

TERESA TOMASZEWSKA

STEFAN ZIELIŃSKI

WSP Bydgoszcz

BADANIA NA SYMULATORZE SILNIKOWYCH UKŁADÓW ZAPŁONOWYCH ISKROWYCH
W ROZWIĄZANIU KONWENCJONALNYM I Z ZASTOSOWANIEM ELEMENTÓW PÓŁ-
PRZEWODNIKOWYCH

1. Wstęp

Opracowanie niniejsze nawiązuje do artykułu, zawartego w Zeszyty Naukowym nr 9 pt. „Symulator układów zapłonowych silników spalinowych z zapłonem iskrowym w rozwiązaniu konwencjonalnym i z zastosowaniem elementów półprzewodnikowych”.

W artykule przedstawiono rezultaty szeregu wybranych badań oraz przeprowadzono ich analizę. Uznano za celowe skoncentrowanie się na badaniach, które przy wykorzystaniu posiadanej aparatury pozwalają w sposób jednoznaczny wykazać zalety elektronicznych układów zapłonowych. Otrzymanie poprawnych wyników badań oraz zachowanie bezpieczeństwa pracy, uzależnione jest od spełnienia kilku podstawowych warunków:

- Niedopuszczanie do uruchomienia urządzenia przed dokonaniem wszystkich połączeń, ze względu na wytwarzane impulsowo napięcie, sięgające 30 kV i niebezpieczeństwo porażenia obsługującego.
- Bateria zasilająca winna posiadać napięcie 12,6 V, a odczepy pośrednie odpowiednio 8,4V i 10,5 V. Niższe napięcia mogą spowodować otrzymanie wyników obarczonych błędem oraz brak wska-

zań obrotomierza.

- Rozstawienie ostrzy iskiernika kontrolnego nie powinno przekraczać 24 mm, gdyż grozi to przepięciami i uszkodzeniem instalacji.
- Należy przestrzegać sprawdzenia pewności połączeń elementów z korpusem symulatora. Jest to szczególnie istotne dla elektronicznej przystawki. Jej obluźowanie może spowodować zniszczenie elementów elektronicznych.
- Nie dopuszczać do pracy ciągłej urządzenia, lecz ograniczyć czas do demonstrowania określonych zjawisk i odczytywania wyników. Szczególnie groźne dla trwałości urządzenia jest pozostawienie włączonego zapłonu przy bezruchu urządzenia, gdyż natężenie prądu spoczynkowego w uzwojeniu pierwotnym cewki zapłonowej układu elektronicznego osiąga wówczas wielkość ok. 6 A i zagraża pożarem instalacji.
- W czasie pracy urządzenia. nie należy manipulować przewodami wysokiego napięcia.
- Uruchamiać i zatrzymywać silnik napędowy należy pokrętkiem regulacji obrotów.

