

Diagnostika zapalovacích systémov

M. Šebök, S. Kučera, M. Kučera, M. Gutten

Žilinská univerzita, Elektrotechnická fakulta, Katedra merania a aplikovanej elektrotechniky, Žilina

E-mail : gutten@fel.uniza.sk

Anotace:

Zapalovacie systémy aj vo svojej najjednoduchšej podobe, predstavujú elektrickú sústavu produkujúcu napät'ové priebehy vo forme impulzov zložitého tvaru. Pri diagnostike týchto systémov je nutné používať také diagnostické systémy, ktoré umožňujú zaznamenávať tieto priebehy na ich ďalšiu analýzu. V predkladanom príspevku sa zaoberáme možnosťami analýzy a vyšetrovania priebehov primárneho a sekundárneho obvodu plne elektronických zapalovacích systémov.

ÚVOD

Plne elektronické zapalovanie DIS (Distributorless Ignition System) je zapalovací systém, podstatou ktorého je rozdeľovanie vysokého napätia k jednotlivým zapalovacím sviečkam bez použitia mechanického rozdeľovača.

Vysoké napätie je potrebné dosiahnuť pre vytvorenie iskry na sviečke pre zapálenie zmesi prostredníctvom vysokonapäťovej cievky (transformátora). U plne elektronického zapalovania sú vysokonapäťové vývody priamo privedené na sviečky, čím sa počet zapalovacích cievok zvyšuje.

Okamžitý preskok iskri v jednotlivých valcoch je nutné určovať oddeleným riadením spínania primárnych okruhov transformátorov. V praxi sa využívajú dve riešenia líšiac sa počtom zapalovacích cievok.

Problematika spoľahlivého vyhodnocovania príčin porúch pri autodiagnostike nie je ani pri počítačmi podporovaných diagnostických postupoch vyriešená. Nezastupiteľnú úlohu i naďalej hrajú predovšetkým klasické diagnostické a meracie metódy.

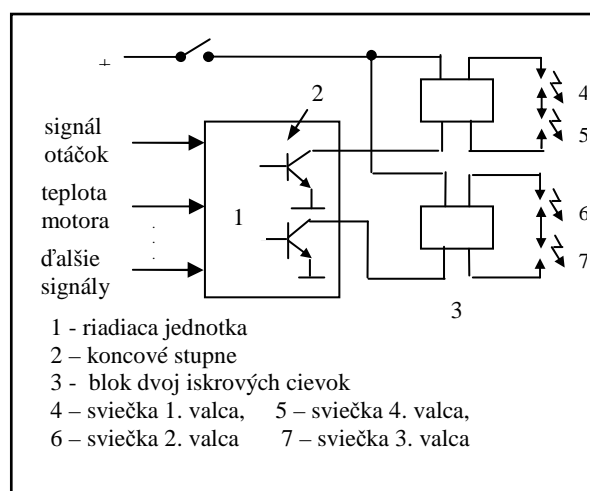
Z analýzy priebehov nameraných hodnôt elektrických a neelektrických veličín, s využitím osciloskopov a analyzátorov, je možné presnejšie vyhodnotiť a vyvodiť závery o možných príčinách chybného stavu elektronických systémov automobilu. [1]

ZAPALOVANIE DFS

Zapalovanie s cievkami s dvojitém sekundárnym vinutím DFS (Doppelfulen Spule) je systém zapalovania kde je vysoké napätie privádzané priamo na sviečky a k preskoku iskri dochádza v určitom okamžiku na dvoch sviečkach súčasne. Na obr.1 je znázornená zjednodušená schéma zapalovania DFS.

