

Tomasz WAWRZY尼亚K*

ZALOŻENIA PROJEKTOWE WIELOISKROWEGO UKŁADU ZAPŁONOWEGO

W artykule przedstawiono wstępne założenia oraz badania wieloiskrowego układu zapłonowego z magazynowaniem energii w cewce (IDI). Dużą uwagę poświęcono analizie sposobów skrócenia czasu ładowania cewki zapłonowej.

1. WSTĘP

W obecnych czasach, kiedy zaczynamy rozumieć fakt topniejącej ilości złóż naturalnych – poszukiwane są nie tylko alternatywne źródła zasilania, ale także sposoby zmniejszenia zużycia paliw pierwotnych. Rozwijająca się technologia pozwala nam na coraz to lepsze zrozumienie zjawisk fizycznych i chemicznych dając podstawę do poszukiwania nowych lepszych rozwiązań.

Wiadomym jest, że spalanie mieszanki paliwowo powietrznej w cylindrze silnika powoduje przyrost ciśnienia, odpowiednio dobrany moment zapalenia mieszanki pozwala na uzyskanie maksymalnej jego wartości w punkcie dającym największą sprawność układu tłokowo korbowego. Na podstawie aktualnych parametrów silnika dobierany jest nie tylko moment zapłonu ale także skład mieszanki, który musi mieścić się w określonych ramach - pomiędzy mieszanką zbyt ubogą - niepalną, a mieszanką zbyt bogatą nie spalaną w całości, ostatecznie niepalną (tzw. zalanie). W celu ograniczenia zużycia paliwa dąży się do zasilania silników mieszankami ubogimi - blisko granicy ich palności, wobec czego rozwija się układy zapłonowe spełniające warunki poprawnego spalania mieszanki.

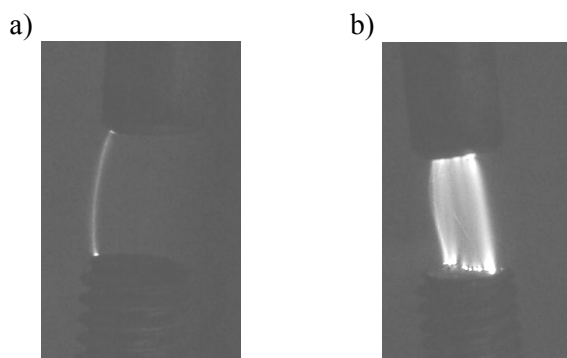
2. ZAŁOŻENIA KONSTRUKCYJNE

Wyładowanie iskrowe pomiędzy elektrodami świecy zapłonowej ma określone parametry. Poczynając od energii wyładowania i związanej z nią temperaturą wynikającą ze zderzenia się zjonizowanych cząstek mieszanki, poprzez napięcie przy którym ono zachodzi, a skończywszy na czasie jego trwania. Idealnym było by zapalenie mieszanki paliwowo powietrznej w jednej chwili w całej jej objętości, co dla typowego układu zapłonowego jest nieosiągalne. W chwili

* Politechnika Poznańska.

obecnej rozwiązania skupiają się na jedno punktowym (wyjątkiem jest twin spark Alfa Romeo) zapaleniu mieszanki z dążeniem do jej całkowitego spalania.

Zakładając burzliwe i zawirowane zachowanie się mieszanki w cylindrze podczas sprężania, możemy przyjąć że im dłuższy czas trwania wyładowania iskrowego tym zapłon będzie bardziej skuteczny i w umownym „jednym czasie” zapali większą część mieszanki. Jednym ze sposobów wydłużenia czasu trwania zapłonu jest wygenerowanie serii wyładowań iskrowych, w której to każde wyładowanie ma energię porównywalną z pojedynczym wyładowaniem w klasycznym układzie zapłonowym (rys. 1).



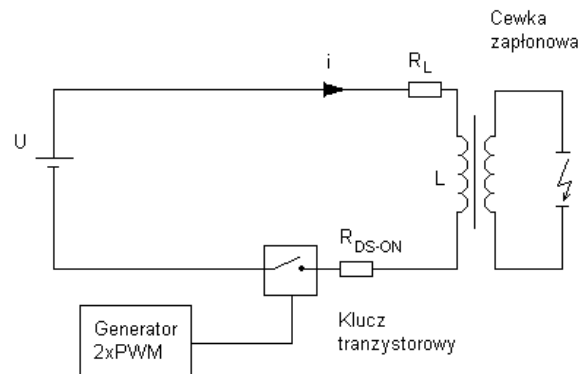
Rys. 1. Fotografie wyładowania iskrowego, a – wyładowanie pojedyncze, b - wieloiskrowe

Kluczowym zagadnieniem w realizacji układu wieloiskrowego jest znajomość zasady działania silnika spalinowego oraz czasu trwania poszczególnych etapów jego pracy. W poniższej tabeli przedstawiono wyniki obliczeń czasu pełnego obrotu wału silnika wraz z przeliczeniem na czas obrócenia się wału o jeden stopień, w funkcji prędkości obrotowej.

