

TERESA TOMASZEWSKA

STEFAN ZIELIŃSKI

WSP Bydgoszcz

SYMULATOR UKŁADÓW ZAPŁONOWYCH SILNIKÓW SPALINOWYCH Z ZAPŁONEM
ISKROWYM W ROZWIĄZANIU KONWENCJONALNYM I Z ZASTOSOWANIEM ELE-
MENTÓW PÓLPRZEWODNIKOWYCH

1. Wstęp.

Coraz powszechniejszy udział elektroniki w wielu dziedzinach życia codziennego jest również widoczny w technice motoryzacyjnej. W najbardziej zmotoryzowanych krajach świata już w latach 60-tych rozpoczęto seryjną produkcję i montaż w pojazdach szeregu układów, zawierających elementy elektroniczne. W roku 1967 pojawił się pierwszy seryjnie produkowany układ zapłonowy kondensatorowy /tyrystorowy/.

W Polsce pierwsze prace nad elektronicznymi układami znajdującymi zastosowanie w technice motoryzacyjnej podjęto w latach 1973-1974.

Obecnie na świecie 13 różnych systemów elektronicznych do samochodów jest produkowanych seryjnie. Ich powszechne stosowanie budzi jednak ciągle szereg kontrowersji. W grę wchodzi mianowicie dwa aspekty zagadnienia: względy ekonomiczno-technologiczne i niezawodność [4].

Spośród wielu układów - elektroniczne układy zapłonowe mają najmniej oponentów, a ich znaczenie w ostatnich latach jest coraz bardziej podkreślane z dwóch zasadniczych powodów:

- 1/ pozwalają zmniejszyć zużycie paliwa przez silnik - co w dobie kryzysu naftowego ma duże znaczenie;
- 2/ silniki w nie wyposażone cechuje znacznie zmniejszona emisja szkodliwych związków chemicznych: tlenku węgla, węglowodorów, tlenków azotu, związków siarki, ołowiu i innych na skutek poprawienia warunków spalania.

Panuje obecnie dość zgodna opinia fachowców, iż oprócz wymienionych wyżej - elektroniczne układy zapłonowe dają następujące korzyści:

- większą moc silnika,
- większe przyspieszenie pojazdu,
- łatwy rozruch, szczególnie silników wielocylindrowych i w warunkach zimowych,
- małą pracochłonność obsługi,
- łatwość montażu,
- stałość momentu zapłonu,
- mniejsze zużycie świec zapłonowych i przerywacza.

Ponieważ w krajach o rozwiniętej motoryzacji ukazują się przepisy dotyczące ochrony środowiska - należy przypuszczać, że zagadnienie to stanie się w niedalekiej przyszłości również aktualne w Polsce. Należy zatem uznać za celowe upowszechnienie zalet elektronicznych układów zapłonowych wśród szerszej rzeszy użytkowników pojazdów samochodowych.

2. Zakres opracowania

Działanie akumulatorowego układu zapłonowego silnika spalinowego można zasymulować w warunkach laboratoryjnych. Zrealizowanie tego zamierzenia wymagało zbudowania stosownego urządzenia - symulatora zawierającego niezbędne elementy instalacji konwencjonalnej i elektronicznej oraz źródło zasilania i napędu.

Stworzono również możliwość zaistnienia warunków krytycznych dla pracy obu układów, co było możliwe do zrealizowania przy wykorzystaniu elementów instalacji silnika wielocylindrowego.

Dla dokonywania analizy i porównań wyników pracy obu układów konieczna była gruntowna znajomość ich podstaw teoretycznych. Z tego względu całość opracowania podzielona została na dwie części:

- 1/ teorię oraz podstawowe zadania i wymogi stawiane układom zapłonowym jak również opis stanowiska badawczego - symulatora,

2/ opis i rezultaty badań oraz wnioski zostaną przedstawione w Zeszytcie Naukowym "Studia Techniczne" nr 10.

