ПР – приймач; БФСО – блок формування сигналу освітленості; ПКС – пристрій керування світильниками; МПС – малопотужний світильник; БАК – блок аналізу кадру; БУО – блок управління освітленістю; ПУ – пульт управління; ПВІ – пристрій відображення інформації

Алгоритм функціонування системи освітлення полягає в аналізі кадру, визначенні оптимальної освітленості об'єкта зйомки за заданим критерієм якості зображення, виходячи з отриманих експериментально для використовуваної відеокамери критеріальних залежностей, і регулюванні освітленості шляхом зміни світлового потоку світильників з її контролем за допомогою датчика.

Висновок. Використання експериментальних характеристик при виборі відеокамери на стадії проектування та створення адаптивно-регульованої системи освітлення підвищить якість зображення та ефективність систем підводного відеоспостереження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Блінцов В.С. Концепція створення системи висвітлення підводної обстановки морської акваторії / В.С. Блінцов, Чан Там Дик. // Проблеми автоматики та електрообладнання транспортних засобів: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2009. – С. 49-51.

2. Блінцов В.С. Експериментальні дослідження відеосистеми телекерованого підводного апарата для захисту акваторій / В.С.Блінцов, О.В.Блінцов, Ю.І.Касьянов та ін. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, №6 (136), Ч.1. – Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля, 2009. – с. 313 – 316.

3. Касьянов Ю.І. Дослідження роздільної здатності відеокамери при зміні умов зйомки / Ю.І. Касьянов // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, №8 (179), Ч.1. – Луганськ: Видавництво СНУ ім. В.Даля, 2012. – с. 320 – 324.

Regarding ensuring image quality in underwater video surveillance systems

Kasianov Yurii Ivanovitch
Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

Abstract: The issue of image quality in underwater video surveillance systems was considered. Ways and means of quality improvement were identified. The structure of the adaptive lighting system and the study results of the lighting effect on the resolution of the underwater vehicle video camera are presented.

Keywords: video surveillance system, underwater vehicle, adaptive lighting, video camera, resolution.

УДК 621.314

ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ РЕЗОНАНСНОГО ІНВЕРТОРУ КЛАСУ Е

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

Анотація. Робота містить математичний опис процесів в силовій схемі однотактного резонансного інвертору класу Е і результати експериментів з його імітаційною моделлю в середовищі *Matlab-Simulink*. Показано спосіб побудови еквівалентної динамічної моделі

даного інвертора з періодично-нестаціонарними параметрами. Динамічна модель побудована на основі типових лінійних і нелінійних ланок.
Ключові слова: динамічна модель, резонансний інвертор класу Е, структурна модель

Резонансні перетворювачі класу Е походять від однойменних схем підсилювачів (теж класу Е). Існують підсилювачі A, B, C, D, E, F класів. Підсилювачі класу Е схожі з підсилювачами класу С тим, що активний елемент працює в ключовому режимі і навантаження містить коливальний контур [1, 2], завдяки якому формується синусоїдальний сигнал. Зменшуються комутаційні втрати і стає можливим підвищити робочу частоту. Ключ відкривається при нульовій напрузі і закривається при нульовому струмі. Інвертори класу Е можуть працювати на частотах в сотні КГц – десятки МГц. Вони застосовуються для живлення апаратури, ВЧ технологій, в якості високовольтних джерел [3, 4, 5]. Але є деякі особливості поведінки інверторів, що можуть ускладнити стійке регулювання вихідних величин. Це треба враховувати при проектуванні систем управління. Перша особливість – коливальна перехідна характеристика по огинаючій коливань. Друга особливість – нестаціонарність, або залежність перехідної характеристики від моменту часу подачі ступені вхідної величини.