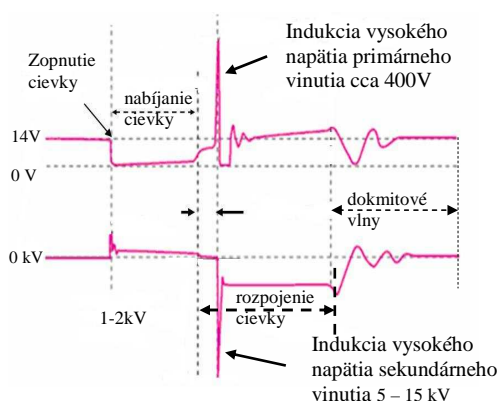
V určitý okamžik preskoku iskri na dvoch sviečkach súčasne sa objaví na sekundárnom vinutí transformátora impulz vysokého napätia, prostredie medzi elektródami sviečky sa ionizuje elektrická pevnosť prostredia sa prekročí vysokým napätím a sviečkou pretečie prúd výboja. Do riadiacej jednotky vstupujú signály prevádzkových veličín motora, na základe ktorých riadiaca jednotka vytvára

riadiace impulzy pre koncové stupne jednotlivých zapalovacích cievok (obr.1). Signály prevádzkových veličín sú potrebné pre výpočet presného okamžiku v ktorom má vysokonapäťový impulz vzniknúť.



Obr. 1: Zjednodušená schéma zapalovania DFS

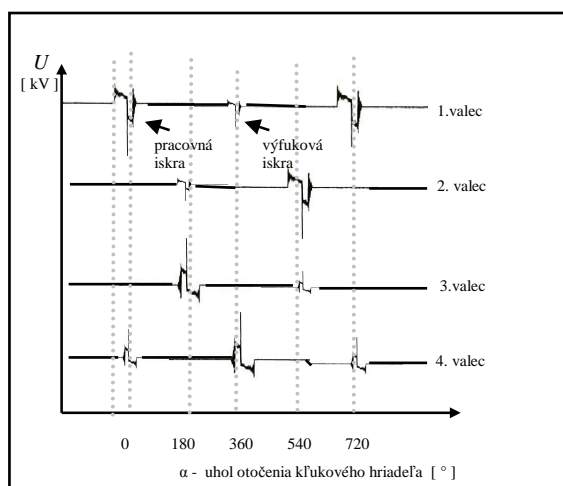
Na obr.2 je príklad napät'ových priebehov (impulzov) primárnej a sekundárnej strany transformátora.



Obr. 2: Napät'ové priebehy primárneho a sekundárneho vinutia transformátora

Pre správny chod motora musí iskra vo valci preskočiť v blízkosti hornej úvrate piestu

v kompresnom zdvihu. Ak zoberieme do úvahy štvorvalcový motor, potom ak je piest 1. valca v hornej úvrati kompresného zdvihu, je súčasne piest 4. valca v hornej úvrati, ale výfukového zdvihu v rovnakom čase je piest 2. valca v dolnej úvrati a piest 3. valca v dolnej úvrati vstupujúceho do zdvihu kompresného. Na obr.3 vidíme že priebehy vysokonapäťových impulzov na piestoch 1. a 4. valca sú spolu v jednej polohe a s každou otáčkou sa u nich strieda pracovný kompresný a výfukový takt. Na 2. a 3. valci prebiehajú rovnaké deje len sú časová posunutú o 180 stupňov otočenia kľuky. Časové posunutie preskoku iskri 2. a 3. valca oproti iskrám 1. a 4. valca je dosiahnuté časovým posunom medzi riadiacimi impulzmi pre jednotlivé koncové stupne v riadiacej jednotke motora obr.3.



