ при постійній частоті обертання ротора, при виконанні яких потужність і, відповідно, вартість вентильної частини системи збудження будуть мінімальні.

Запропоновано нові схемотехнічні рішення ОАГ з поліпшеною якістю вихідної напруги, з підвищеною переважувальною здатністю та з постійною частотою вихідної напруги при змінній частоті обертання приводного двигуна.

Розроблено та виготовлено експериментальні зразки ДЖЗД на основі АГ з блоками формування зварювальних характеристик та генераторів власних потреб зварювальних комплексів. Це дозволило провести дослідження їхніх електромагнітних процесів та робочих характеристик. Результати експериментальних досліджень підтвердили правильність розроблених положень теорії, принципів побудови і керування, мате-

матичних моделей, методик і методів розрахунку АГ з блоками формування зовнішніх характеристик, однофазних генераторів власних потреб автономних зварювальних комплексів.

Висновки. Таким чином, в 2007–2010 рр. у рамках НДР "Асинген-2" у відділі електромеханічних систем розвинуто теорію, проведено комплексні дослідження, розроблено схемотехнічні рішення і рекомендації щодо проектування АГ з блоками формування зовнішніх характеристик, що вирішують важливу науково-прикладну проблему створення конкурентоспроможних автономних зварювальних комплексів нового типу.

1. Мазуренко Л.И., Джура А.В., Дынник Л.Н. Однопостовой автономный сварочный комплекс. Часть 2: Алгоритм управления, результаты моделирования // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – 2009. – Вип. 4(57). – Ч. 1. – С. 128–132.

2. Мазуренко Л.И., Джура О.В., Дынник Л.М., Пантелеев Г.Л. Однофазный асинхронный генератор с регулируемой перевантажувальною здатністю і автостабілізацією напруги // Праці Інституту електродинаміки НАН України. – 2009. – Вип. № 22. – С. 38–43.

3. Мазуренко Л.И., Джура О.В., Дынник Л.М., Соловйов В.В. Моделирование асинхронных генераторів з двома обмотками статора при роботі на випрямляч з RC-навантаженням // Праці Інституту електродинаміки НАН України. – 2010. – Вип. 25. – С. 81–88.

4. Мазуренко Л.И., Джура А.В., Дынник Л.Н., Соловьев В.В. Однопостовой автономный сварочный комплекс. Часть 1: Математическая модель силовой части // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – 2009. – Вип. 3(56). – Ч. 2. – С. 145–149.

5. Мазуренко Л.И., Джура О.В., Дынник Л.М., Соловйов В.В. Розрахунок широтно-імпульсного регулятора струму для зварювальних комплексів на основі двохобмоткових асинхронних генераторів // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Вип. 4/2010(63). – Ч. 1. – С. 11–15.

6. Мазуренко Л.И., Лісник В.Я., Дынник Л.М., Джура О.В. Математична модель і алгоритм керування асинхронного зварювального генератора // Техн. електродинаміка. – 2008. – № 2. – С. 22–26.

7. Мазуренко Л.И., Лесник В.А., Дынник Л.Н., Джура А.В. Расчетно-экспериментальная оптимизация параметров емкостных систем возбуждения и анализ характеристик однофазных асинхронных генераторов // Техн. електродинаміка. – 2007. – № 4. – С. 57–62.

8. Мазуренко Л.И., Лесник В.А., Дынник Л.Н., Джура А.В. Трехфазно-однофазный асинхронный генератор // Праці Інституту електродинаміки НАН України. – 2007. – №1(16). – С. 102–107.

9. Мазуренко Л.И., Лищенко А.И. Асинхронные генераторы с вентильным и вентильно-емкостным возбуждением для автономных энергоустановок. – Київ: Наукова думка, 2011. – 272 с.

10. Мазуренко Л.И., Романенко В.И. Асинхронный вентильный генератор в якості керованого джерела струму // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". – 2010. – № 28. – С. 66–67.

11. Мазуренко Л.И., Романенко В.И. Асинхронный генератор з вентильним збудженням в якості джерела живлення зварювальної дуги // Техн. електродинаміка. – 2010. – № 6. – С. 35–39.

12. Мазуренко Л.И., Романенко В.И. Математична модель асинхронного генератора з вентильним збудженням з використанням метода припасування // Техн. електродинаміка. – 2010. – № 4. – С. 19–24.

13. Мазуренко Л.И., Романенко В.И., Джура О.В. Розрахунок робочих характеристик автономного зварювального асинхронного генератора з вентильним збудженням по схемі заміщення // Праці Інституту електродинаміки. – 2011. – Вип. 28. – С. 64–70.

14. Патент на корисну модель UA 51704, Україна. МПК H02P 9/00. Спосіб керування автономним асинхронним генератором з короткозамкненим ротором / Мазуренко Л.И., Романенко В.И. // Промислова власність. – 2010. – Бюл. № 14.

15. Патент на корисну модель UA 57986 Україна. МПК H02K 17/00, B23K 9/10. Багатофункціональне джерело живлення зварювальних постів / Л.И.Мазуренко, О.В.Джура, Л.М.Дынник // Промислова власність. – 2011. – Бюл. № 6.

16. Патент на корисну модель UA 58309 Україна. МПК H02K 17/00, B23K 9/10. Універсальне джерело живлення зварювальної дуги / Л.И.Мазуренко, О.В.Джура, Л.М.Дынник // Промислова власність. – 2011. – Бюл. № 7.

УДК 621.313.332

Л.И.Мазуренко, докт.техн.наук, **А.В.Джура**, канд.техн.наук,
Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна.