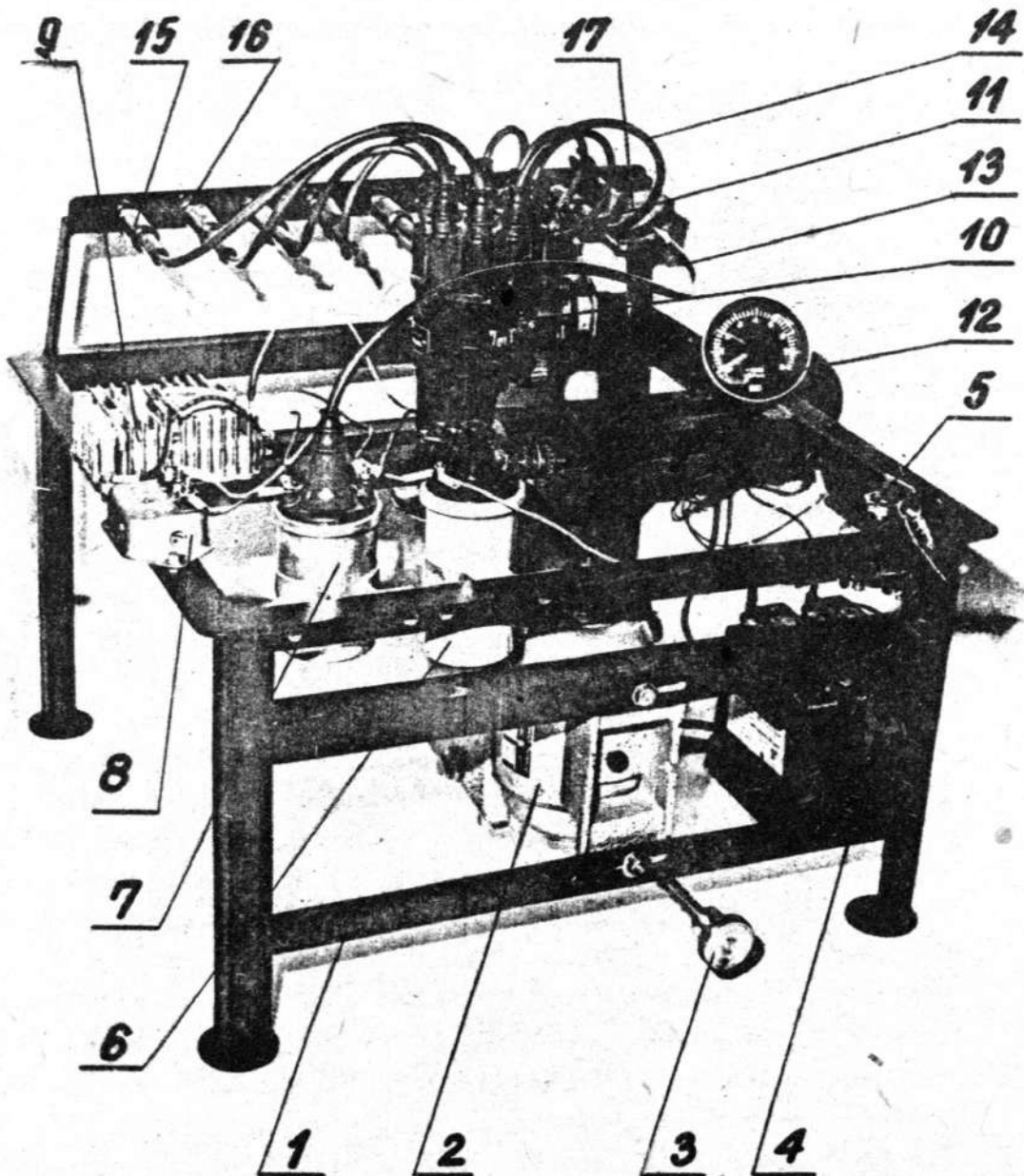
3. Stanowisko badawcze

Obiektywna i porównywalna ocena pracy obu układów zapłonowych możliwa jest tylko w warunkach analogicznych. Dotyczy to zarówno parametrów otaczającego powietrza jak i warunków pracy samego urządzenia, np. stanu styków przerywacza prądu i napięcia baterii zasilających.

Symulator zaprojektowano więc i wykonano w taki sposób, aby spełniał szereg wymagań:

1. Jako źródło napędu zastosowano silnik elektryczny 1-fazowy 220 V z możliwością bezstopniowej regulacji obrotów w granicach 0 + 6000 obr./min, zapewniający uzyskiwanie obrotów wałka rozdzielacza zapłonu w szerokim zakresie.
2. Urządzenie zawiera instalacje zapłonowe: konwencjonalną i elektroniczną, zbudowane z autentycznych elementów, stosowanych w samochodach.
3. Poprzez dokonywanie prostych przełączeń zapewniono możliwość szybkiego porównywania odpowiadających sobie parametrów pracy obu układów zapłonowych w analogicznych warunkach.
4. Urządzenie wyposażono w znormalizowany iskiernik kontrolny wymagany przy badaniach sprawności elementów układów zapłonowych.
5. Wszystkie elementy układów są łatwo dostępne, co zapewnia dogodnie przyłączanie dowolnych przyrządów pomiarowych oraz możliwość włączania do doświadczeń innych urządzeń /np. do badania świec pod ciśnieniem/.
6. Elementy instalacji dają się łatwo demontować, co pozwala dokonać oceny sprawności innych analogicznych elementów dla celów porównawczych.
7. Urządzenie jest bezpieczne i łatwe w obsłudze oraz lekkie.

Widok stanowiska przedstawiono na rys. 1.