Схема резонансного інвертора класу Е на рис.1 складається з первинного резонансного *LC*-контуру з активними опорами втрат r_1 і r_2, джерела напруги живлення u_1 і ключа. Керований ключ *S* періодично відкривається на протязі більшої частi періоду T_g за винятком напівперіоду вільних коливань $T_1/2$. Має малий опір $r_s = r_{sc}$, коли включається, і великий опір $r_s = r_{so}$, коли виключається. Діод *VD* проводить зворотній струм індуктивності *L* і має опір r_d. На виході інвертора формуються синусоїдальні напівхвилі напруги з амплітудою, яка перевищує напругу живлення в 2-15 разів. Навантаження Z_n може мати індуктивний або резонансний характер на робочій частоті $f_g = 1/T_g$.

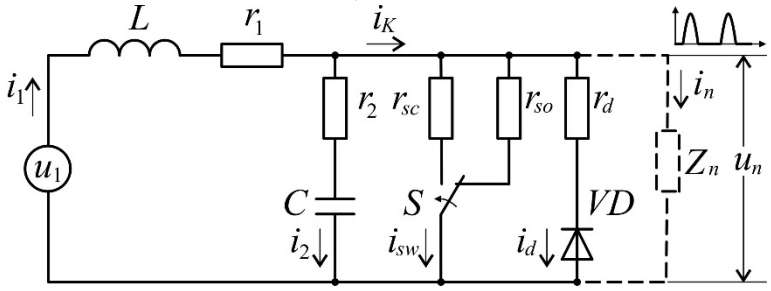

Рис.1. Схема однотактного резонансного інвертору класу Е

Схема на рис.1 описується інтегральними рівняннями:

$$i_1 = (1/L)\int_0^t [u_1 - u_n - i_1 r_1]dt + I_{L0},\ u_n = r_2(i_1 - i_K) + (1/C)\int_o^t (i_1 - i_K)dt + U_{C0}, \quad (1)$$

де: i_1, u_n – вихідні величини, u_1 – вхідна величина, i_k – струм ключа. Рівняння (1) в операторній формі: $i_1(s) = \left((1/L)(u_1(s) - u_n(s) - i_1(s)r_1) + I_{L0}\right)/s$,

$$u_n(s) = r_2(i_1(s) - i_K(s)) + \left((1/C)(i_1(s) - i_K(s)) + U_{C0}\right)/s, \quad (2)$$

де $i_k(s) = i_{sw}(s) + i_d(s) + i_n(s)$, $i_n(s) = u_n(s)/Z_n(s)$, $i_{sw}(s) = u_n(s)/r_{sc}$ (коли ключ відкрито) або $i_{sw}(s) = u_n(s)/r_{so}$ (коли ключ закрито), $i_d(s) = u_n(s)/r_d$ (коли $u_n \le -U_{VD_th}$) або $i_d(s) = u_n(s)/r_{drev}$ (коли $u_n > -U_{VD_th}$). З рівнянь (2) визначено

добротність контуру для $r_1 = r_2 = r$ $Q_P = \rho(r_s + r)/(\rho^2 + r^2 + 2rr_s)$, де $\rho = \sqrt{L/C}$ – хвильовий опір контуру, $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ – частота резонансу, $\omega_1 = \omega_0\sqrt{\left(1 - 1/4Q_p^2\right)}$ – частота вільних коливань.

На основі рівнянь (2) для нульових початкових умов створено *Simulink*-модель первинного резонансного контуру на рис.2. Параметри його елементів завдаються зовні, що дає змогу завдавати їх як змінні величини.

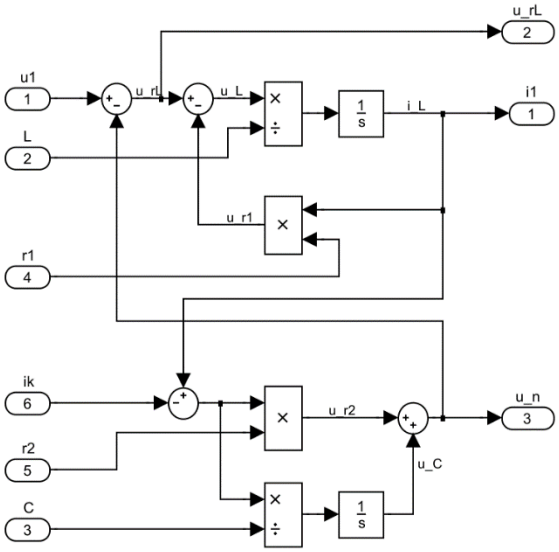

Рис.2. Схема моделі первинного резонансного контуру (блок *rLC-branch*)

