



Patent dodatkowy
do patentu nr _____

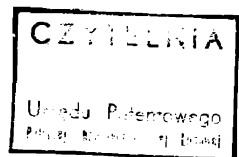
Zgłoszono: 23.12.75 (P. 185887)

Pierwszeństwo _____

Zgłoszenie ogłoszono: 18.07.77

Opis patentowy opublikowano: 15.12.1979

Int. Cl.² G01M 15/00
G06G 7/48



Twórca wynalazku: Sławomir Łukjanow

Uprawniony z patentu: Przemysłowy Instytut Motoryzacji, Warszawa
(Polska)

Sposób i układ do symulacji pracy silnika spalinowego

1 Przedmiotem wynalazku jest sposób i układ do symulacji pracy silnika spalinowego, zwłaszcza do urządzeń do badań zespołów układu napędowego pojazdów samochodowych przy użyciu silnika elektrycznego. Symulacja pracy silnika spalinowego jest to odwzorowanie charakterystyki momentu obrotowego $M=f(n)$ lub $M=f(w)$ tego silnika czyli zależności momentu obrotowego od prędkości obrotowej lub prędkości kątowej wału tego silnika.

Dotychczas najbardziej rozpowszechnionym napędem urządzeń do badań zespołów układu napędowego, a szczególnie skrzynek biegów jest napęd przy użyciu silnika spalinowego.

Znanych jest kilka układów z napędem przy użyciu silnika elektrycznego jednak sposób sterowania znanych układów nie zapewnia dostatecznego odwzorowania charakterystyki momentu obrotowego.

Znany jest na przykład układ zawierający silnik indukcyjny pierścieniowy sterowany przy użyciu wzmacniaczy magnetycznych. Innym znanym rozwiązaniem jest sposób odwzorowania charakterystyki momentu obrotowego przy użyciu układu Ward-Leonarda.

Niedogodnością znanych układów jest brak możliwości dostatecznej symulacji pracy silnika spalinowego czyli odwzorowania charakterystyk momentu obrotowego silnika spalinowego, zwłaszcza przy różnym położeniu przepustnicy gaźnika w silniku z zapłonem iskrowym lub listwy pompy wtryskowej w silniku z zapłonem samoczynnym. Głównym powodem tej niedogodności jest stosowanie elementów o dużej bezwładności jak na przykład

2 wzmacniacze magnetyczne czy przetwornice maszynowe w przypadku układu Ward-Leonarda. Poza tym do wad znanych układów należy zaliczyć: duży ciężar, małą sprawność energetyczną, uciążliwą obsługę i konserwację.

5 Celem wynalazku jest opracowanie sposobu i układu do symulacji pracy silnika spalinowego, zwłaszcza do urządzenia do badania skrzynek biegów pojazdów samochodowych, umożliwiających uniknięcie niedogodności znanych układów.

10 Sposób według wynalazku polega na tym, że charakterystykę momentu obrotowego silnika spalinowego dzieli się na trzy strefy odpowiadające pracy na biegu jałowym (strefa I), pracy podczas rozpędzania (strefa II), pracy przy ustalonej prędkości obrotowej (strefa III). Następnie charakterystykę tę aproksymuje się odcinkami prostych, które przekształca się na odpowiednie napięcia zależne od prędkości obrotowej jako napięcia prądnicy tachometrycznej i wprowadza się je do nieliniowego zadajnika momentu lub prądu będącego generatorem funkcji nieliniowej. Następnie odwzorowuje się charakterystykę momentu obrotowego silnika spalinowego za pomocą silnika elektrycznego prądu stałego — obcowzbudnego sterowanego z przekształtnika tyrystorowego. Przekształtnik ten zawiera między innymi wzmacniacze regulacyjny

25 prędkości i momentu, względnie prądu.
30 Wartość zadaną charakterystyki dla symulacji podaje się z zadajnika w ten sposób, że przy pracy na biegu jałowym włącza się oba wzmacniacze regulacyjne, przy pracy podczas rozpędzania włącza się tylko wzmacniacz regulacyjny momentu lub prądu, a przy pracy podczas

ustalonej prędkości obrotowej ponownie włącza się oba wzmacniacze regulacyjne.