Obr. 3: Priebehy napäťových impulzov na sviečkach jednotlivých valcov

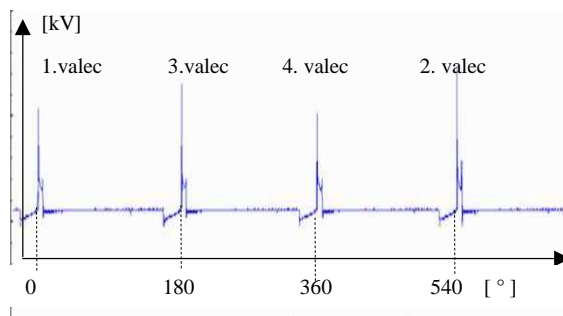
Musíme si uvedomiť, že k vysokonapäťovým výbojom (iskre) dochádza v odlišných prostrediach na rôznych valcoch. Ak je v 1. valci kompresný zdvih je medzi elektródami 1. sviečky veľký tlak a tomu zodpovedá vysoké preskakové napätie. Na 4. valci v rovnakom čase výfukový takt a iskra preskakuje do relatívne nízkeho tlaku spalín.

Preskakové napätie iskri je nízke a má opačnú polaritu než pracovná iskra 1. valca obr.3.

Pri diagnostike dvoj iskových zapalovacích systémov je dôležité zabezpečiť pripojenie kapacitných snímačov na každý vysokonapäťový prívod sviečky. [2]

Pre uľahčenie porovnávania a vyhodnocovania parametrov impulzov (napäťových priebehov). Je v diagnostických systémoch FSA toto napätie v prípade záporných snímačov prevádzané na kladnú polaritu.

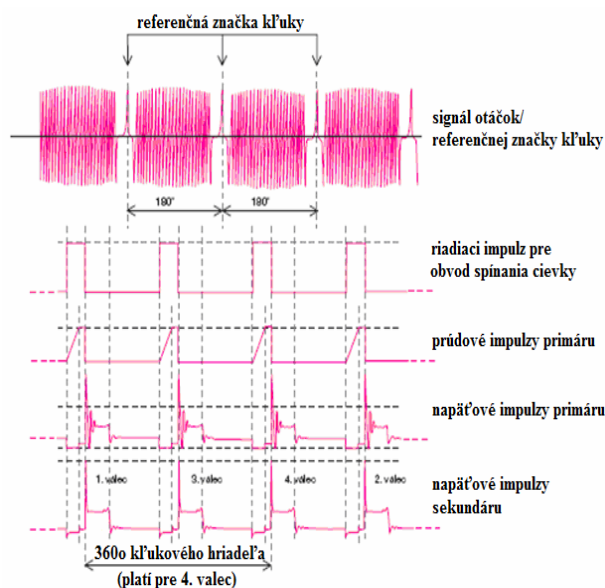
V obvodoch osciloskopu je napäťový signál prichádzajúci od kladných snímačov sčítaný so signálom záporných snímačov (obr.4).



Obr. 4: Zapalovacie impulzy valcov pri voľnobehu v súčtovom zobrazení.

Osciloskop je synchronizovaný (spúšťaný) signálom spúšťacích indukčných klieští umiestnených na zapalovacom kábli 1. valca. Je možné merať zvlášť impulzy kladných a záporných snímačov cievok (napätie kV+ a napätie kV-).

Primárne strany cievok sú napájané impulzným napätím a spínané koncovými stupňami na kostru, alebo sú koncové stupne integrované do modulu cievok. Riadiaca jednotka riadi spínanie a vstrekovanie, pričom je každá cievka spínaná raz za otáčku motora riadiacimi impulzmi (obr.5).



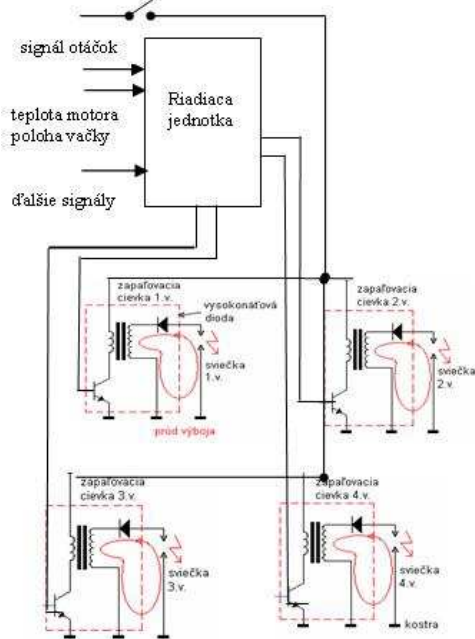
Obr. 5: Synchronizácia spínania a vzniku vysokonapäťových impulzov primárneho a sekundárneho obvodu transformátora.

