

УДОСКОНАЛЕННЯ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ КОМПЛЕКСУ ЗОВНІШНЬОГО БЕЗКОНТАКТНОГО РИХТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ КУЗОВІВ

Щ.В. Аргун, аспірант, Т.В. Гаврилова, к.ф.-м.н., доц., ХНАДУ

Анотація. Проведено аналіз електромагнітних процесів у схемах джерел енергії, запропонована і обґрунтована працездатність джерела енергії для багаторазового генерування розрядних імпульсів. Показано, що визначальний вплив на роботу джерела енергії надає величина струмообмежувального опору і його вибір забезпечує необхідну частоту проходження розрядних імпульсів та величину споживаної енергії.

Ключові слова: магнітно-імпульсні технології, джерело енергії, магнітне поле, ємкісний накопичувач, рихтування.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ КОМПЛЕКСА ВНЕШНЕЙ БЕСКОНТАКТНОЙ РИХТОВКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ КУЗОВОВ

Щ.В. Аргун, аспирант, Т.В. Гаврилова, к.ф.-м.н., доц., ХНАДУ

Аннотация. Проведен анализ электромагнитных процессов в схемах источников энергии, предложена и обоснована работоспособность источника энергии для многократного генерирования разрядных импульсов. Показано, что определяющее влияние на работу источника энергии оказывает величина токоограничивающего сопротивления и его выбор обеспечивает необходимую частоту следования разрядных импульсов и величину потребляемой энергии.

Ключевые слова: магнитно-импульсные технологии, источник энергии, магнитное поле, емкостный накопитель, рихтовка.

THE POWER SOURCE IMPROVEMENT OF THE COMPLEX OF EXTERNAL NON-CONTACT STRAIGHTENING OF CAR BODIES

Sch. Argun, postgraduate, T. Gavrilova, assistant professor, cand. ph.-m. sc., KhNAHU

Abstract. The analysis of electromagnetic processes in the power source schemes has been carried out. The power source performance for multiple discharge pulses generation has been proposed and substantiated. It is shown that a determining influence on the work of power source has the value of current-limiting resistance and its choice provides necessary repetition rate of discharge pulse and the value of power consumption.

Key words: magnetic-pulse technologies, power source, magnetic field, capacitive storage, straightening.

Вступ

Значне збільшення кількості автотранспортних засобів у всьому світі визначає вимоги сучасності застосовувати для їх ремонту прогресивні магнітно-імпульсні технології. Тому

в край необхідне удосконалення існуючих ремонтних магнітно-імпульсних комплексів (джерела енергії та виконавчого органу – інструменту), що дозволяють реалізувати на практиці зовнішнє локальне рихтування кузовів транспортних засобів.

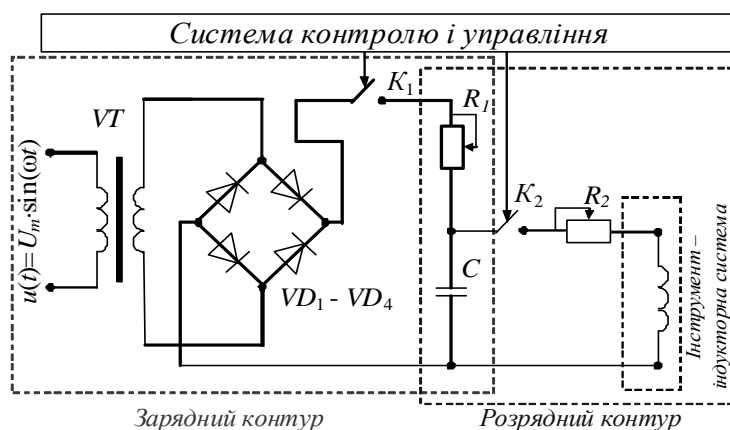
Розроблені раніше традиційні джерела енергії працювали в режимі однократного силового впливу [1-5], що приводило до істотних недоліків.

На даний час в Лабораторії електромагнітних технологій ХНАДУ з урахуванням колишніх помилок і недоробок створений ремонтний комплекс МІУС-2 для проведення зовнішнього безконтактного рихтування [6-15].

Мета та постановка задачі

Удосконалення джерела енергії комплексу зовнішнього безконтактного рихтування автомобільних кузовів, який генерує керовані по амплітуді і кількості імпульси силового впливу, для підвищення якості і ефективності операції рихтування.

