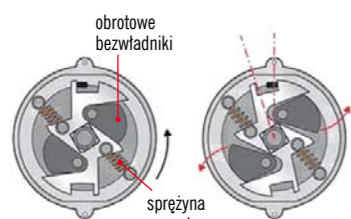
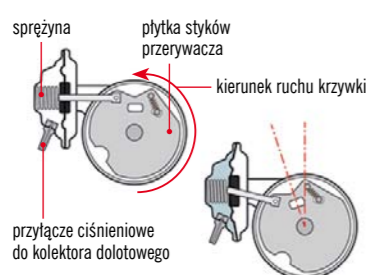


Z tego powodu do uzwojenia pierwotnego podłączony jest kondensator, który skutecznie pochłania i przechowuje indukowane napięcie. Po ponownym zamknięciu styków przerywacza kondensator rozładowuje przechowywaną energię do uzwojenia pierwotnego, co pozwala wytworzyć kolejne pole magnetyczne.



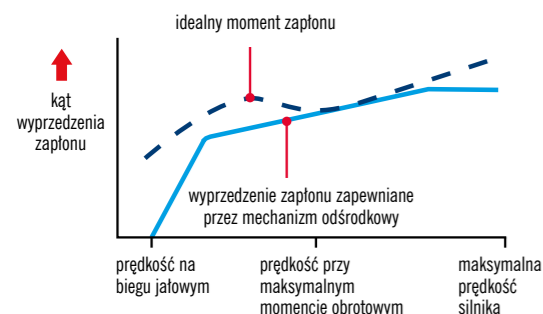
RYS. 4. MECHANIZM MECHANICZNEGO PRZYSPIESZENIA ZAPŁONU ZWIĄZANEGO Z PRĘDKOŚCIĄ OBROTOWĄ SILNIKA



RYS. 5. MECHANICZNE PRZYSPIESZENIE ZAPŁONU ZWIĄZANE Z OBCIĄŻENIEM SILNIKA

### Mechanizmy przyspieszenia i opóźnienia zapłonu

Kąt wyprzedzenia zapłonu musi ulegać zmianie wraz ze zmianami prędkości obrotowej i obciążenia silnika. W mechanicznych układach zapłonowych przyspieszenie zapłonu wraz ze wzrostem prędkości obrotowej silnika osiągnięto dzięki zastosowaniu obrotowych bezwładników (ciężarków) i sprężyn (rys. 4).



RYS. 6. OGRANICZENIA MECHANIZMU ODŚRODKOWEGO

Bezwładniki są zamontowane na płycie przymocowanej do zespołu wału wirnika, a zatem obracają się one wraz z wałem. Przy wzroście prędkości obrotowej silnika działanie siły odśrodkowej wypycha naprężone za pomocą sprężyn wypycha naprężone za pomocą sprężyn bezwładniki na zewnątrz. Ruch bezwładników powoduje opóźnienie obrotu krzywek na wale wirnika, co skutkuje opóźnieniem otwarcia styków przerywacza, a tym samym – opóźnieniem zapłonu.

Inny mechanizm służy do zmiany wyprzedzenia zapłonu wraz ze zmianami obciążenia silnika (rys. 5). Przerywacz jest zamontowany na płycie podstawy, która ma możliwość lekkiego obrotu przeciwnie lub zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Podłączona do kapsuły membranowej płytka regulatora odbiera ciśnienie z kolektora dolotowego poprzez rurę.

Gdy ciśnienie w kolektorze dolotowym ulega zmianie wraz ze zmianami obciążenia silnika, membrana porusza się, powodując lekki obrót płytki regulatora i styków przerywacza. Wraz ze zmianami obciążenia silnika obrót płytki regulatora i styków koryguje następnie wyprzedzenie zapłonu.

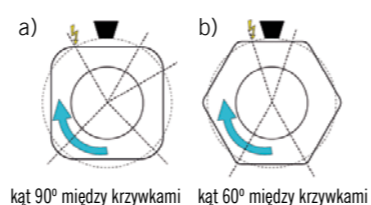
### Ograniczenia mechanicznych układów regulacji wyprzedzenia zapłonu

Dokładność wyprzedzenia zapłonu w mechanicznych układach zapłonowych jest ograniczona możliwościami sprzętu. Często w ramach rutynowych przeglądów niezbędne było precyzyjne dostrajanie, regulacja i wymiana części. Przykładem takich ograniczeń jest przedstawiony na rys. 6 wykres typowego przyspieszenia zapłonu związanego z prędkością obrotową silnika w mechanicznym układzie zapłonowym zestawiony z wymaganym wyprzedzeniem idealnym.

Ze względu na zastosowanie progresywnych sprężyn powrotnych (rys. 4) wyprzedzenie zapłonu zapewniane przez układ odśrodkowy zwiększa się w dwóch liniowych krokach. Tymczasem idealne wyprzedzenie zmienia się nieliniowo. Aby zapobiec zbyt niemu przyspieszeniu zapłonu, wyprzedzenie zapewniane przez układ odśrodkowy jest zawsze lekko opóźnione względem idealnej wartości.