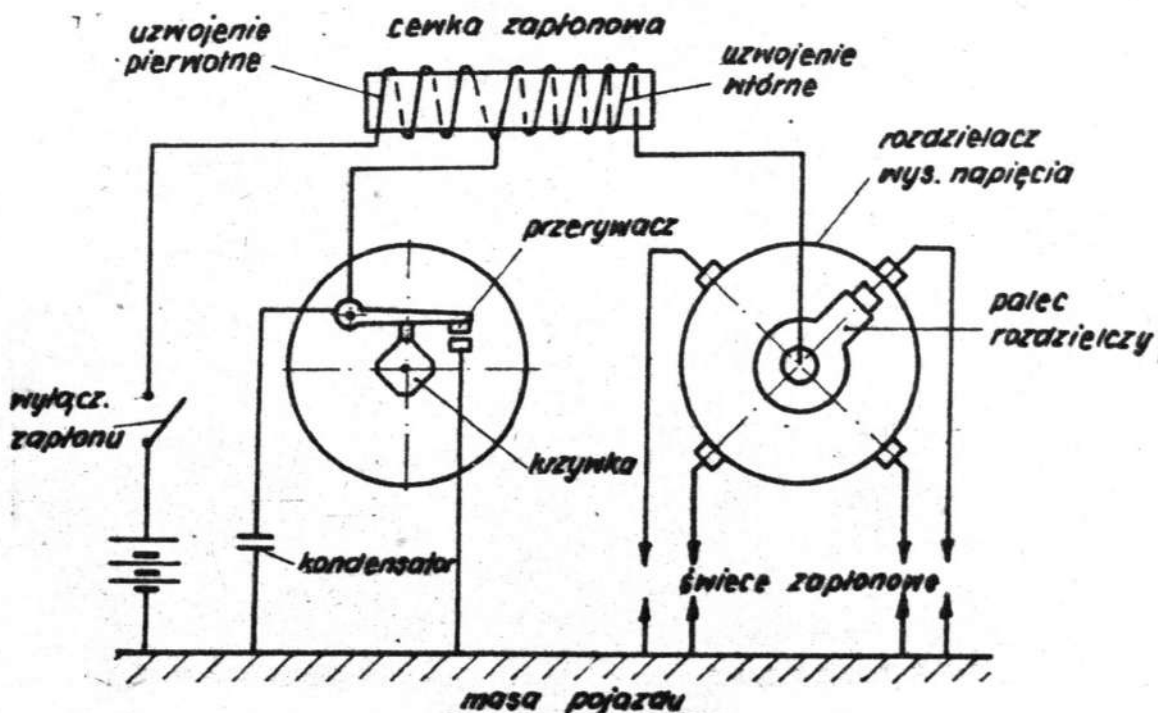


Rys. 1. Stanowisko badawcze: 1 - korpus symulatora, 2 - silnik napędowy, 3 - pokrętło regulacji obrotów silnika, 4 - akumulator, 5 - włącznik zapłonu, 6 - cewka zapłonowa konwencjonalna, 7 - cewka zapłonowa instalacji elektrycznej, 8 - zespół rezystorów, 9 - układ elektroniczny w formie przystawki, 10 - korpus rozdzielacza zapłonu, 11 - głowica rozdzielacza zapłonu, 12 - obrotomierz,

13 - przewód wysokiego napięcia połączenia cewka - rozdzielacz lub cewka - iskiernik, 14 - przewody wysokiego napięcia do świec zapłonowych, 15 - końcówki przewodów wysokiego napięcia, 16 - świece zapłonowe, 17 - iskiernik kontrolny.

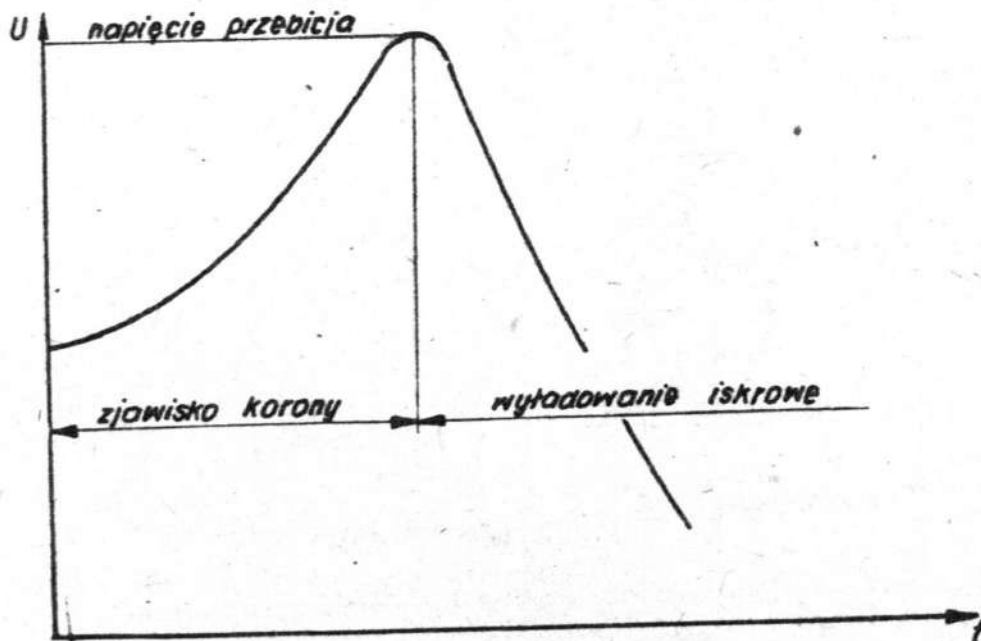
4. Podstawy teoretyczne układów zapłonowych

Zapłon mieszaniny paliwowo-powietrznej w cylindrze silnika z zapłonem iskrowym /oznaczonym symbolicznie ZI/ następuje w wyniku wyładowania iskrowego między elektrodami świecy zapłonowej. Wysokie napięcie uzyskiwane jest w iskrowniku lub instalacji zapłonowej akumulatorowej - dominującej w powszechnym użytkowaniu w samochodach. Schemat ideowy takiego układu zapłonowego przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Schemat konwencjonalnego akumulatorowego układu zapłonowego