2. Schemat połączeń elektrycznych symulatora

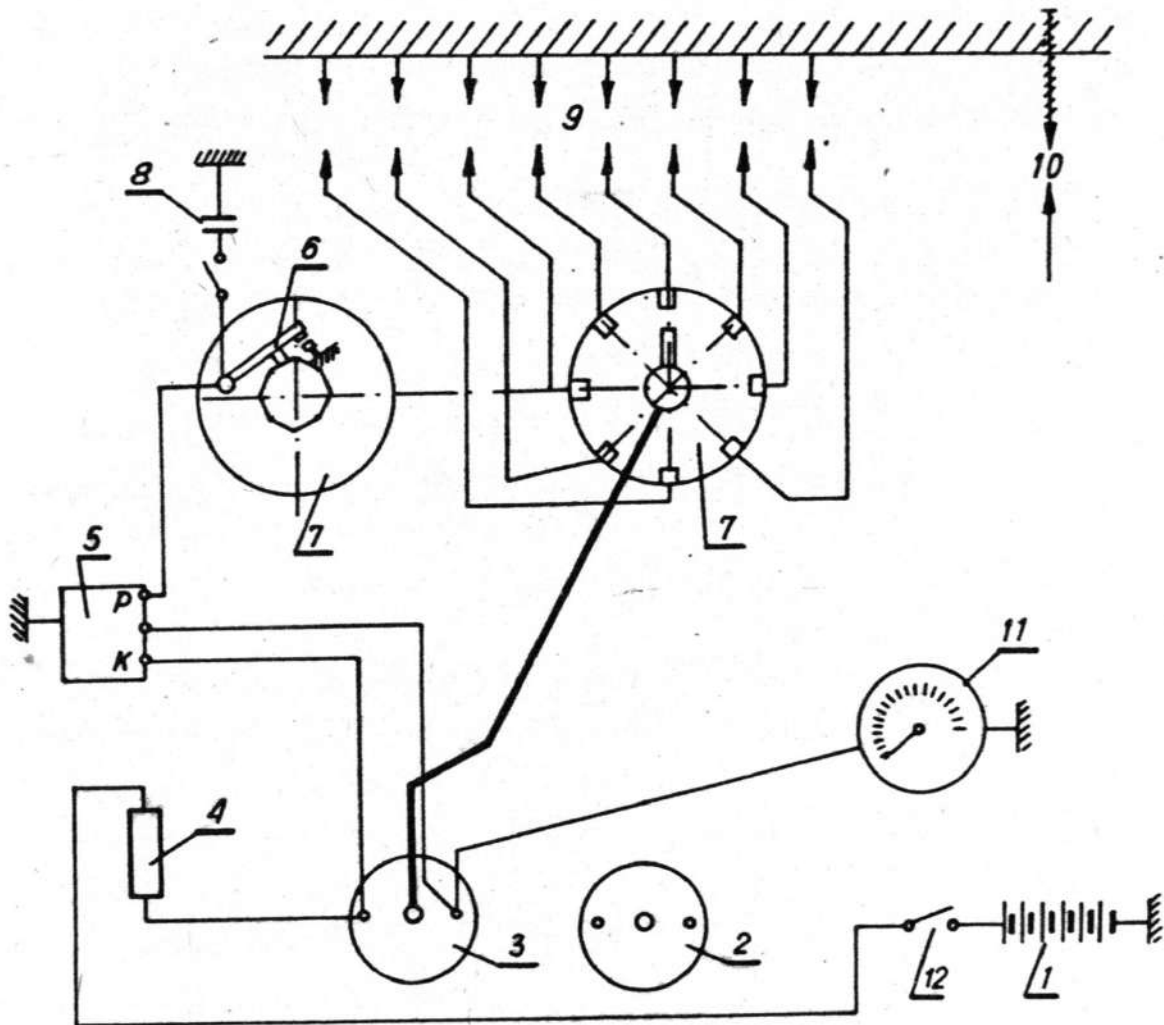
Przedstawiony na rysunku 1 schemat elektrycznych połączeń symulatora, zawiera wszystkie elementy instalacji konwencjonalnej i elektronicznej, zastosowane do badań. sposób połączenia elementów układu odpowiada pracy samochodowego układu zapłonowego.

3. Metodyka badań

3.1. Pomiar i porównanie natężenia prądu w uzwojeniu pierwotnym cewek zapłonowych układu konwencjonalnego i elektronicznego

W badaniu określić następujące wartości:

- natężenie prądu spoczynkowego w układzie konwencjonalnym I_{SK} ,
- natężenie prądu spoczynkowego w układzie konwencjonalnym



Rys. 1. Schemat połączeń elektrycznych symulatora

- 1 - bateria zasilająca, 2 - cewka zapłonowa konwencjonalna, 3 - cewka zapłonowa układu elektronicznego, 4 - rezystor cewki, 5 - przystawka elektroniczna, 6 - przerywacz, 7 - rozdzielacz zapłonu, 8 - kondensator, 9 - świece zapłonowe, 10 - iskiernik kontrolny, 11 - obrotomierz, 12 - wyłącznik zapłonu

w czasie pracy I_{PK} ,

- natężenie prądu spoczynkowego w układzie elektronicznym I_{SE} ,
- natężenie prądu w układzie elektronicznym w czasie pracy I_{PE} .

Do pomiarów użyć następujących przyrządów:

- amperomierza o zakresie pomiarowym do 10 A, klasy 0,2,
- amperomierza o zakresie pomiarowym do 3A, klasy 0,1,
- obrotomierza z wyposażenia symulatora.

Zastosować zasilanie układu napięciem 12 V.

