

**ПРАКТИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА МЕТОДА С  
МУЛТИПЛЕКСИРАНЕ НА ЧЕСТОТИТЕ ЗА ЕДНОВРЕМЕННО  
БЕЗКОНТАКТНО ПРЕДАВАНЕ НА ЕНЕРГИЯ И ИНФОРМАЦИОННИ  
СИГНАЛИ ПРЕЗ ОБЩА ИНДУКТИВНА ВРЪЗКА**

**инж. Людмил Петков**  
*Технически университет - Габрово*

**PRACTICAL INVESTIGATIONS OF THE FREQUENCY MULTIPLEXING  
METHOD OF SIMULTANEOUS CONTACTLESS TRANSMISSION OF  
ENERGY AND INFORMATION SIGNALS THROUGH COMMON  
INDUCTIVE LINK**

**Lyudmil Petkov**  
*Technical university of Gabrovo*

**Abstract**

*Wireless energy transfers and bidirectional transmission of information and control signals using the same inductive connection has been a hot topic of research in recent years. Depending on the transmitted power and the required rate of exchange of information and control signals, different methods are used to fulfill these requirements. Frequency multiplexing was required to transfer energy from several kilowatts and transfer rates up to 1Mbit / s. In this report, based on a laboratory model developed, experimental studies have been performed on the effect of the power sinusoid fill factor on data transmission.*

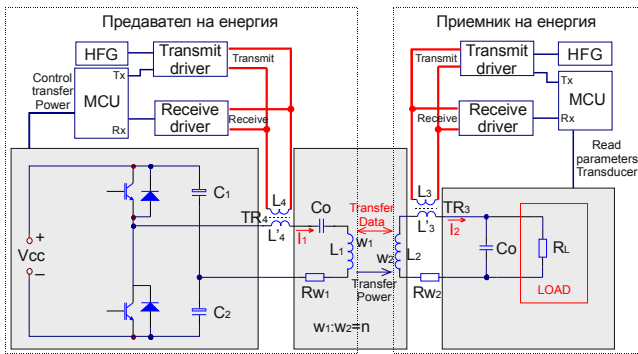
**Keywords:** Wireless energy Transfer, Frequency Multiplexing, Information Signals, Signal Controls.

**ВЪВЕДЕНИЕ**

Съществуват различни методи и схемотехнични решения за реализиране на едновременния трансфер на енергия и управляващи сигнали използвайки обща индуктивна връзка [4, 7, 8, 11, 12]. В зависимост от трансферираната енергия и скоростта и обема на предаваната информация се използват различни методи. За предаване на мощност до 100W и данни до няколко kbit/s се използва метода с последователен трансфер на енергия и данни. Методът използва промяна на честотата на инвертора за предаване на данни към приемника на енергия и товарното съпротивление на приемникът за предаване на данни към предавателя на енергия е подходящ за използване при мощности до около 500W и скорост на данните няколко kbit/s. При тези два метода основен недостатък е отнемане от опти-

малната точка на работа на инвертора, което намалява ефективността му, и поради това се използва за предаване на ниски мощности.

За трансфер на енергия от порядъка на няколко киловата и скорост на данните до 1Mbit/s е подходящ да се използва методът с мултиплексиране на честотите. При този метод се използва честота от порядъка на десетки килохерца за трансфер на енергия, и висока честота от порядъка на MHz за предаване на данни. Блоквата схема е представена на фиг.1. Честотния инвертор на енергия работи на честота от порядъка на няколко десетки килохерца. В зависимост от скоростта на предаваните данни, честотата за трансфер на данни може да бъде от няколко стотин килохерца до няколко мегахерца.



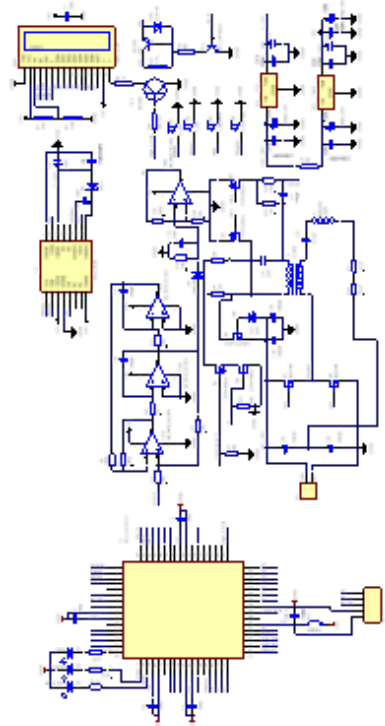
**Фиг.1.** Блокова схема за индуктивно предаване на енергия и двупосочно предаване на управляващи сигнали чрез мултиплексиране на честотите

