

УДК 621.314

**ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЗОНАНСНОГО ІНВЕРТОРА З АВТОГЕНЕРАЦІЄЮ
ДЛЯ ІНДУКТИВНОЇ ЗАРЯДКИ****Павлов Г.В.**

*доктор технічних наук, професор
професор кафедри комп'ютеризованих систем управління
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна
pavlov.gv.nuk@gmail.com*

Обрубов А.В.

*кандидат технічних наук, доцент
доцент кафедри суднових електроенергетичних систем
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна
andrii.obrubov@nuos.edu.ua*

Вінниченко І.І.

*кандидат технічних наук, доцент
доцент кафедри комп'ютеризованих систем управління
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна
i.i.vinnichenko@gmail.com*

Анотація. Робота містить результати експериментальних досліджень залежностей робочої частоти і вихідного струму від коефіцієнту магнітного зв'язку між котушками індукторів та від частот полюсів фільтру в зворотному зв'язку резонансного інвертора індуктивного зарядного пристрою. Ці дослідження дали корисну інформацію для подальших теоретичних дослідів. Експериментальний зразок зарядного пристрою живиться від однофазної мережі 220В, має потужність 250Вт і номінальну напругу акумулятора 12В.

Ключові слова: автогенерація, індуктивний зарядний пристрій, резонансний контур, резонансний перетворювач, фазозсуваючий фільтр

Автогенераторні резонансні перетворювачі [1, 2] мають істотну перевагу перед перетворювачами з постійною робочою частотою [3, 4]. Це автоматичне налаштування робочої частоти на резонанс при нестабільності елементів контуру або навантаження. Тому принцип автогенерації широко застосовується в резонансних перетворювачах індуктивних зарядних пристроїв [5]. Коли робоча частота резонансного перетворювача наближується зверху до резонансної частоти контуру можливо досягти максимальної потужності з низькими енергетичними втратами вентилів.

Структурна схема резонансного інвертора з автогенерацією на рис.1 містить резонансний rLC - контур і кероване джерело напруги u_g . Для автогенерації використовуються позитивний зворотний зв'язок по напрузі на ємності u_C . Сигнал зворотного зв'язку надходить від датчика напруги ДН (резистивно-ємнісного дільника напруги) на фазозсуваючий полосовий фільтр (ПФ), який задає певне відношення частоти автогенерації до резонансної частоти.

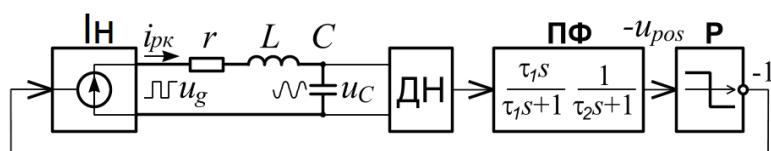


Рис.1. Структура резонансного інвертора з автогенерацією з позитивним зворотним зв'язком по напрузі ємності u_C й полосовим фільтром (ПФ), ІН – інвертор, ДН – датчик напруги, Р – релейний елемент, u_{pos} – напруга позитивного зворотного зв'язку

Експериментальний зарядний пристрій складається з блоків інвертора на рис.2 та випрямляча на рис.3 і має наступні параметри: напруга живлення 85-265 В; напруга зарядження 10-15В, потужність 250Вт; споживаний струм до 5А; вихідний струм 1-20А; робоча частота 10-50КГц; індуктивність індуктора 50мкГн-5мГн. Схема зарядного пристрою містить такі вузли та елементи:

- Мережевий випрямляч (варистор RT1, запобіжник F1, синфазний дросель LF1, конденсатори C6 і C9, діодний міст V1, варистор RV1). Джерело живлення власних нужд напругою 12В на схемі не показано.
- Система управління інвертором (компаратор LM393 DA1, напівмостовий драйвер SR2184S DA2, елементи полосового фільтру (ПФ) C12, R14, R9, C1, компаратор DA1:1 – релейний елемент Р (див. рис.1), компаратор DA1:2 – для захисту від перевантажень, RP1 – для регулювання порогу захисту).
- Інвертор на рис.2 складається з польових транзисторів VT1 і VT2, резонансних конденсаторів C13 і C14 і передавальної котушки-індуктора L2.
- Блок випрямляча на рис.3 випрямляє струм, індукований в приймальному індукторі L3, і заряджає акумуляторну батарею. Містить приймальний індуктор L3, резонансний конденсатор C15, випрямляч VD4-VD7, конденсатор CE3, стабілітрон DA3 TL431, який через VT4 керує ключем VT5 і вимикає струм при досягненні напругою акумулятора значення 10-15В (задає подільник R26, R27, R23, R29, RP2).

