

Article citation info:

Fryškowski B. Jednolita polaryzacja świec w układach zapłonowych wyposażonych w cewki dwubiegunowe. The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji. 2017; 76(3) <http://dx.doi.org/10.14669/AM.VOL76.ART3>

Jednolita polaryzacja świec w układach zapłonowych wyposażonych w cewki dwubiegunowe

Bernard Fryškowski¹

Politechnika Warszawska

Streszczenie

Samochodowe systemy zapłonu z cewkami dwubiegunowymi zaliczane są do grupy bezrozdzielaczowych układów zapłonowych wykorzystywanych w większości współcześnie użytkowanych pojazdów. Cechą charakterystyczną tego rodzaju układów jest przeciwna (dodatnia i ujemna) polaryzacja elektrod środkowych świec zapłonowych stanowiących obciążenie uzwojenia wtórnego dwubiegunowej cewki zapłonowej. Konsekwencją tego jest odmienna wartość szczytowa napięcia przebicia przestrzeni międzyelektrodowej świec zapłonowych – wyższa w przypadku elektrody środkowej spolaryzowanej dodatnio. Przedmiotem artykułu jest rozwiązanie techniczne zapewniające jednolitą polaryzację elektrod środkowych wszystkich świec stanowiących obciążenie cewki dwubiegunowej bezrozdzielaczowego układu zapłonowego. Biegunowość elektrod świec zapłonowych wszystkich cylindrów jest szczególnie ważna z punktu widzenia pomiaru natężenia prądu upływu izolatora ze względu na wspomnianą wyżej zróżnicowaną wartość szczytową napięcia przebicia przestrzeni międzyelektrodowej. Ujednolicenie polaryzacji impulsów wysokiego napięcia pozwala ponadto na przeprowadzenie serii badań porównawczych energii wyładowania iskrowego na świecach poszczególnych cylindrów silnika. Tego rodzaju badania mogą okazać się pomocne w przypadku prób identyfikacji nieprawidłowego działania obwodu wtórnego cewki zapłonowej, prowadzącego niejednokrotnie do wypadania zapłonów lub wzrostu zużycia paliwa.

Słowa kluczowe: układ zapłonowy, silnik spalinowy o zapłonie iskrowym, świece zapłonowe, elektrotechnika samochodowa

Keywords: ignition system, spark-ignited combustion engine, spark plugs, automotive electrical engineering

¹ Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny, Plac Politechniki 1, 00-661 Warsaw e-mail: bernard.fryskowski@ee.pw.edu.pl, tel: +48 22 294 5526

1. Wprowadzenie

Silniki spalinowe o zapłonie iskrowym stanowią obecnie najbardziej liczną grupę wśród konwencjonalnych i hybrydowych jednostek napędowych pojazdów mechanicznych. W przypadku silnika o zapłonie iskrowym, zapłon mieszanki możliwy jest dzięki zjawisku wyładowania elektrycznego wewnątrz komory spalania, inicjowanemu w ściśle określonej chwili pod wpływem wysokiego napięcia pojawiającego się między elektrodami świecy zapłonowej. Jednym z czynników mających wpływ na wartość napięcia wyładowania jest polaryzacja środkowej elektrody świecy w stosunku do elektrody bocznej połączonej galwanicznie z masą pojazdu. W przeważającej większości konstruktorzy układów zapłonowych dążą do zapewnienia ujemnej polaryzacji elektrody środkowej w stosunku do potencjału masy pojazdu [3, 8, 15] ze względu na niższą wartość napięcia wyładowania, co jest korzystne z punktu widzenia warunków pracy cewki zapłonowej. Istnieją jednak również rozwiązania techniczne, w przypadku których preferowana jest dodatnia polaryzacja elektrody środkowej świecy [12]. Pomijając problem zróżnicowanego poziomu degradacji elektrod świec zapłonowych o różnej polaryzacji, odmienna biegunowość napięcia wyładowania nie jest szczególnie istotna z punktu widzenia użytkownika pojazdu. Nabiera jednak znaczenia w przypadku wykonywania pomiarów napięcia, natężenia prądu oraz energii wyładowania elektrycznego na świecy zapłonowej oraz badań właściwości izolatorów ceramicznych.