Układ według wynalazku, połączony poprzez przekładnię i sprzęgło cierne ze skrzynią biegów oraz hamulcem, w którym silnik elektryczny prądu stałego jest sterowany poprzez przekształtnik tyrystorowy w układzie przeciwsobnym i załączany stycznikiem głównym ma blok sterowania programowego. Blok ten jest połączony ze sprzęgłem poprzez sterownik sprzęgła, ze skrzynką biegów poprzez sterownik skrzynki biegów, z hamulcem poprzez sterownik hamulca, z czujnikiem hamulca, z czujnikiem prędkości silnika jednocześnie z nieliniowym zadajnikiem momentu, który może być nieliniowym zadajnikiem prądu i z pierwszym węzłem sumującym oraz z elementem przełączającym i drugim komutatorem. Komutator ten jest połączony z nieliniowym zadajnikiem momentu, ewentualnie prądu i z elementem przełączającym. Blok sterowania programowego jest połączony ponadto z pierwszym komutatorem. Komutator ten jest połączony z pierwszym sumującym węzłem i zadajnikiem prędkości.

W układzie, który ma nieliniowy zadajnik momentu i wzmacniacz regulacyjny momentu, blok sterowania programowego jest także połączony z drugim węzłem sumującym i jednocześnie poprzez wzmacniacz sygnału momentu z czujnikiem momentu, a w rozwiązaniu zawierającym nieliniowy zadajnik prądu i wzmacniacz regulacyjny prądu, blok sterowania programowego jest połączony z drugim węzłem sumującym, jednocześnie z blokiem blokady i równocześnie poprzez wzmacniacz prądu z czujnikiem prądu silnika. Drugi węzeł sumujący jest połączony z elementem przełączającym. Element ten jest połączony poprzez wzmacniacz regulacyjny prędkości z pierwszym węzłem sumującym. Jednocześnie drugi węzeł sumujący jest połączony z blokiem blokady i ze wzmacniaczem regulacyjnym momentu, który może być wzmacniaczem regulacyjnym prądu. Blok blokady jest połączony poprzez wzmacniacz prądu z czujnikiem prądu silnika, z przekształtnikiem tyrystorowym poprzez dwa generatory impulsów zapłonowych. Generatory te są połączone ze wzmacniaczem regulacyjnym momentu, ewentualnie prądu.

Zaletą wynalazku jest zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych, ułatwienie obsługi i zwiększenie dokładności badań.

Wynalazek jest objaśniony na podstawie przykładu wykonania przedstawionym na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia przebieg charakterystyk momentu obrotowego silnika, fig. 2 — schemat blokowy układu z zastosowaniem wzmacniacza regulacyjnego momentu i nieliniowego zadajnika momentu, fig. 3 — schemat blokowy alternatywy układu z zastosowaniem wzmacniacza regulacyjnego prądu i nieliniowego zadajnika prądu.

Na fig. 1 przedstawiono przebieg charakterystyk momentu obrotowego $M=f(n)$ uwzględniający sposób symulacji z podziałem na trzy strefy. Wykresy charakterystyk $M=f(n)$ dla silnika spalinowego posiadają następujące punkty charakterystyczne:

- n_0 — prędkość biegu jałowego,
- n_N — prędkość maksymalnej mocy,
- n_{min} — prędkość minimalna rozpędzenia
- n_{max} — prędkość maksymalna silnika
- n_M — prędkość maksymalnego momentu
- M_0 — moment biegu jałowego

M_1 — moment przy rozpędzaniu od prędkości biegu jałowego

M_N — moment maksymalnej mocy

5 M_M — moment maksymalny silnika

M_H — moment przy hamowaniu silnika

Parametry n_0 , n_M , n_N , n_{max} , M_M , M_N , są parametrami bezpośrednio charakteryzującymi pracę silnika spalinowego. Pozostałe parametry wprowadzono dla wyjaśnienia sposobu symulacji silnika spalinowego według wynalazku.

Charakterystyka przebiegająca przez punkty 2; 3; 4; 6 odpowiada pełnemu otwarciu przepustnicy silnika spalinowego gaźnikowego lub maksymalnemu wydatkowi pompy wtryskowej silnika wysokoprężnego.

Linie osiowe na fig. 1 przedstawiają przebieg charakterystyk $M=f(n)$ przy częściowym otwarciu przepustnicy lub częściowym wydatku pompy. W dalszym ciągu opisu charakterystykę (2, 3, 4, 6) nazywać będziemy — „charakterystyką pełną”, natomiast charakterystyki narysowane liniami osiowymi nazywać będziemy — „charakterystykami częściowymi”.