Всі сучасні ремонтні комплекси (РК) для магнітно-імпульсного рихтування засновані на потужному одноразовому силовому впливі на об'єкт обробки і вони є високовольтними (10 кВ і вище). Але запропоноване джерело енергії (ДЕ) дозволяє перейти до серії малих імпульсів, що дає можливість підключати його до мережі напругою 380/220 В з частотою 50 Гц. Напруга заряду ємнісного нагромаджувача обирається до 2 кВ, частота розрядних імпульсів прив'язується до можливостей мережі живлення, а часові інтервали між її розрядними імпульсами забезпечують заряд конденсаторів. Всі компоненти розраховуються на роботу з низькою напругою, тому вартість ДЕ, отже і всього РК знижується в порівнянні з аналогами у 10...15 разів. Запропоноване ДЕ (рис. 1), включає основні складові: зарядний пристрій (трансформатор, випрямляч); ємнісний нагромаджувач C ; систему контролю і управління (СКіУ) та системи забезпечення безпеки роботи (включено до СКіУ).



Зарядний контур:

$$C=1000 \text{ мкФ}$$

$$R_1=10\dots 100 \text{ Ом}$$

$$U_m \approx 1000\dots 2000 \text{ В}$$

$$\omega=2\pi \cdot 50 \text{ рад/с}$$

Рис. 1. Принципова схема джерела енергії для генерування серії імпульсів

Вузловими питаннями працездатності ДЕ є питання працездатності його складових: зарядного і розрядного контурів. Тому зроблено розрахунок основних характеристик процесу заряду ємнісного нагромаджувача і проведено аналіз процесів у розрядному контурі.

Користуючись виразами (1) – (4) для визначення струму через ємність, миттєвої потужності, середнього значення енергії, споживаної з мережі, зарядної напруги на ємнісному нагромаджувачі, були зроблені чисельні оцінки процесів в типовій схемі зарядного контуру ДЕ при відсутності і наявності розрядного струму.

$$i_c(t) = 1/R \cdot (u(t) - u_c(t)), \quad (1)$$

$$p(t) = u_c(t) \cdot i_c(t), \quad (2)$$

$$\overline{p(t)} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T u_c(t) \cdot i_c(t) \cdot dt, \quad (3)$$

$$u_c(t_n) = U_{0n} + \frac{U_m}{\tau} \cdot \int_{t_{ni}}^{t_{ne}} \exp\left(-\frac{x-t_n}{\tau}\right) \cdot |\sin(\omega \cdot x)| dx$$

$$n = 1, 2, 3, \dots \quad (4)$$

де T – час заряду;
 U_{0n} – напруга на ємності в момент часу t_{0i} ;
 $\tau = R \cdot C$ – постійна часу.

При наявності струму витоку ефективність процесу заряду істотно знижується. Напруга на ємності не може досягти більш ніж $0,6 \cdot U_m$.

Аналіз екстремального режиму роботи РК ($U_m \approx 2$ кВ) без урахування розрядного струму показав, що для реалізації такого режиму слід прийняти $R_1 \approx 30$ Ом, рис.2. Проведені обчислення ілюструють процеси заряду ємнісних нагрмаджувачів ДЕ в режимах бли-

зких до граничних можливостей мережі живлення. Наприклад, середня споживана потужність 7,3 кВт і максимум струму 60 А.

Для демонстрації можливостей цього ДЕ необхідно привести результати обчислень, які представляють інтерес для практики.

Порівняння інтегральних характеристик, розрахованих при варіації напруги на ємнісному нагрмаджувачі і струмообмежувальному опорі дозволяє вибирати параметри зарядного кола при проектуванні ДЕ з живленням від промислової мережі напруги.