Przedmiotem niniejszej publikacji jest prezentacja metody umożliwiającej jednakową (w zależności od potrzeb - ujemną lub dodatnią) polaryzację elektrod środkowych wszystkich świec zapłonowych silnika o zapłonie iskrowym, wyposażonego w dwubiegunowe (inaczej dwuiskrowe) cewki zapłonowe. Przedstawiona modyfikacja układu zapłonowego będzie mieć znaczenie głównie z punktu widzenia badań laboratoryjnych, spośród których w pierwszej kolejności należy wymienić pomiar energii dostarczanej do świec zapłonowych poszczególnych cylindrów oraz badanie zjawiska prądu upływu po powierzchni izolatora. Ponadto będzie możliwa bardziej rzetelna ocena przebiegu procesu spalania mieszanki paliwowo-powietrznej i jego wpływu na funkcjonowanie silnika z pominięciem zróżnicowanej polaryzacji elektrod środkowych poszczególnych świec zapłonowych jako czynnika decydującego o wartości szczytowej napięcia zapłonu.

2. Problem polaryzacji elektrody środkowej świecy zapłonowej

Samochodowa cewka zapłonowa jest aparatem elektrycznym działającym na podobnej zasadzie jak transformator bądź autotransformator podwyższający napięcie. Z tego względu sposób wykonania (kierunek nawinięcia) i podłączenia uzwojeń cewki zapłonowej jest głównym czynnikiem decydującym o polaryzacji elektrody środkowej świecy zapłonowej. Przybliżoną chwilową wartość szczytową napięcia uzwojenia wtórnego u_{2max} cewki zapłonowej określa następująca zależność [10, 13]:

$$u_{2max} \approx I_{1m} \cdot \sqrt{\frac{L_1}{C_1 \left(\frac{z_1}{z_2}\right)^2 + C_2}} \quad (1)$$

gdzie:

I_{1m} – natężenie prądu płynącego w uzwojeniu pierwotnym

L_1 – indukcyjność uzwojenia pierwotnego

C_1 i C_2 – pojemność po stronie odpowiednio obwodu pierwotnego i wtórnego

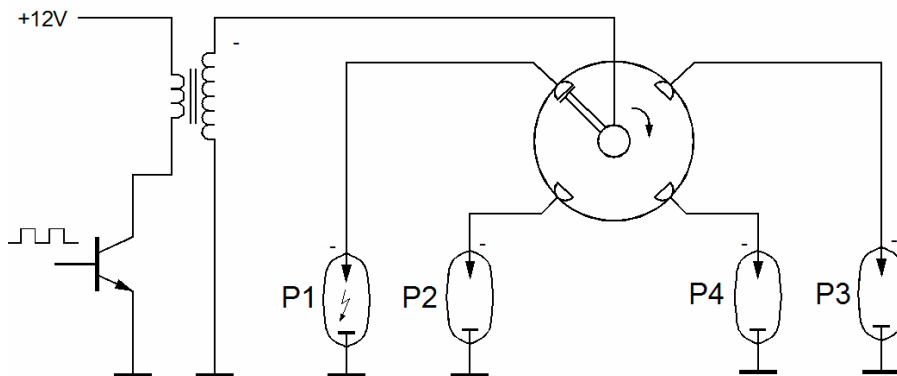
z_1 i z_2 – liczba zwojów uzwojenia odpowiednio pierwotnego i wtórnego

Równanie (1) nie uwzględnia zależności napięcia wtórnego cewki zapłonowej od szeregu innych istotnych czynników, jak na przykład rezystancji bocznikującej układ elektrod świecy.

Rezultaty badań i symulacji komputerowych, na które powołują się autorzy licznych publikacji [2, 3, 5, 9, 11, 15], wskazują na korzyści wynikające z zapewnienia ujemnej polaryzacji elektrody środkowej świecy względem potencjału masy pojazdu. Zasadniczą zaletą takiego rozwiązania jest niższa o około 10 – 15% wartość napięcia zapłonu sprężonej mieszanki paliwowo-powietrznej w porównaniu z układem dodatniej polaryzacji elektrody środkowej [15]. Efekt ten ma znaczenie szczególnie w przypadku utrudnionego zapłonu w warunkach ujemnej temperatury, obniżonego napięcia zasilania instalacji elektrycznej (np. w chwili rozruchu silnika) lub ze względu na obecność niektórych usterek układu zapłonowego. Z tego względu przewodzące części nadwozia i podwozia (masa pojazdu) łączone były pierwotnie z dodatnim biegunem źródła napięcia, dzięki czemu możliwe było dalsze zwiększenie różnicy potencjałów między ujemnie spolaryzowaną elektrodą środkową i elektrodą boczną świecy zapłonowej [13].