Tabela 1. Wyniki obliczeń czasu cyklu silnika dla wybranych prędkości obrotowych

Stan silnika	Obroty wału silnika	f	T	Czas obrotu o jeden stopień
	obr/min	Hz	ms	μs
Rozruch	70	1,17	857,14	2380,95
Obr. Min	500	8,33	120,00	333,33
	1000	16,67	60,00	166,67
	2000	33,33	30,00	83,33
	2500	41,67	24,00	66,67
	3000	50,00	20,00	55,56
	4000	66,67	15,00	41,67
	5000	83,33	12,00	33,33
Obr. Max	6000	100,00	10,00	27,78

Typowy czas ładowania cewki zapłonowej wynosi od 1 do kilku ms[2], co w zupełności wystarcza do realizacji układu klasycznego (tabl. 1) gdyż może się ona ładować przez czas trwania praktycznie całego obrotu wału korbowego. W przypadku układu wieloiskrowego czas ten musi być znacznie zmniejszony, a dokładnie tyle razy mniejszy od czasu pomiędzy punktem zapłonu a GMP ile razy ma wystąpić wyładowanie iskrowe. W celu wyznaczenia czasu ładowania cewki zapłonowej posłużono się uproszczonym schematem nie zawierającym części cyfrowej układu odpowiedzialnej za sterowanie bramki tranzystora zamykającego obwód ładowania (rys. 2)



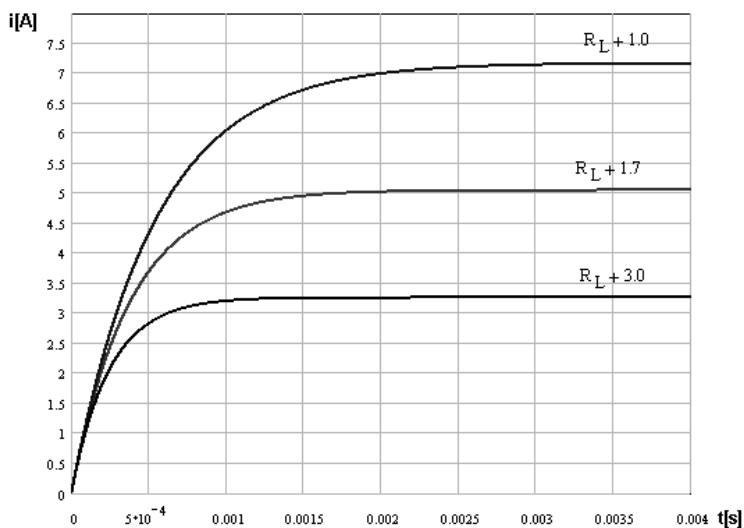
Rys. 2. Uproszczony schemat układu ładowania cewki zapłonowej

Napięcie U oraz rezystancję R_{DS-ON} (rezystancja złącza tranzystora przy wystereowaniu bramki) zaznaczone na powyższym schemacie przyjęto jako zmienne nastawne. Zmieniając ich wartości wyznaczony zostanie przedział różnych czasów ładowania cewki. Wartość R_L jest rezystancją uzwojenia pierwotnego fizycznej cewki wybranej do doświadczenia, natomiast L – średnią indukcyjnością wyznaczoną metodą techniczną. Zakładając, iż rdzeń cewki nie przechodzi w stan nasycenia, a punkt pracy cewki znajduje się na prostym odcinku krzywej magnesowania, przyjęto że prąd narastający w cewce można wyznaczyć z zależności (1).

