

# **SILNIKI SPALINOWE 1 – PODSTAWY**

## **INSTRUKCJA LABORATORYJNA**

BADANIE I REGULACJA ELEMENTÓW  
UKŁADU PALIWOWEGO SILNIKA O  
ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM; UKŁAD  
COMMON RAIL

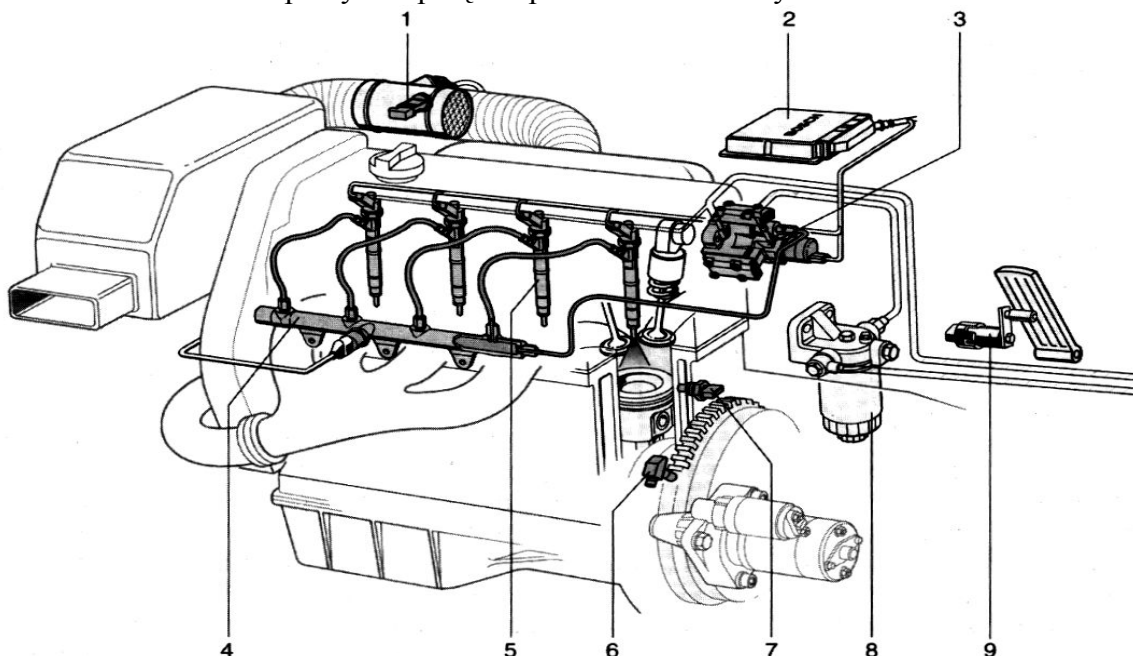
## WSTĘP

### 1. Budowa układu Common Rail

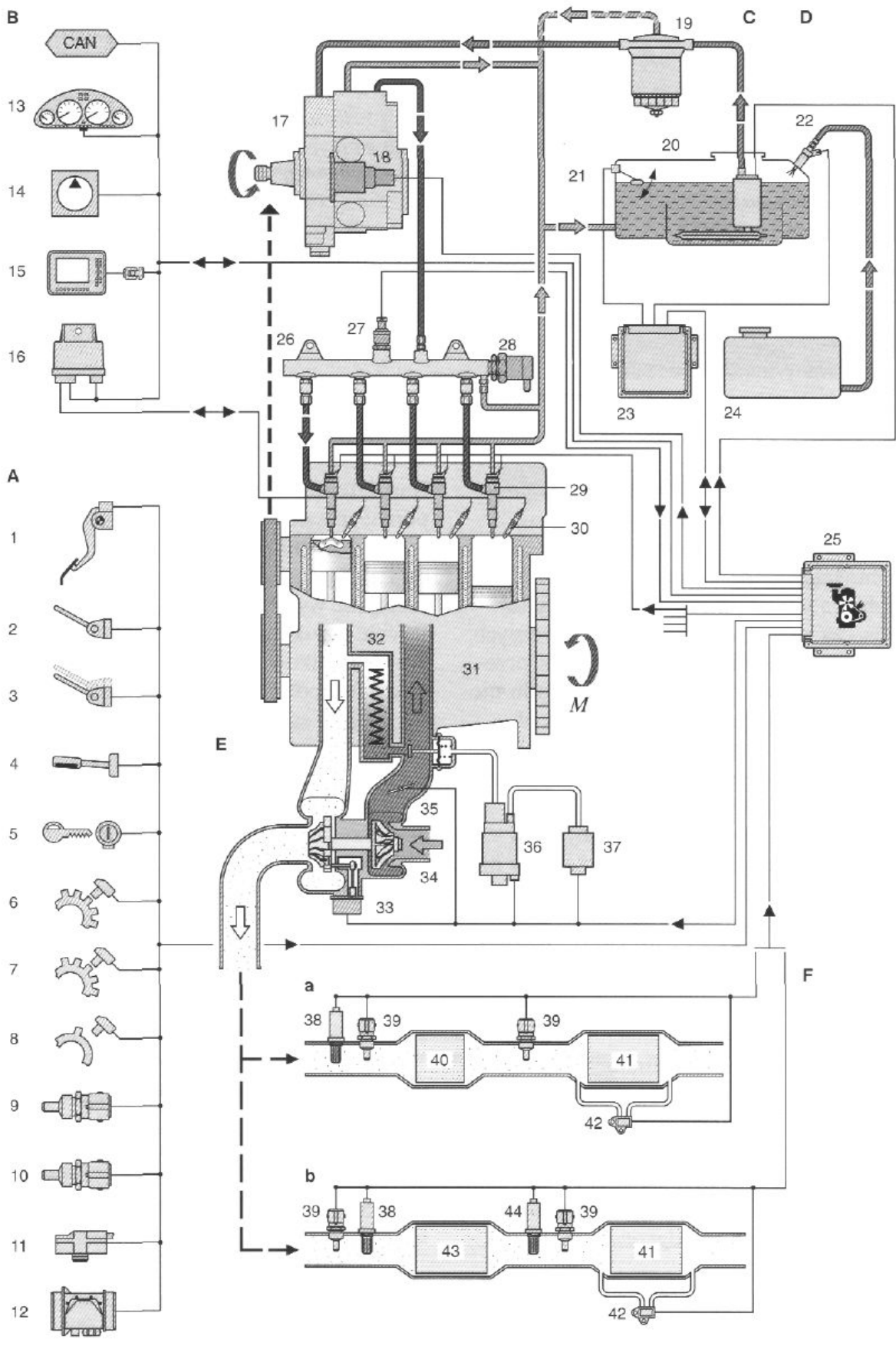
W układzie Common Rail za jeden z głównych elementów uznaje się zasobnik paliwa (tzw. wspólną szynę). Rozdzielenie wytwarzania ciśnienia i wtrysku paliwa umożliwia względnie dużą objętość tego elementu. Znajdujące się w nim paliwo pod ciśnieniem jest „magazynowane” i gotowe do wtrysku.

Kierowca reguluje dawkę wtrysku za pośrednictwem pedału „gazu” natomiast chwila i ciśnienie wtrysku są obliczane w sterowniku elektronicznym na podstawie zapisanej w jego pamięci charakterystyki uniwersalnej i realizowane za pośrednictwem sterowanego zaworu przez wtryskiwacz oddzielnie dla każdego cylindra silnika.

Potencjometryczny czujnik położenia pedału przyspieszenia przekazuje sterownikowi sygnał elektryczny odpowiadający wartości momentu obrotowego zadysponowanego przez kierowcę. Sterownik przetwarza sygnały czujników doprowadzane obwodami transmisji danych i na podstawie uzyskanych informacji steruje pracą silnika. Czujnik prędkości obrotowej wału korbowego mierzy prędkość obrotową silnika, a czujnik prędkości obrotowej wału rozrządu określa kolejność wtrysku paliwa do cylindrów. Przepływomierz powietrza przekazuje sterownikowi informację o aktualnej masie doprowadzanego powietrza w celu dostosowania spalania do wymaganego ograniczenia emisji spalin. W turbodoładowanych silnikach z regulacją ciśnienia doładowania odpowiedni czujnik mierzy ciśnienie doładowania. Na podstawie wartości dostarczanych przez czujniki temperatury cieczy chłodzącej i temperatury powietrza sterownik, przy niskich temperaturach i zimnym silniku, może dostosować wymagane wartości początku wtrysku, wtrysku wstępnego i innych parametrów do chwilowych warunków pracy. W zależności od pojazdu do sterownika mogą być podłączone dodatkowe czujniki i obwody danych, aby sprostać rosnącym wymaganiom dotyczącym bezpieczeństwa i komfortu jazdy. Podstawowy układ Common Rail przedstawia rysunek 1.1, natomiast kompletny schemat silnika samochodu osobowego wyposażonego w układ Common Rail z pełnym osprzętem przedstawiono na rysunku 1.2.



