



21 Numer zgłoszenia: 285297

51 IntCl<sup>5</sup>:  
G01L 1/22  
G01R 17/10

Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

22 Data zgłoszenia: 23.05.1990

54

Układ równoważenia mostka tensometrycznego

CZYTELNIA  
OGÓLNA

43 Zgłoszenie ogłoszono:  
02.12.1991 BUP 24/91

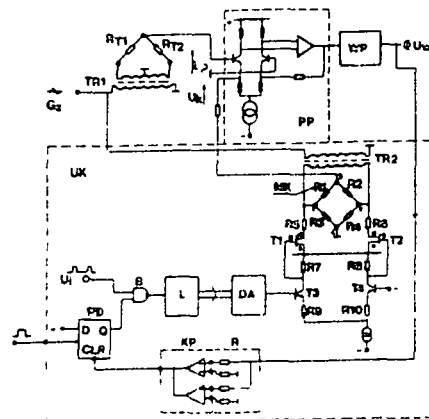
45 O udzieleniu patentu ogłoszono:  
31.12.1993 WUP 12/93

73 Uprawniony z patentu:  
Polska Akademia Nauk Instytut  
Podstawowych Problemów Techniki.  
Warszawa, PL

72 Twórcy wynalazku:  
Jerzy Ranachowski, Warszawa, PL  
Eugeniusz Adamczyk, Warszawa, PL

74 Pełnomocnik:  
Dom Handlowy Nauki Spółka z o.o. PAN.  
Biuro Rzeczników Patentowych  
Rzecznik pat. W. Rutkowski,  
01-447 Warszawa, PL

57 Układ równoważenia mostka tensometrycznego, zawierający tensometry zasilane napięciem zmiennym, połączone z transformatorem dołączonym do generatora, przy czym z mostkiem połączony jest wzmacniacz napięcia i układ demodulacji, ~~zamienny tym~~, że zawiera elektryczny mostek kompensacji składający się z pierwszego rezystora (R1), drugiego rezystora (R2), trzeciego rezystora (R3) i czwartego rezystora (R4), gdzie punkt wspólny (1) pierwszego rezystora (R1) i trzeciego rezystora (R3) oraz punkt wspólny (2) drugiego rezystora (R2) i czwartego rezystora (R4) połączone są z uzwojeniem wtórnym drugiego transformatora (TR2), połączonego z generatorem, natomiast trzeci punkt (3) wspólny pierwszego rezystora (R1) i drugiego rezystora (R2) połączony jest z przedwzmacniaczem pomiarowym (PP), zaś czwarty punkt (4) wspólny trzeciego rezystora (R3) i czwartego rezystora (R4) połączony jest z masą, przy czym pomiędzy pierwszym punktem (1) a masą włączony jest płyty rezystor (R5) połączony szeregowo z pierwszym tranzystorem polowym (T1) sterowanym trzecim tranzystorem (T3), równocześnie pomiędzy drugim punktem (2) mostka kompensacyjnego a masą jest włączony szósty rezystor (R6) połączony szeregowo z drugim tranzystorem polowym (T2) sterowanym czwartym tranzystorem (T4), którego kolektor połączony jest z ósmym rezystorem (R8), a emiter czwartego tranzystora (T4) połączony jest z dziesiątym rezystorem (R10) połączonym ze źródłem prądowym, a baza czwartego tranzystora (T4) podłączona jest do linki stałego potencjału ujemnego, natomiast kolektor trzeciego tranzystora (T3) połączony jest z siódmym rezystorem (R7) połączonym z masą, a emiter trzeciego . . . . .