3.1.1. Natężenie prądu spoczynkowego w układzie konwencjonalnym

I_{SK}

Sposób dokonania połączeń:

- amperomierz o zakresie 10A włączyć w szereg między uzwojenie pierwotne cewki zapłonowej konwencjonalnej i zacisk przerywacza,
- styki przerywacza zewrzeć.

3.1.2. Natężenie prądu w układzie j.w. w czasie pracy I_{PK}

Sposób dokonania połączeń:

- amperomierz o zakresie 3A włączyć w szereg między uzwojenie pierwotne cewki zapłonowej konwencjonalnej i zacisk przerywacza,
- kondensator włączyć,
- przewód wysokiego napięcia z cewki połączyć z gniazdem środkowym rozdzielacza zapłonu,
- obrotomierz połączyć z zaciskiem cewki zapłonowej.

Odczytu wartości prądu I_{PK} dokonać przy obrotach rozdzielacza :

$n_1 = 500$ obr./min; $n_2 = 1000$ obr./min; $n_3 = 2000$ obr./min.

Przy obrotach $n = 100$ obr./min., dokonać obserwacji zaniku iskrzenia świec przy powtarzanej próbie odłączenia kondensatora.

3.1.3. Pomiar natężenia prądu spoczynkowego w układzie elektronicznym I_{SE}

Dokonać połączeń:

- amperomierz o zakresie 10 A włączyć w szereg między uzwojenie pierwotne cewki zapłonowej układu elektronicznego i zacisk rezystora,
- amperomierz o zakresie 3A włączyć w szereg między zacisk „ P ” przystawki elektronicznej / baza rezystora/ i odłączoną od niego końcówkę przewodu,
- styki przerywacza zewrzeć.

Odczytać wartości prądów I_{SE} , I_{BS}

3.1.4. Pomiar natężenia prądu w układzie elektronicznym w czasie pracy I_{PE} i prądu bazy tranzystora I_{PB}

Dokonać połączeń:

- amperomierze jak w pomiarze 3.1.3.,
- kondensator odłączyć,
- przewód obrotomierza połączyć z zaciskiem cewki układu elektronicznego,
- zaobserwować zanik iskrzenia świec i wskazań obrotomierza przy ponawianych próbach włączenia kondensatora.

3.2. Charakterystyka napięcia w uzwojeniu pierwotnym i wtórnym cewek zapłonowych

Do pomiarów użyć następujących przyrządów:

- oscyloskopu Tesla BM 463
- diagnosty samochodowego ZD2.

W badaniu określić następujące przebiegi napięcia:

- w uzwojeniu pierwotnym cewki zapłonowej konwencjonalnej, z kondensatorem,
- j.w. bez kondensatora,

- w uzwojeniu pierwotnym cewki zapłonowej układu elektronicznego z kondensatorem,
- j.w. bez kondensatora,
- w uzwojeniu wtórnym obu cewek zapłonowych.

Dokonać połączeń:

- sondy oscyloskopu z zaciskiem kondensatora i korpusem symulatora,
- diagnostyki wg fabrycznej instrukcji 5
- obroty wałka rozdzielacza zapłonu ustalić dla wszystkich przebiegów napięć na $n = 1000 \text{ obr/min} / 8000 \text{ iskrzeń/minutę}$.

3.3. Standardowe badanie sprawności konwencjonalnej cewki zapłonowej

Obowiązujące w krajowym przemyśle elektromotoryzacyjnym wytyczne do badań cewek, stosowanych w samochodzie Polski Fiat 125p określają, iż przy odległości ostrzy iskiernika kontrolnego 12mm i ilości iskrzeń 50/sekundę, musi występować stałe iskrzenie 3. W celu przeprowadzenia badania, należy dokonać następujących czynności:

- włączyć napięcie zasilania 12V,
- przewód wysokiego napięcia konwencjonalnego układu zapłonowego połączyć z iskiernikiem kontrolnym,
- ostrze iskiernika kontrolnego rozewrzeć na odległość 12 mm,
- zwiększyć obroty rozdzielacza zapłonu do 1300 obr/min,
- obserwować jakość iskrzenia.

