

Koncepce modulárního elektronického systému určeného k řízení ERDPF filtrů s proměnnou topologií

Jindřich Křivka, Jiří Žahour

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Fakulta elektrotechnická

Západočeská univerzita v Plzni

jkřivka@kae.zcu.cz, zahourj@kae.zcu.cz

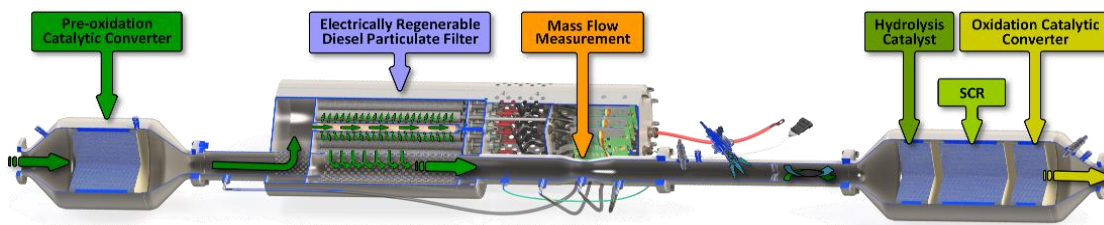
The Conception of the Modular Electronic System which Is Intended for the Control of ERDPF Filters with a Variable Topology

Abstract – This paper describes the basic ideas which are used in new conception of the ERDPF modular electronic system. The main goal was to design an electronic with topology which will be able to cover a different mechanical variants of the ERPDF filter without any additional development costs. The basis of this idea are two types of different modules which are connected together in a ring topology. It enables the using of the ERDPF filter for a wide scale of diesel engines powers. Next interesting thing in the electronic design is the using of the only one floating charging pump which its output voltage is shared into all switches of a regeneration loop. In this paper text are given the basic explanations of those principles and functionalities.

Keywords – *Electronic Control System; Exhaust Aftertreatment; ERDPF; PM Pollutions.*

I. ÚVOD

Tento článek je zaměřen na vysvětlení základních myšlenek funkce elektronického systému řízení ERDPF filtrů. Prvotním předpokladem pro úspěšné nasazení systému je jednoduchá implementace řízení do rozdílných mechanických konstrukcí jednotlivých výkonnostních typů ERPDF filtrů. Aby bylo dosaženo potřebné variability je systém koncipován pro zapojení do kruhové topologie s možností osazení potřebným počtem sekundárních CUX modulů. Firmware řídicích jednotek je napsán tak, aby systém po sestavení filtru sám rozpoznal počet připojených sekundárních CUX modulů a k nim připojených aktivních elementů [1],[2]. Následně je po načtení jejich konfigurace odvozena regenerační strategie, která probíhá v cyklech po maximálně 6 elementech a je řízena na základě aktuálního zaplnění ERDPF filtru. Spínání regeneračního proudu je řešeno pomocí dvou sériových horních spínačů. Hodnota stejnosměrného proudu při regeneraci přesahuje hodnotu 500 A [3]. Aby bylo možné zajistit spolehlivé spínání každého jednotlivého elementu, byla vyvinuta koncepce s jedinou plovoucí nábojovou pumpou, jejíž výstup je distribuován do všech připojených CUX modulů. Celý elektronický systém je umístěn v těle samotného filtru, musí tedy odolat náročným proměnlivým provozním podmínkám, které v tomto prostoru panují [4]. Systém je navíc možné propojit s paralelně vyvíjeným SCR systémem, které je určen ke sňožování emisí NO_x, toto sestavení je zachyceno na modelu na obrázku I.