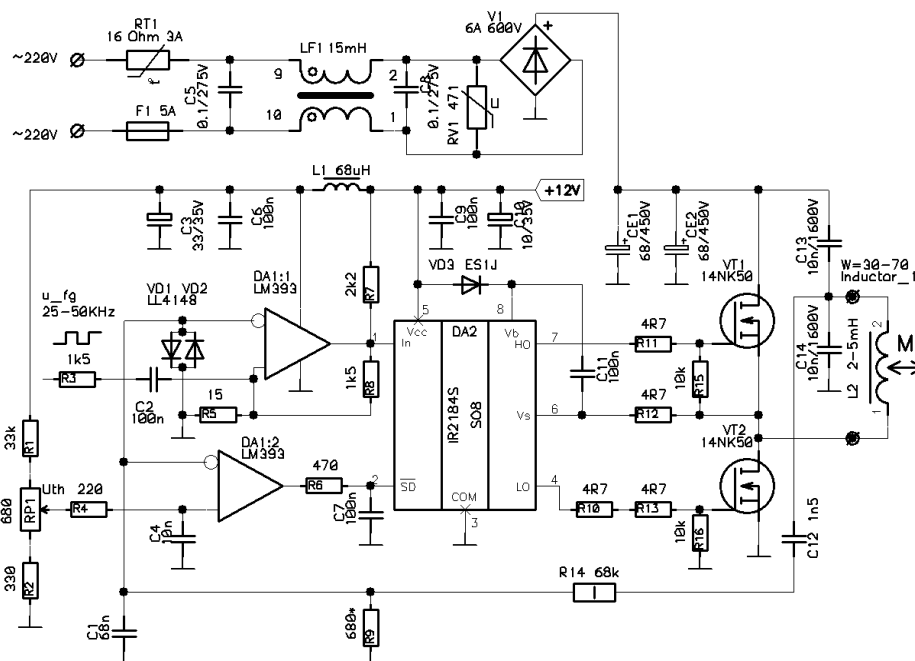


Рис.2. Принципова схема блока резонансного інвертора зарядного пристрою

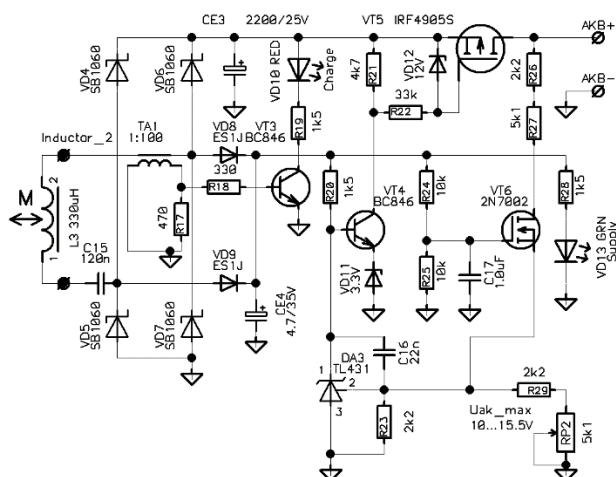


Рис.3. Принципова схема блоку випрямляча зарядного пристрою

Постійні часу фільтру ПФ в каналі позитивного зворотного зв'язку і добротність контуру впливають на робочу частоту автогенерації, залежність якої має вигляд

$$\omega_g = \frac{1}{\tau\sqrt{2Q}} \sqrt{2\tau\omega_0 + Q\omega_0^2\tau^2 + Q + \sqrt{(2\tau\omega_0)^2 + 4\tau^3\omega_0Q + 4\tau\omega_0Q + \tau^4\omega_0^4Q^2 - 2(\tau\omega_0Q)^2 + Q^2}}, \quad (1)$$