2.1 Układy z elektromechanicznym aparatem zapłonowym

Biorąc pod uwagę coraz szersze zastosowanie urządzeń elektronicznych bazujących na elementach półprzewodnikowych, głównie na tranzystorach bipolarnych typu n-p-n, połączenie masy pojazdu z dodatnim biegunem źródła napięcia straciło na znaczeniu. Jednak w dalszym ciągu w praktycznych zastosowaniach dominują układy zapłonowe o ujemnej polaryzacji elektrody środkowej świecy względem masy pojazdu, zapewniające w rezultacie wyładowanie iskrowe w warunkach niższego napięcia niż przy polaryzacji odwrotnej. Wśród tych układów w pierwszej kolejności należy wymienić starsze rozwiązania, których cechą charakterystyczną była obecność elektromechanicznego aparatu zapłonowego z kopułką i wirującym palcem rozdzielacza (rys. 1).

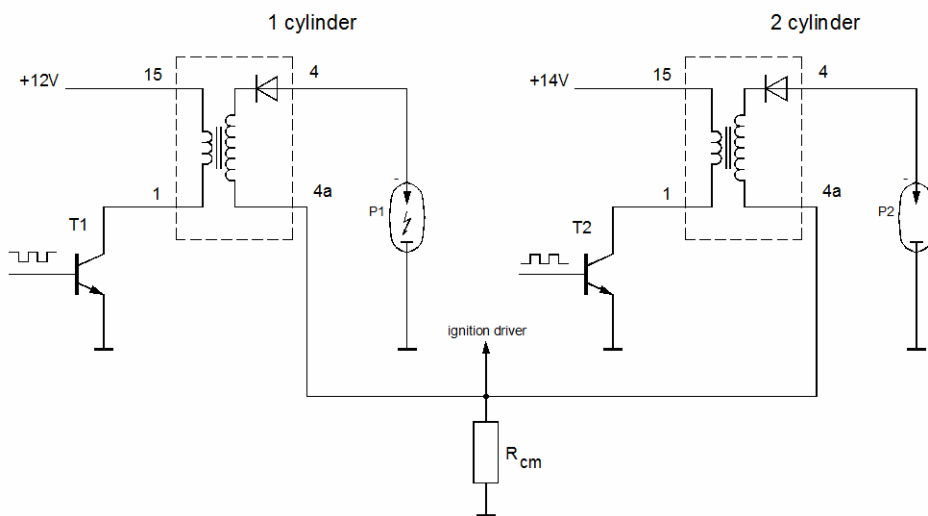


Rys. 1 Układ zapłonowy z mechanizmem rozdzielacza

Tego rodzaju układ zapłonowy umożliwił generowanie impulsów wysokonapięciowych dzięki pojedynczej cewce zapłonowej, a w dalszej części odpowiadał za kierowanie ich na kolejne świece poszczególnych cylindrów. Ze względu na kierunek nawinięcia uzwojenia wtórnego i sposób podłączenia uzwojeń cewki zapłonowej, polaryzacja wszystkich impulsów była jednakowa (zgodnie z zamierzeniami konstruktorów - z reguły ujemna). Zmiana polaryzacji na dodatnią mogła nastąpić w przypadku zamiany miejscami zacisków uzwojenia pierwotnego. Zwykle tego rodzaju sposób podłączenia określano w literaturze jako nieprawidłowy wskazując zasadniczo na fakt wzrostu napięcia wtórnego cewki koniecznego do zainicjowania wyładowania między elektrodami świece [3].