# Układ równoważenia mostka tensometrycznego

## Zastrzeżenie patentowe

Układ równoważenia mostka tensometrycznego, zawierający tensometry zasilane napięciem zmiennym, połączone z transformatorem dołączonym do generatora, przy czym z mostkiem połączony jest wzmacniacz napięcia i układ demodulacji, **znamienny tym**, że zawiera elektryczny mostek kompensacji składający się z pierwszego rezystora (**R1**), drugiego rezystora (**R2**), trzeciego rezystora (**R3**) i czwartego rezystora (**R4**), gdzie punkt wspólny (**1**) pierwszego rezystora (**R1**) i trzeciego rezystora (**R3**) oraz punkt wspólny (**2**) drugiego rezystora (**R2**) i czwartego rezystora (**R4**) połączone są z uzwojeniem wtórnym drugiego transformatora (**TR2**), połączonego z generatorem, natomiast trzeci punkt (**3**) wspólny pierwszego rezystora (**R1**) i drugiego rezystora (**R2**) połączony jest z przedwzmacniaczem pomiarowym (**PP**), zaś czwarty punkt (**4**) wspólny trzeciego rezystora (**R3**) i czwartego rezystora (**R4**) połączony jest z masą, przy czym pomiędzy pierwszym punktem (**1**) a masą włączony jest piąty rezystor (**R5**) połączony szeregowo z pierwszym tranzystorem polowym (**T1**) sterowanym trzecim tranzystorem (**T3**), równocześnie pomiędzy drugim punktem (**2**) mostka kompensacyjnego a masą jest włączony szósty rezystor (**R6**) połączony szeregowo z drugim tranzystorem polowym (**T2**) sterowanym czwartym tranzystorem (**T4**), którego kolektor połączony jest z ósmym rezystorem (**R8**), a emiter czwartego tranzystora (**T4**) połączony jest z dziesiątym rezystorem (**R10**) połączonym ze źródłem prądowym, a baza czwartego tranzystora (**T4**) podłączona jest do linki stałego potencjału ujemnego, natomiast kolektor trzeciego tranzystora (**T3**) połączony jest z siódmym rezystorem (**R7**) połączonym z masą, a emiter trzeciego tranzystora (**T3**) połączony jest z dziewiątym rezystorem (**R9**) połączonym ze źródłem prądowym, zaś baza trzeciego tranzystora (**T3**) połączona jest z wyjściem analogowym przetwornika cyfrowo-analogowego (**DA**), do którego wejścia dołączony jest licznik (**L**), a wejście zegarowe licznika (**L**) połączony jest z wyjściem bramki (**B**), której jedno z wejść połączony jest z wyjściem (**Q**) przerzutnika (**PD**), zaś wejście zegarowe przerzutnika (**PD**) jest połączony ze źródłem impulsów równoważenia, przy czym wejście (**D**) przerzutnika (**PD**) połączony jest z napięciem dodatnim, zaś wejście zerowania (**CLR**) połączony jest z wyjściem podwójnego komparatora (**KP**), którego dwa wejścia jedno dodatnie i drugie ujemne połączony są przez rezystory (**R**) z wyjściem wzmacniacza pomiarowego (**WP**), a pozostałe dwa wejścia komparatora połączony są z masą.

\* \* \*

Przedmiotem wynalazku jest układ równoważenia mostka tensometrycznego. Układ ten służy kompensacji napięcia występującego na wejściu wzmacniacza pomiarowego, na skutek rozrzutu rezystancji tensometrów.

W układzie mostka wyposażonego w tensometry występuje na przekątnej pomiarowej napięcie w przypadku różnicy wartości tensometrów. Napięcie powstaje jeszcze przed pomiarem, to jest przy nieodkształconych tensometrach. Napięcie to zostaje wzmocnione i uzyskuje się wynik pomiaru.

Dla zapewnienia takich warunków początkowych, aby przed pomiarem, to znaczy przed odkształceniem tensometrów, napięcie wyjściowe było równe zero należy mostek zrównoważyć. Najczęściej dokonuje się równoważenia przez dodanie dodatkowej rezystancji do jednego z tensometrów. Inne rozwiązanie polega na wprowadzeniu do stopnia wejściowego takiego napięcia kompensacyjnego, które zapewnia wymagany warunek równowagi.

Celem wynalazku było opracowanie układu równoważenia przez wprowadzenie napięcia kompensacyjnego do układu wzmacniacza wejściowego.

Zgodnie z wynalazkiem układ zawiera elektroniczny mostek kompensacyjny składający się z pierwszego rezystora, drugiego rezystora, trzeciego rezystora i czwartego rezystora, gdzie punkt wspólny pierwszego rezystora i trzeciego rezystora oraz punkt wspólny drugiego rezystora i czwartego rezystora połączone są z uzwojeniem wtórnym drugiego transformatora zasilanym z generatora. Trzeci punkt wspólny pierwszego rezystora i drugiego rezystora połączony jest z przedwzmacniaczem pomiarowym. Czwarty punkt wspólny trzeciego rezystora i czwartego rezystora połączony jest z masą. Pomiedzy pierwszym punktem a masą włączony jest piąty rezystor połączony szeregowo z pierwszym tranzystorem polowym sterowanym trzecim tranzystorem. Równocześnie pomiędzy drugim punktem a masą jest włączony szósty rezystor połączony szeregowo z drugim tranzystorem polowym sterowanym czwartym tranzystorem. Kolektor czwartego tranzystora połączony jest z ósmym rezystorem, a jego emiter połączony jest z dziesiątym rezystorem połączonym ze źródłem prądowym. Baza czwartego tranzystora podłączona jest do linii stałego potencjału ujemnego.