де $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ – резонансна частота, $\rho = \sqrt{L/C}$ – хвильовий опір, $Q = \rho/r$ – добротність, r, L, C – активний опір, індуктивність і ємність первинного контуру, $\tau_1 = \tau_2 = \tau$ – постійні часу полосового фільтру ($\tau_1 \approx R14 \cdot C12$, $\tau_2 \approx R9 \cdot C1$).

Експериментальні графіки залежностей частоти автогенерації (суцільні лінії) і теоретичні графіки (пунктирні лінії), розраховані по (1), показано на рис.4.

На рис.5 і рис.6 показані залежності вихідного струму і робочої частоти від коефіцієнта магнітного зв'язку між котушками $k_m = M/\sqrt{L_1 L_2}$ (де M – взаємна індуктивність) для режимів примусової генерації (A) і автогенерації (B, C) з різними постійними часу τ і значеннями напруги живлення U (криві 1 та 2).

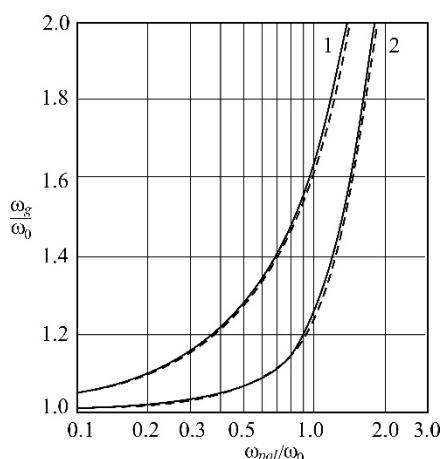


Рис.4. Експериментальні залежності частоти автогенерації ω_g (суцільні лінії) від частоти полюсу фазозсуваючого фільтру $\omega_{pol} = 1/(2\pi\tau)$, сполучені з теоретичними залежностями (пунктирні лінії) для $1 - Q=2$ і $2 - Q=10$

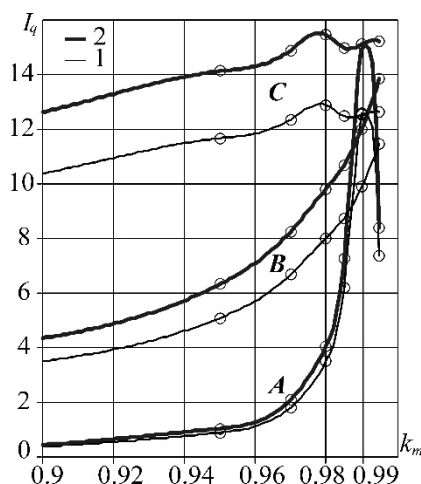


Рис.5. Графіки залежностей вихідного струму зарядного пристрою I_q від коефіцієнту магнітного зв'язку $k_m = M / \sqrt{L_1 L_2}$: *A* – для постійної частоти $F_g = 25 \text{ КГц}$, *B* – для $\tau = 0.02 \text{ мс}$, *C* – для $\tau = 0.1 \text{ мс}$ при: 1 – $U = 200 \text{ В}$, 2 – $U = 220 \text{ В}$

Залежності *A* на рис.5 для постійної частоти є суттєво нелінійними. При зменшенні магнітного зв'язку k_m зростають індуктивності розсіювання, які визначають частоти послідовних резонансів. Опір кожного резонансного *RLC*-ланцюга зростає і вихідний струм знижується. Але в режимі автогенерації при таких же змінах коефіцієнту магнітного зв'язку вихідний струм змінюється в менший мірі. Це видно з порівняння характеристик *A*, *B*, і *C*.