На рис.3 показано *Simulink*-модель резонансного інвертору класу Е з активним навантаженням, яка містить модель резонансного контуру на рис.2 і відповідає схемі на рис.1. Керований ключ S представлено елементами T1 (генератор з періодом T_g=1с), Rr_min…Rk_max (завдає опори ключа r_{sc} або r_{so}), 1/Rk (подільник). Опір ключа при різних його станах дорівнює $r_k = r_{sc} \,||\, r_{drev}$ або $r_k = r_{so} \,||\, r_{drev}$ або $r_k = r_{so} \,||\, r_d$. Діод представлено елементами 1/Rd (прямий опір), inf…0 (ідеальна характеристика), Ud0 (порогова напруга). Навантаження представлено елементом 1/Rn. Опції моделювання наступні. Type: Variable-step, ode15s(stiff/NDF), Max step size=0.001s. Вихідний сигнал еквівалентної динамічної моделі (виділена прямокутником на рис.3 зверху) описується рівнянням

$$y_{out} = \sum_{k=0}^{\infty}\left(y_2(2kT_g) - y_2((2k+1)T_g)\right) + K_0, \qquad (3)$$

де $y_2 = u_{RS}\ell^{-1}\left(H_2(s)y_1(s)\right)$ – сигнал на виході інерційної ланки, $y_1 = \ell^{-1}\left(H_1(s)u_1(s)\right)$ – сигнал на виході диференційної ланки, K_0 – коефіцієнт передачі безінерційної ланки. Модель складається з формувача імпульсів, підсилювача K_0, інерційної ланки H2(s), інверсного елементу «-1», тактового генератора T2, перемикача Switch і суматора. Формувач імпульсів – це нестаціонарна ланка, яка змінює коефіцієнт передачі відповідно до струму ключа. Містить елементи Repeating Sequence (джерело пилоподібного сигналу u_{RS}), H1(s) (диференційна ланка з малою постійною часу), Mul2 (множник-модулятор).