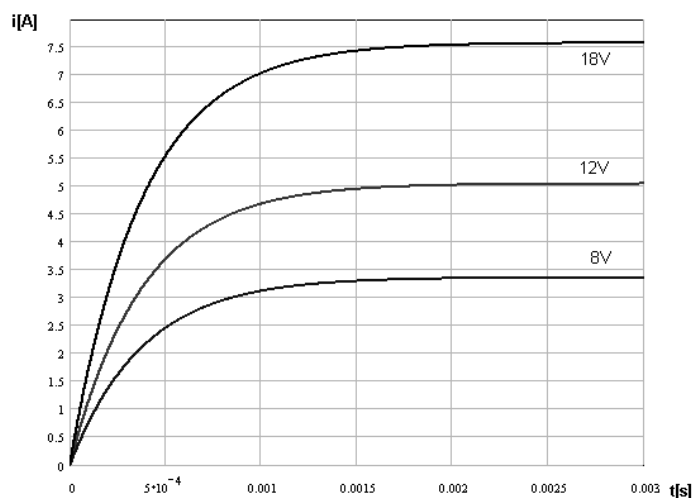
$$i(t) = \frac{U}{R} - \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1)$$

gdzie: $\tau = R/L$ - stała czasowa obwodu RL , U – napięcie zasilania, R - rezystancja zastępcza obwodu ładowania cewki.

Podstawiając, w pierwszej kolejności dane z wykonanego fizycznie modelu, a następnie zwiększając i zmniejszając wartości wykreślono charakterystyki. Początkowo (rys. 3) dokonywano zmian rezystancji obwodu, natomiast w drugim przypadku (rys. 4) zmiany napięcia zasilania obwodu.

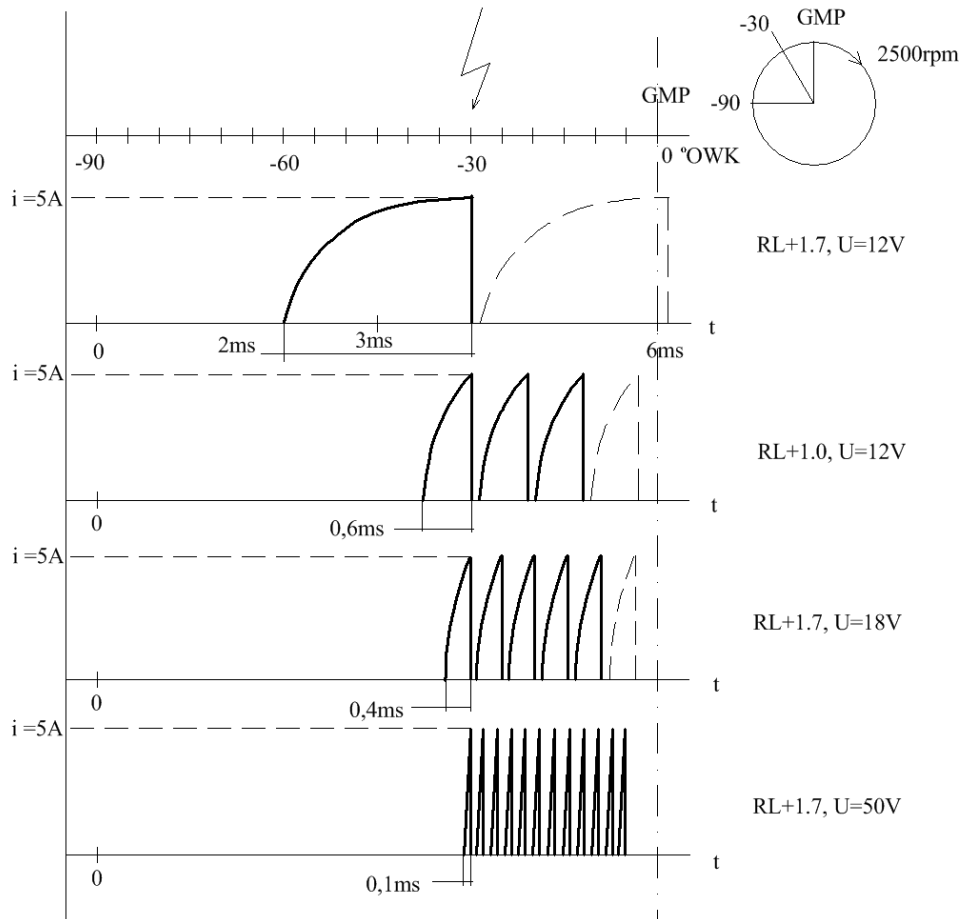


Rys. 3. Charakterystyki narastania prądu w cewce w zależności od rezystancji obwodu



Rys. 4. Charakterystyki narastania prądu w cewce w zależności od napięcia zasilania

W obu przypadkach środkowa charakterystyka odpowiada parametrom skonstruowanego układu doświadczalnego. Nie trudno zauważyć, iż zmniejszanie rezystancji oraz zwiększanie napięcia skraca czas ładowania cewki. Reprezentacje wykonanych obliczeń przedstawiono w formie graficznej na rysunku 5 gdzie zilustrowano cały proces związany z generacją wyładowania iskrowego w układzie klasycznym oraz możliwość generacji serii iskier w układzie wieloiskrowym - poniżej.