Предавателят и приемникът съдържат Transmit и Receive driver – схеми които осигуряват съгласуване на входно-изходните вериги на микропроцесора с тези на веригите, към които е свързан. Чрез тях се осъществява предаване и приемане на данните. Комуникацията се извършва от микроконтролери MCU, които на базата на получените команди и измерените данни, осъществяват управление и връщат съответните информационни сигнали и данни. За предаването на данните се използва високочестотен генератор HFG, чрез който се модулира напрежението при наличие на 1 в предаваните данни. Мултиплексирането на данните и предаваната енергия се осъществява чрез трансформаторите TR<sub>3</sub> и TR<sub>4</sub>.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

В настоящия доклад, са изложени експериментални резултата, за влиянието на коефициента на запълване на силовата синусоида върху предаването на информационни и управляващи сигнали. За целта беше разработени лабораторни макети на предавател и приемник на енергия. Схемата на предавателя на енергия е представена на Фиг.2. Високочестотния генератор в случая се явява самият микроконтролер U1 – PIC16F19197, който на изход CLOCKOUT генерира честота 1MHz. На изход Tx се получават управляващите и информационни сигнали. Transmit driver е реализиран с Q1, Q2, Q4, Q6, VT2, VD1, VZ1, R11, R16, R19, R20, R21, R22 и C14. C14 заедно с намотката на T1 образуват трептящ кръг настроен на високата честота. Receive driver е реализиран с Q3, Q5, U3, U4, D5, R6, R7,

R9, R12, R13, R14, R15, R17, R18, R23, R24, C10, C11, C12, C21 [9]. Той е съставен от нискочестотен, високочестотен и лентов филтър, които формират заграждащ филтър настроен на високата честотата използвана за предаването на данните 1MHz. От филтъра сигнала постъпва на диоден детектор който съдържа диод, кондензатор и резистор и широко се използва при демодулация на сигнала заради ниските си разходи и лесно изпълнение. Управлението на честотния инвертор [1, 2, 3, 5, 6, 10] се извършва от микроконтролера U1. U2 е драйвер за управление на транзисторите на честотния инвертор и осигуряване на

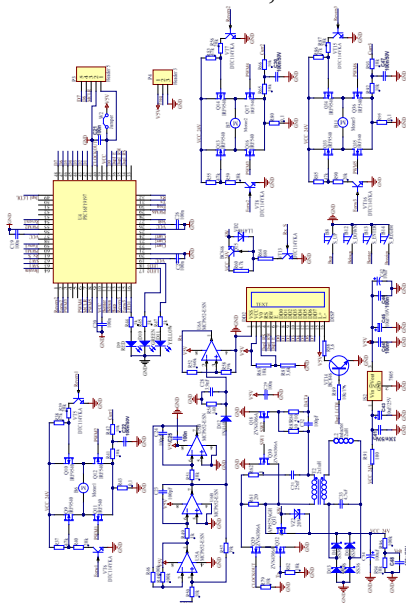


**Фиг.2.** Схема за предаване на енергия и двупосочно предаване на управляващи и информационни сигнали

гальванично разделяне. Инверторът е реализиран от Q7, Q8, R26, R27, L1, T1, C18, C19, C20, C22, C28. за избор на команди и конфигуриране, се използват бутони B1, B2, B3 и B4, а за визуализиране на командите и получените данни е предвиден буквено-цифров LCD дисплей DD1. за осигуряване на необходимите захранвания се използват линейни стабилизатори на напрежение реализирани с IS1, IS2, R25, C13, C15, C16, C17, C23, C24, C25, C26, C27, C29.

Схемата за приемане на енергията и приемане и предаване на данни е предста-

вена на Фиг.3. Тя е предвидена за захранване и управление на 3 постоянно токови двигателя. При нея отново е използван микроконтролер PIC16F19197, който генерира висока честота 1 MHz, приема и предава информационни и управляващи сигнали, управлява посоката, скоростта и измерва напрежението и тока на съответния постояннотоков двигател. Двигателите са включени в мостова схема,

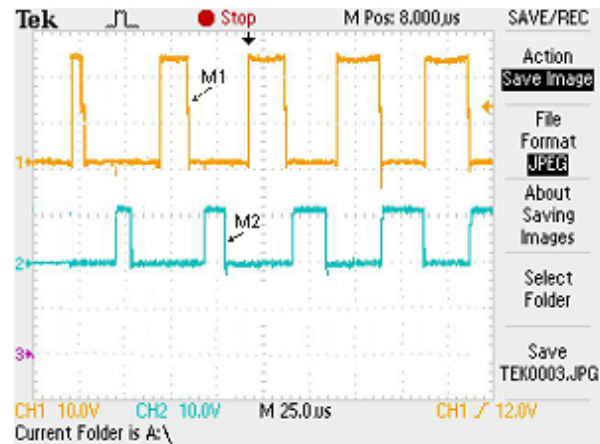


Фиг.3. Схема за приемане на енергия и двупосочно предаване на управляващи и информационни сигнали

