

СИМУЛАЦИЯ НА ФИЛТЪР ЗА МНОГОФАЗНО-ТОКОВ СЕНЗОР С ВГРАДЕНА КОМПЕНСАЦИЯ НА ШУМА ЗА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА

Ивайло Стоянов¹, Теодор Илиев², Григор Михайлов³

¹Русенски университет „Ангел Кънчев“, катедра Електроснабдяване и електрообзавеждане

²Русенски университет „Ангел Кънчев“, катедра Телекомуникации

³Висше училище по телекомуникации и пощи, катедра Телекомуникации

FILTER SIMULATION FOR MULTI-PHASE CURRENT SENSOR WITH INTEGRATED NOISE COMPENSATION FOR ELECTRIC VEHICLES

Ivaylo Stoyanov¹, Teodor Iliev², Grigor Mihaylov³

¹ University of Ruse, Department of Electrical Power Engineering, Ruse, Bulgaria

² University of Ruse, Department of Telecommunication, Ruse, Bulgaria

³ University of Telecommunications and Post, Department of Telecommunication, Sofia, Bulgaria

Abstract

In modern power electronic systems high switching frequencies are implemented to increase the power of density, but electromagnetic compatibility (EMC) filtering components are responsible for a large number to the occupation of the power system. In a world where space gets expensive, the volumetric reduction of the components in EMC filters are of great importance, aiming for reduced dimensions. In order for an item of electronics equipment to pass its testing and gain its EMC compliance, it is necessary to incorporate various elements into the design. The main goal of the paper is to design a simulation of filter up to 5 kHz to meet the requirements of electromagnetic compatibility and EMC harmonics through which, the current sensor of the EMC has a lower measurement mistake.

Keywords: electric cars, electromagnetic compatibility, electromagnetic interference, emc filters.

ВЪВЕДЕНИЕ

През последното десетилетие се наблюдава бързо нарастване на информационните системи от всякакъв вид и намаляване на полезните нива на сигнала, като същевременно се увеличи броят и мощността на различните електрически съоръжения, които могат да генерират високи нива на смущения. Ако не бъдат предприети необходимите мерки, проблемът с електромагнитната съвместимост (ЕМС) може да се влоши в бъдеще [1].

В допълнение, смущенията в работата на електронните устройства могат да бъдат причинени от мощни радиопредаватели или

източници на сигнал в непосредствена близост (като телекомуникационните устройства). [2]

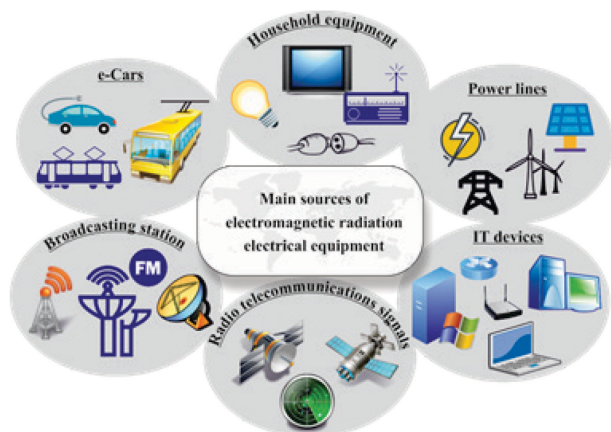
Примери за въздействието на ЕМС параметри върху безопасността на електронно оборудване са:

- Пълен срив и откази на системите за управление на технологични производствени процеси;
- Отказ на системи за електронно управление и контрол на транспорта поради външно електромагнитно излъчване и електромагнитна несъвместимост на бордовите елементи;

- Отказ на системите за насочване и кацане на самолета и др.

Неспазването на изискванията за EMC за медицинско оборудване за диагностика и поддържане на човешкия живот, като сърдечен пейсмейкър или хемодиализа и др., също е много опасно.

Фиг. 1 показва възможните източници на електромагнитни смущения.



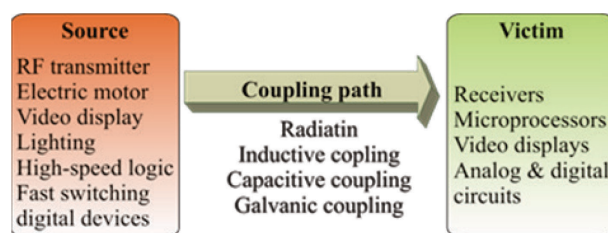
Фиг. 1. Възможни източници на електромагнитни смущения

Както много други електронни устройства, електрическите превозни средства имат и един специфичен проблем по време на функционалността, което е високото ниво на хармонични и честотна несъвместимост в цялата система. Въпреки това, благодарение на технологичния напредък от последните години, филтрите са предназначени да намалят нивото на хармоници и да постигнат добра електромагнитна съвместимост (EMC).