Synchronizácia spínania je odvádzaná od otáčky kľuky. Samozrejme k synchronizácii sú potrebné i ďalšie signály pre prispôbenie zapalovania okamžitým prevádzkovým podmienkam (signál zaťaženia motora, teploty a množstva nasávaného vzduchu, poloha škrtiacej klapky atď.). [4]

ZAPALOVANIE EFS

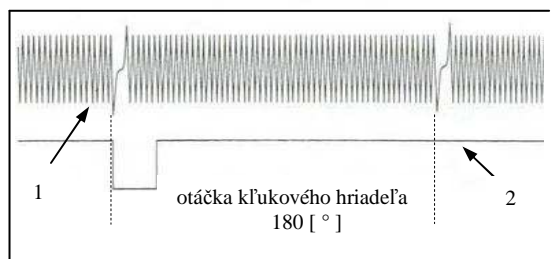
Zapalovanie typu EFS alebo COP (Coil on Plug). U tohto typu zapalovania sa používajú cievky

vytvárajúce v daný okamžik len jednu iskru pre jednu sviečku, čiže počet zapalovacích cievok zodpovedá počtu valcov motora obr.6.



Obr. 6: Zjednodušená schéma zapalovania EFS

Do riadiacej jednotky vstupujú signály prevádzkových veličín motora. Zapalovanie s EFS už nevystačí len so signálmi otáčok kľuky pretože každá zapalovacia cievka dostáva jeden riadiaci impulz za dve otáčky kľuky avšak so signálu referenčnej značky kľuky riadiaca jednotka nepozná či je piest valca v hornej úvrati kompresného zdvihu, alebo výfukového. Nie je možné rozhodnúť či má prebehnúť iskra v 1. alebo 4. valci a preto je potrebný ďalší synchronizačný impulz, ktorým je riadiaci impulz vačky (obr.7).



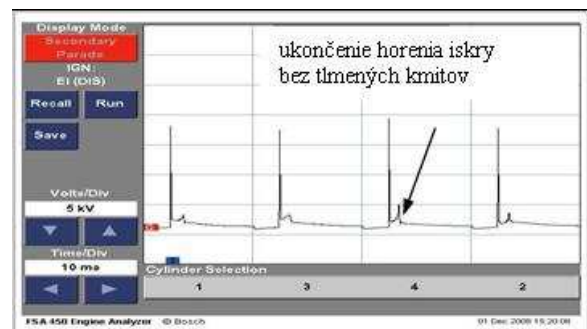
Obr. 7: Signál otáčok /referenčnej značky kľuky (1) a signál polohy vačky (2).

Riadiaca jednotka na základe signálu vačky a kľuky vytvára riadiace impulzy pre koncové stupne jednotlivých zapalovacích cievok obr.7. Samozrejme je nutné brať do úvahy aj ďalšie impulzy akými sú zaťaženie motora, teplota nasávaného vzduchu. Výpočet presného okamžiku v ktorom má impulz vzniknúť môže byť ovplyvnený aj signálom snímača klepania.

V sekundárnom obvode cievok je zapojená vysokonapäťová dióda. U každého z valcov v moment zopnutia primárneho vinutia vzniká na sekundárnej strane vysokonapäťový impulz (1-2kV). V zapalovacích systémoch s rozdeľovačom sa palec nachádza mimo – obvod je rozpojený. Toto napätie neprerazí vzduchovú medzeru medzi elektródami sviečky a tým pádom nežiaduca iskra na sviečke nepreskočí. [4]

U DFS systémov vysokonapäťový impulz sekundárneho obvodu preráža nevodivé prostredie na vzdialenosť danú súčtom vzdialeností elektród sériovo zapojených sviečok a preto k výboju nedôjde. Ak sa primárny okruh rozopne vznikne podstatne vyššie napätie, ktoré prerazí prostredie medzi elektródami oboch sviečok a vznikne iskra.