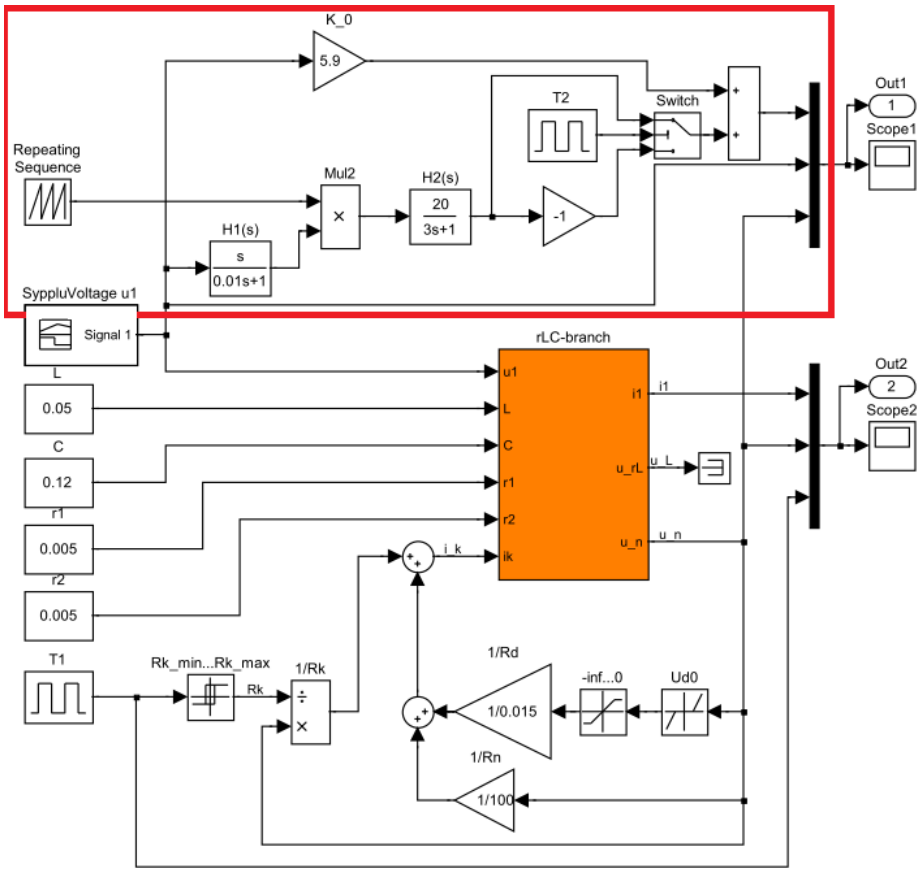

Рис.3. Схема структурної *Simulink*-моделі інвертора класу E (зверху виділено еквівалентну динамічну модель інвертору для огинаючої коливань)

Коливальний контур має індуктивність L=0.05Гн і ємність C=0.12Ф, резонансну частоту біля 2Гц. Напруга живлення змінюється в межах u_1=1-2.5В. Робоча частота f_g=1Гц. Це умовні значення, які для реального резонансного перетворювача масштабуватимуться.

Експериментальні графіки змодельованих процесів показано на рис.4, де позначено споживаний струм i_1 (А) (його середнє значення відповідає споживаній енергії), напругу навантаження u_n (В), змінний опір ключа R_{sw} (ком).

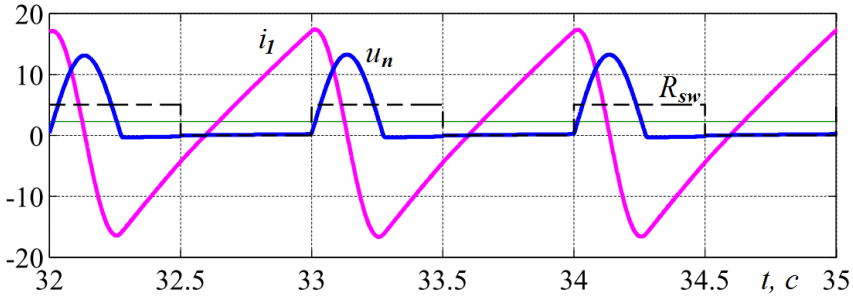

Рис.4. Графіки процесів в резонансному інверторі класу E

На рис.5 показані процеси інвертора в динаміці, коли напруга живлення u_1 змінюється стрибкоподібно і монотонно при постійній робочій частоті.

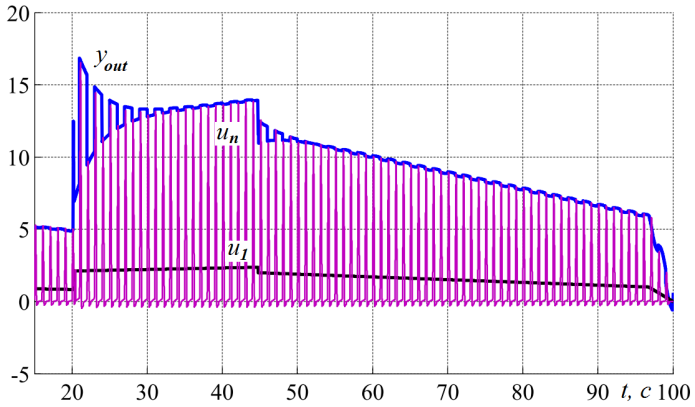

Рис.5. Графіки напруги навантаження інвертора u_n і сигналу на виході еквівалентної динамічної моделі y_{out} при зміні напруги живлення u_1

Амплітуда імпульсів напруги на ключі (напруга навантаження) змінюється від імпульсу до імпульсу за законом огинаючої лінії, близько до якої проходить графік вихідного сигналу еквівалентної динамічної моделі y_{out}. Як видно з графіків, при різких змінах напруги живлення спостерігаються затухаючі коливання огинаючої з частотою, вдвічі меншою за робочу частоту комутації. Величина коливань огинаючої залежить від моменту часу приросту напруги живлення відносно циклу комутації. Дисбаланс амплітуд сусідніх імпульсів викликається різким стрибком напруги живлення і приростом енергії індуктивності в одному циклі, що викликає зменшення енергії в наступному циклі, потім розбаланс енергій поступово вирівнюється за декілька циклів.