Rys. 1.1. Podstawowy układ Common Rail silnika czterocylindrowego: 1 – przepływomierz masowy powietrza, 2 – sterownik, 3 – pompa wysokiego ciśnienia, 4 – zasobnik wysokiego ciśnienia, 5 – wtryskiwacze, 6 – czujnik prędkości obrotowej wału korbowego, 7 – czujnik temperatury cieczy chłodzącej, 8 – filtr paliwa, 9 – czujnik położenia pedału przyspieszenia



Rys. 1.2. Układ wtryskowy Common Rail samochodu osobowego firmy Bosch

**Silnik, sterowanie silnika i elementy obwodu wysokiego ciśnienia**

- 17 – pompa wysokiego ciśnienia,
- 18 – dozownik,
- 25 – sterownik silnika,
- 26 – zasobnik paliwa wysokiego ciśnienia,
- 27 – czujnik ciśnienia paliwa w zasobniku,
- 28 – zawór regulacyjny ciśnienia (DRV 2),
- 29 – wtryskiwacz,
- 30 – świeca żarowa,
- 31 – silnik wysokoprężny (DI),
- M – moment obrotowy silnika

**A Czujniki i nadajniki wartości znamionowych**

- 1 – czujnik położenia pedału przyspieszenia,
- 2 – styk pedał sprężarki,
- 3 – styki (2) pedału hamulca,
- 4 – dźwignia regulatora prędkości jazdy,
- 5 – wyłącznik zapłonu (stacyjka),
- 6 – czujnik prędkości pojazdu,
- 7 – czujnik prędkości obrotowej wału korbowego (indukcyjny),
- 8 – czujnik prędkości obrotowej wału rozrządu (indukcyjny lub hallotronowy),
- 9 – czujnik temperatury silnika (w układzie chłodzenia),
- 10 – czujnik temperatury powietrza w kolektorze dolotowym,
- 11 – czujnik ciśnienia doładowania,
- 12 – masowy przepływomierz powietrza

**B Połączenia z innymi układami**

- 13 – zestaw wskaźników (wskazania zużycia paliwa, prędkości obrotowej itd.),

- 14 – sprężarka klimatyzacji,
- 15 – gniazdo złącza diagnostycznego,
- 16 – sterownik czasu żarzenia świec żarowych, CAN – magistrala szeregowej transmisji danych w pojeździe

**C Zasilanie paliwem (obwód niskiego ciśnienia)**

- 19 – filtr paliwa z zaworem przelewowym,
- 20 – zbiornik paliwa z filtrem wstępnym elektryczną pompą zasilającą EKP,
- 21 – czujnik poziomu paliwa

**D Obwód dozowania dodatków do paliwa**

- 22 – zespół dozowania dodatków do paliwa,
- 23 – sterownik dozowania dodatków,
- 24 – zbiornik dodatków do paliwa

**E Zasilanie powietrzem**

- 32 – chłodnica spalin,
- 33 – nastawnik ciśnienia doładowania,
- 34 – turbosprężarka (tu o zmiennej geometrii łopatek turbiny VTG),
- 35 – przepustnica w kolektorze dolotowym,
- 36 – nastawnik recyrkulacji spalin,
- 37 – pompa podciśnienia

**F Oczyszczanie spalin**

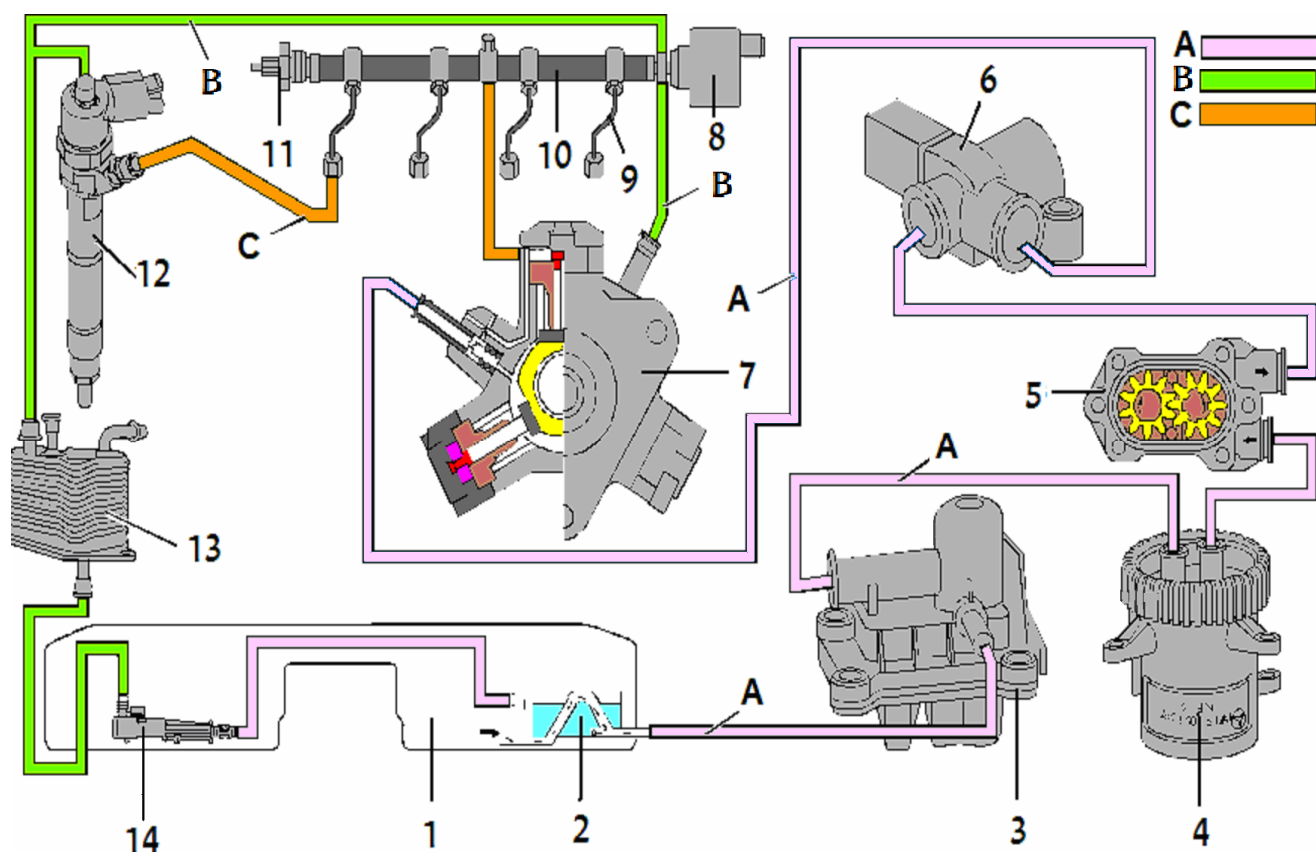
- 38 – szerokopasmowa sonda lambda LSU,
- 39 – czujnik temperatury spalin,
- 40 – katalizator utleniający,
- 41 – filtr cząstek stałych,
- 42 – czujnik różnicy ciśnienia,
- 43 – katalizator zasobnikowy tlenków azotu (NO<sub>x</sub>),
- 44 – szerokopasmowa sonda lambda, opcjonalnie czujnik tlenków azotu (NO<sub>x</sub>)

Rysunek 1.3 przedstawia obwód zasilania paliwem przykładowego silnika z układem Common Rail. Zadaniem obwodu niskiego ciśnienia jest przechowywanie, filtrowanie i dostarczanie paliwa do obwodu wysokiego ciśnienia pod określonym ciśnieniem we wszystkich warunkach pracy silnika. Do zadań układu należy również przechwytywanie nadmiarów paliwa powracających z obwodu wysokiego ciśnienia oraz w niektórych rozwiązaniach dodatkowe chłodzenie paliwa wracającego do zbiornika.

W zależności od przeznaczenia jednostki napędowej, obwody zasilające paliwem mogą znacznie się różnić. Wynika to z warunków eksploatacji oraz norm stawianych poszczególnym maszynom.

Zasadniczymi elementami obwodu niskiego ciśnienia zasilania paliwem są:

- zbiornik paliwa,
- filtr wstępnego oczyszczania paliwa,
- dodatkowe pompy zasilające (opcjonalnie, w samochodach osobowych często umieszczonej w zbiorniku paliwa),
- filtr dokładnego oczyszczania paliwa,
- pompa zasilająca,
- przelewowy zawór regulacji ciśnienia,
- chłodnica paliwa (opcjonalnie),
- przewody paliwa niskiego ciśnienia.



Rys. 1.3. Obwód zasilania paliwem silnika z układem Common Rail II: A – obwód niskiego ciśnienia, B – obwód nadmiaru paliwa, C – obwód wysokiego ciśnienia, 1 – zbiornik paliwa, 2 – odstojnik (filtr wstępny), 3 – podgrzewacz paliwa, 4 – filtr główny paliwa, 5 – zębata pompa zasilająca, 6 – zawór regulacji ilości (dawki) paliwa, 7 – pompa wys. ciśnienia regulowana, 8 – zawór regulacji ciśnienia w rurze, 9 – przewód łączący szynę wysokiego ciśnienia z wtryskiwaczem, 10 – szyna wysokiego ciśnienia, 11 – czujnik ciśnienia paliwa w rurze, 12 – wtryskiwacz, 13 – chłodnica paliwa, 14 – pompa wstępna (wyrównująca)

Do elementów obwodu wysokiego ciśnienia zasilania paliwem zalicza się:

- pompa wysokiego ciśnienia,
- zaworek wyłączający sekcję tłoczącą pompy wysokiego ciśnienia,
- zawór regulacyjny ciśnienia pompy wysokiego ciśnienia,
- zasobnik paliwa wysokiego ciśnienia,
- czujnik ciśnienia w zasobniku,
- zawór regulacyjny ciśnienia w zasobniku,
- ogranicznik przepływu,
- wtryskiwacze.