EFS obvody neobsahujú ani mechanický rozdeľovač ani dve sviečky, čiže nie je čo by vysokému napätiu bránilo pri zopnutí a vyhorení nežiaducej iskri na sviečke. Dióda v sekundárnom obvode zapalovacej cievky bráni vytvoreniu nežiaducej iskri pri spínaní primárneho vinutia a naopak prepúšťa vysoké napätie pre tvorbu pracovnej iskri pri jeho rozpojení obr.8.



Obr. 8: Priebehy zapalovacích impulzov

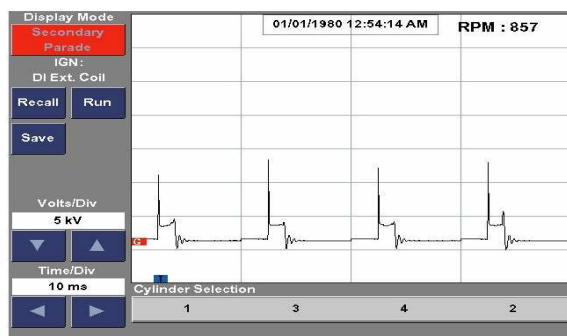
Prítomnosťou vysokonapäťovej diódy je ovplyvnená diagnostika vysokonapäťového (sekundárneho) obvodu zapalovania. Vzhľadom na to, že dióda sa nachádza v telese cievky nie je možné presne merať sekundárne napätie na vinutí. Cievka je priamo nasadená na sviečke (chýbajú vysokonapäťové vodiče) je nutné využiť pri diagnostike vysokonapäťové predlžovacie káble pre získanie priebehov sekundárneho obvodu cievky.

V praxi sú jednotlivé zapalovacie cievky zapustené do dutín v hlave valcov a tam sú nasadené priamo na sviečky pomocou krátkych zapalovacích káblov. Nasadením kapacitných snímačov na tieto vodiče je možné získať priebehy vysokonapäťových výbojov. U týchto cievok snímame napätie až za vysokonapäťovou diódou čo v konečnom dôsledku skresľuje výsledný obraz napätia. Merania môžu byť ovplyvnené i kvalitou prepojenia medzi sviečkou a cievkou použitím vložených zapalovacích káblov a jeho koncokami. Pri analýze priebehov napätia v okamžiku dohorenia iskri je evidentné, že tu chýba ukončovacia fáza horenia iskri a miesto tlmených

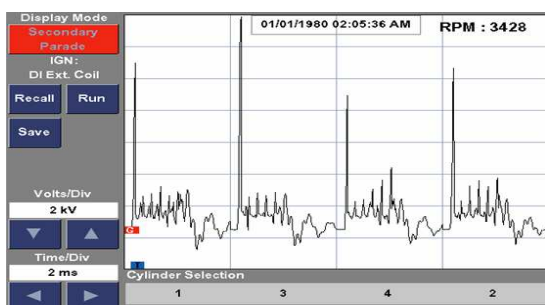
kmitov priebeh pozvoľne klesá. Tento jav je spôsobený práve vysokonapät'ovou diódou. Ak iskra zhasne prestane sekundárnym obvodom tiecť prúd, dióda sa zavrie a elektricky odpojí úsek sekundárneho obvodu.