3.4. Badanie porównawcze energii iskry układu konwencjonalnego i tranzystorowego

Wskazano uprzednio, że zalety elektronicznych układów zapłonowych ujawniają się głównie w warunkach, które dla układów konwencjonalnych stają się krytyczne i powodują zanik iskrzenia. Chodzi

tu o spadek napięcia baterii zasilającej, dużą ilość cylindrów silnika /od 6 w zwyż/ i wysokie obroty. Badanie sprawności obu układów przeprowadzić należy następująco:

- w układzie konwencjonalnym włączyć kondensator, natomiast w elektronicznym wyłączyć go z instalacji,
- obserwację przeprowadzić przy napięciu zasilania 12 V, 10 V, i 8 V oraz przy rozstawie ostrzy iskiernika 7 mm, 12 mm i 20 mm, co odpowiada napięciu przebicia przy 100% iskrzenia odpowiednio 13 kV, 19 kV i 27 kV,
- obroty rozdzielacza zapłonu zwiększyć do granicy krytycznej, tj. wystąpienia iskrzenia przerywanego. Jako górną granicę przyjąć $n = 2000$ obr./min,
- dokonać oceny możliwości uzyskania szczytowego napięcia ok. 30 kV 2 przez:
 - rozwarcie ostrzy iskiernika na odległość 24 mm,
 - ustalenie max czasu próby na 10 sekund.

4. Badania laboratoryjne

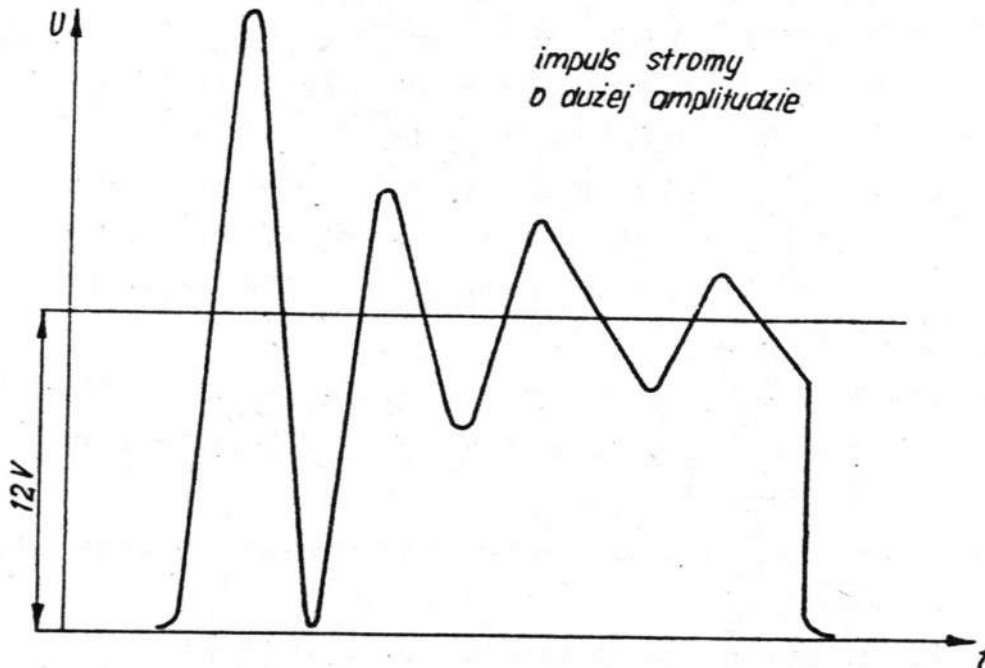
Tabela 1. zawiera wyniki pomiarów natężenia prądu w uzwojeniu pierwotnym cewek zapłonowych.

Tabela 1.

