



## ANALYSIS AND DESIGN OF CONTACTLESS TRANSMISSION ELECTRICAL ENERGY AND INFORMATION SIGNALS BY MULTIPLEXING THE FREQUENCY

Nikolay Madzharov, Lyudmil Petkov\*

Technical University of Gabrovo, 5300 Gabrovo, Bulgaria

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 10 October 2018

Accepted 22 November 2018

#### Keywords:

Contactless Systems, Frequency Multiplexing, Information Signals, Control Signals, Wireless Power Transfer

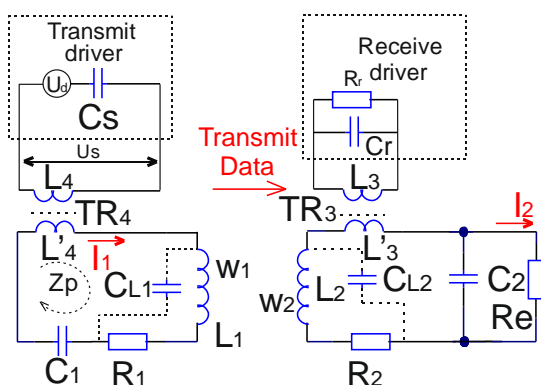
### ABSTRACT

In non-contact energy transmission systems, actual heading is the parallel bidirectional communication between the transmitting and the receiving side using the same inductive coupling. This removes the additional modules for transmitting information and control signals and improves the technical and performance characteristics of the wireless power transfer systems. This report presents the results of the frequency multiplexing method analysis, and for high frequency modulation are used MOSFET transistors. A computer simulation of the developed system was carried out and the effect of the value of the transmitted power on the bidirectional transmission of control and information signals was determined.

© 2018 Journal of the Technical University of Gabrovo. All rights reserved.

### ВЪВЕДЕНИЕ

През последните години все повече се работи по проблемите свързани с двупосочното предаване на информационни сигнали при безжичен трансфер на енергия [8]. За намаляване на обема и подобряване на техническите показатели се използват индуктивни предаватели, които използват една и съща индуктивна връзка за трансфер на енергия и двупосочен трансфер на данни. Един от начините за предаване на енергия до няколко kW и данни до 500 kBit/s е индуктивният метод с мултиплексиране на честотите [7]. При него честотата за предаване на енергия е от порядъка на десетки килохерца, а честотата за трансфер на данни е от порядъка на мегахерци, за да се сведе до минимум влиянието на едната честота в другата.



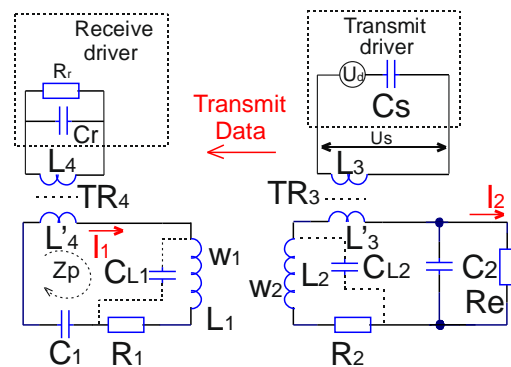
Фиг.1. Еквивалентна схема при предаване на цифрови сигнали от предавателя към приемника на енергия

Върху трансфера на енергия работят редица фирми и научни колективи и подробна информация относно

конфигурацията на електромагнитната система, нейното проектиране и анализ е представено в редица публикации [4-8].

### ИЗЛОЖЕНИЕ

В настоящия доклад, са разгледани някои проблеми, свързани с влиянието на стойността на трансферираната мощност върху еднозначното предаването на информационни и управляващи сигнали.