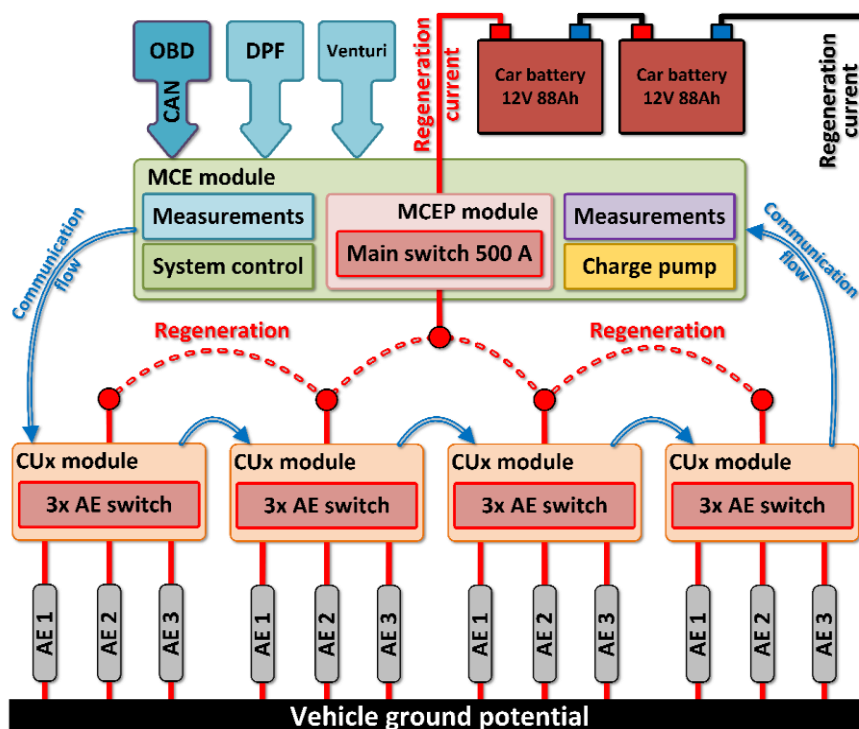


Obrázek I. Spojení ERDPF filtru s SCR systémem

II. KONCEPCE MODULÁRNÍHO ELEKTRONICKÉHO SYSTÉMU

Koncept elektronického systému je založen na dvou typech základních modulů, a to MCE modul a CUx modul. Navíc jsou oba moduly rozděleny na dva poddruhy, kdy každý obsahuje řídicí část s mikrokontrolérem, sensorickým vybavením a budičí výkonové části, která tvoří druhou část každého modulu. Základní složení sestavení elektronického ERDPF systému je zachyceno v blokovém diagramu na obrázku II.

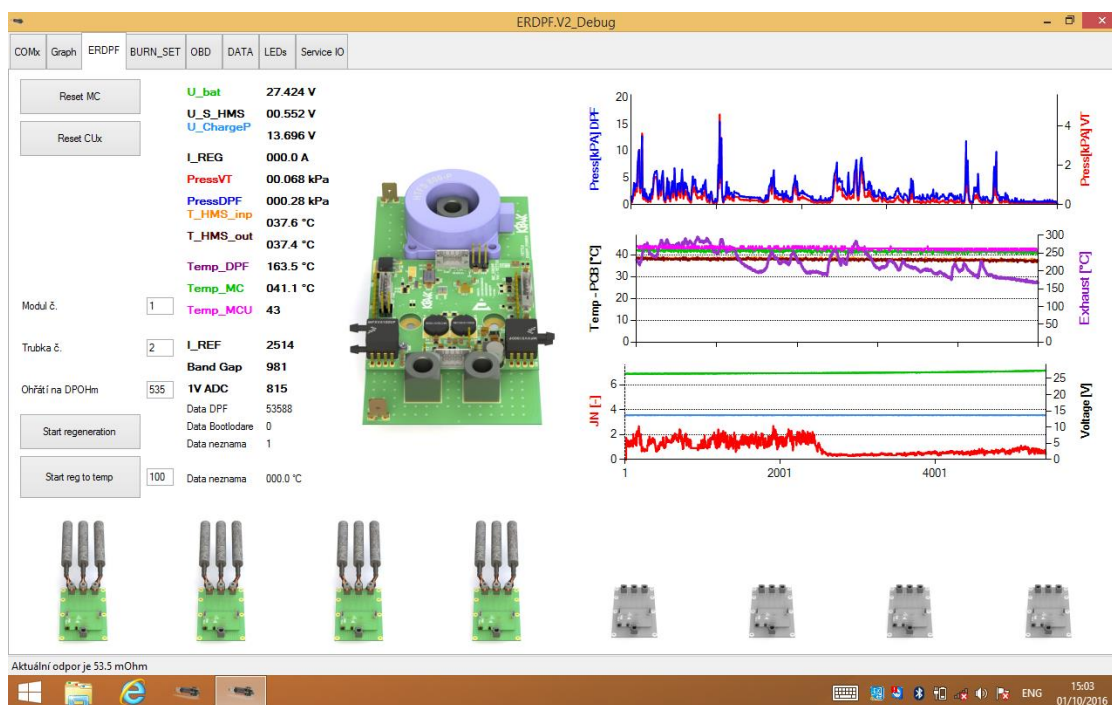
Aby bylo možné dosáhnout požadované vlastnosti, automatické konfigurace systému podle připojených modulů, je každý CUx modul vybaven obvodem pro přerušení sběrnice do dalšího CUx modulu. Tím, že jsou všechny moduly propojené do kruhové topologie, je zajištěno, že s hlavním MCE modulem, ve výchozím stavu při prvním sestavení ERDPF filtru, může komunikovat pouze jeden CUx modul, který je připojen k MCE modulu jako první ve směru toku dat. Systém tento CUx modul inicializuje pomocí algoritmů, které vyhodnotí, ke kterým spínačům jsou připojeny aktivní elementy, tyto informace uloží v EEPROM paměti a přidělí CUx modulu unikátní adresu. Následně dostane tento modul povol k povolení sběrnice do dalšího CUx modulu. Celý cyklus se opakuje do té doby, kdy poslední CUx modul povolí sběrnici do zpětné smyčky připojené do MCE modulu. Tímto je systém schopen vyhodnotit, že již byly inicializovány všechny CUx moduly.