Kapacitný snímač už nezachytí tlmené kmity ktoré dochádzajú pred diódou. Kapacitný snímač predstavuje kapacitu a to čo pozorujeme je postupné vybíjanie kapacity vysokonapät'ového kábla snímača. Dióda týmto spôsobom skresľuje priebeh meraného vysokého napätia. Úroveň napätia sa môže pohybovať nad alebo pod nulovou úrovňou, čím môže byť ovplyvnená presnosť analýzy doby horenia a preskového napätia iskier. [3]

Dĺžka úseku impulzu, doba horenia iskri veľkosť amplitúdy amplitúdy preskového napätia a amplitúdy horenia sú dôležité parametre analýzy vysokonapät'ových priebehov. Na Obr.9 a obr.10 sú privedené príklady priebehov napätia elektrického zapalovania systémov DFS.



Obr. 9: Vysokonapät'ové zapalovacie impulzy merané diagnostickým systémom FSA-450



Obr. 10: Napät'ový impulz primárnej strany transformátora zvýšené otáčky)

Z uvedených priebehov môžeme analyzovať, že doba horenia na jednotlivých valcoch je rovnaká a aj napät'ové špičky impulzov sa veľmi nelíšia obr.9. čo dáva predpoklad k správnej činnosti zapalovacieho systému. Na obr.10 je na 3. valci väčšie preskovové napätie pri akcelerácii (práca škrtiacej klapky). Nepravdivé horenie iskri je spôsobené akceleráciou a doznievajúcim horením spalín.

ZÁVER

Diagnostika zapalovacích systémov pomocou diagnostických systémov umožňujúcich merania primárných a sekundárných vysoko napät'ových priebehov umožňuje na základe analýzy adekvátne vyhodnocovať dané priebehy pre získanie komplexnejšieho prehľadu o skúmanom systéme. [5]



Obr. 11: Diagnostické systémy

Zapalovacie systémy s dvoj iskrivými cievkami predstavujú jednoduchú variantu bez mechanického rozdeľovania zapalovania. Negatívnym aspektom je obmedzenie rozsahu prestavenia predstihu v dôsledku existencie výfukovej iskri. Vysokonapät'ové časti zapalovania dvoch valcov tvoria sériový obvod, kde pri poškodení obvodu (vysokonapät'ového vedenia), alebo sviečky 1. valca premietne sa to i do 4.valca. Prerušenie vysokonapät'ového obvodu jednej cievky znamená výpadok dvoch valcov. Závada v primárnom okruhu jednej cievky má za následok výpadok dvoch valcov. Tento spôsob je možný len u automobilov s párnym počtom valcov.

Systémy EFS sú náročnejšie tým že každá cievka je buďená samostatným riadiacim impulzom, teda pracuje len raz za dve otáčky, čiže vznikajú len pracovné iskri a nedochádza k žiadnym výfukovým iskrám. Pri určovaní voľby predstihu môžeme voliť veľký po zápal – teda iskru v dobe expanzie. Prevádzková spoľahlivosť EFS zapalovacích systémov je väčšia než u dvoj cievkových systémov pretože pri poruche v obvodoch či už primárneho alebo sekundárneho obvodu vynechá len jeden valec. Tieto systémy je možné aplikovať aj u motorov s nepárnym počtom valcov v motore.

Časť príspevku v tomto článku (meranie napät'ových impulzov na transformátore) je súčasťou riešenia projektu VEGA 1/0548/09 – Diagnostika výkonových transformátorov vzhľadom na účinky skratových prúdov a nadprúdov.

LITERATÚRA

- [1] Vlk, F.: Elektrická zařízení motorových vozidel. Brno 2005
- [2] Martinek, R.: Senzory v průmyslové praxi, Praha 2004
- [3] Šebök, M.: Vyšetřování vlastností senzorov elektrických a neelektrických veličín, Žilina 2007
- [4] Jičínský, J.: Osciloskop a jeho využití v autoopravárenské praxi, Praha 2006

- [5] Šebök, M., Kučera, S., Kučera, M.,
Autodiagnostika a senzory otáčok, EPVE Brno
2008