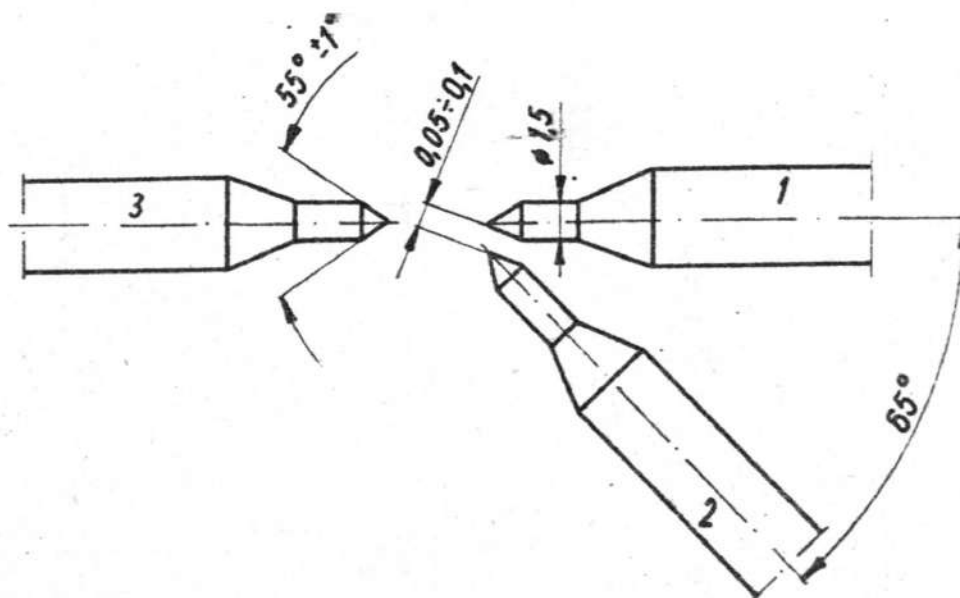
W instalacji tej wysokie napięcie, niezbędne do uzyskania wyładowania iskrowego na świecy zapłonowej, uzyskuje się przez przetworzenie prądu o niskim napięciu, czerpanego z akumulatora lub prądnicy na prąd o wysokim napięciu [5]. Urządzeniem służącym do tego celu jest cewka zapłonowa. Zmienność strumienia magnetycznego do wywołania zjawiska indukcji elektromagnetycznej w cewce zapłonowej uzyskuje się poprzez działanie mechanicznego przerwywacza prądu w obwodzie niskiego napięcia. Wyładowanie iskrowe między elektrodami świecy zapłonowej, tzn. przepływ prądu w gazach wymaga znacznego napięcia przyłożonego do elektrod. Im intensywniejsze jest to wyładowanie, tym zapłon mieszanki palnej jest łatwiejszy. Napięcie, przy którym rozpoczyna się wyładowanie iskrowe określa się mianem napięcia przebicia. Przebieg wyładowania iskrowego przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Przebieg wyładowania iskrowego

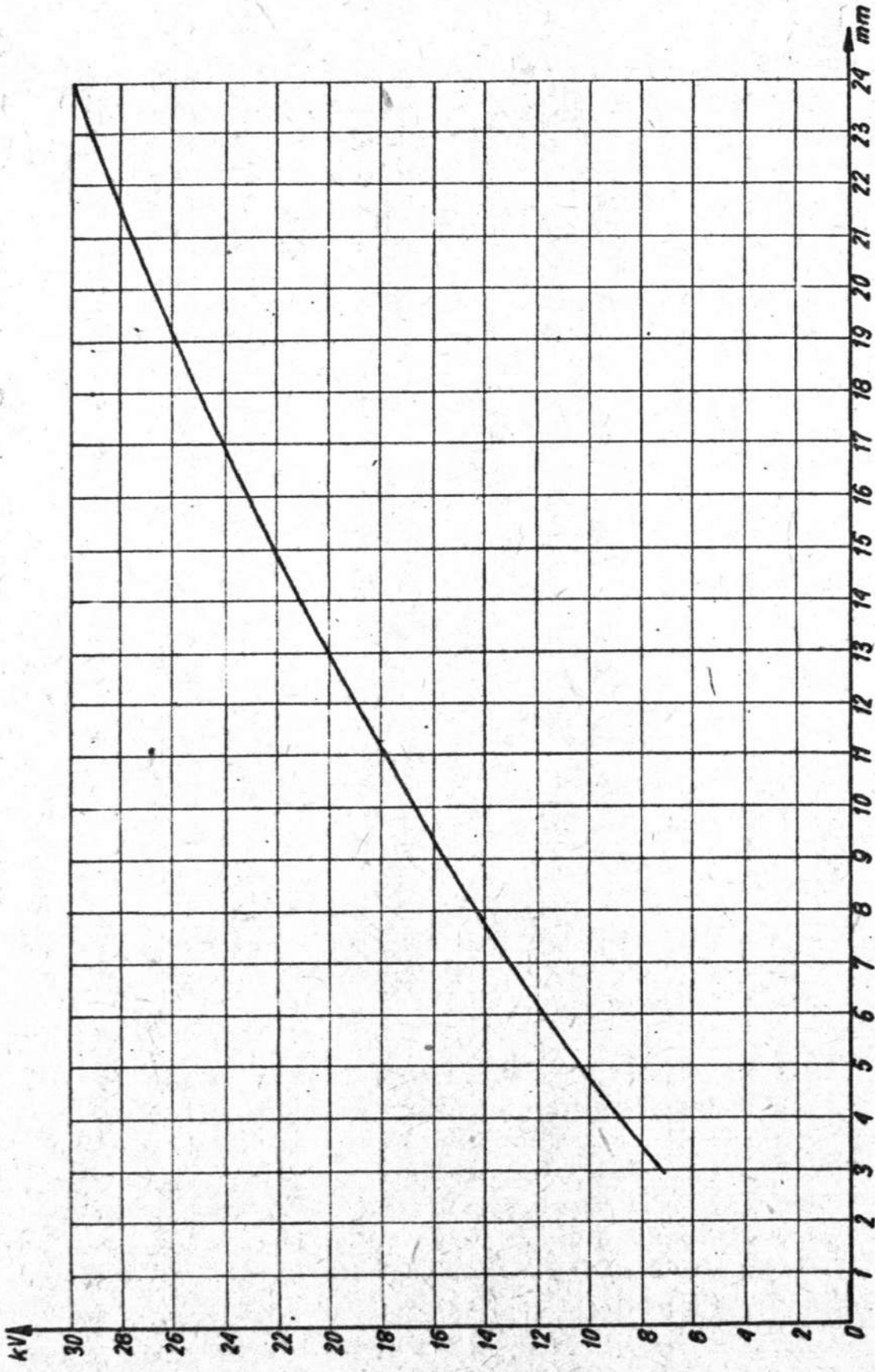
Pożądane jest, aby narastanie napięcia trwało krótko, a wielkość napięcia przebicia była osiągnięta szybko. Gwarantuje to