Obrázek II. Blokové schéma elektronického systému řízení ERDPF filtrů

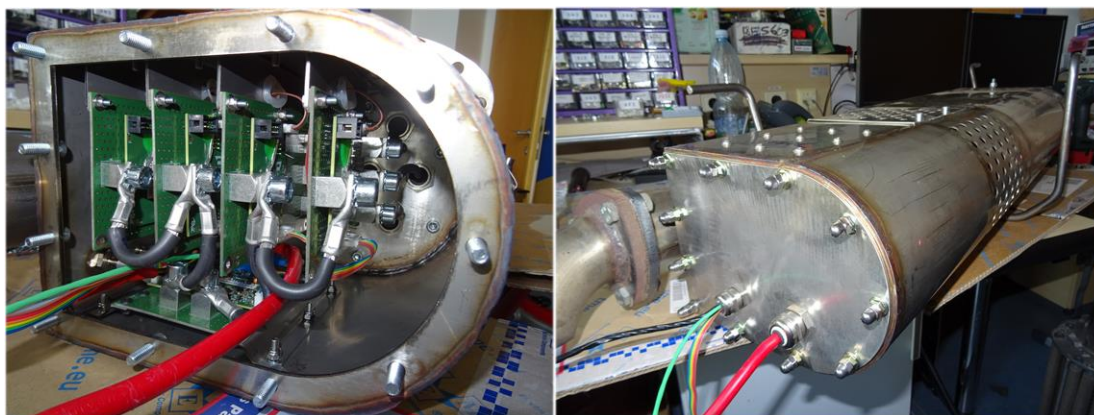
III. TESTOVÁNÍ NAVRŽENÉHO SYSTÉMU

Pro potřeby online validace systému na testovacím vozidle, bylo zapotřebí navrhnout a naprogramovat obslužný software, který by umožňoval, jak přímé řízení filtru, tak i vizuální kontrolu aktuálního stavu ERDPF filtru. Na obrázku III je zachycen snímek hlavního okna této aplikace, kde je možné odečíst většinu měřených veličin, na jejichž základě systém vyhodnocuje aktuální stav. Jsou zde graficky zobrazeny připojené sekundární CUx moduly včetně konfigurace připojených aktivních elementů, tyto vizuály se dynamicky mění dle aktuální mechanické konfigurace připojeného ERDPF filtru.