2.2 Układy zapłonowe z cewkami jednoiskrowymi (ołówkowymi)

Producenci układów zapłonowych przeznaczonych dla nowoczesnych silników zdecydowanie najczęściej decydują się na zastosowanie oddzielnej cewki zapłonowej (tzw. cewki jednoiskrowej) osobno dla każdego cylindra. Fragment schematu tego rodzaju układu zapłonowego przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2 Układ zapłonowy z cewkami jednoiskrowymi

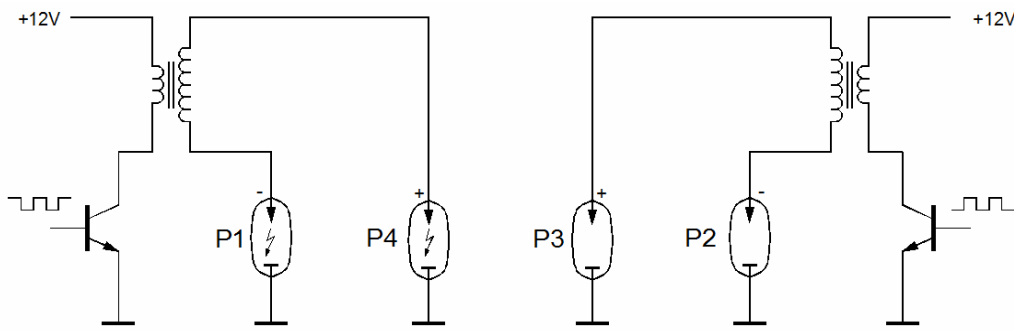
Układ z cewkami jednoiskrowymi nie zawiera aparatu zapłonowego. Dzięki odpowiedniemu układowi połączeń możliwe było dołączenie świec zapłonowych do zacisków uzwojenia wtórnego cewki bez pośrednictwa rozdzielacza zapłonu. Rozwiązanie to znacząco poprawiło niezawodność układów zapłonowych. Wyeliminowano bowiem kilka typowych defektów, do których zaliczyć należy wypalanie styków przerywacza i kopyłki aparatu zapłonowego oraz uszkodzenia elementów współpracujących z wirującym palcem rozdzielacza. Polaryzacja elektrod środkowych wszystkich świec zapłonowych jest ujemna. Widoczny na rysunku 2 rezystor R_{cm} pozwala na kontrolę przepływu prądu uzwojenia wtórnego, ważną z punktu widzenia monitorowania występowania zjawiska wypadania zapłonów. Ze względu na obecność w obwodzie wtórnym cewki zapłonowej diody wysokonapięciowej włączonej

szeregowo, odwrócenie polaryzacji zacisków uzwojenia pierwotnego cewki jest niedopuszczalne.

Wprowadzenie układów bezrozdzielaczowych znacząco poprawiło precyzję regulacji kąta wyprzedzenia zapłonu. Obliczeń tego parametru dokonuje mikrokontroler sterownika silnika na podstawie sygnałów otrzymywanych dzięki współpracującym z nim czujnikom. Kontrolowany w ten sposób przebieg zapłonu mieszanki może mieć również znaczenie dla innych układów, jak np. ABS i ASR [4]. W przypadku starszych rozwiązań (układy z mechanicznym przerywaczem i rozdzielaczem zapłonu) efektywna regulacja wartości kąta wyprzedzenia zapłonu wymagała szeregu dodatkowych podzespołów i operacji [7].

2.3 Układy zapłonowe z cewkami dwubiegunowymi

Istnieje grupa układów zapłonowych, stosowanych głównie w silnikach o parzystej liczbie cylindrów, w przypadku których wyładowanie między elektrodami świec zachodzi zarówno pod wpływem napięcia ujemnego, jak i dodatniego. Są to układy z dwubiegunowymi cewkami zapłonowymi. Na rysunku 3 przedstawiono schemat bezrozdzielaczowego układu zapłonowego silnika czterocylindrowego z podwójną cewką dwubiegunową, której każda z sekcji została obciążona dwiema świecami zapłonowymi.



Rys. 3 Bezrozdzielaczowy układ zapłonowy silnika czterocylindrowego z podwójną cewką dwubiegunową

W przypadku niektórych dwubiegunowych cewek zapłonowych tranzystor mocy, odpowiedzialny za sterowanie prądem uzwojenia pierwotnego, umieszczany był wewnątrz obudowy cewki, choć zwykle zajmował miejsce na płycie mikroprocesorowego sterownika silnika. Tranzystor ten intensywnie nagrzewa się w trakcie pracy, dlatego zmiana jego lokalizacji była korzystnym rozwiązaniem.