zarówno znaczną energią iskry, jak i wystąpienie jej w momencie ściśle ustalonym. Do pomiarów wartości napięcia przebicia w różnych warunkach wykorzystano znormalizowany iskiernik ostrzowy trójelektrodowy, którego parametry zamieszczono na rys. 4. Wartość napięcia określono dla największej odległości głównych elektrod iskiernika w milimetrach. Przy znanej odległości elektrod wartość napięcia przebicia odczytywano z odpowiedniego wykresu - rys. 5 [5].



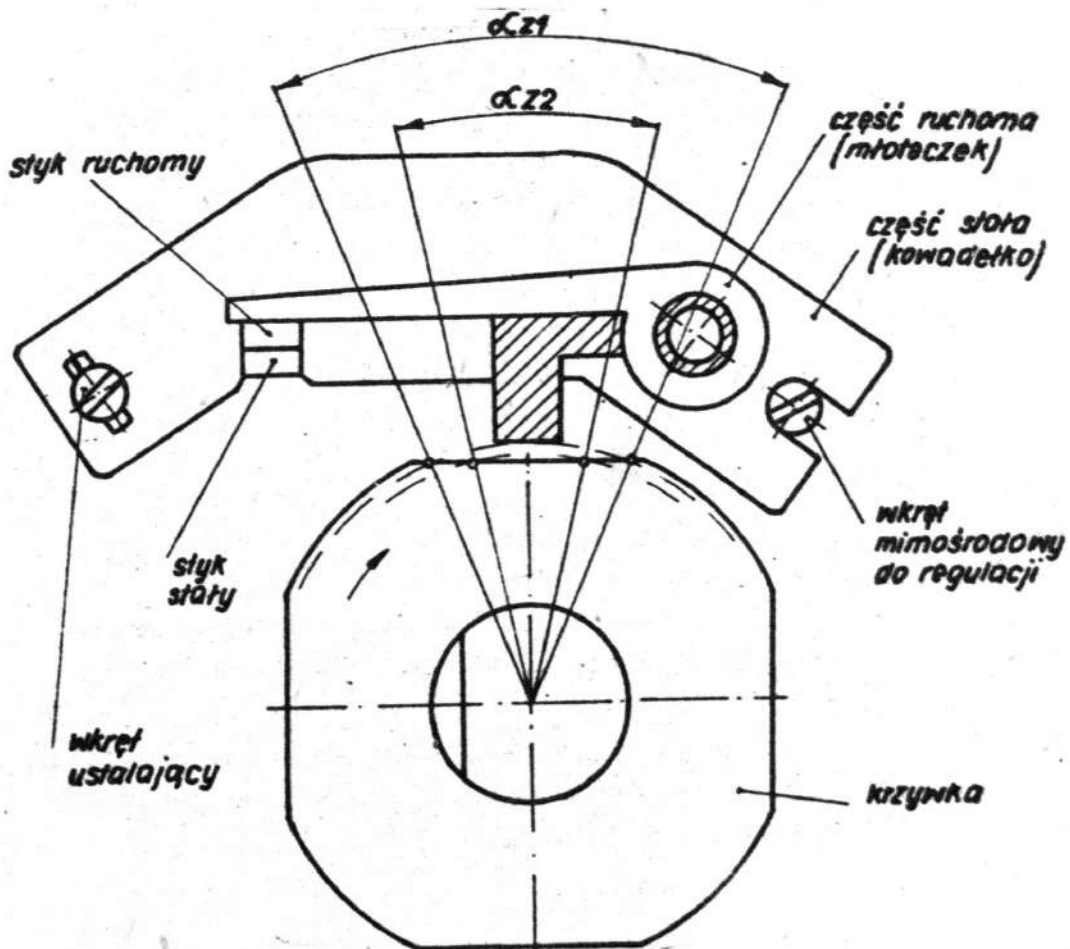
Rys. 4. Parametry geometryczne iskiernika trójelektrodowego:
1 - elektroda zasilająca, 2 - elektroda jonizująca,
3 - elektroda ujemna