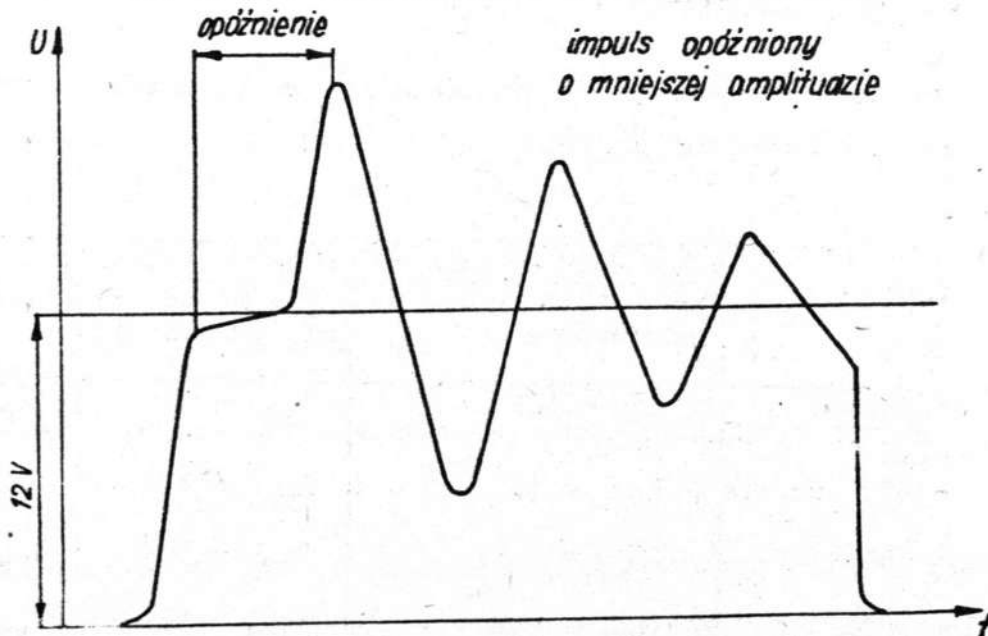
Stan	Układ konwencjonalny	Układ elektroniczny	
	prąd w uzwojeniu pierwotnym	prąd w uzwojeniu pierwotnym [A]	prąd bazy [A]
spoczynek	$I_{SK} = 3,2$	$I_{SE} = 6$	$I_{BS} = 0,5$
praca			
$n_1 = 500$ obr/min	$I_{PK1} = 1,5$	$I_{PE1} = 3,6$	$I_{PB1} = 0,4$
$n_2 = 1000$ "	$I_{PK2} = 1,1$	$I_{PE2} = 3,4$	$I_{PB2} = 0,3$
$n_3 = 2000$ "	$I_{PK3} = 0,8$	$I_{PE3} = 2,5$	$I_{PB3} = 0,2$

zgodnie z p. 3.1.

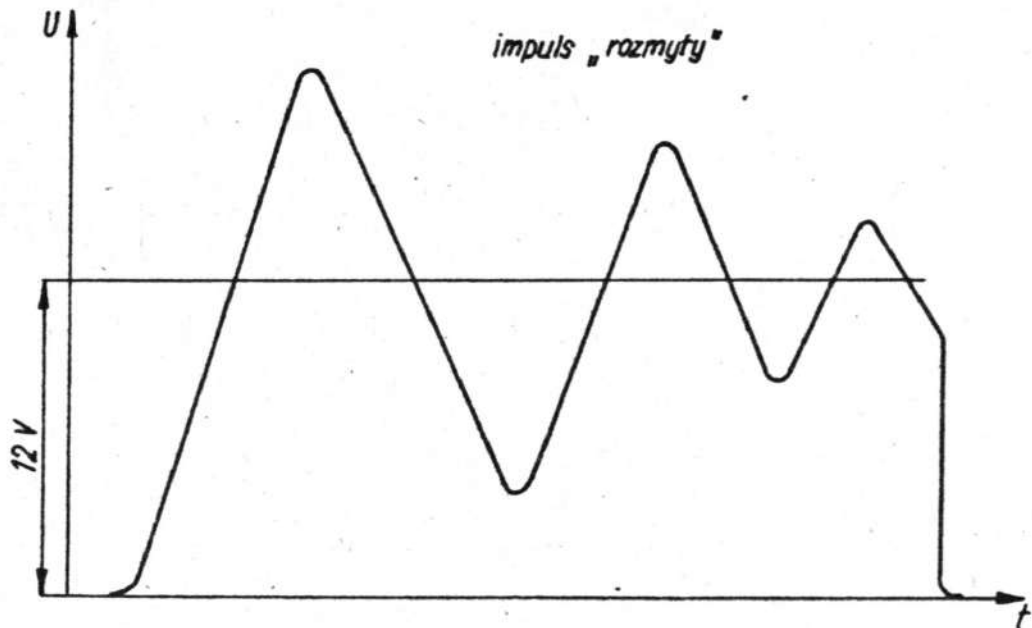
Uzyskane charakterystyki napięcia w uzwojeniu pierwotnym i wtórnym cewek zapłonowych, zgodnie z punktem 3.2.