Фиг.2. Еквивалентна схема на предаване на цифрови сигнали от приемника към предавателя на енергия

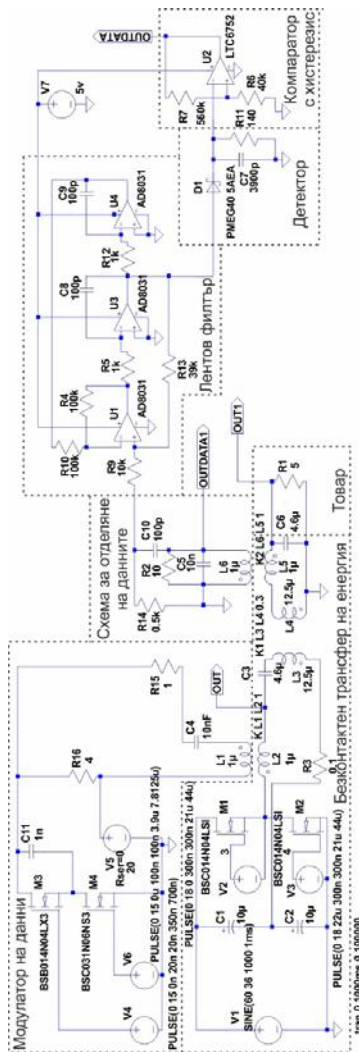
На фиг. 1 и фиг. 2 са представени еквивалентните схеми за трансфер на енергия и цифрови сигнали от предавателя към приемника на енергия – фиг. 1 и в обратна посока – фиг. 2. Предавателният драйвер е съставен от високочестотен генератор с напрежение  $U_d$  с кръгова честота  $\omega d$ . Чрез трансформатора TR4 се извършва мултиплексиране на данните и честотата за предаване на енергия при трансфер на данни от предава-

\* Corresponding author. E-mail: ludmil\_p@abv.bg

теля към приемника на енергия, а чрез TR3 в обратна посока. Еквивалентната индуктивност L4 с кондензатора Cs и индуктивността L3 с кондензатора Cг образуват резонансен кръг с кръгова честота  $\omega_d$ . По този начин каналът за приемане на данни работи като тесен линейен филтър, с което се свежда до минимум влиянието на канала за предаване на енергия.

$$\omega_d = 2\pi f_d = \quad (1)$$

За компютърна симулация на схемата за трансфер на енергия и двупосочен трансфер на информационни сигнали е използвана програма LTspice XVII. Анализиранията схема е представена на фиг. 3. Тя се състои от: честотен инвертор [1, 2, 3, 5] за трансфер на енергия (U1, C1, C2, U2, M1, U3, M2, C3, L3, R3, L4, R5, C6) и схема за модулиране на цифровите данни (U4, U5, U6, M3, M4, C4, C11, R15, R16, L1, L2), която осигурява генериране на единици и нули в съответствие с предаваната информация. При предаване на единица в еквивалентната схема участват високочестотният генератор (ВЧГ) с честота 1,428 MHz, схемата за селектиране на данните (L5, L6, C5, R2), лентов филтър настроен на честотата на ВЧГ (C10, R14, R9, R10, R4, R5, R13, R12, C8, C9, IS1, IS2, IS3, U6) [9]; схема за формиране на данните (D1, C7, R11, R7, R6, IS4)[9].



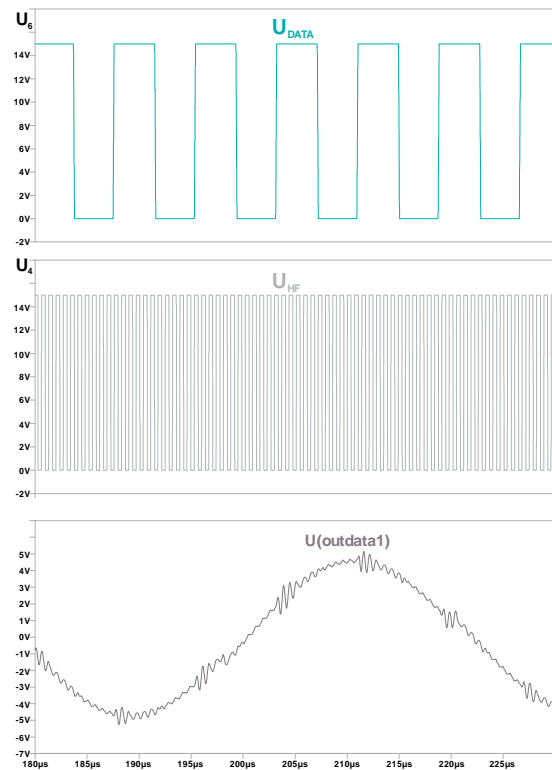
Фиг. 3. Схема използвана за компютърна симулация с програмата LTspice XVII

В таблица 1 са представени основните параметри, използвани за симулиране на трансфер на енергия и двупосочно предаване на данни.