Istotnymi cechami charakterystycznymi dla różnych generacji układu Common Rail jest rodzaj zastosowanej pompy wysokiego ciśnienia i wtryskiwaczy oraz wykaz realizowanych funkcji układu. Głównymi producentami i serwisantami tych układów na rynku światowym są firmy: Bosch, Siemens i Delphi. Mimo drobnych różnic konstrukcyjnych i wykonawczych uniemożliwiających zamienność poszczególnych podzespołów, wykonawczych układów zaprojektowanych i wykonanych przez poszczególnych producentów, zasada ich działania jest podobna. Przegląd układów wtryskowych typu Common Rail przedstawiono w tabeli numer 1.1.

Tabela 1.1. Przegląd układów wtryskowych Common Rail

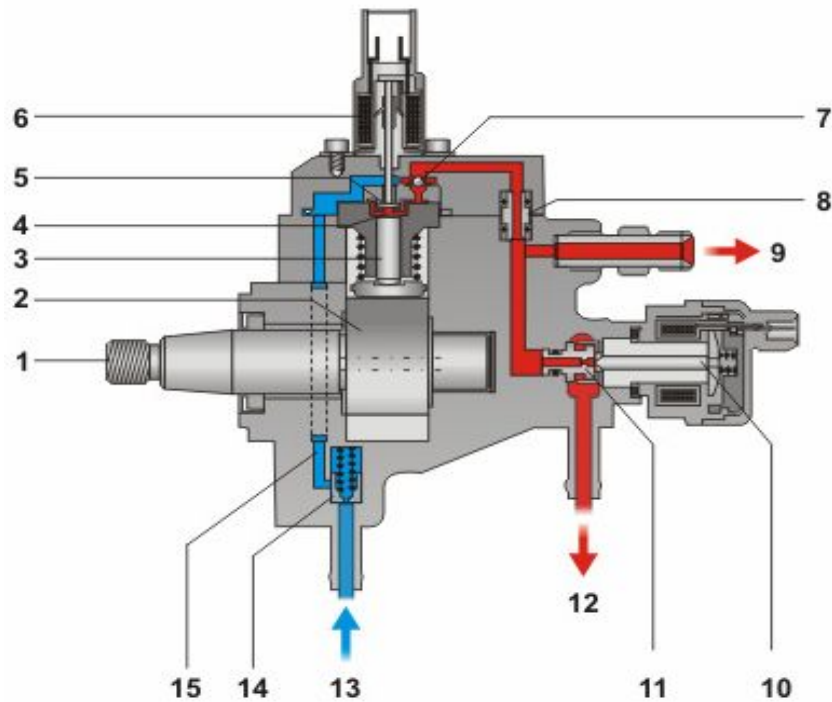
<b>Kolejna generacja układu CR</b>	<b>Maksymalne ciśnienie</b>	<b>Rodzaj wtryskiwaczy</b>	<b>Pompa wysokiego ciśnienia</b>
<b>I generacja</b> dla samochodów osobowych	135 ÷ 145 MPa	Elektromagnetyczne	<b>Typu CP1</b> Regulacja ciśnienia w obwodzie wysokiego ciśnienia zaworem regulacyjnym ciśnienia
<b>I generacja</b> dla pojazdów użytkowych	140 MPa	Elektromagnetyczne	<b>Typu CP2</b> Regulacja dawki od strony zasysania paliwa dwoma zaworami elektromagnetycznymi
<b>II generacja</b> dla samochodów osobowych i pojazdów użytkowych	160 MPa	Elektromagnetyczne	<b>Typu CP3</b> oraz <b>CP1H</b> Regulacja dawki od strony zasysania paliwa z dozownikiem
<b>III generacja</b> dla samochodów osobowych	160 ÷ 180 MPa	Piezoelektryczne	<b>Typu CP3</b> oraz <b>CP1H</b> Regulacja dawki od strony zasysania paliwa z dozownikiem
<b>III generacja</b> dla pojazdów użytkowych	180 MPa	Elektromagnetyczne	<b>Typu CP3.3 NH</b> Z dozownikiem
<b>IV generacja</b> dla samochodów osobowych	systemu do 1350 bar; wzmocnienie $\approx$ 1:2; wtrysku 2500 bar.	Piezoelektryczne ze wzmacniaczem hydraulicznym HADI	<b>Typu CP3</b> oraz <b>CP1H</b> Regulacja dawki od strony zasysania paliwa z dozownikiem

Pompa wysokiego ciśnienia ma za zadanie wytworzenie odpowiedniej wysokości ciśnienia paliwa we wszystkich warunkach eksploatacji pojazdu i zapewnienia jego rezerwy niezbędnej m.in. do szybkiego uruchomienia silnika oraz uzupełnienia nagłego wzrostu poboru paliwa z zasobnika w warunkach nieprzewidzianych. Jest urządzeniem rozdzielającym obwody niskiego i wysokiego ciśnienia. Pompa spręża paliwa w sposób ciągły i „magazynuje” w zasobniku wysokiego ciśnienia. Dlatego paliwo nie jest sprężane specjalnie dla każdego pojedynczego wtrysku, tak jak w zwykłych układach wtryskowych. W silnikach samochodów osobowych pompa wysokiego ciśnienia jest zazwyczaj tłoczkową pompą promieniową wyposażoną w trzy sekcje tłoczące.

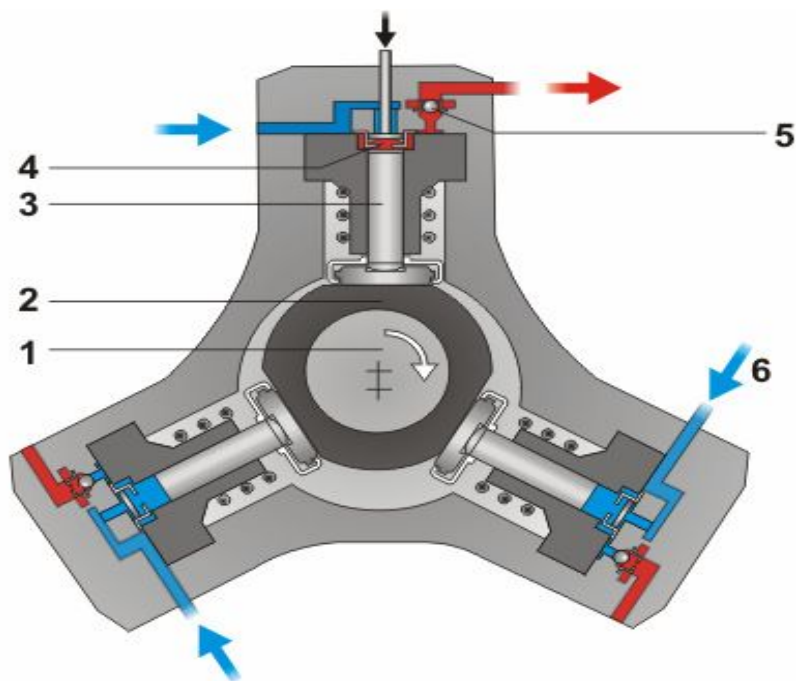
Pompa wysokiego ciśnienia jest montowana na silniku, zwykle w tym samym miejscu, co tradycyjna pompa wtryskowa. Napędzana jest za pośrednictwem sprzęgła, kół zębatach, łańcucha lub paska zębatego od silnika a jej prędkość obrotowa jest równa prędkości obrotowej silnika pomnożonej przez stałe przełożenie łączącego ich układu. W tłoczkowej pompie promieniowej paliwo jest sprężane przez tłoczki umieszczone promieniowo względem osi, wewnątrz pompy. Zastosowanie trzech sekcji tłoczących w pompie promieniowej wywołuje przekrywanie się tłoczenia, między poszczególnymi sekcjami (tłoczenie odbywa się bez przerw). Ponadto pompy te wymagają około 1/9 maksymalnego momentu obrotowego niezbędnego do napędu porównywalnej rozdzielaczowej pompy wtryskowej oraz stanowią równomierne obciążenie dla silnika. Stąd wynikają mniejsze wymagania układu Common Rail co do napędu pompy niż w tradycyjnych układach wtryskowych. Pobór mocy wzrasta proporcjonalnie do ciśnienia ustalonego w zasobniku, prędkości obrotowej pompy oraz jej wydatku.

Schemat przekroju wzdłużnego pompy CP1 przedstawiony jest na rysunku 1.4 oraz przekrój poprzeczny na rysunku 1.5. W korpusie pompy CP1 ułożony jest centralnie wałek napędowy, względem wałka promieniowo rozmieszczone są symetrycznie co 120° trzy sekcje tłoczące. Na wałku umieszczona jest mimośrodowo krzywka wymuszająca na sekcjach

łoczących ruch posuwisto – zwrotny. Przeniesienie napędu między krzywką wałka a rolką tłoczka sekcji tłoczących odbywa się za pośrednictwem pierścienia ślizgowego.