като два от транзисторите Q9, Q10 се определя посоката на въртене, а с другите два Q11, Q12 се определя скоростта на въртене. За измерване тока на двигателя е предвиден резистор R43. Приемането на енергия се извършва от L2, T2, R33. Изправянето на напрежението се осъществява от Грец схема реализирана с D13, D14, D15 и D16. C34 е филтров кондензатор, а с делителя R94, R96 и C48 се осъществява измерване на приетото и изправено напрежение. Transmit driver е реализиран с Q15, Q29, Q31, Q32, VT13, VD2, VZ2, R60, R61, R62, R64, R79, R82, C31 и T2. Тук отново е изпълнено условието, че трептящия кръг образуван от T2 и C31 е настроен на високата честота 1MHz. Receive driver е изпълнен от U5, U6, Q30, Q18, D12, R46, R48, R49, R50, R51, R52, R54, R57, R58, R83, R84, C23, C24, C28, C32. За управление са предвидени бутони B8, B12, B13, B14, а за визуализация буквено-цифров LCD дисплей. За захранване е използван

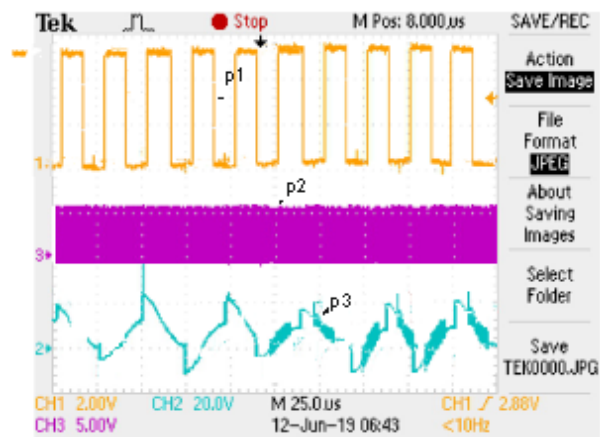
линеен стабилизатор IS2, R91, C41, C42, C43, C44, C45, C46.

За извършване на експерименталните изследвания е разработена програма, която извършва промяна в коефициента на запълване в управлението на транзисторите на инвертора Q7 и Q8, като се започва от малък коефициента на запълване 10% и се стига до 49%. Изменението е показано на фиг.4. На нея са показани измененията на



Фиг.4. Управляващи импулси M1 и M2 на транзисторите Q7 и Q8 на инвертора

управляващите импулси на двата транзистора на инвертора. При коефициент под 25% нямаме предаване на данни, както се вижда от Фиг.5.



Фиг.5. Предавани данни – p1, висока честота за предаване на данните p2, мултиплексирани сигнал - p3

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направените изследвания и експерименти, можем да заключим, че предаването на данни зависи от коефициента на запълване на управляващите импулси на транзисторите, на честотния инвертор. Този кое-

фициент определя предаваната мощност към безконтактния приемник на енергия, от което следва, че с този метод с мултиплексиране на честотите не може да се използва за предаване на малка мощност с коефициент на запълване на управляващите импулси под 25%, поради невъзможността от трансфер на данни.

## REFERENCE

- [1] Kraev, G., Hinov, N., Arnaudov, D., Rangelov, N., Gilev, B., Serial ZVS DC-DC converter for super capacitor 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, Pages 1102-1109
- [3] Van den Bossche A., V. C. Valchev, D. Van de Sype, Lode P. Vandebossche, '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] Hr.Daskalova. On the choice of wireless data transmission systems. T. Atanasova (Editor), Compendium "Modeling and Management of Information Processes", Sofia, Bulgaria, 2009, Sofia, 2009, ISBN: 978-954-9332-55-1, pp. 18-29.
- [5] G. A. Covic and J. T. Boys, "Inductive Power Transfer", Proceedings of the IEEE, vol. 101, no. 6, pp. 1276-1289, June 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, 2014, Tokyo. ExH Corporation.
- [7] U. K. Madawala, 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] W. P. Choi, 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] George Clayton and Bruce Newby, "Operational amplifiers", Technique, Sofia, Bulgaria, 1997.
- [10] Nedyalkov I., Arnaudov D., Hinov N., "Modelling of a Bi-Directional Converter from a Power Supplying System With Application", PCIM Europe 2018; International Exhibition and Conference for Power Electronics, Intelligent Motion, Renewable Energy and Energy Management.
- [11] Madzharov N., Petkov L., Kogias P., Karakoulidis K., "Contactless transmission of power and control signals by multiplexing the frequency", 2018 IEEE XXVII International Scientific Conference Electronics, Pages 1- 4.
- [12] Madzharov N., Ilarionov R., Petkov V., Petkov L., "Inductive Power Transfer Systems for Rotating Applications", PCIM Europe 2018; International Exhibition and Conference for Power Electronics, Intelligent Motion, Renewable Energy and Energy Management, Nuremberg, Germany.