Таблица 1. Стойности и параметри на модулите за предаване и приемане на данни

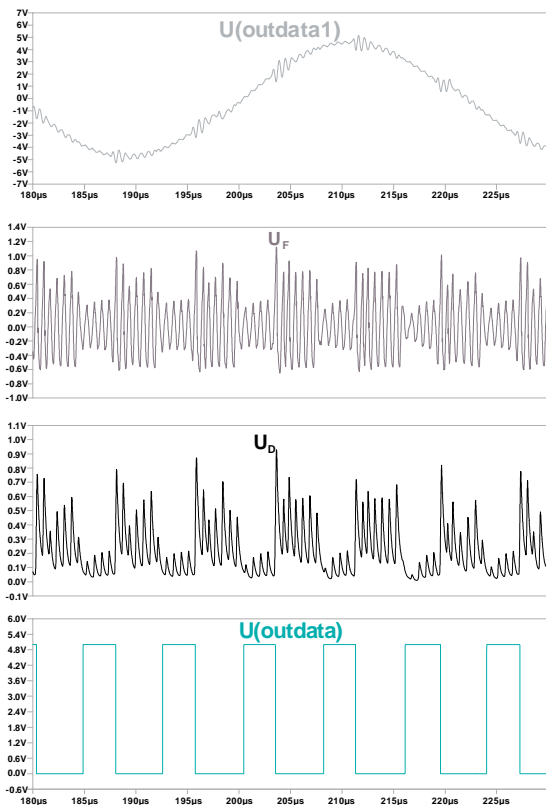
Елемент	Стойност
U1	(24 – 50) V DC
U2,U3	18V / 22,727KHz
U4	15V / 1428,571KHz
U5	20V DC
U6	15V / 128KHz
U7	5V DC
C4, C5	10nF
L1, L2, L5, L6	1 $\mu$ H
C3,C6	4,6 $\mu$ F
L3, L4	12,5 $\mu$ H

Резултатите от симулацията са обобщени на фиг.4 до фиг.6. На фиг. 4 са представени предаваните данни  $U_{DATA}$ , високата честота  $U_F$ , с която се модулират данните, при предаване на бит със стойност 1, и отделената мултиплексирана честотата  $U_{(outdata1)}$ , съставена от честотата за пренос на енергия и тази за трансфер на данни при предаването им, от предавателя към приемника на енергия. На тази графика данните са представени като поредица от единици и нули, и се дефинират от U6. С U4 се задава източника на ВЧ напрежение с честота 1428 kHz, а с U(outdata1) отделената мултиплексирана честота.

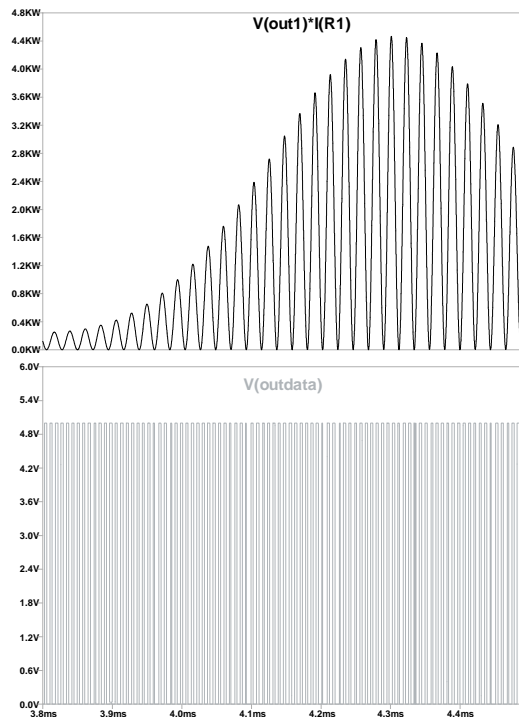


Фиг. 4. Напрежение за предаване на данни -  $U_{DATA}$ , високочестотно напрежение използвано за предаване на данни UHF и мултиплексираната честота  $U_{(outdata1)}$

На следващата фиг. 5 е представено напрежението на входа на лентовия филтър  $U_{(outdata1)}$ , напрежението на изхода на лентовия филтър UF и на входа на детектора, напрежението на изхода на детектора UD и входа на компаратора с хистерезис и напрежението на изхода на компаратора  $U_{(outdata)}$ , което отговаря на предаваните данни.