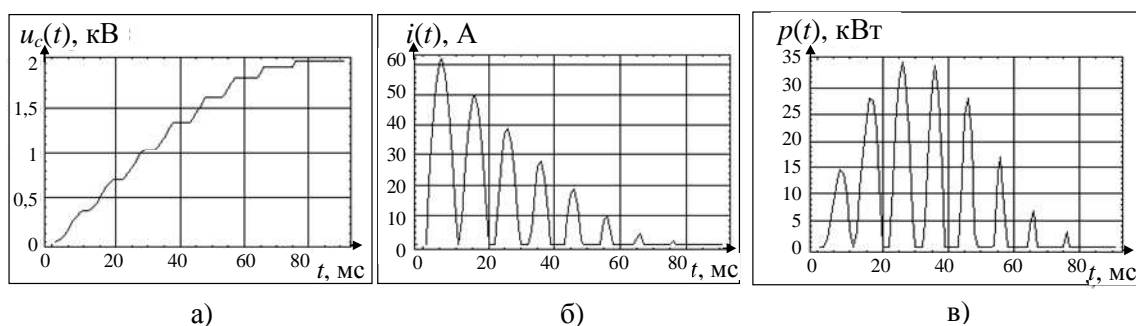


Рис. 2. Заряд ємнісного нагрмаджувача при $R \approx 30$ Ом: а) зарядна напруга; б) зарядний струм; в) миттєва потужність

Суттєвий вплив на дієвість та ефективність зарядного пристрою створює величина струмообмежувального опору. Його вибір забезпечує необхідну частоту проходження розрядних імпульсів і величину енергії, що споживається. До бажаних показників зарядного процесу можна наблизитися, якщо вибрати цей опір в діапазоні $R \in [30, 100]$ Ом. Наприклад, при $R \approx 50$ Ом (рис. 3) частота проходження сигналів, становитиме 8...10 Гц, зарядний струм в максимумі до 40 А, середнє значення споживаної енергії до 4,2 кВт.

Важливою частиною удосконаленого ДЕ є система синхронізації, яка входить в СКІУ і зображена на схемі, рис. 4, а. Запропоновано замінити комутатор K_1 додатковими індуктивним L_1 і активним R_1 елементами, які включені послідовно, рис. 4, б, що дозволить, як мінімум у два рази, зменшити вартість блоку синхронізації і управління. Ці елементи повинні обмежити протікання розрядного струму поза коло, в яке включено інструмент рихтування – індуктор з параметрами L_2, R_2

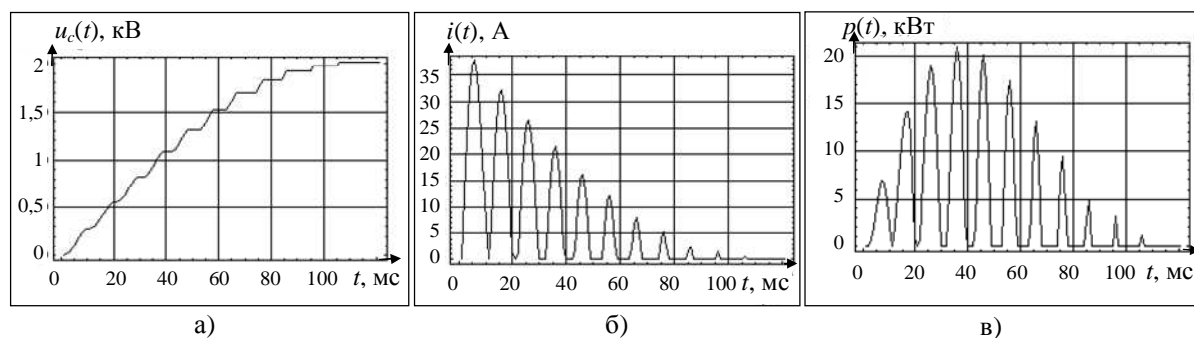


Рис. 3. Заряд ємнісного нагрмаджувача $R \approx 50$ Ом: а) напруга на ємності; б) зарядний струм; в) миттєва потужність

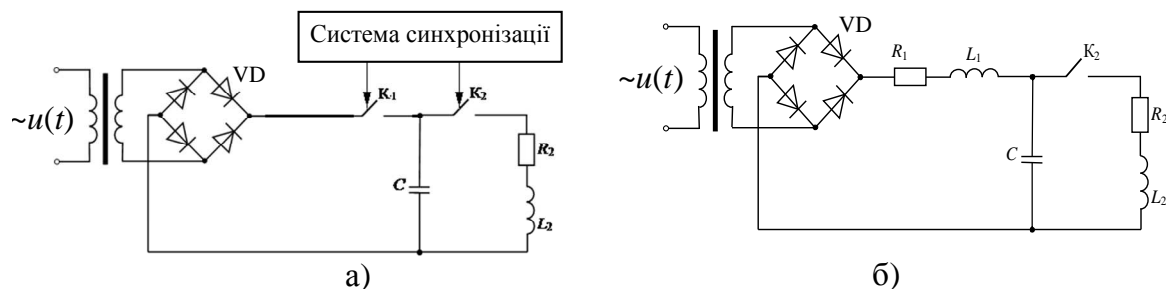


Рис. 4. Схематичне зображення джерела енергії: а) принципова схема, б) схема з включенням додаткових елементів