Wartość napięcia przebicia w pracującym silniku zależy od wielu różnych czynników. Z punktu widzenia eksploatacji bardzo istotny jest wpływ zmieniającego się napięcia baterii zasilającej /np. pod wpływem niskich temperatur/ na możliwość uzyskania i wielkość napięcia przebicia. Wytworzenie symulowanych warunków spadku napięcia baterii zasilającej, pozwoliło na uzyskanie wyników obrazujących przewagę układu elektronicznego nad konwencjonalnym. Innym czynnikiem wpływającym na war-



Rys. 5. Zależność napięcia przebicia od rozstawienia elektrod iskiernika znormalizowanego przy 100 % iskrzeniu

tość napięcia przebicia jest ilość cylindrów silnika i jego maksymalna prędkość obrotowa. Ważne są tutaj właściwości mechaniczne i elektryczne przerywacza prądu, w obwodzie niskiego napięcia. Zależności mechaniczne i geometryczne przerywacza prądu przedstawiono na rys. 6. Dla uproszczenia przyjęto, iż jest to przerywacz silnika 4-cylindrowego. Można zauważyć, iż wraz ze wzrostem ilości cylindrów silnika i ilości jego obrotów na minutę maleje kąt i skraca się czas zwarcia styków przerywacza, tj. czas narastania prądu i jego wartość w uzwojeniu pierwotnym cewki zapłonowej. Zachodzi więc bezpośredni związek między wymienionymi wyżej wielkościami a wartością napięcia przebicia. Im zatem większa ilość cylindrów i wyższe obroty silnika, tym możliwość uzyskania odpowiednio wysokiego napięcia przebicia mniejsza.



Rys. 6. Zależności geometryczne w układzie krzywka-przerywacz:
 α_{z1} - kąt zwarcia styków przy odstępnie 0,3 mm. α_{z2} -
kąt zwarcia styków przy odstępnie 0,5 mm.

Stanowi to istotną wadę konwencjonalnych układów zapłonowych. Z tego względu w symulatorze zastosowano rozdzielacz silnika 8-cylindrowego, co pozwoliło na wytworzenie warunków krytycznych dla układu zapłonowego konwencjonalnego w określonym zakresie obrotów.

Uprócz wymienionych wyżej - konwencjonalny układ zapłonowy wykazuje szereg dalszych wad:

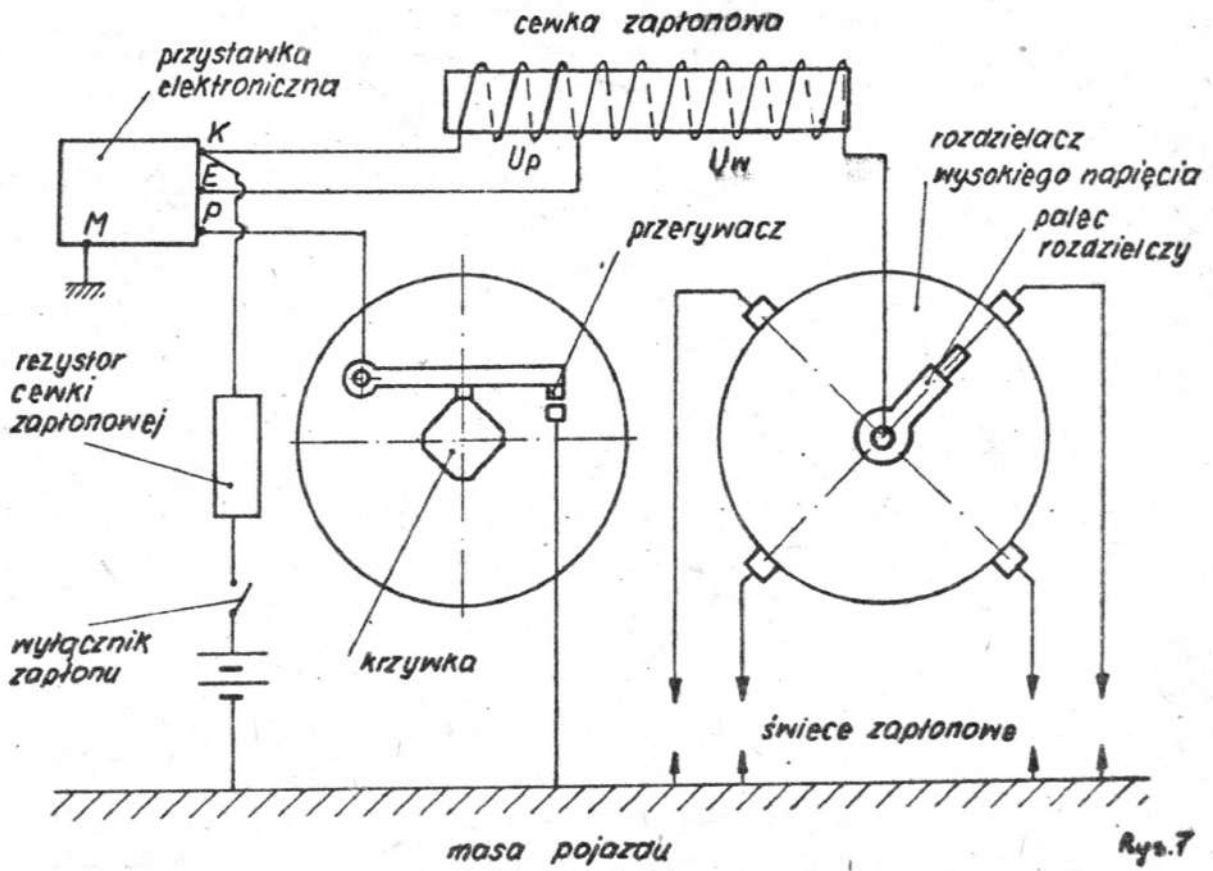
- niską trwałość styków przerywacza w ogóle, a w szczególności przy próbie podwyższania natężenia prądu w uzwojeniu pierwotnym cewki zapłonowej - na skutek silnej elektro-erozji,
- stosunkowo dużą pracochłonność obsługi przerywacza, związaną z oczyszczaniem styków, kontrolą ich odstępu i kontrolą kąta wyprzedzenia zapłonu.