Фиг. 5. Напрежението на входа на лентовия филтър  $U(\text{outdata1})$ , напрежението на изхода на лентовия филтър  $U_F$ , напрежението на изхода на детектора  $U_D$  и напрежението на изхода на компаратора  $U(\text{outdata})$



Фиг. 6. Влияние на предаваната мощност към товара, върху достоверността на получените на изхода на компаратора  $U(\text{outdata})$  данни

На фиг. 6 е представено влиянието на предаваната енергия върху трансфера на данни. При използваната мощност за предаване на данни от порядъка на 60W и прехвърлена мощност на товара от 300W до 4400W, от приложения анализ се вижда, че при мощност върху товара по-голяма от 1200W, започват да се появяват грешки в предаваните данни. Според изискването за

броя на предаваните грешни байтове, може да се използват различни методи за коригиране на приетите данни. От направената симулация може да се направи извода, че при съотношение на предаваната мощност за трансфер на данни, по-малко от 20 (1200/60), предаването на данни се извършва без грешка. При повишаване на това съотношение, се наблюдава увеличаване на предаваните грешки, и е наложително използването на методи за коригирането им [4]. За промяна на съотношението между мощността за трансфер на енергия и за предаване на данни, като се запазва достоверността на данните е необходимо да се промени преводното отношение на трансформаторите  $TR_3$  и  $TR_4$ , които мултипликират данните към напрежението за трансфер на енергия в предавателната страна и съответно го отделя в приемната. Друг метод за промяна на съотношението е използването при предаване на данни на коригиращи кодове или откриващи кодове. По този начин се осигурява възможност в приемната страна да се открие грешката при приемане и да се коригира.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направената симулация може да се обобщи, че при отношение между мощността предадена към товара енергия, и мощността за предаване на данни, по-малко от 20, се извършва трансфер на данните без грешки в идентификацията. При увеличаване на това отношение, се появяват грешки, които нараства с увеличаване на предаваната към товара мощност.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Kraev G., Hinov, N., Arnaudov, D., Rangelov, N., Gilev, B., Serial ZVS DC-DC converter for supercapacitor charging, 19th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies, SIELA 2016; Bourgas; Bulgaria; DOI: 10.1109/SIELA.2016.7543018.
- [2] Kraev G., Hinov, N., Gradinarov, N., Arnaudov, D., Study of parallel single transistor ZVS resonant inverter with direct settle of steady mode, International Exhibition and Conference for Power Electronics, Intelligent Motion, Renewable Energy and Energy Management, PCIM Europe 2013; Nuremberg; Germany; 14 May 2013 through 16 May 2013, p.1102-1109.
- [3] Van den Bossche A., V. C. Valchev, D. Van de Sype, Lode P. Vandenbossche, 'Ferrite Losses of cores with square wave voltage and DC bias', Journal of Applied Physics, USA, Vol. 99, Issue 8, 15 April 2006, ISSN 0021-8979.
- [4] Daskalova Hr. On the choice of wireless data transmission systems. T. Atanasova (Editor), Compendium "Modeling and Management of Information Processes", Sofia, 2009, ISBN: 978-954-9332-55-1, pp. 18-29.
- [5] Covic G. A., Boys J. T., "Inductive Power Transfer", Proceedings of the IEEE, vol.101, no.6, pp.1276-1289, 2013.
- [6] Harakawa Kenichi (2014), "Wireless power transmission at rotating and sliding elements by using the capacitive coupling technology". 2014 ANSYS Electronic Simulation Expo October 9–10, Tokyo. ExH Corporation.
- [7] Madawala U. K., J. Stichbury, and S. Walker, "Contactless power transfer with two-way communication", in proc. IEEE Conf. Ind. Electron., Busan, Korea, Nov.2004, pp. 3071-3075.
- [8] Choi W. P., W. C. Ho, X. Liu, and S. Y. R. Hui, "Bidirectional communication techniques for wireless battery charging systems & portable consumer electronics", in proc. IEEE Conf. Applied Power Electron., Palm Springs, CA, 2010, pp. 2251-2257.
- [9] Clayton G., Bruce Newby, "Operational amplifiers", Technique, Sofia, Bulgaria, 1997.