Було проведено оцінку дієвості даної пропозиції за допомогою інтегрального перетворення Лапласа.

$$\text{При: } 2 \cdot \sqrt{\frac{(R_1 L_2 + R_2 L_1)}{C}} > \frac{R_1 \cdot R_2}{\sqrt{R_1 + R_2}},$$

$$i_2(\varphi) \approx \frac{-U_{c0} \cdot e^{-\delta_0 \cdot \varphi}}{\left(R_1 \cdot \frac{L_2}{L_1} + R_2\right)} \left(\cos(\varphi) + \frac{\left(\frac{R_1}{L_1} - \delta\right)}{\omega} \sin(\varphi) \right), \quad (5)$$

$$\text{При: } 2 \cdot \sqrt{\frac{(R_1 L_2 + R_2 L_1)}{C}} < \frac{R_1 \cdot R_2}{\sqrt{R_1 + R_2}},$$

$$i_2(\varphi) \approx \frac{-U_{c0} \cdot e^{-\delta_0 \cdot \varphi}}{\left(R_1 \cdot \frac{L_2}{L_1} + R_2\right)} \left(\text{ch}(\varphi) + \frac{\left(\frac{R_1}{L_1} - \delta\right)}{\omega} \cdot \text{sh}(\varphi) \right), \quad (6)$$

де $\delta_0 = \frac{\delta}{\omega}$ – відносний декремент загасання розрядного струму; $\varphi = \omega \cdot t$ – фаза сигналу.

По отриманим аналітичним виразам виконані чисельні оцінки. Параметрів схеми: $C=1200$ мкФ, $R_2=0,02094$ Ом, $L_2=6$ мГн, $U_{c0}=1$ кВ. Величини R_1 і L_1 варіюються.

Аналіз показав, що наявність комутатора K_1 збільшує ефективність передачі енергії в навантаження. Тобто, без комутатора K_1 в коло обмотки індукторної системи надходить менше 3% максимально можливої енергії.

При розгляді впливу опору R_1 , визначено, що значення $R_1 = 10,94$ Ом по дієвості еквівалентно роботі комутатора K_1 , а енергетичний показник наближається до 99% від максимуму.

му можливого.

Аналіз впливу індуктивності L_1 , показав, що її введення в коло призводить до зміни характеру процесу. Зі збільшенням L_1 форма струму від коливальної трансформується в аперіодичну. Тобто індуктивність в зарядному колі впливає на форму струму. Значення енергетичних показників падають.

Таким чином, ґрунтуючись на проведеному аналізі можна вибрати найбільш оптимальні параметри для практичної реалізації ДЕ, як генератора багаторазових струмових імпульсів для зовнішньої рихтування корпусів автотранспортних засобів.

Висновки

Визначено, що удосконалення джерела енергії – одне з найважливіших завдань для отримання висококласного ремонтного комплексу зовнішнього безконтактного рихтування автотранспортних засобів, що задовольняє всім вимогам для продуктивної, ефективної і надійної роботи.

Проведено дослідження електромагнітних процесів у схемах джерел енергії, запропонована і обґрунтована працездатність джерела енергії для багаторазового генерування розрядних імпульсів.

Показано, що визначальний вплив на роботу джерела енергії надає величина струмообмежувального опору і його вибір забезпечує необхідну частоту проходження розрядних імпульсів і величину споживаної енергії.

Визначено, що при величині струмообмежувального опору 50 Ом показники процесу заряду до напруги 2000 В наближаються до реально можливих. Середнє значення споживаної енергії складатиме 4,2 кВт, зарядний