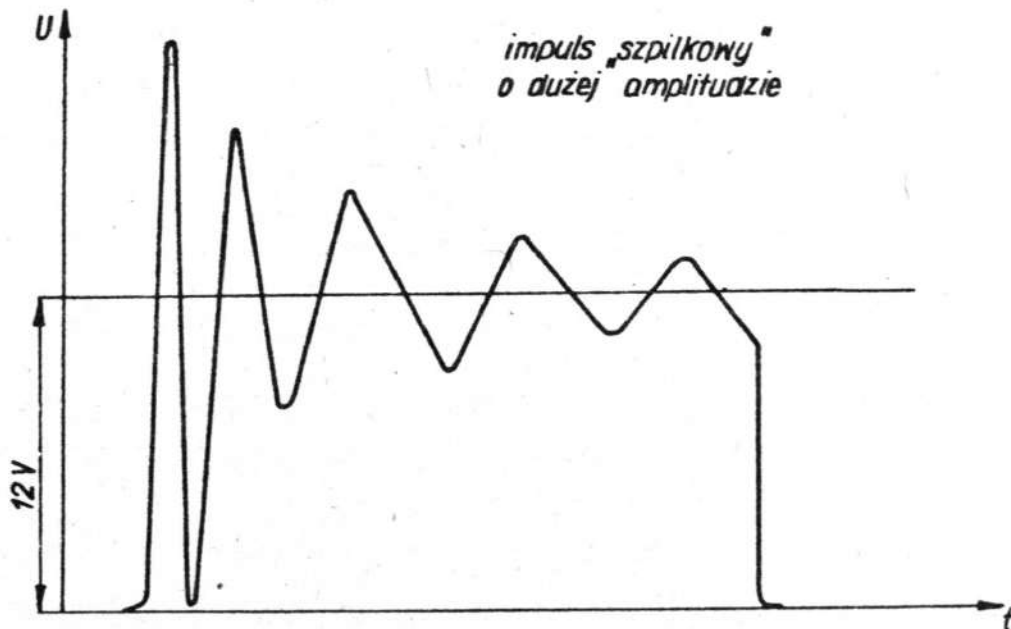
Rys. 2. Przebieg napięcia w uzwojeniu pierwotnym cewki zapłonowej konwencjonalnej - z kondensatorem



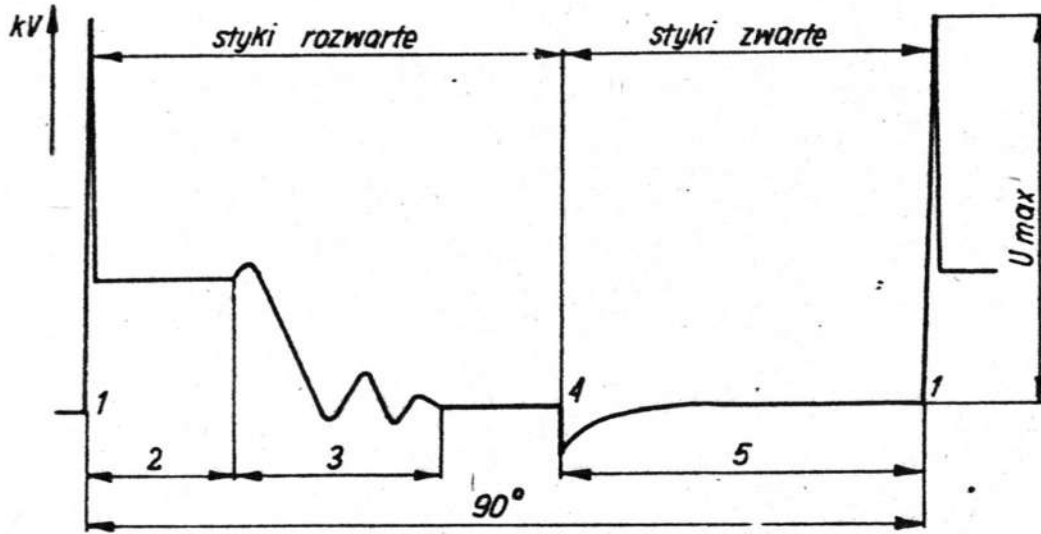
Rys. 3. Przebieg napięcia w uzwojeniu pierwotnym cewki zapłonowej konwencjonalnej - bez kondensatora