Praca w strefie I odpowiada rozruchowi silnika spalinowego. Po zakończeniu rozruchu według charakterystyki (M_1 ; 1; 2) ustala się prędkość obrotowa n_0 . Następuje proces rozpędzania w strefie II według zadanej charakterystyki pełnej lub częściowej. Z chwilą gdy silnik osiągnie prędkość zawartą w między n_{min} a n_{max} rozpoczyna się praca w strefie III. Hamowanie napędu do prędkości początkowej dla rozpędzenia na następnych biegach odbywa się wg charakterystyk przechodzących przez punkty: (5; 7; 8; 9; 10; 11). Po zakończeniu hamowania układ pracuje przy zadanej prędkości w strefie I. Odpowiada to punktom 9; 10; 11.

Dalej następuje praca w strefie II i III jak opisano wyżej. Punkty 2; 9; 10; 11, odpowiadają prędkościom początkowym rozpędzenia na poszczególnych biegach. Ich liczba zależy od liczby przełożeń badanych dla danej skrzynki biegów, natomiast prędkości im odpowiadające zależą od przyjętego stosunku przełożeń i programu badań.

W układach przedstawionych na fig. 2 i fig. 3 skrzynka biegów SB i hamulec H są połączone poprzez sprzęgło SC i przekładnię PZ z silnikiem elektrycznym M, prądu stałego, którego obwód jest włączany za pomocą przekształtnika tyrystorowego PT ze stycznikiem głównym SG. Sprzęgło SC, skrzynka biegów SB i hamulec H są połączone odpowiednio przez sterownik sprzęgła STS, sterownik skrzynki biegów STB i sterownik hamulca STH z blokiem sterowania programowego BSP złożonym z przekładników progowych prędkości, sieci elementów logicznych sterowania, elementów pamięciowych i łączników. Blok ten odbiera sygnały od czujnika hamulca CH i jest połączony z czujnikiem prędkości silnika CS i równocześnie z nieliniowym zadajnikiem ZR i z pierwszym węzłem sumującym A. Nieliniowy zadajnik ZR w układzie przedstawionym na fig. 2 jest zadajnikiem momentu a w układzie przedstawionym na fig. 3 jest zadajnikiem prądu.

Do bloku sterowania programowego BSP dołączone są ponadto pierwszy komutator K1, drugi komutator K2 i element przełączający EP. Pierwszy komutator K1 jest połączony z zadajnikiem prędkości ZN za pomocą k połączeń i z pierwszym węzłem sumującym. A

Zadajnik prędkości **ZN** składa się ze stabilizatora napięcia **SN** i dzielnika napięcia **DN**. Pierwszy węzeł sumujący **A** jest połączony ponadto poprzez wzmacniacz regulacyjny prędkości **WN** z elementem przełączającym **EP**, który jest połączony z drugim komutatorem **K2** i z blokiem blokady **BL** i jednocześnie z drugim węzłem sumującym **B**, który jest połączony ze wzmacniaczem regulacyjnym **WR**. Wzmacniacz regulacyjny **WR** w układzie przedstawionym na fig. 2 jest wzmacniaczem regulacyjnym momentu, a w układzie przedstawionym na fig. 3 — wzmacniaczem regulacyjnym prądu. Drugi komutator **K2** jest połączony za pomocą **k** połączeń z nieliniowym zadajnikiem **ZR**. Blok blokady **BL** jest połączony poprzez generatory impulsów zapłonowych **G1** i **G2** z przekształtnikiem tyrystorowym **PT**, z którym również poprzez generatory impulsów zapłonowych **G1** i **G2** połączony jest wzmacniacz regulacyjny **WR**.

W układzie przedstawionym na fig. 2 drugi węzeł sumujący **B** jest połączony z blokiem sterowania programowego **BSP** i równocześnie poprzez wzmacniacz sygnału momentu **WS** z czujnikiem momentu **CM**, a blok blokady **BL** jest połączony poprzez wzmacniacz prądu **WP** z czujnikiem prądu silnika **CP**.