струм в максимумі 40 А, а частота проходження сигналів, що генеруються 8...10 Гц

Література

1. Пат. 7,124,617 В2 USA (США), В21J 15/24 В21D 5/00. Magnetic dent removal device, method and kit / Eric Richard Satterlee, Wayne Tanabe; заявитель и патентообладатель Eric Richard Satterlee, Wayne Tanabe, Hickory, Arlington HeightP. – № 10/341,611 ; заявл. 14.01.2003; опубл. 24.10.2006.
2. Пат. 4,252,008 USA (США), В21D 26/14. Apparatus for removing dents from automobile bodies and the like / William L. Dibbens; заявитель и патентообладатель William L. DibbenP. – № 12/648 ; заявл. 16.02.1979; опубл. 24.02.1981.
3. Пат. 6,014,885 USA (США), В21D 1/06. Dent removal apparatus and method of operation / Gerald J. Griffaton; заявитель и патентообладатель Gerald J. Griffaton, Berwyn. – № 08/958,424 ; заявл. 27.10.1997; опубл. 18.01.2000.
4. Пат. 75676 Україна, МПК В 21 D 26/14. Спосіб магнітно – імпульсної обробки тонкостінних металевих заготовок / Батигін Ю. В., Лавінський В. І., Хименко Л. Т.; заявитель и патентообладатель ХПИ. – № 2004010512 ; заявл. 23.01.04; опубл. 15.05.06, Бюл. № 5.
5. Туренко А.Н. Импульсные магнитные поля для прогрессивных технологий. Том 3. Теория и эксперимент притяжения тонкостенных металлов импульсными магнитными полями: монографія / А.Н. Туренко, Ю.В. Батыгин, А.В. Гнатов. – Харків: ХНАДУ, 2009 – 240 с.
6. Пат. 73733 України, В21 Д 26/14. Генератор багаторазових уніполярних імпульсів струму для магнітно-імпульсної обробки металів / Батигін Ю. В., Гнатов А. В., Чаплигін Є. О., Аргун Щ.В., Дзюбенко О.А., Дробінін О. М; заявник та патентовласник Харківський нац. автомоб.-дорожн. ун-т., –№ u201202178; заявл. 24.02.2012; опубл. 10.10.2012, Бюл. №19.
7. Переходной процесс в разрядном контуре магнитно-импульсной установки при электрическом пробое в цепи нагрузки / Ю. В. Батыгин, А. В. Гнатов, В. В. Воробьёв [и др.] // Электротехніка і електромеханіка. – 2010. – № 5. – С. 58–61.
8. Расчётные характеристики магнитно-импульсной установки для обработки металлов серией импульсов / Ю. В. Батыгин, А. В. Гнатов, В. В. Воробьёв [и др.] // Вісник НТУ "ХПІ". 36. наук. праць. – 2011. – № 12. – С. 86–95.
9. Переходной процесс при разряде емкостного накопителя в магнитно-импульсной установке / Ю. В. Батыгин, А. В. Гнатов, Щ. В. Гнатова [и др.] // Вісник НТУ "ХПІ" – 2011. – № 60. – С. 79–89.
10. Влияние параметров зарядной цепи на ток в разрядном контуре магнитно-импульсной установки. Обработка экспериментальных исследований / Ю. В. Батыгин, А. В. Гнатов, Щ. В. Гнатова [и др.] // Вісник НТУ "ХПІ". – 2011. – № 48. – С. 84–94.
11. Аргун Щ. В. Особенности в работе источника мощности – генератора многократных токовых импульсов / Щ. В. Аргун // Электротехніка і електромеханіка. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2013. – № 2.– С. 48–51.
12. Особенности системы управления магнитно-импульсной установки при работе в униполярном режиме / А. А. Дзюбенко, А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, Е. Ф. Еремина // Автомобильный транспорт. – Х. : ХНАДУ. – 2012. – Вып. 31. – С. 147–152.
13. Батыгин Ю. В. Анализ протекания переходных процессов в разрядном контуре магнитно-импульсной установки / Ю. В. Батыгин, А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун // Электричество. – М., 2013. – № 6. – С. 36–41.
14. Аргун Щ. В. Магнітно-імпульсні установки – джерела потужності у технологіях з використанням енергії електромагнітних полів / Щ. В. Аргун // Вісник НТУ "ХПІ". 36. наук. праць. – 2013. – № 30 (1003). – С. 100–106.
15. Исследование эффективности различных схем подключения конденсаторов в разрядном контуре магнитно-импульсной установки / Ю. В. Батыгин, А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун [и др.] // Вісник НТУ "ХПІ". – Х. : НТУ "ХПІ". – 2012. – № 28. – С. 79–85.

Рецензент: В.Б. Фінкельштейн, професор, д.т.н., ХНУМГ.

Стаття надійшла до редакції 16 вересня 2013 р.