Rys. 1.4. Pompa wysokiego ciśnienia CP1 (przekrój wzdłużny): 1 – wałek napędowy, 2 – krzywka mimośrodowa, 3 – sekcja tłocząca, 4 – przestrzeń tłocząca, 5 – zawór wlotowy, 6 – uszczelnienia, 7 – zawór wylotowy, 8 – pierścień ślizgowy, 9 – złącze wys. ciśnienia, 10 – zawór reg. ciśnienia, 11 – zawór kulkowy, 12 – przelew paliwa, 13 – dopływ paliwa, 14 – zawór bezpieczeństwa z otworem dławiącym, 15 – kanał niskiego ciśnienia (do sekcji tłoczącej).



Rys. 1.5. Pompa wysokiego ciśnienia CP1 (przekrój poprzeczny): 1 – wałek napędowy, 2 – krzywka mimośrodowa, 3 – sekcja tłocząca, 4 – przestrzeń tłocząca, 5 – zawór wlotowy, 6 – dopływ paliwa.

## 2. Stanowisko do badania zespołu sterowania silnikiem ZS typu COMMON RAIL

Stanowisko demonstracyjne „Zespół sterowania silnikiem ZS typu Common Rail” przeznaczony jest do prezentowania działania elementów elektronicznych, mechanicznych i hydraulicznych wchodzących w skład systemu sterowania i zasilania paliwem współczesnych silników wysokoprężnych z zapłonem samoczynnym typu CR/EDC. W jego skład wchodzi dwa podstawowe moduły:

- **zespół sterowania pompą i wtryskiwaczami systemu Common Rail**, służący do demonstrowania działania oraz badania parametrów elektrycznych i hydraulicznych pompy wysokiego ciśnienia i elektrowtryskiwaczy. Moduł ten może pracować autonomicznie lub współpracować z modułem „Elektronicznego sterowania silnikiem ZS typu Common Rail”
- **zespół sterowania silnikiem ZS typu Common Rail**, wyposażony w mikroprocesorowy sterownik, służący do demonstrowania układu sterowania pompą wysokiego ciśnienia i elektrowtryskiwaczami oraz pomiaru jego parametrów. Moduł ten może pracować jedynie w połączeniu z modułem „Zespół sterowania pompą i wtryskiwaczami systemu Common Rail”.

### 2.1. Zespół sterowania pompą i wtryskiwaczami systemu Common Rail

Stanowisko demonstracyjne przeznaczone jest do pomiaru i obserwacji parametrów pompy wysokiego ciśnienia i elektrowtryskiwaczy stosowanych w wysokoprężnych silnikach samochodowych w funkcji obrotów i innych parametrów.



Rys. 2.1. Zespół sterowania pompą i wtryskiwaczami typu Common Rail

Napęd pompy odbywa się za pomocą 3-fazowego silnika elektrycznego o mocy 2,2kW/380V. Prędkość obrotowa oraz, w zależności od potrzeb, także inne parametry pracy silnika napędowego są regulowane w szerokim zakresie za pomocą mikroprocesorowego falownika



tyrystorowego. Regulacja obrotów silnika jest możliwa w sposób płynny w zakresie do 5000obr/min.

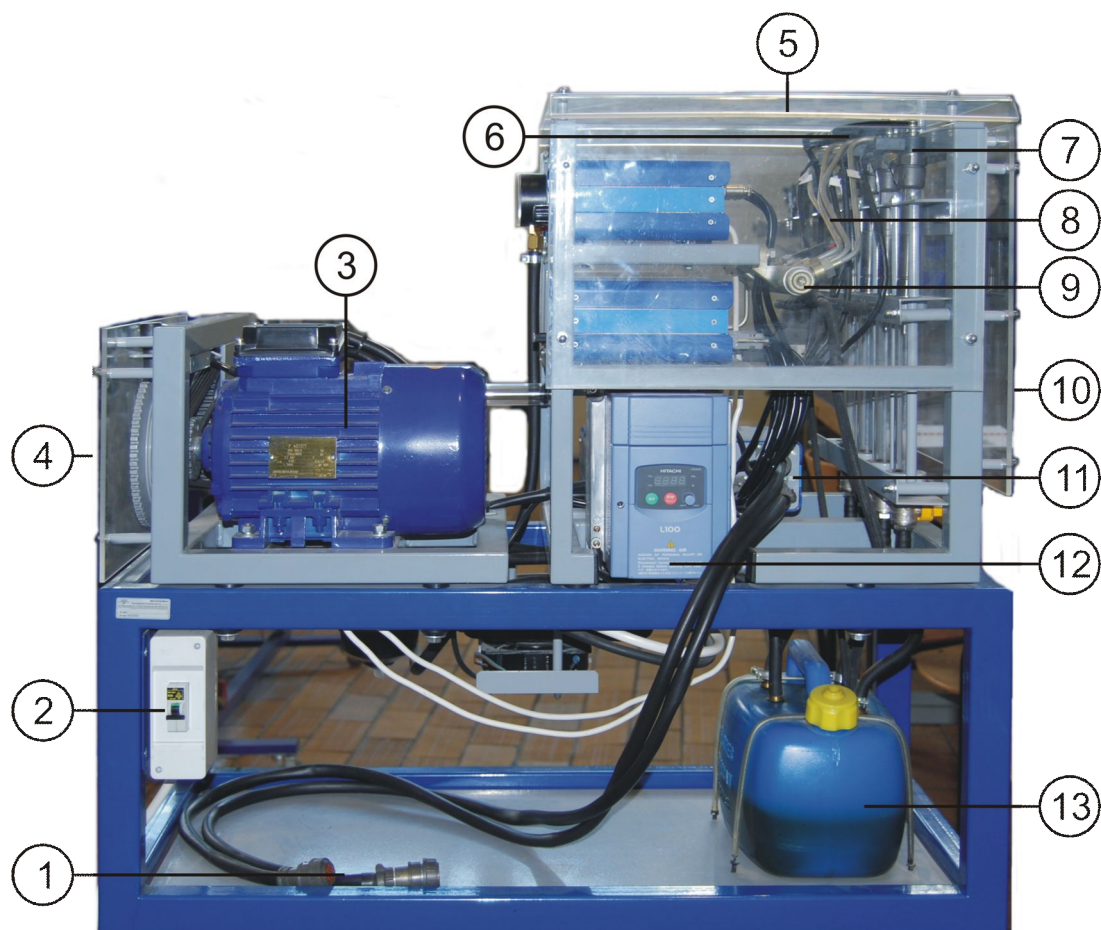
Stanowisko demonstracyjne umożliwia:

- sterowanie elektryczną pompą zasilającą niskiego ciśnienia,
- napęd i sterowanie pompą wysokiego ciśnienia typu „Radialjet”,
- sterowanie pompą z wewnętrznego układu elektronicznego
- sterowanie pompą z zewnętrznego stanowiska demonstracyjnego,
- pomiar bieżących, hydraulicznych parametrów pompy:
  - o ciśnienie na wejściu pompy wysokiego ciśnienia (za pomocą manometru),
  - o ciśnienie w kolektorze wtryskowym za pomocą czujnika wysokiego ciśnienia,
  - o wydatku każdego z wtryskiwaczy (za pomocą menzurek pomiarowych),
- kompleksowe ustawienie i pomiar parametrów pompy za pomocą „Testera Pomp”:
  - o płynną regulację ciśnienia i jego cyfrowy pomiar,
  - o cyfrowy pomiar wysokiego ciśnienia w kolektorze wtryskowym,
  - o cyfrowy pomiar prędkości obrotowej pompy wysokiego ciśnienia
  - o sterowanie elektromagnesem sekcji pompy (jeśli taki występuje)
- kompleksowe sterowanie wtryskiwaczami za pomocą „Testera wtryskiwaczy”:
  - o płynną regulację czasu trwania impulsu wtrysku,
  - o płynną regulację częstotliwości impulsu wtrysku,
  - o sterowanie każdym wtryskiwaczem z osobna.

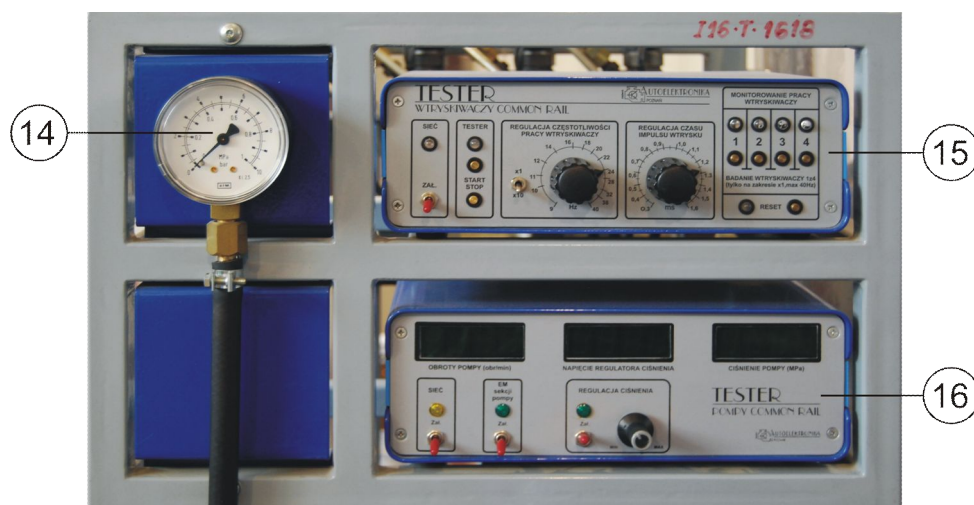
Wygląd zewnętrzny stanowiska demonstracyjnego oraz jego zasadnicze elementy składowe przedstawiono na rysunkach 2.2 – 2.6.