W układzie przedstawionym na fig. 3 węzeł sumujący **B**, blok blokady **BL** i blok sterowania programowego **BSP** są połączone jednocześnie poprzez wzmacniacz prądu **WP** z czujnikiem prądu silnika **CP**. Symulację pracy silnika spalinowego za pomocą przedstawionych układów przeprowadza się w sposób następujący: charakterystykę momentu obrotowego silnika dzieli się na trzy strefy (praca na biegu jałowym, podczas rozpędzania i przy ustalonej prędkości obrotowej) i aproksymuje się odcinkami prostych. Odcinki te po przekształceniu na odpowiednie napięcia są wprowadzane do nieliniowego zadajnika **ZR**. Z zadajnika tego jest odwzorowana charakterystyka silnika spalinowego za pomocą silnika elektrycznego **M** sterowanego z przekształtnika tyrystorowego **PT**. Wartość zadana charakterystyki jest podawana z nieliniowego zadajnika **ZR** w ten sposób, że przy pracy na biegu jałowym włącza się wzmacniacz regulacyjny prędkości **WN** i wzmacniacz regulacyjny momentu ewentualnie prądu, przy pracy podczas rozpędzania włącza się tylko wzmacniacz regulacyjny **WR** momentu ewentualnie prądu, a przy ustalonej prędkości obrotowej włącza się wzmacniacz regulacyjny prędkości **WN** i wzmacniacz regulacyjny momentu, ewentualnie prądu. Przeciwsobny układ przekształtnika tyrystorowego **PT** zawierający blok blokady **BL** impulsów zapłonowych umożliwia hamowanie inwertorowe silnika **M** z oddawaniem energii do sieci.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób symulacji pracy silnika spalinowego przez odwzorowanie jego charakterystyki momentu obrotowego to znaczy zależności momentu rozwijanego przez silnik od prędkości obrotowej (kątowej) wału tego silnika za pomocą silnika elektrycznego, **znamienny tym**, że charakterystykę momentu obrotowego silnika dzieli się na trzy strefy, z których strefa I odpowiada pracy na biegu jałowym, strefa II pracy podczas rozpędzania i strefa III pracy przy ustalonej prędkości obrotowej a następnie aproksymuje się odcinkami prostych, które przekształca się na odpowiednie napięcia zależne od prędkości obrotowej, wprowadza się je do nieliniowego zadajnika momentu ewentualnie prądu będącego generatorem funkcji nieliniowej i odwzorowuje się za pomocą silnika elek-

trycznego prądu stałego — obcowzbudnego sterowanego z przekształtnika tyrystorowego (zawierającego między innymi wzmacniacza regulacyjną prędkości i momentu ewentualnie prądu), przy czym wartość zadana charakterystyki dla symulacji podaje się z zadajnika w ten sposób, że przy pracy na biegu jałowym włącza się oba wzmacniacze regulacyjne, przy pracy podczas rozpędzania włącza się tylko wzmacniacz regulacyjny momentu ewentualnie prądu a przy pracy podczas ustalonej prędkości obrotowej ponownie włącza się oba wzmacniacze regulacyjne.

2. Układ do symulacji pracy silnika spalinowego przy użyciu silnika elektrycznego prądu stałego połączonego poprzez przekładnię i sprzęgło cierne ze skrzynką biegów oraz hamulcem, w którym silnik jest sterowany poprzez przekształtnik tyrystorowy w układzie przeciwsobnym i załączany stycznikiem głównym, **znamienny tym**, że ma blok sterowania programowego (**BSP**), który jest połączony ze sprzęgłem (**SC**) poprzez sterownik sprzęgła (**STS**), ze skrzynką biegów (**SB**) poprzez sterownik skrzynki biegów (**STB**), z hamulcem (**H**) poprzez sterownik hamulca (**STH**), z czujnikiem hamulca (**CH**), z czujnikiem prędkości silnika (**CS**) jednocześnie z nieliniowym zadajnikiem (**ZR**) momentu i pierwszym węzłem sumującym (**A**) oraz z elementem przełączającym (**EP**), drugim komutatorem (**K2**), który to komutator jest połączony z nieliniowym zadajnikiem (**ZR**) momentu i z elementem przełączającym (**EP**), ponadto blok sterowania programowego (**BSP**) jest połączony z pierwszym komutatorem (**K1**), który to komutator jest połączony z pierwszym węzłem sumującym (**A**) i zadajnikiem prędkości (**ZN**), oraz blok sterowania programowego (**BSP**) jest połączony z drugim węzłem sumującym (**B**) i jednocześnie poprzez wzmacniacz sygnału momentu (**WS**) z czujnikiem momentu (**CM**) przy czym drugi węzeł sumujący (**B**) jest połączony z elementem przełączającym (**EP**), który to element jest połączony poprzez wzmacniacz regulacyjny prędkości (**WN**) z pierwszym węzłem sumującym (**A**), jednocześnie drugi węzeł sumujący (**B**) jest połączony ze wzmacniaczem regulacyjnym (**WR**) momentu i blokiem blokady (**BL**), przy czym blok blokady (**BL**) jest połączony poprzez wzmacniacz prądu (**WP**) z czujnikiem prądu silnika (**CP**), z przekształtnikiem tyrystorowym (**PT**) poprzez dwa generatory impulsów zapłonowych (**G1**, **G2**), które to generatory są połączone z wzmacniaczem regulacyjnym (**WR**) momentu

3. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zadajnik prędkości (**ZN**) składa się ze stabilizatora napięcia (**SN**) połączonego z dzielnikiem napięcia (**DN**).

4. Układ do symulacji silnika spalinowego przy użyciu silnika elektrycznego prądu stałego połączonego poprzez przekładnię i sprzęgło cierne ze skrzynką biegów oraz hamulcem, w którym silnik jest sterowany poprzez przekształtnik tyrystorowy w układzie przeciwsobnym i załączany stycznikiem głównym, **znamienny tym**, że ma blok sterowania programowego (**BSP**), który jest połączony ze sprzęgłem (**SC**) poprzez sterownik sprzęgła (**STS**), ze skrzynką biegów (**SB**) poprzez sterownik skrzynki biegów (**STB**), z hamulcem (**H**) poprzez sterownik hamulca (**STH**), z czujnikiem hamulca (**CH**) z czujnikiem prędkości silnika (**CS**) jednocześnie z nieliniowym zadajnikiem (**ZR**) prądu i pierwszym węzłem sumującym (**A**) oraz z elementem przełączającym (**EP**), drugim komutatorem (**K2**), który to komutator jest połączony z nieliniowym zadajnikiem (**ZR**) prądu i z elementem przełączającym (**EP**), ponadto blok sterowania

programowego (BSP) jest połączony z pierwszym komutatorem (K1), który to komutator jest połączony z pierwszym węzłem sumującym (A) i zadajnikiem prędkości (ZN), oraz blok sterowania programowego (BSP) jest połączony z drugim węzłem sumującym (B) i jednocześnie z blokiem blokady (BL) oraz równocześnie poprzez wzmacniacz prądu (WP) z czujnikiem prądu silnika (CP), przy czym drugi węzeł sumujący (B) jest połączony z elementem przełączającym (FP) który to element jest połączony poprzez wzmacniacz regulacyjny prędkości (WN) z pierwszym węzłem sumującym (A),

jednocześnie drugi węzeł sumujący (B) jest połączony ze wzmacniaczem regulacyjnym (WR) prądu i blokiem blokady (BL), przy czym blok blokady (BL) jest połączony z przekształtnikiem tyrystorowym (PT) poprzez dwa generatory impulsów zapłonowych (G1, G2), które to generatory są połączone ze wzmacniaczem regulacyjnym (WR) prądu.

5. Układ według zastrz. 3, **znamienny tym**, że zadajnik prędkości (ZN) składa się ze stabilizatora napięcia (SN) połączonego z dzielnikiem napięcia (DN).

Errata

Lam. 7, wiersz 9

jest: połączony z elementem przełączającym (FP)

powinno być: połączony z elementem przełączającym (EP)