Rys. 4. Przebieg napięcia w uzwojeniu pierwotnym cewki zapłonowej układu elektronicznego - z kondensatorem



Rys.5. Przebieg napięcia w uzwojeniu pierwotnym cewki zapłonowej układu elektronicznego - bez kondensatora



Rys.6. Wyidealizowany wykres przebiegu napięcia w uzwojeniu wtórnym obu cewek zapłonowych z oscyloskopu diagnostycznego ZD-2

Uzyskano napięcia U_{\max} dla układu konwencjonalnego 19 kV, a dla układu elektronicznego 27 kV przy wykorzystaniu iskiernika kontrolnego, o rozstawieniu ostrzy odpowiednio 12 mm i 20 mm. Poszczególne punkty i okresy oznaczają: 1 - moment rozwarcia styków przerywacza, 2 - okres wyładowania iskrowego, 3 - gasnące drgania napięcia, 4 - moment zwarcia styków przerywacza, 5 - okres narastania energii w cewce zapłonowej.

4.1. Wyniki badania sprawności konwencjonalnej cewki zapłonowej:

- warunki krytyczne dla pracy cewki zapłonowej uzyskano przy obrotach rozdzielacza zapłonu $n = 1200$ obr/min, co odpowiada ilości 9600 iskrzeń/minutę,
- stwierdzono, że zastosowana w symulatorze cewka zapłonowa silnika samochodu Polski Fiat 125p zapewnia ciągłość iskrzenia w zakresie do 4800 obr/min wału korbowego silnika,
- stwierdzono, że dla układu elektronicznego, przy zasilaniu napięciem 12 V, wytworzenie warunków krytycznych w symulatorze nie jest możliwe, gdyż układ ten zapewnia jeszcze ciągłość

iskrzenia przy napięciu przebicia 27 kV i ilości iskrzeń 16000/min. Warunki krytyczne dla tego układu, przy parametrach odpowiadających badaniu cewki konwencjonalnej, występują dopiero przy zasilaniu napięciem 10 V i przy uzyskiwanym napięciu przebicia 19 kV.

4.2. Wyniki badania porównawczego energii iskry w układzie konwencjonalnym i tranzystorowym :

- potwierdzono możliwość uzyskania szczytowego napięcia przebicia ok. 30 kV w układzie elektronicznym,
- wyniki badań zestawiono w tabeli 2.

5. Wnioski

1. Stwierdzono bezsporną przewagę sprawności układu zapłonowego elektronicznego nad konwencjonalnym, w następujących parametrach:

- wielkość natężenia prądu w uzwojeniu pierwotnym cewki zapłonowej w czasie pracy,
- napięcia uzyskiwanego w uzwojeniu wtórnym cewek zapłonowych,
- sprawności iskry przy znacznej ilości iskrzeń w jednostce czasu,

2. Potwierdziły się założenia teoretyczne, iż silniki 8-cylindrowe wymagają stosowania zapłonu elektronicznego dla uzyskania pełnych osiągnięć.

3. Stwierdzono, że przy małym prądzie płynącym w układzie elektronicznym przez przerywacz /tzn. prądzie bazy tranzystora/, trwałość styków przerywacza w tym układzie jest wyższa, niż w układzie konwencjonalnym.

4. Stwierdzono nieodzowność kondensatora w układzie konwencjonalnym oraz szkodliwość jego oddziaływania w układach elektronicznych. Zaobserwowano to zarówno w charakterystykach otrzymanych przebiegów napięcia, jak i równolegle prowadzonej ob-

serwacji wskazań obrotomierza. Stwierdzono, iż podstawowym wymogiem warunkującym prawidłową pracę obu układów, jest stromość impulsu napięcia w uzwojeniu pierwotnym cewek zapłonowych.