W silnikach obecnie eksploatowanych znajdują zastosowanie elektroniczne układy zapłonowe dwóch rodzajów:

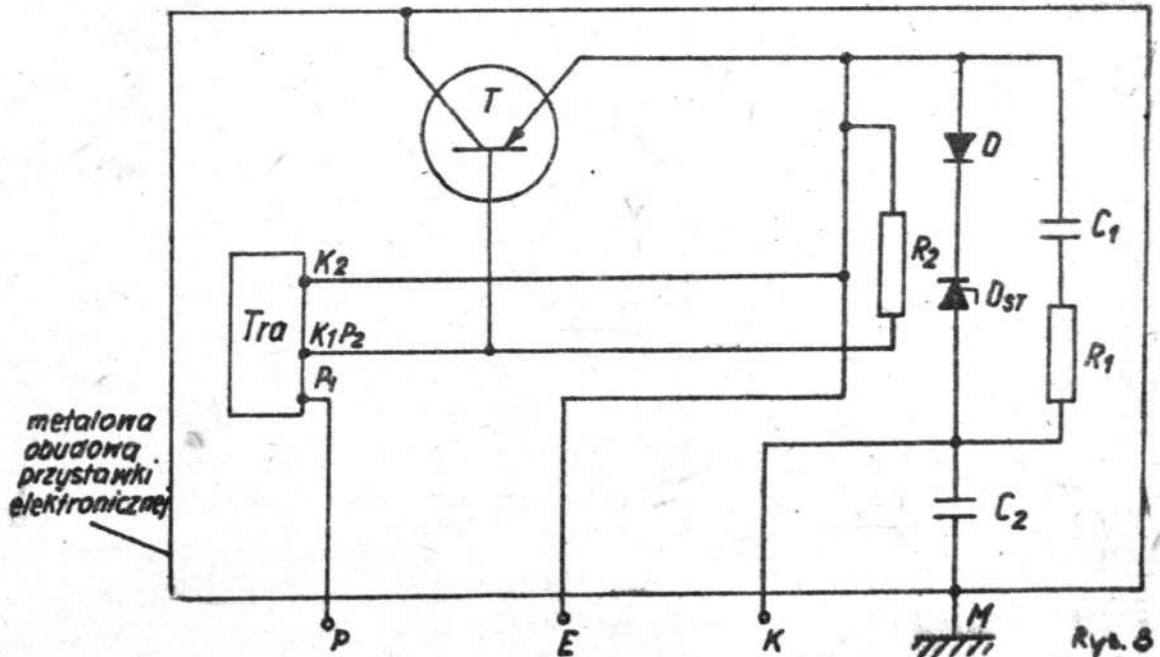
- z gromadzeniem energii w indukcyjności /cewce zapłonowej/, nazywane potocznie urządzeniami tranzystorowymi,
- z gromadzeniem energii w pojemności /kondensatorze/, określane mianem urządzeń tyrystorowych.

W symulatorze zainstalowano układ tranzystorowy w oparciu o fabryczne, seryjne produkowane elementy stosowane w 8-cylindrowym silniku samochodu ZIL 130 /prod. ZSRR/. Schemat ideowy tego układu zapłonowego przedstawiono na rys. 7. /dla przejrzystości rysunku przyjęto, iż układ jest 4-cylindrowy/. W stosunku do instalacji konwencjonalnej występują tu następujące różnice:

- zbędność kondensatora,
- cewka zapłonowa posiada inne przełożenie oraz większe średnice drutu uzwojeń,
- w układ napięciowy pierwotny włączona jest przystawka elektroniczna /oznaczenia zacisków przystawki elektronicznej podano na rys. 8/,
- uzwojenie pierwotne cewki zapłonowej odciążone jest cieplnie specjalnym rezystorem konstantanowym, o nie zmieniającej się pod wpływem temperatury rezystancji.