Rys. 5. Graficzne przedstawienie wyników obliczeń na bazie przebiegów ładowania cewki

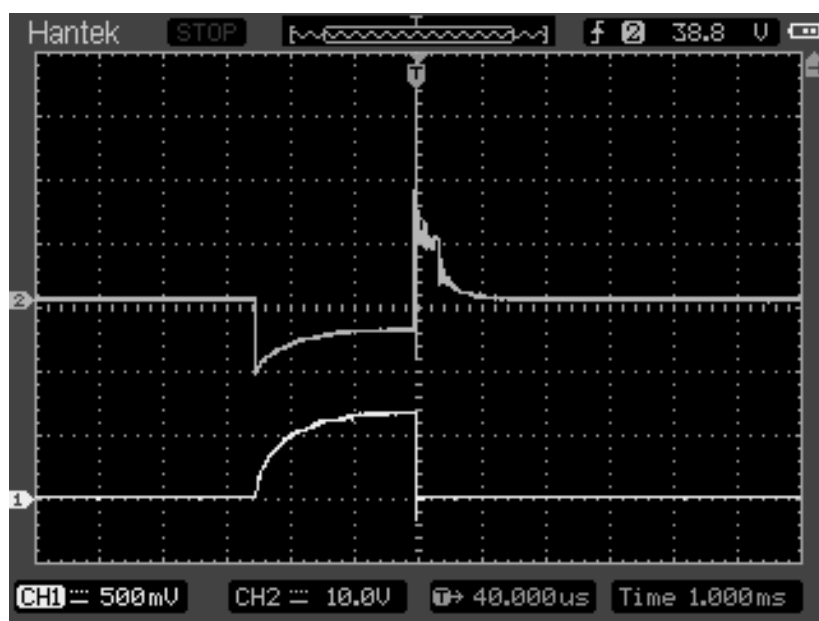
Przedstawiony obraz działania wykonano w odniesieniu do tabeli 1 przy prędkości obrotowej 2500 obr/min. Przyjęto przy tym, że kąt wyprzedzenia zapłonu wynosi 30 stopni. W rzeczywistym przypadku może być inaczej (zależnie od silnika), tak jak i z prądem znamionowym cewki przyjętym 5 A.

3. WSTĘPNE BADANIA

W celu potwierdzenia poprawności założeń wykonano układ fizyczny zawierający podwójny generator. Generuje on impulsy odpowiadające impulsom sterującym moduł zapłonowy w rzeczywistym układzie zapłonowym, oraz impulsy związane z wytworzeniem serii wyładowań iskrowych. Regulowana częstotliwość oraz wypełnienie obu przebiegów pozwala określić granicę, przy

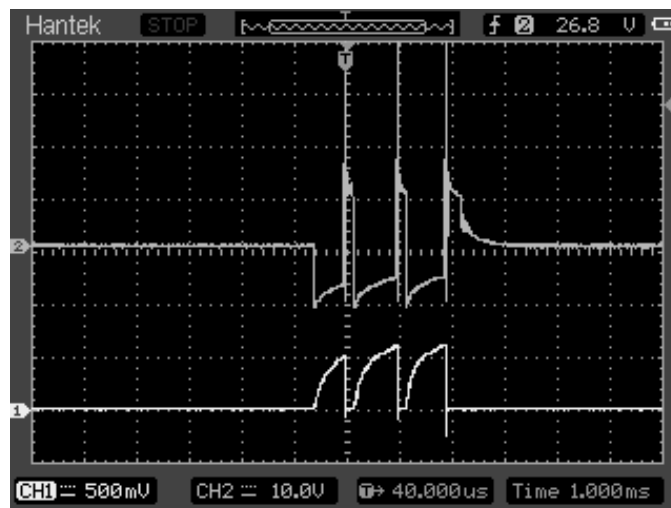
której dana cewka zapłonowa, w tym jej zasilanie oraz rezystancja obwodu ładowania nie są w stanie wygenerować iskry o odpowiedniej energii.