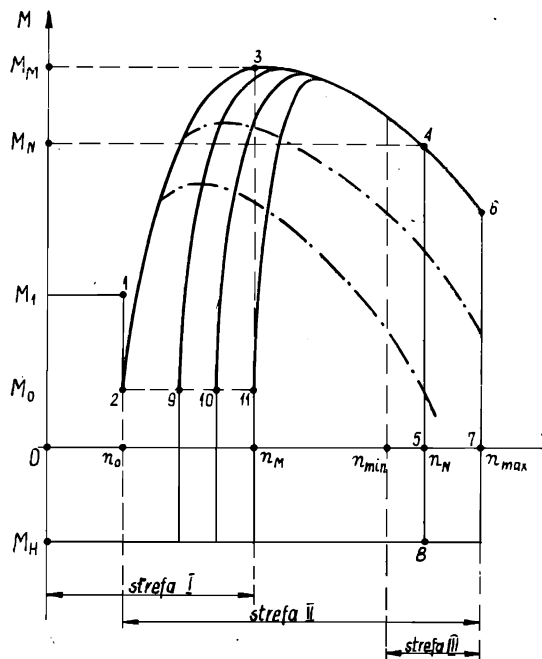
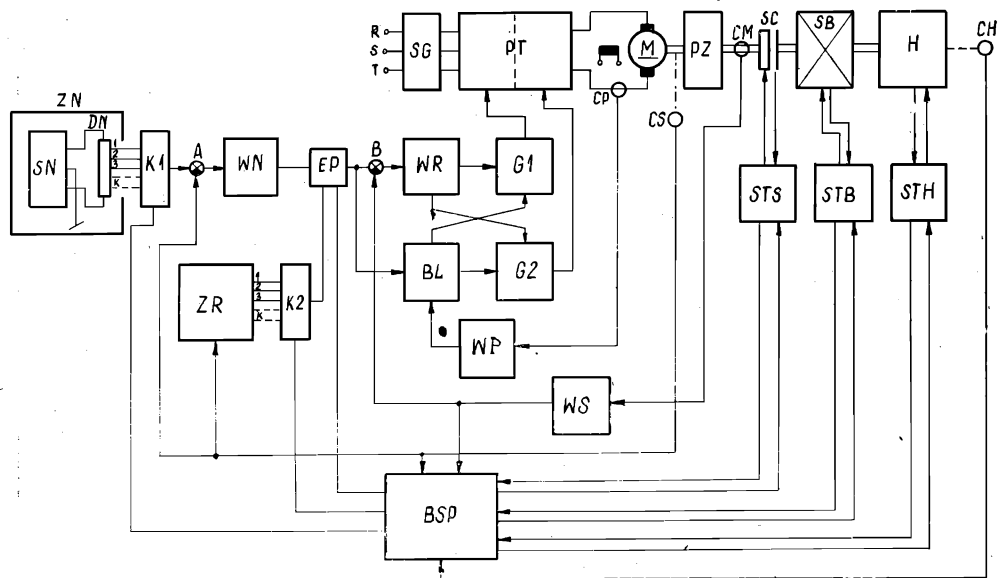


Fig. 1



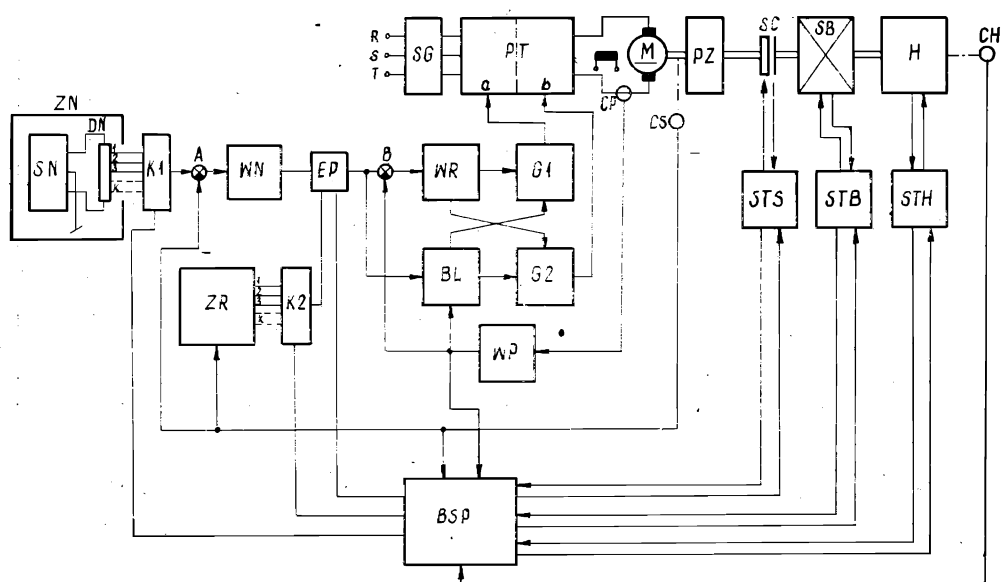


Fig 3