Cechą charakterystyczną układów zapłonowych z cewkami dwubiegunowymi jest jednocześnie występowanie wyładowania iskrowego na obydwu świecach podłączonych do zacisków uzwojenia wtórnego danej sekcji cewki bez względu na to, w którym z dwóch cylindrów miał być w danej chwili zainicjowany zapłon sprężonej mieszanki. Wyładowanie elektryczne na jednej z tych świec (w czasie trwania suwu wydechu) nie prowadziło więc do zapłonu, dlatego w literaturze anglojęzycznej tego typu układy określane są jako *waste spark ignition systems* [14, 16]. Ponadto występuje zawsze dodatnia i ujemna polaryzacja świec zapłonowych

stanowiących obciążenie pojedynczej sekcji cewki dwubiegunowej. Oznacza to odmienną wartość szczytową napięcia wyładowania na świecach przy założeniu podobnych warunków panujących w komorach spalania obydwu cylindrów w końcowej fazie suwu sprężania. Z tego względu w praktyce niejednokrotnie obserwowano zróżnicowany stopień zużycia środkowych i zewnętrznych elektrod świec zapłonowych w zależności od polaryzacji, szczególnie w przypadku elektrod wykonanych z materiałów starszej generacji [16].

3. Znaczenie polaryzacji elektrody środkowej świecy dla badań

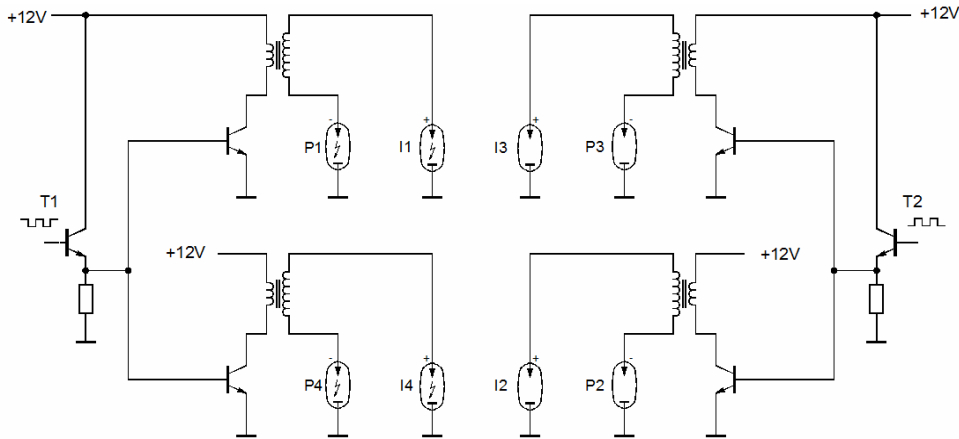
Zróżnicowana polaryzacja elektrod środkowych świec zapłonowych nie ma istotnego znaczenia, jeżeli prowadzone badania dotyczą tych parametrów układu zapłonowego i silnika, które nie zależą od wartości szczytowej napięcia na zaciskach uzwojenia wtórnego cewki zapłonowej. W przeciwnym wypadku zalecane jest ujednoczenie polaryzacji elektrod świec zapłonowych. Zwiększona wartość napięcia wyładowania przy dodatniej polaryzacji elektrody środkowej może mieć praktyczne znaczenie z punktu widzenia badań wyładowań zabrudzeniowych i prądu upływu płynącego po zewnętrznej powierzchni zawilgoconego bądź zanieczyszczonego izolatora. Wzrost napięcia na elektrodzie środkowej jest zjawiskiem sprzyjającym tego rodzaju niepożądanym wyładowaniom. Dokonując pomiaru energii wyładowania iskrowego, szczególnie świec intensywnie eksploatowanych, warto ograniczyć wpływ prądu upływu i wyładowań zabrudzeniowych poprzez zapewnienie jednolitej (ujemnej) polaryzacji elektrod środkowych świec wszystkich cylindrów.