W układzie napędowym, napęd pompy wysokiego ciśnienia realizowany jest za pomocą trójfazowego silnika indukcyjnego (3) typu asynchronicznego, którego uzwojenia połączono w trójkąt. Mikroprocesorowy falownik tyrystorowy typu L-100 (12) służy do regulacji prędkości obrotowej silnika napędowego, umożliwia przez to pomiar charakterystyki pracy pompy wtryskowej w funkcji prędkości obrotowej. Dzięki możliwości wytworzenia napięcia zasilającego o częstotliwości wyższej od sieciowej (do ok. 80Hz) prędkość obrotowa silnika może być zwiększona ponad obroty nominalne o 50%. Na kole pasowym (23) umieszczono znaczniki, które wraz ze znacznikiem (22) umieszczonym na osłonie, służą do pomiaru wartości kątowych parametrów pompy wtryskowej. Przy kole pasowym umieszczony jest czujnik indukcyjny położenia wału (21), który połączony jest z modułem przełączającym. Natomiast przy kole pasowym pompy zamocowany jest czujnik faz rozrządu (20) oraz czujnik Halla, wykorzystywany przez Tester pomp Common Rail do pomiaru prędkości obrotowej pompy.

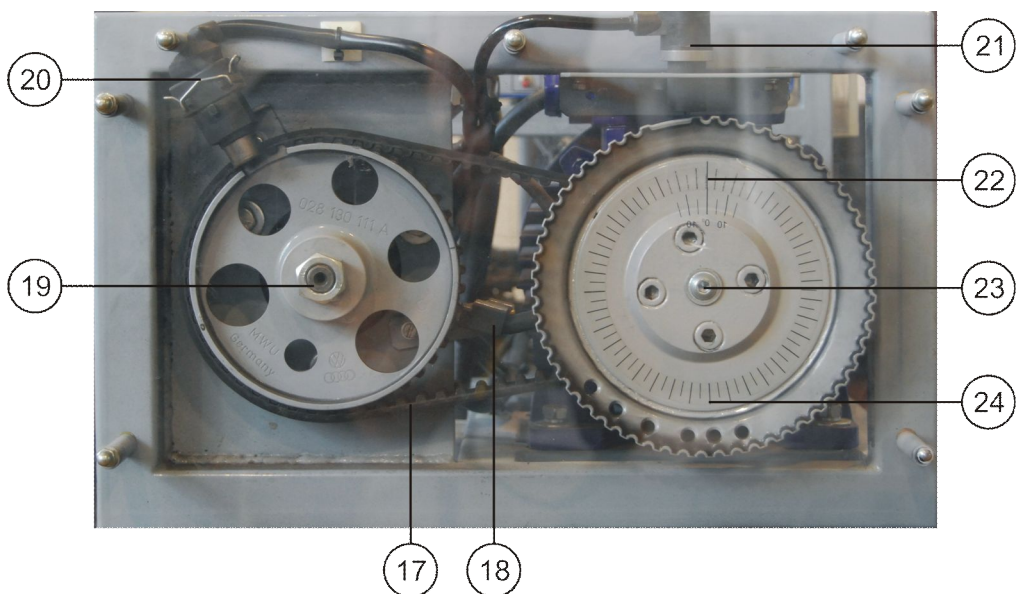
W układzie paliwowym (13) umieszczony jest pojemnik oleju napędowego pompy (28), który przyjmuje zrzut paliwa z wtryskiwaczy (7), menzurek pomiarowych (33), pompy wysokiego ciśnienia (28) oraz zaworu (30). Pomiędzy zbiornikiem paliwa (13), a pompą (28) zabudowane są: odstojnik paliwa i filtr paliwa (31) służące do odseparowania wody i zanieczyszczeń stałych. Paliwo ze zbiornika jest doprowadzone poprzez elektryczną pompę wstępną, która tłoczy paliwo pod ciśnieniem 1-3bar do pompy wtryskowej (28) za pomocą giętkich przewodów paliwowych. Do pomiaru niskiego ciśnienia paliwa za elektryczną pompą zasilającą, służy manometr (14), natomiast czujnik (27) mierzy wysokie ciśnienie w kolektorze wtryskiwaczy (9) uzyskane z pompy wysokiego ciśnienia (28). Elektrowtryskiwacze (7), pod wpływem wysokiego ciśnienia paliwa i elektrycznego impulsu sterującego ze sterownika lub „Testera wtryskiwaczy CR”, wtryskują paliwo do menzurek pomiarowych (33). W układzie elektrycznym stanowiska włącznik główny stanowiska zintegrowany jest z bezpiecznikiem 16A (2) i służy do zasilania silnika napędowego (1) i testerów (15) (16) oraz modułu przełączającego, który zasilą również elektryczną pompę zasilającą.



Rys. 2.2. Napęd i obwód paliwowy stanowiska: 1 – przewody połączeniowe, 2 – główny włącznik/bezpiecznik zespołu sterowania napędu, 3 – silnik napędu pompy wtryskowej, 4 – osłona kół pasowych napędu i pompy, 5 – osłona przewodów paliwowych wysokiego ciśnienia, 6 – przewody zrzutu paliwa z wtryskiwaczy, 7 – elektrowtryskiwacze paliwa, 8 – przewody paliwowe wysokiego ciśnienia, 9 – kolektor wtryskiwaczy, 10 – osłona menzurek pomiarowych, 11 – gniazda połączeniowe z zewnętrznym systemem sterowania, 12 – sterownik Hitachi L-100 silnika napędowego, 13 – zbiornik paliwa



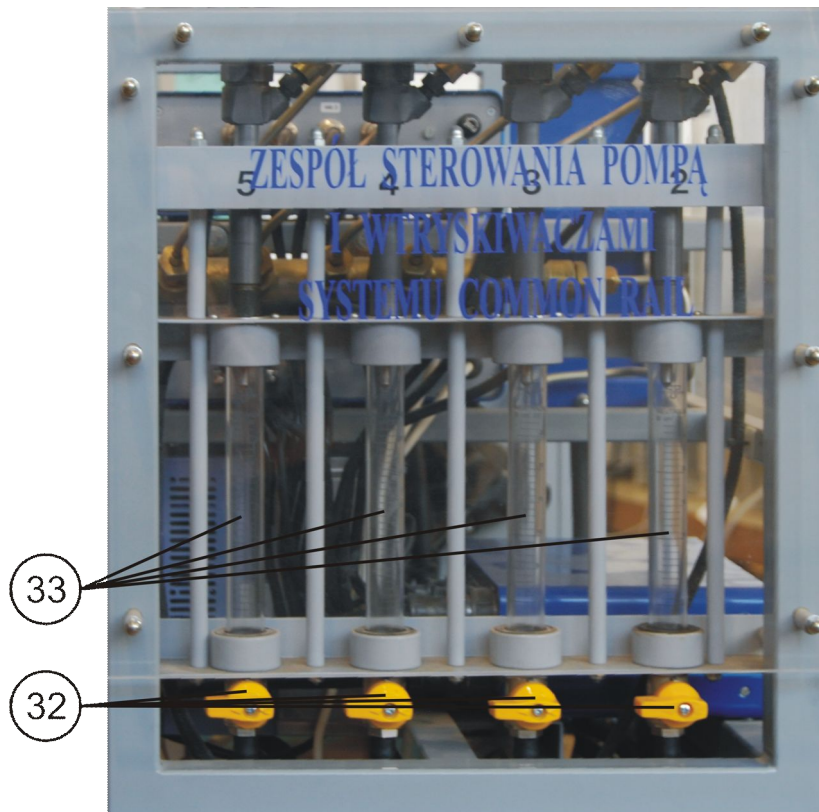
Rys. 2.3. Sterowanie pompy i wtryskiwaczy: 14 – manometr ciśnienia paliwa na wejściu pompy wysokiego ciśnienia, 15 – tester wtryskiwaczy Common Rail, 16 – tester pompy Common Rail



Rys. 2.4. Napęd pompy wysokiego ciśnienia: 17 – pasek zębaty, 18 – czujnik Halla prędkości obrotowej pompy (element pomiarowy Testera pomp CR), 19 – koło napędowe pompy wtryskowej ze znacznikiem faz rozrządu, 20 – czujnik Halla faz rozrządu, 21 – czujnik indukcyjny położenia wału silnika napędowego, 22 – znacznik pomiaru kąta wtrysku, 23 – koło pasowe napędowe, 24 – obwodowe znaczniki kątowe