Целта на доклада е да се разработи нов тип токов сензор, който е оптимално адаптиран към специалните изисквания на електрическата мобилност. Основното сред тях е много малка грешка в измерването и висока EMC. Чрез използването на нови алгоритми, комбинирани с едновременното измерване на токовете в проводниците за захранване, измерването на тока да се направи точно и по-ефективни. [1]

Има голям процент електронни устройства, използвани в нашия живот, като мобилни телефони, AV устройства, персонални компютри, копирни машини и факс машини. Ако EMC мерките са напълно пренебрегвани в развитието на устройство, про-

блеми с EMC ще се появят в почти всеки случай, както е показано на Фиг. 2 [3, 4]



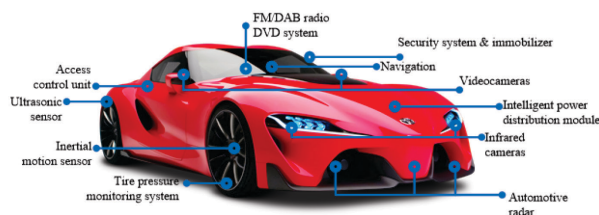
Фиг. 2. Основен EMC модел

- *Източник* на електромагнитния шум може да бъде всяка верига, която работи с променлив ток;
- *Път*, където шумовата енергия генерира между източника и приемника (жертвата);
- *Жертва*, където се измерва шумът или когато смущенията (шумове) могат да повлияят върху правилното функциониране на самата верига или други устройства около нея.

Други електромагнитни източници са GSM или Wi-Fi мрежи [5]. Получените резултати показват, че по време на процеса на комуникация има повишено ниво на интензитет на електромагнитното поле. Електромагнитното излъчване на 4G е два пъти по-голяма от 3G и до 5 пъти повече от Wi-Fi мрежите.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Тъй като новите превозни средства са оборудвани с все повече електронни устройства, така че нуждите на EMC се увеличават. В новите автомобили има много електронни блокове за управление и сензори, които са източници на електромагнитно поле (ЕМП), както е показано на Фиг. 4 [5].



Фиг. 3. Електронни системи на новите автомобили

Всички нови превозни средства имат устройства и сензори за безопасност, навигационно устройство, мултимедиен център, управляващ модул, индикатор за разстояние, безжична камера за задно виждане и др. В днешно време милиони шофьори носят мобилни устройства, които имат Глобалната система за позициониране (GPS) и имат достъп до данни. Превозните средства споделят своите данни за сензорите и текущото си положение с други превозни средства. От друга страна, новите автомобили могат да получават данни от пътното платно, което може да намали вероятността от инциденти и да подобри мобилността (напр. намаляване на закъсненията). [6]

Може да се обобщи, че основният източник на ЕМП е електрическото табло. Други източници на електромагнитните смущения са относително високите токове и индуктивното зареждане на батериите, използвани в електрическите автомобили. Това се отнася основно за електрическите автомобили с тяхната допълнителна енергия за инверторите и електродвигателите [4]. Независимо дали новите автомобили са хибридни или изцяло електрически, те са оборудвани с толкова много електронни системи, които далеч надхвърлят стойностите, познати от двигателите с вътрешно горене в отношенията на количеството и техническата спецификация. В допълнение към все по-сложните системи за безопасност, системи за комфорт и комуникация, използването на електронни системи изисква системи за задвижване на превозните средства, за да се включат електрически двигатели, батерии или горивни клетки, инвертор и др. Така, първият приоритет при конструирането на такива електронни автомобили е да се гарантира, че специфичните електронни системи, поставени в ограничени пространства, не причиняват взаимни смущения. [2, 4]

Филтрирането може да се използва като основно средство за намаляване на смущенията, създадени в източници на захранване, и процесите на превключване на постоянни и променливите токове на радио оборудването.

Използваните за тези цели филтри за потискане на шума намаляват нивото на смущения както от външни, така и от вътрешни

източници (например от страната на захранването и от страната на натоварването). Ефективността се определя от затихването на филтъра чрез напрежение или ток, dB:

$$S = 20 \lg |U_1/U_2| \text{ или } S = 20 \lg |I_1/I_2| \quad (1)$$

където U_1 , I_1 са смущенията на напрежението и тока при натоварването в първоначалното състояние, U_2 , I_2 са напрежението и токовете смущения при натоварването във филтърната верига.

Основните изисквания за филтъра могат да бъдат обобщени, както следва:

1) предоставяне на дадена стойност на ефективността на филтриране $S(f)$ в желанния честотен диапазон, като се вземат предвид вътрешното съпротивление и натоварването на веригата;

2) минимизиране на падащото напрежение през филтъра (AC или DC) при максимален ток на натоварване;

3) не превишава допустимата стойност на реактивния компонент на тока при основната честота;

4) не надвишава допустимите нелинейни изкривявания на захранващото напрежение, които определят изискванията за линейност на филтъра;

5) избор на филтърни елементи, като се вземат предвид номиналните токове и напрежения на веригата, както и възможните токове и напрежения, причинени от нестабилността на захранването и преходни състояния.