Асинхронные генераторы автономных сварочных комплексов. Развитие теории и исследования

Изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в отделе электромеханических систем Института электродинамики НАН Украины на протяжении 2007–2010 годов в рамках научно-исследовательской работы "Асинген-2". Полученные результаты направлены на развитие теории и

усовершенствование автономных сварочных комплексов на основе бесконтактных асинхронных генераторов с вентильным и емкостным возбуждением и блоками формирования внешних характеристик, а также однофазных генераторов собственных нужд. Библ. 16, рис. 4.

Ключевые слова: автономный сварочный комплекс, асинхронный генератор, вентильное возбуждение, емкостное возбуждение.

Induction generators for autonomous welding complexes. Theory development and investigation

L.I.Mazurenko,O.V.Dzhura,

Institute of Electrodynamics National Academy of Sciences of Ukraine,

Peremogy pr., 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine.

The results of theoretical and experimental investigations made during 2007–2010 years in the department of electro-mechanical systems of Institute of Electrodynamics of National Academy of Sciences of Ukraine, on the research work "Asingen-2" are set forth. The obtained results are made for theory development and improvement of welding complexes that are based on brushless induction generators with exciters carried out on power electronics and capacitors, units of forming the output characteristics and single-phase auxiliary generators. References 16, figures 4.

Key words: autonomous welding complex, induction generator, excitation with power electronics, self excitation.

1. Mazurenko L.I., Dzhura A.V., Dynnik L.N. An autonomous welding complex with a single welding post. Part 2: Control technique, simulation results // Visnyk Kremenchutskogo derzhavnogo politekhnichnogo universytetu. – 2009. – Vol. 4(57). – Part 1. – P. 128–132. (Rus)
2. Mazurenko L.I., Dzhura O.V., Dynnik L.M., Pantelev G.L. Single-phase self-regulated induction generator with variable overload level // Pratsi Instytutu elektrodynamiky. – 2009. – Vol. № 22. – P. 38–43. (Ukr)
3. Mazurenko L.I., Dzhura O.V., Dynnik L.M., Soloviov V.V. Simulation of induction generators with two stator windings feeding RC-load via rectifier // Pratsi Instytutu elektrodynamiky. – 2010. – Vol. 25. – P. 81–88. (Ukr)
4. Mazurenko L.I., Dzhura A.V., Dynnik L.N., Soloviov V.V. An autonomous welding complex with a single welding post. Part 1: Mathematical model of power circuit // Visnyk Kremenchutskogo derzhavnogo politekhnichnogo universytetu. – 2009. – Vol. 3(56). – Part 2. – P. 145–149. (Rus)
5. Mazurenko L.I., Dzhura O.V., Dynnik L.M., Soloviov V.V. Calculation of a pulse width modulated current regulator for welding complexes based on induction generators with two stator windings // Visnyk Kremenchutskogo derzhavnogo politekhnichnogo universytetu. – Vol. 4/2010(63). – Part 1. – P. 11–15. (Ukr)
6. Mazurenko L.I., Lisnyk V.Ya., Dynnik L.M., Dzhura O.V. Mathematical model and control of a welding induction generator // Tekhnichna elektrodynamika. – 2008. – № 2. – P. 22–26. (Ukr)
7. Mazurenko L.I., Lesnik V.A., Dynnik L.N., Dzhura A.V. Mathematical calculations and experimental optimization of excitation systems parameters and steady state analysis of single-phase induction generators // Tekhnichna elektrodynamika. – 2007. – № 4. – P. 57–62. (Rus)
8. Mazurenko L.I., Lesnik V.A., Dynnik L.N., Dzhura A.V. Three-one-phase induction generator // Pratsi Instytutu elektrodynamiky. – 2007. – Vol.1(16). – P. 102–107. (Rus)
9. Mazurenko L.I., Lishchenko A.I. Induction generator with exciters based on power electronics and power electronics combined with capacitors for autonomous power sources. – Kyiv: Naukova dumka, 2011. – 272 p. (Rus)
10. Mazurenko L.I., Romanenko V.I. Induction generator with power electronics converter-exciter as a controlled current source // Visnyk Natsionalnogo tekhnichnogo universytetu "Kharkivskiy politekhnichnyi instytut". – 2010. – № 28. – P. 66–67. (Ukr)
11. Mazurenko L.I., Romanenko V.I. Induction generator with power electronics converter-exciter as a welding power source // Tekhnichna elektrodynamika. – 2010. – № 6. – P. 35–39. (Ukr)
12. Mazurenko L.I., Romanenko V.I. Mathematical model of induction generator with power electronics converter-exciter on the base of the method of priпасovyvaniya // Tekhnichna elektrodynamika. – 2010. – № 4. – P. 19–24. (Ukr)
13. Mazurenko L.I., Romanenko V.I., Dzhura O.V. Steady state analysis of a stand alone induction generator with power electronics exciter using its equivalent circuit // Pratsi Instytutu elektrodynamiky. – 2011. – Vol.28. – P. 64–70. (Ukr)
14. Patent N51704, UA, IPC H02P 9/00. A way to control stand alone induction generator with short circuited rotor / Mazurenko L.I., Romanenko V.I. // Promyslova vlasnist. – 2010. – №14. (Ukr)
15. Patent №57986, UA, IPC H02K 17/00, B23K 9/10. Multifunction power source for welding units / Mazurenko L.I., Dzhura O.V., Dynnik L.M. // Promyslova vlasnist. – 2011. – №6. (Ukr)
16. Patent №58309, UA, IPC H02K 17/00, B23K 9/10. Universal welding power source / Mazurenko L.I., Dzhura O.V., Dynnik L.M. // Promyslova vlasnist. – 2011. – №7. (Ukr)

Надійшла 29.03.2011

Received 29.03.2011