Obrázek III. Blokové schéma připojení ERDPF filtru k palubní síti vozidla

Pro účely testování celého systému přímo na vozidle byl navržen jeden z prototypů ERDPF filtru, který je osazen sadou čtyř sekundárních CUx modulů s připojeními 12 aktivními elementy. To umožňuje nasazení ERDPF filtru až na motorovou jednotku s objemem válců 6 litrů. Osazení elektronického systému je zachyceno na obrázku IV, kde je v levé části elektronický systém zkompletován a připevněn v elektronické komoře bez zakrytování, napravo je pak zachycen pohled na zakrytovaný filtr.



Obrázek IV. Prototyp ARYAN 12 AE – osazení elektronického systému

IV. ZÁVĚR

ERDPF elektronický systém je komplexní zařízení, které proběhlo dlouhým vývojem, jehož současná podoba umožňuje jeho využití v široké škále nejrůznějších aplikací se vznětovými motory. Elektronický systém splňuje požadavky na kompaktnost systému, mechanickou odolnost i variabilitu mechanického uspořádání počtu aktivních elementů.

Testování probíhalo nejprve v laboratorních podmínkách, následně byl ERDPF filtr, který je zachycen na obrázku IV, umístěn na testovací vozidlo. Zde byl podroben testům v reálném provozu, které prokázaly, že systém je schopen aktivní regenerace v širokém rozsahu provozních podmínek. Bylo ověřeno, že systém je schopen regenerovat za jakýchkoliv teplot spalin, to znamená, že je možné provést regeneraci i se studeným motorem v zimním období. Nízká teplota spalin má vliv na čas potřebný k ohřátí aktivního elementu na iniciační teplotu. Empiricky bylo vyzkoušeno, že tento vliv počáteční teploty prodlouží dobu aktivní regenerace v řádu jednotek sekund, kdy celý cyklus ohřátí jednoho aktivního elementu trval maximálně 10 sekund. Tato vlastnost ERDPF filtru je výhodou oproti většině konvenčních řešení, které toto neumožňují.

Dále bylo ověřeno, že je možné iniciovat aktivní regeneraci při široké škále zatížení motoru. Systém je schopen spolehlivě regenerovat od volnoběžných otáček bez zatížení po přibližně 90% maximálního výkonu motoru. V praxi to pak znamená, že systém je schopen pracovat při pomalé jízdě např. v zácpě nebo naopak při jízdě do kopce na rychlostní komunikaci. Zajímavým poznatkem, který vzešel z testování, je přínos cyklického spínání aktivního elementu po dosažení jeho iniciační teploty. To znamená, že je ještě následně aplikováno několik krátkých proudových pulzů, které ještě více umocní regenerační efekt a urychlí tak hoření zachycených sazí.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2017-008 a projektu SGS-2015-002: Moderní metody řešení, návrh a aplikace elektronických a komunikačních systémů.

LITERATURA

- [1] KŘIVKA, J., ŽAHOUR, J., KOSTURIK, K., FREDHOLM, S. Automatic detection of different mechanical ERDPF configurations. In Proceedings of the 23rd Telecommunications Forum (TELFOR 2015). Piscataway: IEEE, 2015. s. 654-657. ISBN: 978-1-5090-0055-5
- [2] KŘIVKA, J., KŘIBSKÝ, P., VALDA, L., ŽAHOUR, J., KOSTURIK, K. Autonomous Control System of Electrically Regenerable Diesel Particulate Filter for Light Duty Vehicles. In Proceedings of the 22nd Telecommunications Forum (TELFOR 2014). Belgrade: IEEE, 2014. s. 706-709. ISBN: 978-1-4799-6190-0
- [3] KŘIVKA, J., ELIS, L., ŽAHOUR, J. Nový řídicí systém pro elektricky regenerovatelné filtry pevných částic. In Elektrotechnika a informatika 2014. Část 2., Elektronika. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2014. s. 37-40. ISBN: 978-80-261-0366-0
- [4] KŘIVKA, J., ŽAHOUR, J. Metody návrhu kompaktního ERDPF filtru s důrazem na provozní podmínky elektronického systému. In Elektrotechnika a informatika 2016. Elektrotechnika, elektronika, elektroenergetika. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2016. s. 117-120. ISBN: 978-80-261-0516-9