6) конструктивен: ефективност на екраниране, минимални размери и тегло, осигуряване на нормални термични условия, устойчивост на механични и климатични влияния и др.

Като цяло критериите за предоставяне на ЕМС могат да бъдат определени чрез:

$$(S/I)_{input} = k(S/I)_{output} \quad (2)$$

където k е коефициентът на намаляване на ефекта от смущенията в съвместното предаване на сигнала от входа към изхода на устройството.

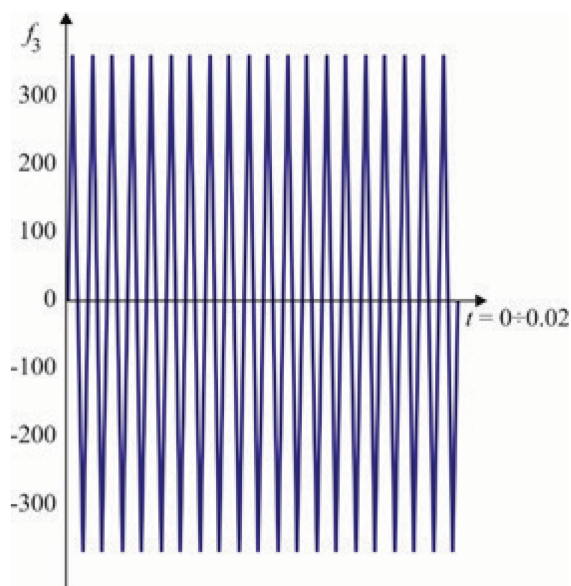
Основната цел на доклада е да представи създаването на високочестотен фил-

тър с честотен диапазон до 5 КHz. За да се постигне това, е използван софтуерът "Maple 18".

$$f_1 = \sqrt{1 + \frac{1}{\left(2\pi \cdot 100 \frac{1}{2\pi \cdot 100 \cdot 5000}\right) \cdot \left(2\pi \cdot 100 \frac{1}{2\pi \cdot 100 \cdot 5000}\right)}} \quad (3)$$

$$f_1 := \sqrt{1 + \frac{25000000}{x^2}} \quad (4)$$

$$\text{plot}\left(\frac{1}{f_1}, x = 1 \dots 10000\right) \quad (5)$$



Фиг. 4. Симулация на високочестотен филтър (повишена честота над 5 kHz)

Както виждаме на Фиг. 4, силно се препоръчва амплитудата да бъде 400 и гранична честота от 2 Hz.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тази статия е насочена към създаването на симулация на обикновен високочестотен филтър от първи ред, който би намалил отрицателните електромагнитни шумове в електрическите автомобили. Техническите характеристики на реалното експериментално устройство могат да бъдат различни от тези на симулацията и по този начин резултатите от симулацията могат да се различават от експерименталните резултати.

Получените резултати могат да се използват за подобряване на електромагнитната система на електрическите превозни средства чрез симулиране на филтри за многофазни датчици с вградена компенсация на шума.

REFERENCE

- [1] PIERCE J. D. Jr., Electromagnetic compatibility (EMC) requirement for military and commercial equipment, (MSc thesis), Naval Postgraduate School, 2009, [accessed 2019-10-15], Available from: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a509335.pdf>
- [2] GRÄBNER F., E Mobility for components and EMC simulation and measurement, EEPower, Technical Articles [online], 2016, [accessed 2020-02-17]. Available from: <https://eepower.com/technical-articles/e-mobility-for-components-and-emc-simulation-and-measurement/>
- [3] KOHAN, M., SPRONGLOVA M., VISNOVCOVA N., MISEK J., SPANIKOVA G., JAKUSOVA V., JAKUS J. Monitoring of Data Transmission and Changes in Values of Electromagnetic Field in Living Environment. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, [online]. 2020, 22(1), pp. 71-76. ISSN: 2585-7878. Available from: <http://komunikacie.uniza.sk/index.php/communications/article/view/1535>
- [4] KESEEV V., MIHAYLOV Gr., IVANOVA E., ILIEV T. Competitiveness of Electric Vehicles. In: 12th International Symposium on Electronics and Telecommunications (ISETC), Timisoara, Romania, 2016, ISBN 978-1-5090-3746-1, pp. 3-6.
- [5] TDK Electronics (2016), Innovative filter solutions for e-mobility, [online]. [Accessed 2019-12-17]. Available from: <https://www.tdk-electronics.tdk.com/en/373562/tech-library/articles/applications---cases/applications---cases/innovative-filter-solutions-for-e-mobility/1311962>
- [6] BDS EN 55016-1-4:2010/A1:2012. Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus - Antennas and test sites for radiated disturbance measurements (CISPR 16-1-4:2010/A1:2012), p. 49.