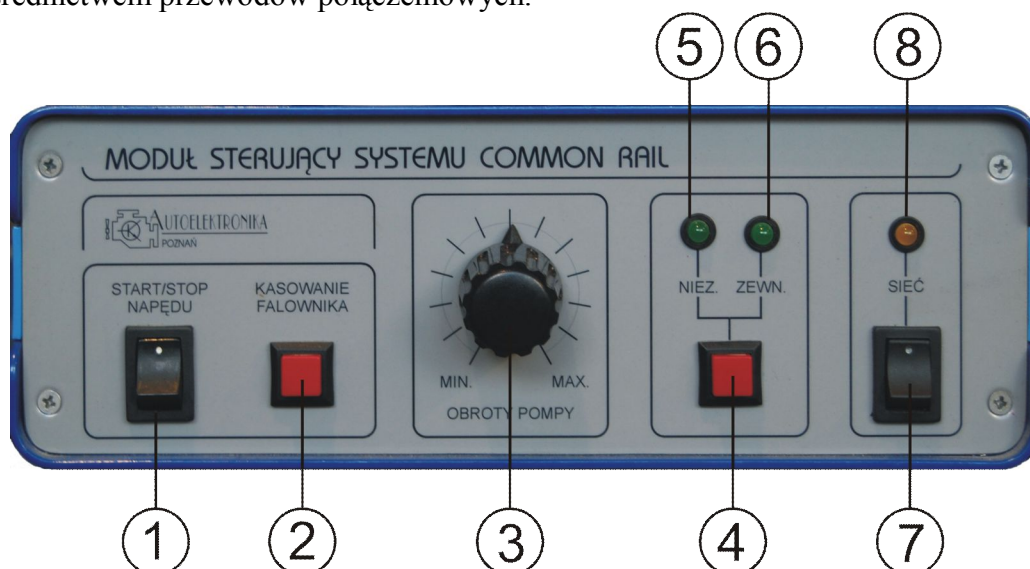


Rys. 2.5. Elementy paliwowe i moduł przełączający: 25 – chłodnica paliwa z wentylatorem, 26 – moduł przełączający, 27 – czujnik wysokiego ciśnienia paliwa, 28 – pompa wysokiego ciśnienia, 29 – regulator ciśnienia, 30 – zawór regulacji ciśnienia paliwa na dolocie pompy wysokiego ciśnienia, 31 – filtr paliwa z odstożnikiem



Rys. 2.6. Elementy paliwowe: 32 – zawory spustowe, 33 – menzurki pomiarowe

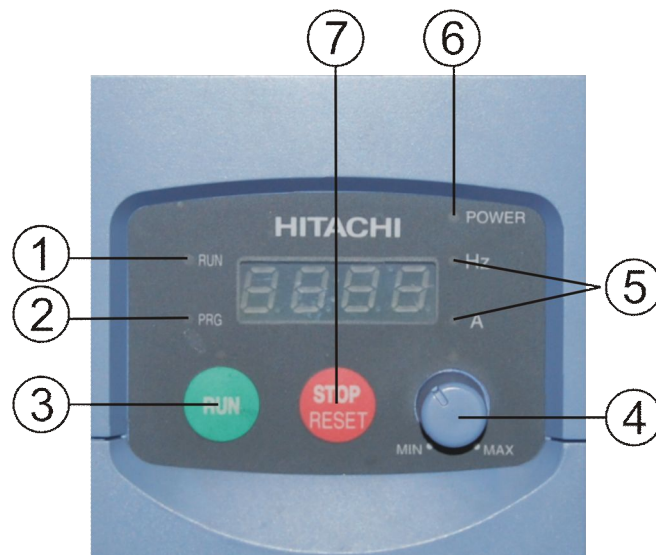
Moduł sterujący (rys. 2.7) służy do połączenia obwodów pompy paliwa, elektrowtryskiwaczy, czujników i falownika z testerami (15) (16) lub zewnętrznym stanowiskiem demonstracyjnym „System sterowania silnikiem ZS”. W zależności od sposobu sterowania przełączenie obwodów następuje automatycznie po włączeniu stacyjki „Systemu sterowania silnikiem ZS” za pośrednictwem przewodów połączeniowych.



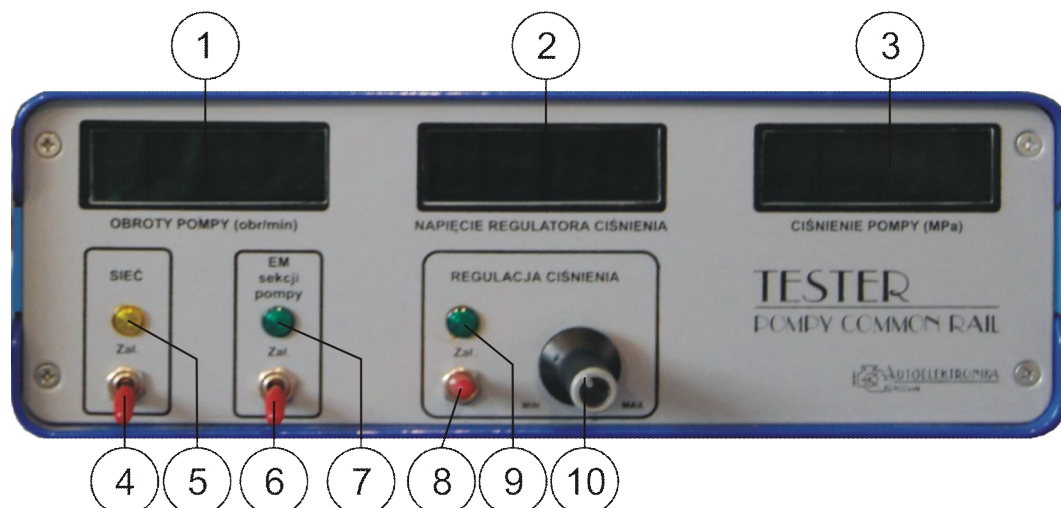
Rys. 2.7. Moduł sterujący systemu Common Rail: 1 – włącznik Start/Stop silnika napędowego, 2 – przycisk kasowania falownika L-100, 3 – potencjometr do regulacji prędkości obrotowej silnika, 4 – przycisk wyboru pracy; niezależna lub sterowanie zewnętrzne (jeśli połączono „Zespół napędowy” z „Systemem sterowania” i włącznik zapłonu/stacyjkę ustawiono w pozycji „ZAL” to automatycznie blokowana jest praca w trybie niezależnym), 5 – kontrolki trybu pracy, 6 – kontrolka zasilania modułu przełączającego, 7 – włącznik zasilania modułu przełączającego

### Procedura uruchamiania falownika Hitachi L-100 (rys. 2.8):

- włączyć zasilanie falownika i sprawdzić, czy włączyła się kontrolka POWER,
- ustawić funkcję **A 02** na wartość **02**,
- ustawić funkcję **A 01** na wartość **00**,
- sprawdzić, czy włączona jest lampka nad potencjometrem i obrócić potencjometr,
- start silnika następuje po naciśnięciu przycisku RUN co sygnalizuje kontrolka RUN,
- sprawdzić częstotliwość wyjściową za pomocą funkcji **d 01**,
- nacisnąć przycisk STOP/RESET aby zatrzymać silnik.



Rys. 2.8. Falownik Hitach L-100: 1 – kontrolka RUN (świeci gdy aktywny jest rozkaz ruchu), 2 – lampka PRG (świeci gdy zadawane są parametry), 3 – przycisk RUN (służy do zadawania rozkazu ruchu, kontrolka świeci gdy przycisk jest aktywny), 4 – potencjometr (służy do płynnej regulacji częstotliwości, kontrolka świeci gdy jest on aktywny), 5 – lampki Hz i A (wskazują aktualną funkcję wyświetlacza: częstotliwość lub prąd), 6 – lampka sygnalizacji POWER (wskazuje zasilanie układu sterowania), 7 – przycisk STOP/RESET (służy do zatrzymania silnika oraz kasowania błędów)

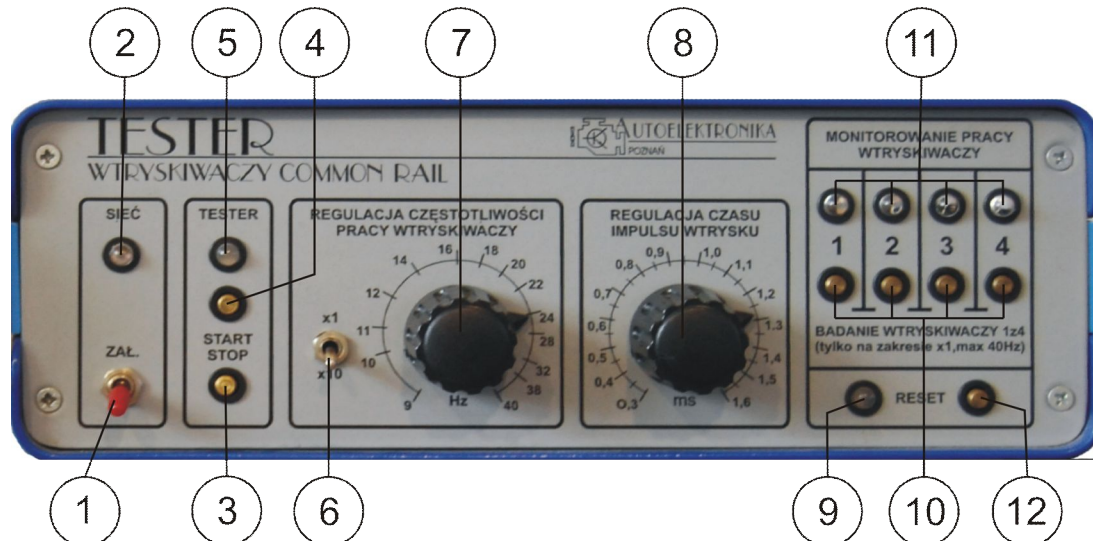


Rys. 2.9. Tester pompy Common Rail: 1 – wskaźnik prędkości obrotowej pompy, 2 – wskaźnik względnej wartości napięcia zasilającego regulator ciśnienia, 3 – wskaźnik wartości ciśnienia paliwa (brak przecinka na wskaźniku), 4 – włącznik zasilania sieciowego, 5 – kontrolka włączenia zasilania, 6 – włącznik elektromagnesu sekcji pompy, 7 – kontrolka włączenia zasilania elektromagnesu, 8 – włącznik napięcia zasilającego regulator ciśnienia, 9 – kontrolka włączenia regulatora, 10 – pokrętko regulacji zasilania regulatora ciśnienia