3.1 Układ z cewkami dwubiegunowymi zapewniający jednolitą polaryzację elektrod środkowych świec

W laboratoriach badawczych producentów podzespołów samochodowych układów zapłonowych w dalszym ciągu wykorzystywane są do doświadczeń silniki wyposażone w dwubiegunowe cewki zapłonowe ze zintegrowanymi tranzystorami mocy (np. silniki pojazdów z grupy Daewoo). Układy zapłonowe tego rodzaju można spotkać również w nowszych pojazdach, takich jak na przykład Skoda Octavia II z silnikiem o pojemności 1.6 dm³, 102KM. Problem zapewnienia jednolitej polaryzacji elektrod środkowych świec wszystkich cylindrów można rozwiązać na drodze modyfikacji układu zapłonowego polegającej na zastąpieniu cewki dwubiegunowej cewkami indywidualnymi. Tego rodzaju rozwiązanie jest jednak kosztowne z uwagi na konieczność wprowadzenia istotnych zmian w strukturze układu zapłonowego, z którymi wiąże się procedura doboru cewek indywidualnych o odpowiednich wymiarach oraz właściwościach elektrycznych. Ponadto niezbędne jest zapewnienie właściwego przebiegu procesu sterowania pracą tych cewek, z czym wiąże się ingerencja w kształt istniejących układów elektronicznych sterownika silnika bądź konieczność ich rozbudowy.

Rozwiązanie proponowane w treści niniejszej publikacji pozwala pozostawić oryginalny, przewidziany przez producenta układ zapłonowy silnika w celu zapewnienia ujemnej polaryzacji elektrod środkowych świec zapłonowych dwóch spośród czterech cylindrów silnika. Ujemna polaryzacja pozostałych dwóch świec będzie możliwa na drodze rozbudowy układu zapłonowego dzięki zastosowaniu drugiej podwójnej dwubiegunowej cewki zapłonowej o identycznych parametrach jak oryginalna. Wskutek tego zapewnione będzie generowanie ujemnych impulsów zapłonowych o parametrach przewidzianych przez

konstruktorów silnika przy równoczesnym wykorzystaniu fabrycznych cewek zapłonowych przewidzianych do współpracy ze sterownikiem silnika, który nie będzie wymagał żadnych zmian w swoim układzie. Schemat zmodyfikowanego układu zapłonowego z cewkami dwuiskrowymi, zapewniającego jednakową polaryzację elektrod środkowych wszystkich świec zapłonowych, przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4 Rozwiązanie problemu zapewnienia jednolitej polaryzacji elektrod środkowych świec w układzie z cewkami dwubiegunowymi

Rozwiązanie to polega na wprowadzeniu dwóch dodatkowych tranzystorowych stopni sterujących T1 i T2 odpowiedzialnych za sterowanie przepływem prądu uzwojenia pierwotnego dwóch cewek dwubiegunowych, z których każda obsługuje parę świec zapłonowych cylindrów odpowiednio 1-4 (świece P1 i P4) i 2-3 (świece P2 i P3). Schematy ideowe sterowników silnika ani dane techniczne elementów elektronicznych zazwyczaj nie są publikowane przez producentów urządzeń elektroniki pojazdowej. Z tego względu przyjęto założenie, że dopuszczalna moc strat tranzystora stopnia końcowego sterownika, odpowiedzialnego za wysterowanie tranzystorów mocy zintegrowanych z obwodem uzwojenia pierwotnego cewki zapłonowej, nie jest znana. Aby ograniczyć obciążenie tranzystora stopnia wyjściowego sterownika silnika, dwa dodatkowe stopnie tranzystorowe T1 i T2 pracują w układzie ze wspólnym kolektorem (tzw. układ wtórnika emiterowego). Cechą charakterystyczną tego układu jest wzmocnienie napięciowe równe w przybliżeniu 1 oraz znaczna impedancja wejściowa (rzędu dziesiątek lub setek kiloomów), dzięki której nie zachodzi obawa przeciążenia tranzystora stopnia końcowego sterownika. Uwzględniając zależność między prądem emitera i prądem bazy wtórnika, wyrażoną równaniem [1]:

$$I_E = (\beta + 1)I_B \quad (2)$$

gdzie: β – współczynnik wzmocnienia prądowego tranzystora, impedancję wejściową Z_i stopni tranzystorowych T1 i T2 opisuje wzór:

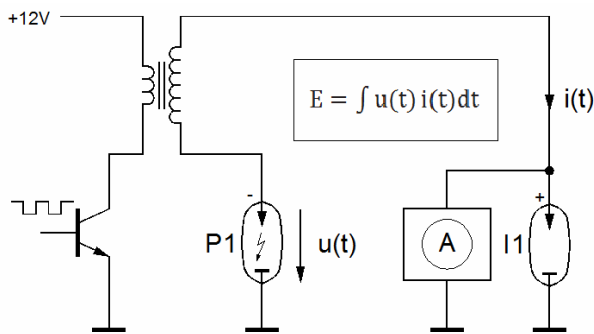
$$Z_i = (\beta + 1)R_E + \frac{U_{BE}}{I_E} \quad (3)$$

gdzie: U_{BE} – napięcie między bazą i emiternem (równe ok. 0,7V w stanie aktywnym), R_E – rezystancja w obwodzie emitera.