Przedstawione poniżej przebiegi zarejestrowane na oscyloskopie ilustrują przebieg prądu (dolny wykres) i napięcia (górny wykres) w uzwojeniu pierwotnym cewki. Parametry układu takie jak rezystancja i napięcie zasilania dla kolejnych przebiegów są identyczne. Należy zwrócić uwagę na moment przerwania obwodu, w którym w obu uzwojeniach pojawia się wysokie napięcie. Po stronie wtórnej o wartości rzędu 20 kV powodujące przeskok iskry natomiast po stronie pierwotnej ograniczone tranzystorem rzędu 600 V. Celowo nastawione wzmocnienie oscyloskopu nie pokazuje w całości impulsu napięciowego, jednak pozwala dostrzec, że chwile potem mają miejsce oscylacje z zanikającą składową stałą przekraczającą w pierwszej fazie 10 V przeciwną w stosunku do napięcia zasilania.

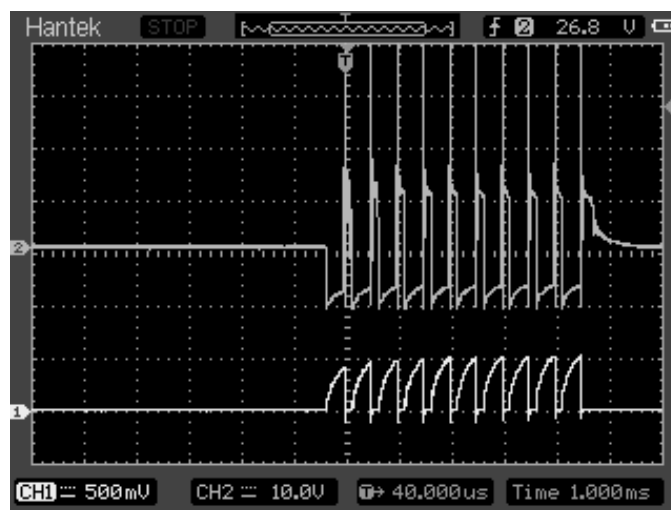


Rys. 6. Przebieg napięcia i prądu w uzwojeniu pierwotnym, układ klasyczny wył. pojedyncze

Istotną rolę zaobserwowanej składowej ilustrują poniższe przebiegi, na których przedstawiono wyładowania seryjne – wartość pierwszego impulsu prądu ładowania cewki (rys. 7) zawiera się w jednej działce oscyloskopu, kolejne dwa impulsy w 1,2 działki. Oznacza to, że ładowanie kolejnych impulsów odbywa się przy podwyższonym o składową stałą napięciu co również widać na przebiegu napięcia.



Rys. 7. Przebieg napięcia i prądu w uzwojeniu pierwotnym, wyładowanie 3- krotne



Rys. 8. Przebieg napięcia i prądu w uzwojeniu pierwotnym, wyładowanie 10- krotne

4. PODSUMOWANIE

Wyniki badań wskazują, że przyjęte przy obliczeniach założenia pozwalają zorientować się nie tylko w kierunku zmian odpowiedzi obwodu ładowania cewki na zmianę parametrów. Ale także oszacować czas potrzebny do uzyskania odpowiedniej wartości prądu w uzwojeniu pierwotnym. Ma to istotne znaczenie ponieważ skutkiem skrócenia czasu ładowania cewki jest konieczność

kontrolowania czasu, a więc i maksymalnego prądu, który narastać będzie do wartości przekraczającej wytrzymałość uzwojenia cewki.

Zaobserwowane gasnące oscylacje są wynikiem istnienia pojemności montażowych cewki zapłonowej. Mimo, iż nie są one zamierzone mogą okazać się kluczowym elementem wspomagania ładowania cewki, który należy uwzględnić podczas obliczeń. Ponadto wartość składowej stałej może ulec zmianie w zależności od szerokości przerwy pomiędzy elektrodami skonstruowanego iskrownika (rys.1), co motywuje do dalszych badań i obliczeń.

LITERATURA

- [1] Bolkowski S., "Elektrotechnika" Warszawa 2005.
- [2] Ocioszyński J., "Elektrotechnika i elektronika pojazdów samochodowych" Warszawa 2008.
- [3] Parchański J., "Miernictwo elektryczne i elektroniczne" Warszawa.
- [4] Ryden T., „How to Build High-Performance Ignition Systems” China 2007.

DESIGN ASSUMPTIONS MULTISPARK IGNITION

The article presents initial assumptions and test ignition system multispark with stored energy in the coil (IDI). Great attention is devoted to analysis of ways to reduce the charging time of the ignition coil.