Tester pompy (rys. 2.9) służy do takiegoysterowania regulatora ciśnienia systemu Common Rail, aby możliwa była ocena stanu technicznego pompy wysokiego ciśnienia zasilającej kolektor wtryskiwaczy w całym zakresie jej parametrów ciśnienia i wydajności. Ze względu na różną budowę pomp, oraz możliwe zróżnicowane warunki wykonywanych testów, przyrząd umożliwia ocenę aktualnych obrotów pompy, określenie wartości ciśnienia paliwa z wykorzystaniem sygnałów przetwornika ciśnienia (czujnika ciśnienia systemu Common Rail), oraz określenie względnej wartości napięcia zasilającego regulator ciśnienia pompy.

#### Sposób użycia „Testera pompy Common Rail”:

- ustawić pokrętkę regulacji ciśnienia na minimum,
- za pomocą włącznika (4) załączyć zasilanie testera; powinna zapalić się kontrolka (5) oraz wszystkie trzy wskaźniki,
- włączyć zasilanie testera i ustawić odpowiednio do przeprowadzanych testów,
- uruchomić napęd pompy,
- załączyć elektromagnes sekcji pompy (jeśli taki występuje) włącznikiem (6); powinna zapalić się kontrolka (7),
- załączyć regulację ciśnienia włącznikiem (8); powinna zapalić się kontrolka (9),
- pokrętką (10), regulować ciśnienie obserwując jego zmiany na wskaźniku (3); maksymalne wskazanie ciśnienia to 1999MPa. Na środkowym wyświetlaczu wskazywana jest względna wartość napięcia zasilającego regulator ciśnienia (współczynnik wypełnienia zawiera się w przedziale 0-99%).
- wskaźnik (1) powinien wyświetlać aktualną wartość obrotów. Zakres pomiarowy układu wynosi od 10-1999obr/min.
- Po dokonanych pomiarach wyłączyć kolejno zasilanie regulatora ciśnienia, zasilanie elektromagnesu sekcji pompy oraz zasilanie sieciowe.



Rys. 2.10. Tester wtryskiwaczy Common Rail: 1 – włącznik zasilania, 2 – kontrolka zasilania, 3 – przycisk STOP (służy do wstrzymania sterowania elektrowtryskiwaczy), 4 – przycisk START (służy do uruchomienia sterowania elektrowtryskiwaczy), 5 – kontrolka cyklu pracy (kolor czerwony sygnalizuje zatrzymanie sterowania, kolor zielony sygnalizuje aktywację sterowania), 6 – przełącznik zakresu częstotliwości pracy elektrowtryskiwaczy (w położeniu x10 odczyt z podziałki należy ponożyć przez 10), 7 – pokrętkę regulacji częstotliwości pracy elektrowtryskiwaczy, 8 – pokrętkę regulacji czasu impulsu wtrysku, 9 – kontrolka stanu pracy elektrowtryskiwaczy (kolor czerwony sygnalizuje cykl pracy 4 wtryskiwaczy – po przyciśnięciu przycisku RESET (10)), 10 – przyciski wyboru poszczególnych elektrowtryskiwaczy w pojedynczym cyklu pracy, 11 – kontrolki pracy elektrowtryskiwaczy (sygnalizują, które wtryskiwacze są aktualnie sterowane), 12 – przycisk RESET (służy do przejścia z pojedynczego cyklu pracy do cyklu pracy 4 elektrowtryskiwaczy)

Głównym przeznaczeniem „Testera wtryskiwaczy Common Rail” (rys. 2.10) jest wysterowanie elektrowtryskiwaczy systemu Common Rail pracujących na stanowisku probierczym z możliwością płynnej regulacji i czasu trwania impulsu wtrysku.

**Sposób użycia „Testera wtryskiwaczy Common Rail”:**

- ustawić pokrętki regulacji częstotliwości i czasu trwania impulsu wtrysku na minimum,
- za pomocą włącznika (1) załączyć zasilanie testera,
- włączyć zasilanie „Testera pompy Common Rail”,
- uruchomić stanowisko probiercze,
- pokrętką regulacji częstotliwości (7) i przełącznikiem (6) wybrać żądaną częstotliwość,
- pokrętką regulacji czasu impulsu wtrysku (8) wybrać żądany czas wtrysku,
- rozpocząć cykl pracy przyciskiem START (4),
- posługując się przyciskami (10) i (12) wybrać odpowiedni cykl pracy (pojedynczy lub 4 wtryskiwacze),
- po zakończonej pracy wyłączyć zasilanie testera.

**Sposób użycia „Zespołu sterowania pompą i wtryskiwaczami Common Rail” w przypadku pracy niezależnej – bez podłączenia „Zespołu sterowania silnikiem ZS typu Common Rail”:**

- sprawdzić poziom paliwa w zbiorniku stanowiska (13),
- opróżnić menzurki pomiarowe (33) przez otwarcie zaworów spustowych (32),
- włączyć zasilanie stanowiska głównym włącznikiem (2),
- włączyć zasilanie testerów pompy (16) i wtryskiwaczy (15) – zgodnie z instrukcjami obsługi testerów,
- włączyć zasilanie modułu przełączającego (26), następnie:
  - o upewnić się, że zespół napędowy nie jest sterowany z zewnętrznego systemu (stan ten sygnalizuje kontrolka 5 na przedniej ścianie modułu (26)),
  - o przyciskiem 4 wybrać tryb pracy niezależnej, powinna zapalić się kontrolka 6,
  - o włączyć zasilanie napędu włącznikiem 1,
  - o ustawić właściwą prędkość obrotową silnika za pomocą potencjometru 3,
- ustawić właściwe parametry pracy pompy i wtryskiwaczy za pomocą regulatorów (potencjometrów i włączników) testerów (15) i (16),
- dalszy sposób postępowania uzależniony jest od rodzaju prowadzonych testów,
- po zakończonych testach wyłączyć stanowisko w odwrotnej kolejności czynności załączania.

**Sposób użycia „Zespołu sterowania pompą i wtryskiwaczami Common Rail” w przypadku pracy zależnej – z podłączeniem „Zespołu sterowania silnikiem ZS typu Common Rail”:**

- połączyć „Zespół sterowania silnikiem ZS typu Common Rail” z modułem sterowania (26) za pomocą przewodów wielożyłowych (1) będących na wyposażeniu stanowiska,
- w razie potrzeby do gniazd diagnostycznych podłączyć testery diagnostyki samochodowej np. ADP-124 lub inne,
- sprawdzić poziom paliwa w zbiorniku (13) stanowiska,
- opróżnić menzurki pomiarowe (33) przez otwarcie zaworów spustowych (32),
- włączyć zasilanie „Zespołu napędu i sterowania pompy...” (2),
- włączyć zasilanie „Zespołu sterowania silnikiem ZS typu Common Rail” włącznikiem (1), powinna zapalić się kontrolka 6 na płycie czołowej modułu przełączającego (26),

- ustawić właściwą prędkość obrotową silnika za pomocą potencjometru (26) umieszczonego w „Zespole sterowania silnikiem ZS...”,
- ustawić właściwe parametry pracy systemu za pomocą regulatorów zewnętrznego stanowiska demonstracyjnego (pedał przyspieszania i inne),
- dalszy sposób postępowania uzależniony jest od rodzaju prowadzonych testów,
- po zakończonych testach wyłączyć stanowiska i rozłączyć przewody sprzęgające.

## 2.2. Zespół sterowania silnikiem ZS typu Common Rail

Stanowisko demonstracyjne (rys. 2.11) przeznaczone jest do pomiaru i obserwacji parametrów pracy układu sterowania pompy wysokiego ciśnienia oraz elektrowtryskiwaczy stosowanych w wysokoprężnych silnikach samochodowych z układem sterowania typu CR, w funkcji obrotów oraz takich parametrów jak: kąta wyprzedzenia wtrysku, zmian dawki paliwa poprzez regulację ciśnienia i czasu trwania impulsu wtrysku w funkcji temperatury, obciążenia i innych parametrów.