Wyładowanie iskrowe między elektrodami par świec odpowiednio P1 i P4 oraz P2 i P3 powinno zachodzić jednocześnie (por. rys. 3). Wtórnik emiterowy nie odwraca fazy sygnału sterującego na jego wejściu, dlatego sterowanie działaniem poszczególnych sekcji cewek zdubiegunowych przebiega bez znaczących opóźnień w stosunku do układu oryginalnego.

Dzięki świecom zapłonowym I1, I2, I3 i I4, umiejscowionym poza komorami spalania cylindrów, obwody elektryczne uzwojeń wtórnych poszczególnych cewek są zamknięte, a obciążenie poszczególnych sekcji cewek zbliżone jest do znamionowego. Świece te w pewnym sensie pełnią rolę iskierników pomocniczych, które nie biorą bezpośredniego udziału w procesie zapłonu mieszanki. Przedstawiony na rysunku 4 układ zapłonowy pozwala więc na generowanie ujemnych impulsów zapłonowych o parametrach przewidzianych przez konstruktorów silnika na świecach P1 – P4 wszystkich cylindrów przy równoczesnym wykorzystaniu fabrycznych cewek zapłonowych przewidzianych do współpracy ze sterownikiem silnika. Układ elektroniczny tego sterownika nie będzie wymagać żadnych modyfikacji.

Jednym z przykładów praktycznego zastosowania układu jednolitej polaryzacji elektrod jest procedura pomiaru energii wyładowania iskrowego. Na rysunku 5 przedstawiono schemat układu pomiaru energii wyładowania iskrowego świecy spolaryzowanej ujemnie.



Rys. 5 Idea pomiaru energii wyładowania iskrowego na świecy o ujemnej polaryzacji elektrody środkowej

Metoda pomiaru energii wyładowania iskrowego, aparatura i wyniki przykładowych badań zostały szczegółowo opisane w publikacji [6]. Dzięki przedstawionemu na rysunku 4 układowi jednolitej polaryzacji elektrod, w podobny sposób można dokonać jednoczesnego pomiaru energii wyładowania iskrowego na pozostałych świecach.

4. Podsumowanie

Bezrozdzielaczowe systemy sterowania zapłonem stanowią obecnie grupę najczęściej wykorzystywanych w praktyce rozwiązań zapewniających precyzyjne ustawienie kąta wyprzedzenia zapłonu i czasu włączenia uzwojenia pierwotnego cewki zapłonowej dzięki współpracy z mikroprocesorowymi sterownikami silnika. Układy te pozbawione są mechanicznych elementów ruchomych, takich jak przerywacz lub wałek aparatu zapłonowego, dzięki czemu znacząco poprawiła się ich niezawodność w porównaniu do starszych rozwiązań. Zastosowanie dwubiegunowych cewek zapłonowych pozwala obniżyć koszt wykonania układu zapłonowego, jednak istotną różnicą w stosunku do układów bezrozdzielaczowych z indywidualnymi cewkami zapłonowymi jest przeciwna polaryzacja elektrod środkowych świec podłączonych do zacisków uzwojenia wtórnego pojedynczej sekcji cewki dwubiegunowej. Z punktu widzenia użytkownika pojazdu nie ma istotnego znaczenia fakt, czy zapłon mieszanki nastąpił w wyniku wyładowania elektrycznego pod wpływem dodatniego czy ujemnego impulsu wysokiego napięcia. Należy jednak pamiętać, że polaryzacja elektrody środkowej jest jednym z czynników decydujących o wartości szczytowej napięcia zapłonu sprężonej mieszanki. Zarówno chwilowa wartość napięcia, jak i polaryzacja impulsu prowadzącego do wyładowania w przestrzeni międzyelektrodowej mają znaczenie z punktu widzenia badań laboratoryjnych świec zapłonowych. Dotyczy to w szczególności obserwacji zjawiska wyładowania zabrudzeniowego po zewnętrznej powierzchni izolatora i efektu bocznikowania świecy (prąd upływu), ponieważ wzrost napięcia na elektrodzie środkowej jest zjawiskiem sprzyjającym tego rodzaju pasożytniczym wyładowaniom. Konieczność uwzględnienia polaryzacji elektrody środkowej świecy zachodzi również w przypadku pomiaru energii wyładowania iskrowego [6] oraz oceny stopnia degradacji elektrod [12]. Dokonując badań porównawczych energii wyładowania iskrowego na świecach w poszczególnych cylindrach, szczególnie w odniesieniu do świec intensywnie eksploatowanych, warto ograniczyć wpływ prądu upływu i wyładowań zabrudzeniowych poprzez zapewnienie jednolitej (ujemnej) polaryzacji elektrod środkowych świec wszystkich cylindrów.