Висновки. Згідно з запропонованим підходом до побудови моделі вдалося створити еквівалентну динамічну модель резонансного інвертора класу Е, простішу за його структурну модель, що дозволяє в перспективі спростити моделювання складних динамічних систем електроживлення з даним інвертором.

ЛІТЕРАТУРА

1. N.O. Sokal and A.D. Sokal, “Class E, a new class of high-efficiency tuned single-ended switching power amplifiers,” IEEE Journal Solid-State Circuits, vol. SC-10, pp. 168-176, June 1975.

2. José A. García, Zoya Popović, “Class-E rectifiers and power converters: the operation of the class-E topology as a power amplifier and a rectifier with very high conversion efficiencies”, IEEE Microwave Magazine, 2018, 19(5), 67-78

3. R. Redl, B. Molnár, and N.O. Sokal, “Class E resonant regulated dc/dc power converters: analysis of operations, and experimental results at 1.5 MHz,” IEEE Trans. Power Electron., vol. PE-1, pp. 111-120, April 1986.

4. Harada, Koosuke and Wen-Jian Gu. “Steady state analysis of Class E resonant DC-DC converter regulated under fixed switching frequency.” PESC '88 Record., 19th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference (1988): 3-8 vol.1.

5. Yeon, J. -E., Cho, K. -M., & Kim, H.-J. (2015). A 3.6kW single-ended resonant inverter for induction heating applications. Proc. of *17th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'15 ECCE-Europe)*, 1-7, doi: 10.1109/EPE.2015.7309110. https://ieeexplore.ieee.org/document/7309110

Dynamic model of a class e resonant inverter

Obrubov Andrii
Department of Ship Power Systems, Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayiv, Ukraine

Abstract. The work contains a mathematical description of the processes in the power circuit of a class E single-cycle resonant inverter and the results of experiments with its simulation model in the Matlab-Simulink environment. The method of constructing an equivalent dynamic model of this inverter with periodically non-stationary parameters is shown. The dynamic model is built on the basis of typical linear and non-linear links.

Keywords: dynamic model, resonance inverter of class E, structural model

УДК 551.46:629.12

ВИКОРИСТАННЯ ТАБЛИЦЬ СТАНУ ПРИ ПОБУДОВІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ З RISC МІКРОКОНТРОЛЕРОМ

Ольшевський С.І.
ст. викладач кафедри автоматики
Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна
sergo70966@gmail.com
Савченко О.В.
завідувач лабораторіями кафедри автоматики
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна
savchenko1984@gmail.com
Петров В.В.
студент
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна
barbarossa1398@gmail.com

Анотація. Проаналізовано вимоги для побудови електропривода дослідної моделі. Порівняні вимоги до програмного забезпечення мікроконтролера з точки зору його адаптації при зміні параметрів моделі. Отримані результати можна використовувати при проектуванні електромеханічної частини привода.

Ключові слова: дослідна модель; електропривод; таблиця стану.

Вступ. Дослідна модель призначена для проведення експериментальних досліджень з гідробіоничним рушієм. Цей рушій дозволяє забезпечити як тягу так і маневреність [1-3]. Кінематика виготовленої моделі розглянута в [6].

Метою роботи є відпрацювання алгоритмів керування електроприводом в умовах недостатньо повної інформації про стан об’єкту керування.

Основна частина. З використанням пакета Компас був проведений розрахунок геометричних параметрів рушія моделі і визначені характерні точки положення зануреної частини рушія с прив’язкою к положенню вихідного валу редуктора електродвигуна привода. Визначено шість