Stanowisko umożliwia obserwację zmian kąta wyprzedzenia wtrysku metodą stroboskopową lub przez porównanie sygnału o położeniu wału korbowego z innymi sygnałami. Pulpit symulacji usterek umożliwia realizację stanów awaryjnych w wybranych obwodach, oraz obserwację reakcji systemu sterowania na powstałą awarię typu ciągłego lub sporadyczną. Możliwa jest prezentacja sposobu realizacji dawki paliwa w trybie awaryjnym.

„System sterowania silnikiem ZS typu Common Rail”, wyposażony w mikroprocesorowy sterownik, może pracować jedynie w połączeniu z modułem Zespołu sterowania pompą i wtryskiwaczami opisanymi w poprzednim rozdziale.

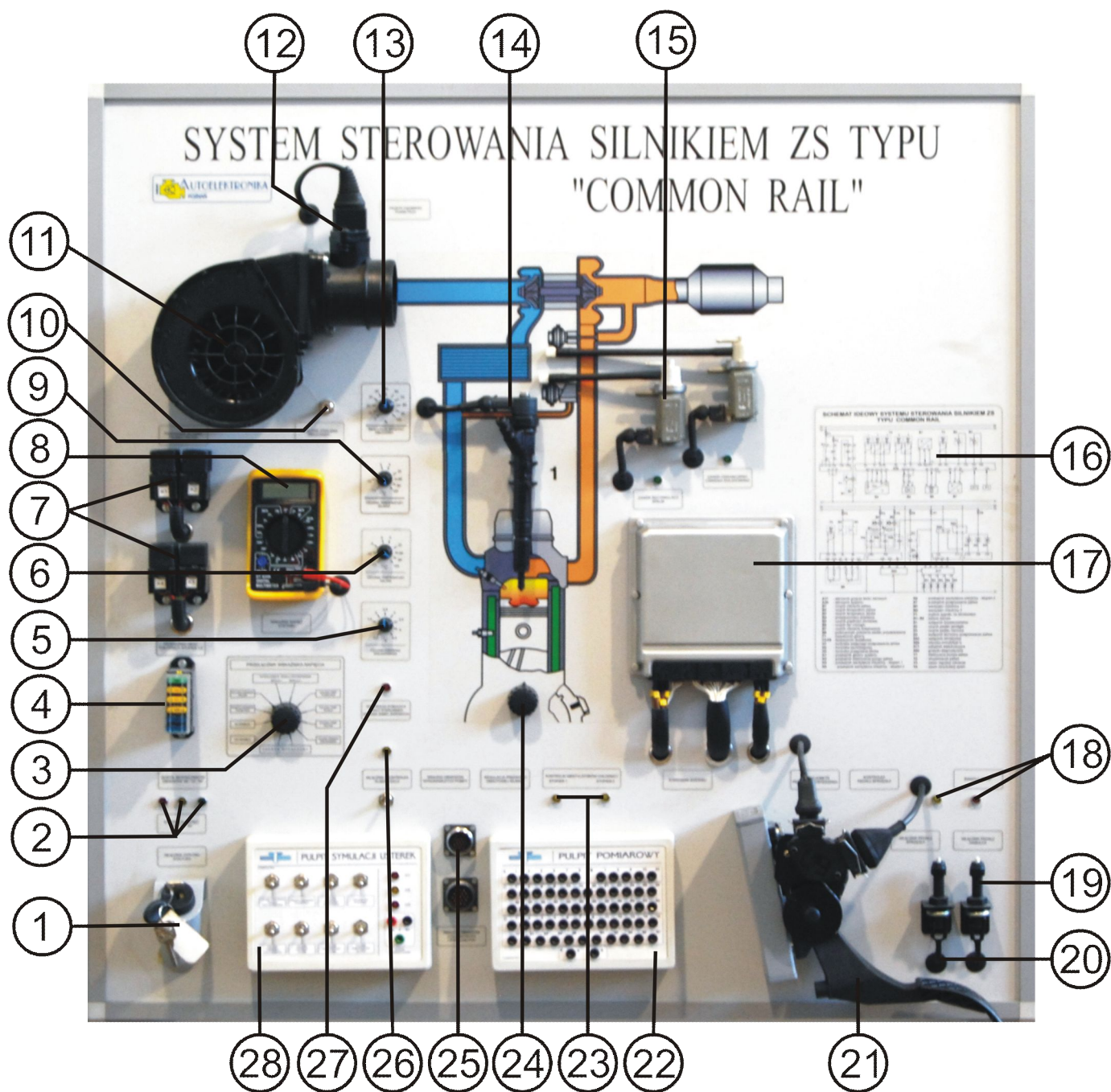
Załączenie stanowiska stacyjką (1) po uprzednim załączeniu włącznika znajdującego się pod tablicą demonstracyjną powoduje:

- podanie napięć zasilających na elementy stanowiska,
- przełączenie następujących obwodów:
  - o czujników,
  - o elektrycznej pompy wstępnej i pompy wysokiego ciśnienia,
  - o wtryskiwaczy roboczych,
  - o Testera Wtryskiwaczy i Testera Pomp Common Rail, sterowania startem i regulacji prędkości obrotowej, w module „Zespół sterowania pompą i wtryskiwaczami” ze sterowania niezależnego na sterowanie z obwodów stanowiska silnika ZS-CR/EDC
- podanie napięcia zasilającego elektryczną pompę wstępną,
- uruchomienie silnika napędowego pompy wtryskowej.

Przełączniki (7) główny, elektrycznej pompy wstępnej, podgrzewania paliwa i przełącznik wentylatora chłodnicy, symulują pracę właściwych obwodów silnika ZS-EDC. Dmuchawa (11) wraz z włącznikiem (10) i potencjometrem do regulacji jej wydatku (13) służą do wymuszenia przepływu powietrza przez przepływomierz (12) zabudowany w wylocie dmuchawy. Ilość powietrza przepływającego przez przepływomierz stanowi podstawę (obok innych parametrów) do wyliczenia przez sterownik systemu (17) podstawowej dawki paliwa.

Zamontowany nad sterownikiem zawór recyrkulacji spalin (15) wraz z kontrolką jego działania, służą do prezentowania funkcjonowania tego obwodu w silniku ZS-CR/EDC. W dolnej części znajduje się potencjometr pedału przyspieszenia (21), służący do regulacji wielkości dawki pompy wtryskowej. Obok pulpitu symulacji usterek umieszczono dwa gniazda (sterujące i wykonawcze) (25) do sterowania „Zespołem sterowania pompą i wtryskiwaczami”. Włącznik pedału sprzęgła (20), włącznik pedału hamulca (19) oraz ich kontrolki (18) symulują obecność tych urządzeń i umożliwiają badanie ich wpływu na pracę silnika.





Rys. 2.11. Zespół sterowania silnikiem ZS typu Common Rail: 1 – włącznik zapłonu (stacyjka), 2 – kontrolki obecności napięć w obwodach: zasilającym, „15” i „50”, 3 – przełącznik wskaźnika napięcia, 4 – bezpieczniki obwodów, 5 – potencjometr symulacji czujnika ciśnienia doładowania, 6 – potencjometr symulacji czujnika temperatury paliwa, 7 – przekaźniki systemu, 8 – wskaźnik napięć systemu, 9 – potencjometr symulacji temp. silnika, 10 – włącznik zasilania dmuchawy, 11 – dmuchawa powietrza, 12 – przepływomierz powietrza, 13 – potencjometr regulacji wydatku dmuchawy, 14 – wtryskiwacz paliwa nr.1, 15 – zawór recyrkulacji spalin z kontrolką działania, 16 – schemat ideowy, 17 – sterownik systemu, 18 – kontrolka sprzęgła oraz światło STOP, 19 – włącznik pedału hamulca, 20 – włącznik pedału sprzęgła, 21 – potencjometr pedału przyspieszenia, 22 – pulpit pomiarowy, 23 – kontrolki pracy wentylatorów chłodnicy stopień 1 i 2, 24 – regulacja prędkości obrotowej silnika, 25 – gniazda obwodów wykonawczych i sterujących do połączenia z modułem sterowania i napędu, 26 – włącznik i kontrolka klimatyzacji, 27 – kontrolka grzania świec żarowych, 28 – pulpit symulacji usterek

### **Sposób użycia „Zespołu sterowania silnikiem ZS typu Common Rail”:**

- włączyć zasilanie sieciowe dźwigienką bezpiecznika automatycznego (znajdującego się pod tablicą demonstracyjną),
- połączyć stanowisko z „Zespołem sterowania pompą i wtryskiwaczami” za pomocą przewodów wielożyłowych (1),
- przełączniki na „pulpicie symulacji usterek” powinny być ustawione w pozycje „W DÓŁ” – oznacza to ciągłość tych obwodów, położenie „DO GÓRY” powoduje symulację usterek,
- włączyć zasilanie stanowiska – „Zespół sterowania pompy i wtryskiwaczy”,
- włączyć zasilanie stanowiska za pomocą stacyjki,
- ustawić właściwą prędkość obrotową silnika za pomocą potencjometru,
- ustawić właściwe parametry pracy pompy wtryskowej za pomocą regulatorów (potencjometr przyspieszania, temperatury i inne),
- dalszy sposób postępowania uzależniony jest od rodzaju prowadzonych testów, po zakończonych testach wyłączyć stanowiska i rozłączyć przewody sprzęgające.