### Okres spoczynku / kąt spoczynku

W mechanicznym układzie zapłonu faza spoczynku rozpoczyna się w momencie, gdy obracające się krzywki umożliwią zamknięcie styków przerywacza, tak aby prąd przepływał przez uzwojenie pierwotne cewki. Okres ten kończy się w chwili, gdy krzywki wymuszą ponowne otwarcie styków przerywacza, co odetnie dopływ prądu do uzwojenia pierwotnego. Okres spoczynku można zatem zdefiniować jako kąt, o jaki obracają się krzywki w czasie, gdy styki przerywacza znajdują się w pozycji zamkniętej.



RYS. 7. KĄT SPOCZYNKU (STYKI PRZERYWACZA ZAMKNIĘTE) PRZEDSTAWIONY JAKO KĄT OBROTU WAŁU ROZDZIELACZA O 60° (Z LEWEJ) I O 40° W SILNIKU 6-CYLINDROWYM (Z PRAWYJ)

Rys. 7a prezentuje 4 krzywki (w silniku 4-cylindrowym), co oznacza, że różnica kąta pomiędzy tym samym punktem sąsiednich krzywek wynosi 90°. Kształt krzywek w przykładzie pozwala na utrzymanie styków przerywacza w stanie zamkniętym podczas obrotu o 60°. A zatem kąt spoczynku wynosi 60 stopni obrotu rozdzielacza, podczas którego styki przerywacza są zamknięte, a przez uzwojenie pierwotne płynie prąd.

Jeśli przykładowo wał korbowy obraca się z prędkością 1000 obr./min, wirnik rozdzielacza (który wiruje z prędkością równą połowie prędkości obrotowej silnika) będzie obracał się z prędkością 500 obr./min. Przy takiej prędkości obrót wału rozdzielacza o kąt spoczynku 60° trwa 20 milisekund, tymczasem czas naładowania cewki zapłonowej wynosi jedynie ok. 4 milisekund, a zatem czas spoczynku potrzebny do wytworzenia pierwotnego pola magnetycznego jest więcej niż wystarczający.

Kiedy silnik obraca się z prędkością 5000 obr./min, obrót wału rozdzielacza o ten sam kąt 60° będzie trwał tylko 4 milisekundy, czyli dokładnie tyle, ile potrzeba do wytworzenia w cewce pola

magnetycznego o maksymalnej mocy. Jednak gdyby silnik kręcił się szybciej, zabrakłoby czasu na pełne naładowanie cewki zapłonowej, co skutkowało by zmniejszeniem energii w polu magnetycznym i obniżeniem wartości napięcia podawanego do świec zapłonowych.

Problem skrócenia czasu spoczynku przy wzroście prędkości obrotowej silnika będzie miał większe znaczenie w przypadku silników o dużej liczbie cylindrów. Na przykład w silniku sześciocylindrowym jest 6 krzywek, z kątem różnicy pomiędzy nimi wynoszącym tylko 60° (rys. 7b) i kątem spoczynku tylko 40°. W rezultacie przy prędkości obrotowej silnika 5000 obr./min obrót o kąt spoczynku 40° będzie trwał tylko 2,6 milisekundy.

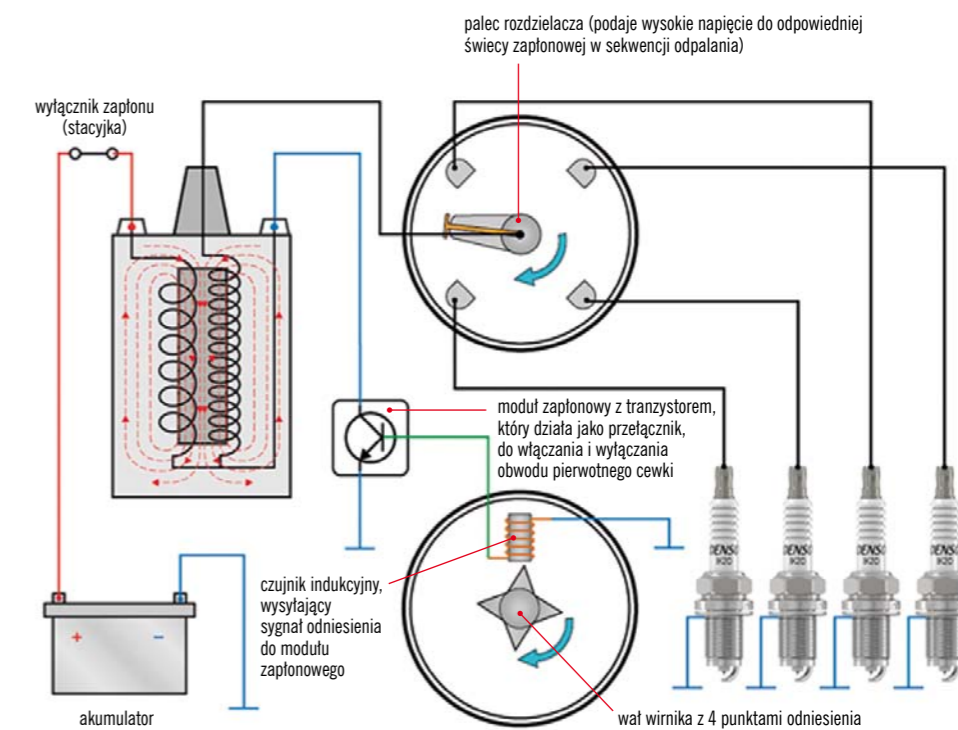
Jeśli pełne naładowanie cewki wymaga 4 milisekund, to czas spoczynku będzie zdecydowanie za krótki, co spowoduje obniżenie napięcia i może prowadzić do przerw w zapłonie.