W treści publikacji przedstawiono prostą metodę pozwalającą zapewnić jednolitą polaryzację elektrod środkowych świec zapłonowych wszystkich cylindrów. Sposób ten znajduje zastosowanie w przypadku silników o parzystej liczbie cylindrów, czyli takich, których układy zapłonowe mogą być wyposażone w cewki dwubiegunowe. Wykorzystanie drugiej cewki zapłonowej, identycznej z oryginalną, sterowanej przy pomocy tranzystora stopnia wyjściowego sterownika odpowiedzialnego za pracę cewki oryginalnej, daje gwarancję zapewnienia poprawnych (zgodnych z wymaganiami producenta silnika) parametrów elektrycznych tego podzespołu. Do parametrów tych, określających warunki pracy cewki zapłonowej, zaliczane są: rezystancja i indukcyjność obydwu uzwojeń, szczytowa wartość napięcia uzwojenia wtórnego, energia i sprawność.

The full text of the article is available in Polish online on the website

<http://archiwummotoryzacji.pl>

Tekst artykułu w polskiej wersji językowej dostępny jest na stronie

<http://archiwummotoryzacji.pl>

Literatura

- [1] Boylestad R L, Nashelsky L. Electronic devices and circuit theory. Pearson Education. New Jersey 2009, pp. 188
- [2] Deląg M, Różowicz S. Komputerowe metody wyznaczania parametrów układu zapłonowego. Archiwum Motoryzacji, 3-4, 2008
- [3] Demidowicz R. Zapłon. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa 1993, ss. 37
- [4] Fijalkowski B. Automotive Mechatronics: Operational and Practical Issues. Vol. 1. Springer Science+Business Media. 2011, pp. 192-195
- [5] Flamisch O. Diagnostyka samochodu. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa 1979, ss. 99-111
- [6] Fryśkowski B. Development of vacuum tube based voltage and current probes for automotive ignition systems, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part D-Journal of Automobile Engineering, vol. 229(8), 2015, pp. 958–968
- [7] Hammill D. How to Build & Power Tune Distributor-Type Ignition Systems. Veloce Publishing Ltd., Dorchester 2009, pp. 15-20
- [8] Herner A, Riehl H J. Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa 2013, ss. 289 - 307
- [9] Jacobs Ch. Performance ignition systems: electronic or breaker-point ignition system tuning for maximum performance, power, and economy. HP Books. New York 1999, pp. 1-16
- [10] Koziej E, Ocioszyński J. Elektrotechnika samochodowa w pytaniach i odpowiedziach. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa 1991, ss. 127-128.
- [11] Lotko W. Świece zapłonowe. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej. Radom, 2008, ss. 44
- [12] Matsubara Y, Nakayama K, Dual Polarity Type Ignition System. US Patent No. US 5797383, 1998
- [13] Pomykański Z. Elektrotechnika samochodowa. PWN. Warszawa 1983, ss. 178 - 192
- [14] Santini A. Automotive Electricity & Electronics, Cengage Learning, 2012, pp. 412-414
- [15] Trzeciak K. Świece zapłonowe, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1993, ss. 16
- [16] Materiały NGK, <https://www.ngk.com/glossary/8/spark-plug/W>, dostęp 19.11.2015