Rys. 7. Schemat ideowy elektronicznego układu zapłonowego



Rys. 8. Schemat połączeń przystawki elektronicznej:

P - zacisk przerywacza, E - zacisk uzwojenia pierwotnego cewki /emiter tranzystora/, K - zacisk uzwojenia pierwotnego cewki /zasilanie z rezystora/, M - zacisk masy, Tra - transformator, P₁ - początek uzwojenia pierwotnego, P₂K₁ - koniec uzwojenia pierwotnego - początek uzwojenia wtórnego, K₂ - koniec uzwojenia wtórnego, T - germanowy tranzystor mocy GT 701A /ZSRR/, D - dioda germanowa D7 /ZSRR/, D_{st} - stabilitron D817W /ZSRR/, C₁ - kondensator bloku zabezpieczenia tranzystora, C₂ - kondensator elektrolityczny, R₁ - rezystor 2Ω, R₂ - rezystor 20Ω

Schemat połączeń przystawki elektronicznej przedstawiono na rys. 8. Jest to w swej istocie układ wzmacniający, oparty na wykorzystaniu współczynnika wzmocnienia o wartości około 20 cechującego zastosowany tranzystor mocy. Oprócz tranzystora układ zawiera transformator korygujący impulsy i rezystor do uzyskania potencjału odniesienia bazy tranzystora.

Blok zabezpieczenia tranzystora obejmuje układ R₁C₁ oraz dwie diody i elektrolityczny kondensator dużej pojemności C₂. Korpus przystawki wykonany jest w postaci uźbrowanego radiatora aluminiowego. Całość spełnia wymogi:

- dobrego odprowadzania ciepła do atmosfery,
- odporność na wilgoć i wstrząsy.

W układzie zapłonowym tranzystorowym odmiennie niż w układzie konwencjonalnym istnieją dwie drogi prądu niskiego napięcia: prąd sterowania tranzystora i roboczy prąd niskiego napięcia cewki zapłonowej. Gdy włącznik zapłonu jest wyłączony, a styki przerywacza rozwarne droga prądu sterującego jest przzerwana, a tranzystor nie przewodzi. W momencie włączenia zapłonu i zwarcia styków przerywacza /uzyskano prącem rozrusznika/ prąd bazy o niewielkim natężeniu /ok. 0,3 A/ płynie przez przerywacz oraz wprowadza tranzystor w stan przewodzenia. Układ R₁C₁ jest tak dobrany, że ułatwia przejście tranzystora ze stanu zatkania w stan przewodzenia i odwrotnie.

Roboczy prąd w uzwojeniu pierwotnym cewki w rezultacie przewodzenia tranzystora uzyskuje natężenie rzędu 6 A, co pozwala na wytworzenie silnego strumienia magnetycznego. W momencie rozwarcia styków przerywacza prąd bazy zanika, a tranzystor ulega zatkaniu. Zanikający strumień magnetyczny indukuje

w uzwojeniu wtórnym cewki zapłonowej sem o napięciu znacznie wyższym niż w układzie zapłonowym konwencjonalnym. Ponieważ przez przerywacz płynie tylko bardzo mały prąd sterowania tranzystora, wykluczone jest niebezpieczeństwo wypalania styków w związku z czym zbędny staje się kondensator. Jakiegokolwiek mechaniczne oczyszczanie styków przerywacza nie jest potrzebne. Oczyszczanie styków czystą benzyną oraz okresowa kontrola ich odstępu jest zupełnie wystarczające do uzyskania trwałości mierzonej przebiegiem pojazdu rzędu 50.000 km [2].

5. Wnioski

Analiza układów zapłonowych silników spalinowych z zapłonem iskrowym w rozwiązaniu konwencjonalnym i z zastosowaniem elementów półprzewodnikowych pozwala sformułować następujące wnioski:

1. Poszukiwanie nowych rozwiązań układów zapłonowych jest uzasadnione wymogami ochrony środowiska, względami ekonomicznymi i eksploatacyjnymi.
2. Elektroniczne układy zapłonowe jako proste konstrukcyjnie i niezawodne zaleca się stosować w przypadkach ekonomicznie uzasadnionych.

LITERATURA:

- [1] Cisko Z., Osterloff L.: Elektrotechnika samochodowa, Warszawa 1964
- [2] Jerszow B. W., Zaletajew M. W.: Elektrooborudowanije sowremiennych otieczestwiennych owtomobiej, wyd. Maszynostrojenije Moskwa 1971
- [3] Karwowski B.: Elektrotechnika samochodowa, 1972
- [4] Konopiński M.: Elektrotechnika w technice motoryzacyjnej Warszawa 1977
- [5] Torbus W.: Samochodowe urządzenia elektryczne, Warszawa 1971

AN IGNITION SYSTEM SIMULATOR IN DIESEL WITH CONVENTIONAL
AND SEMICONDUCTOR SPARK IGNITION

Summary

The construction and action of the electronic ignition system in a diesel engine are described, as also is the simulator. The basic requirements of an accumulator ignition and the advantages of electronic systems are outlined. As the use of electronic ignition systems is becoming increasingly widespread, knowledge of their advantages should be of interest to all car owners. The extent of these studies, the results and their analysis will be printed in the Technical Education Bulletin No. 10.

ИМИТАТОР СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО
СГОРАНИЯ С ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ В КОНВЕНЦИОНАЛЬНОМ
РЕШЕНИИ И С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Резюме

Целью настоящей статьи является обсуждение строения и принципы действия электронной системы зажигания двигателя внутреннего сгорания и описание исследуемого места-имитатора. На этой почве представлено основные требования предоставляемые аккумуляторным системой зажигания и преимущества электронных систем. В связи с тем, что всё чаще применяются электронные системы зажигания - знакомство с ними должно быть заинтересованностью широких масс потребителей автомобилей. Диапазон исследований, результаты и их анализ будут напечатаны в научной тетради № 10.