W mechanicznych układach zapłonowych stosowano różne rozwiązania problemu skrócenia czasu spoczynku. Jednym z nich było zastosowanie mocniejszej cewki zapłonowej. Innym ekstremalnym rozwiązaniem stosowanym w silnikach wysokoobrotowych z 8 lub 12 cylindrami było wyposażenie ich w dwa oddzielne rozdzielacze, każdy z własną cewką zapłonową. Silniki te miały więc w rzeczywistości dwa oddzielne układy zapłonowe, które dostarczały wysokie napięcie do świec zapłonowych dla połowy cylindrów silnika.

### Elektroniczne układy zapłonowe wczesnego typu

#### Elektroniczne przełączanie obwodu uzwojenia pierwotnego

Wczesne generacje elektronicznych układów zapłonowych były w rzeczywistości ewolucyjną wersją układów mechanicznych. Rys. 8 przedstawia główne elementy układu elektronicznego wczesnej generacji, w którym zachowano rozwiązanie mechanicznego opóźnienia i przyspieszenia zapłonu, jak również palec rozdzielacza stosowany w układach w pełni mechanicznych. Jedną z głównych zmian w układach elektronicznych było zastosowanie elektroniki do włączania i wyłączenia



RYS. 8. PODSTAWOWY ELEKTRONICZNY UKŁAD ZAPŁONOWY

czania przepływu prądu przez uzwojenie pierwotne zamiast mechanicznego, niedokładnego i wymagającego regularnej konserwacji wyłącznika stykowego.

W funkcji przełącznika elektronicznego dla obwodu pierwotnego zastosowano tranzystor stanowiący część stosunkowo prostego wzmacniacza, nazywanego często modułem zapłonowym. Moduł ten reagował na sygnał wyzwalający lub sygnał pomiaru czasu dostarczany przez czujnik lub generator impulsu, który zazwyczaj znajdował się w korpusie rozdzielacza zapłonu.

Stosowano dwa główne typy czujników: indukcyjne i hallotronowe. Przykład przedstawia czujnik typu indukcyjnego, wykorzystujący punkty odniesienia (po jednym dla każdego cylindra) umieszczone na wale wirnika rozdzielacza. Kiedy wirnik obracał się, punkty odniesienia przesuwają się obok małej cewki z drutu owiniętej wokół magnesu stałego. Gdy punkt odniesienia przesunął się obok magnesu i cewki, pole magnetyczne zmieniało się lub ulegało wahaniom, co następnie indukowało niewielki prąd elektryczny lub impuls elektryczny w cewce z drutu. Impulsy elektryczne dostarczały sygnał odniesienia dla modułu zapłonowego, który na-

stępnie wyłączał dopływ prądu do uzwojenia pierwotnego cewki zapłonowej.

#### Stały czas spoczynku i stała energia

Pomimo licznych różnic we wczesnych układach w większości wariantów moduł zapłonowy sterował również włączaniem i wyłączeniem dopływu prądu do uzwojenia pierwotnego. W efekcie moduł zapłonowy wyznaczał czas przepływu prądu elektrycznego przez uzwojenie pierwotne, czyli czas spoczynku.

W przeciwieństwie do mechanicznych układów zapłonowych, w których czas spoczynku zmniejsza się wraz ze wzrostem prędkości obrotowej silnika, w układach elektronicznych jest on utrzymywany na stosunkowo niezmiennym poziomie niezależnie od prędkości obrotowej silnika. Ponadto, aby umożliwić stosowanie cewek zapłonowych o dużej mocy, które pracują przy wyższych przepływach prądu przez uzwojenie pierwotne, zapalniki zawierały również elektroniczne urządzenie ograniczające prąd. Ograniczniki prądu początkowo pozwalają na przepływ wysokiego prądu przez uzwojenie pierwotne, ale gdy osiągnie on określony maksymalny poziom, jest ograniczany, aby zapobiec przegrzaniu obwodu.