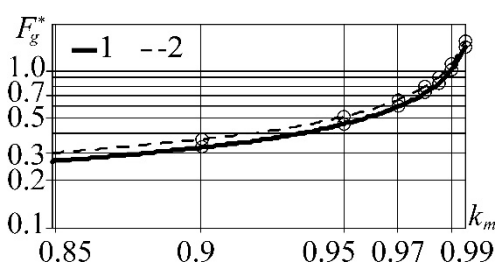


Рис.6. Залежності відносної частоти автогенерації зарядного резонансного пристрою від коефіцієнту магнітного зв'язку: 1 – $\tau = 0.1 \text{ мс}$; 2 – $\tau = 0.02 \text{ мс}$

Залежності робочої частоти F_g автогенерації на рис.6 від коефіцієнту магнітного зв'язку k_m між котушками для різних постійних часу τ подібні одна до одної. Їх можна використати для визначення коефіцієнту чутливості системи по каналу збурення як $k_{sm} = \Delta F_g / \Delta k_m$ в режимі заряджання акумулятора.

Висновки. Залежність вихідного струму зарядного пристрою від коефіцієнту магнітного зв'язку між котушками індукторів зменшується в режимі автогенерації і при збільшенні постійної часу фазозсуваючого фільтру. Отримані характеристики можна розповсюдити на зарядні системи з індуктивними роз'їмами, де коефіцієнти зв'язку наближаються до значень, характерних для інтегрованих трансформаторів.

ЛІТЕРАТУРА

6. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций: Учебное пособие для вузов / В. М. Бушуев, В. А. Демянский, Л. Ф. Захаров и др. — М.: Горячая линия—Телеком, 2009. — 384 с.: ил.

7. Європейський патент EP1220438A2, Patricio Lagos Lehuede Variable frequency resonant inverter, Bulletin 2002/27, 03.07.2002.
8. Yungatek Yang, Milan M. Jovanovic "Constant-Frequency Resonant Inverter for AC-Dus Distribution System" 0-7803-8975-1/05/\$20.00 ©2005 IEEE.
9. S.Sanaulla Sunny, M.Abid Nayeemuddin "A Novel DC-AC Single Phase Resonant Inverter Using Soft Switching Boost Converter" IEEE Vol. 3, No.1, 2011.
10. R. Mecke and C. Rathge, "High frequency resonant inverter for contactless energy transmission over large air gap," 2004 IEEE 35th Annual Power Electronics Specialists Conference (IEEE Cat. No.04CH37551), 2004, pp. 1737-1743 Vol.3, doi: 10.1109/PESC.2004.1355378.

Characteristics of resonant inverter with self-generation for inductive charging

Gennadii Pavlov, Andrey Obruchov, Iryna Vinnichenko

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

Abstract. The work contains the results of experimental studies of the dependence of the operating frequency and output current on the coefficient of magnetic coupling between the coils of the inductors and on the frequencies of the filter poles in the feedback of the resonant inverter of the inductive charger. These studies provided useful information for further theoretical research. The experimental sample of the charger is powered by a 220V single-phase network, has a power of 250W and a nominal battery voltage of 12V.

Keywords: self-generation, inductive charger, resonant circuit, resonant converter, phase-shifting filter

УДК 681.5

ІНФОРМАЦІЙНИЙ КОМПЛЕКС ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ З БАГАТОРІВНЕВОЮ ПЕРЕДАЧОЮ ДАНИХ НА БАЗІ ОДНОПЛАТНОГО КОМП'ЮТЕРА

Роботко С.П.

магістр,

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

м. Миколаїв, Україна

robotkos@gmail.com

Анотація. Автором розроблено інформаційний комплекс передачі відео сигналу камери до віддаленого WEB інтерфейсу за допомогою одноплатного комп'ютера Raspberry PI Zero W. Основним застосуванням даних систем є такі сучасні рішення як: безпілотні дрони, різних видів робототехніки, стаціонарне відеоспостереження, та ін.

Ключові слова. Відеопередача, віддалене керування, робототехніка, відеокамера.

Завдяки розвитку компактних одноплатних рішень у сфері комп'ютеризованих систем ми маємо можливість будувати відносно дешеві й ефективні рішення для організації відео передачі. Також однією з основних переваг являється висока енергоефективність, що дозволяє