5. Stwierdzono, że zastosowana i badana w symulatorze cewka zapłonowa samochodu Polski Fiat 125p spełnia kryteria znacznie ostrzejsze, w porównaniu ze standardowymi wymogami, stawianymi cewkom zapłonowym konwencjonalnym.
6. Zastosowanie w budowie symulatora fabrycznych, seryjnie produkowanych elementów instalacji zapłonowych, okazało się działaniem trafnym, zapewniającym stałość parametrów, ich wierność w odniesieniu do uzyskiwanych w instalacji samochodowej i możliwość porównań ekonomicznych.
7. Uzasadnionym wydaje się prowadzenie -po dokonaniu szeregu uzupełnień symulatora - dalszych badań nad zjawiskami, związanymi z pracą układów zapłonowych. Proponuje się badanie przebiegu wyładowania iskrowego w świecy zapłonowej z symulowaniem warunków istniejących w cylindrze silnika w chwili zapłonu oraz wpływ pracy układu zapłonowego na emisję do atmosfery związków toksycznych, powstających w procesie spalania.

Literatura

- 1 Karwowski B., Elektrotechnika samochodowa, PWSZ, 1972
- 2 Konopiński M., Elektronika w technice motoryzacyjnej, WKiŁ, Warszawa 1977
- 3 Skwarek R., Instrukcja naprawy samochodu Polski Fiat 125p, WKiŁ, Warszawa 1977
- 4 Torbus W., Samochodowe urządzenia elektryczne, PWSZ, Warszawa 1971
- 5 Instrukcja obsługi diagnoskopu samochodowego ZD-2, Fabryka Obsługowych Urządzeń Samochodowych

Tabela 2. Wyniki badań porównawczych energii iskry

Układ	Napięcie zasilania / V /	Odległość ostrzy iskiernika / mm /	Zakres obr/min. do	Ilość iskrzeń na min.	Uzyskiwane napięcie przy 100% iskrzenia / kV /	Rezultat pomiaru / jakość iskrzenia
1	2	3	4	5	6	7
komencjonalny	12	7	2000	16000	13	iskra ciągła w całym zakresie obrotów
		12	1250	10000	19	iskra ciągła do 1250 obr/min. - powyżej przerywana
	10	20	400	3200	-	do 400 obr/min iskra ciągła - powyżej brak iskrzenia
		7	1400	11200	13	do 1400 obr/min.iskra ciągła - powyżej przerywana
	8	12	400	3200	19	do 400 obr/min.iskra ciągła - powyżej zanik iskrzenia
		20	400	3200	-	brak iskrzenia w całym zakresie obrotów
	8	7	600	4800	-	do 600 obr/min. iskra przerywana - powyżej zanik iskrzenia
		12	200	1600	-	do 200 obr/min. iskra przerywana - powyżej zanik iskrzenia
	8	20	200	1600	-	brak iskrzenia w całym zakresie obrotów

1	2	3	4	5	6	7
transformatorowy	12	7	2000	16000	13	iskra ciągła w całym zakresie obrotów
		12	2000	16000	19	J.W.
		20	2000	16000	27	J.W.
	10	7	1600	12800	13	do 1600 obr/min. iskra ciągła - powyżej przerywana
		12	1200	9600	19	do 1200 obr/min. J.W.
		20	1000	8000	27	do 600 obr/min. iskra ciągła, 600-1000 obr/min. przerywana powyżej 1000 obr/min - sporadyczna
	8	7	800	6400	13	do 800 obr/min. iskra ciągła - powyżej przerywana
		12	600	4800	19	do 600 obr/min. J.W.
		20	400	3200	27	do 400 obr/min. J.W.

THE RESEARCHES OF THE ENGINES IGNITION SYSTEMS ON THE SIMULATOR
IN CONVENTIONAL SOLUTION AND WITH SEMICONDUCTOR ELEMENTS

Summary

This study is continuation of the article in the scientific fascicle No 9. There was description and demands we make to the electronic ignition systems in the internal combustion engines. This article comprise quite of few select researches of conventional and electronic ignition system and qualitative and conclusions of them.

ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОВОДИМЫЕ НА ИМИТАТОРЕ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ИСКРОВЫХ СИСТЕМ ЗАЖИГАНИЯ В КОНВЕНЦИОНАЛЬНОМ РЕШЕНИИ И ПРИ ПОМОЩИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Резюме

Настоящая статья является продолжением работы, опубликованной в 9-м выпуске Ученых записок, в которой даны описание и требования, предоставляемые электронным системам зажигания двигателей внутреннего сгорания.