Natomiast kolektor trzeciego tranzystora połączony jest z siódmym rezystorem połączonym z masą a jego emiter połączony jest z dziewiątym rezystorem połączonym ze źródłem prądowym, zaś baza trzeciego tranzystora połączona jest z wyjściem analogowym przetwornika cyfrowo-analogowego. Do wejścia przetwornika dołączony jest licznik, którego wejście zegarowe połączone jest z wyjściem bramki. Jedno z wejść bramki połączone jest z wyjściem przerzutnika. Wejście zegarowe przerzutnika jest połączone ze źródłem impulsów. Trzecie wejście przerzutnika połączone jest z napięciem dodatnim. Wejście zerowania przerzutnika połączone jest z wyjściem podwójnego komparatora, którego dwa wejścia jedno dodatnie i drugie ujemne połączone są przez odpowiednie rezystory z wyjściem wzmacniacza pomiarowego. Pozostałe dwa wejścia komparatora połączone są z masą.

Rozwiązanie według wynalazku zapewnia kompensację napięcia sygnału na wejściu wzmacniacza pomiarowego oraz ustalenie takich warunków początkowych aby przed odkształceniem tensometrów wartość napięcia wyjściowego wzmacniacza była równa zero.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym pokazano schemat ideowy układu równoważenia mostka tensometrycznego.

Pierwszy tensometr RT1 i drugi tensometr RT2 połączone są w konfiguracji 1/2 mostka, który zasilany jest napięciem zmiennym sinusoidalnym z pierwszego transformatora TR1 zasilanego z kolei z generatora fali nośnej Gz. Z generatora fali nośnej zasilane jest uzwojenie pierwotne drugiego transformatora TR2, którego uzwojenie wtórne zasila mostek kompensacyjny MK. Mostek kompensacyjny składa się z pierwszego rezystora R1, drugiego rezystora R2, trzeciego rezystora R3 i czwartego rezystora R4. Znajdujące się na przekątnej pomiarowej: pierwszy punkt 1 wspólny dla pierwszego rezystora R1 i trzeciego rezystora R3 oraz drugi punkt 2 wspólny dla drugiego rezystora R2 i czwartego rezystora R4 połączone są z uzwojeniem wtórnym drugiego transformatora TR2. Trzeci punkt 3 wspólny dla pierwszego rezystora R1 i drugiego rezystora R2 połączony jest z przedwzmacniaczem pomiarowym PP, zaś czwarty punkt 4 wspólny dla trzeciego rezystora R3 i czwartego rezystora R4 połączony jest z masą.

Pomiedzy pierwszym punktem 1 a masą jest włączony piąty rezystor R5 połączony szeregowo z pierwszym tranzystorem polowym T1 sterowanym przez trzeci tranzystor T3.

Równocześnie pomiędzy drugim punktem 2 mostka a masą jest włączony szósty rezystor R6 połączony szeregowo z drugim tranzystorem T2 sterowanym przez czwarty tranzystor T4. Kolektor czwartego tranzystora T4 połączony jest z ósmym rezystorem R8, a emiter połączony jest z dziesiątym rezystorem R10 połączonym ze źródłem prądowym, zaś baza czwartego tranzystora T4 podłączona jest do linii stałego potencjału ujemnego.

Natomiast kolektor trzeciego tranzystora T3 połączony jest z siódmym rezystorem R7 połączonym z masą, a emiter trzeciego tranzystora T3 połączony jest z dziewiątym rezystorem R9 podłączonym do źródła zasilania, zaś baza trzeciego tranzystora T3 podłączona jest do wyjścia analogowego przetwornika cyfrowo- analogowego DA. Do wejścia przetwornika DA dołączony jest licznik L, a wejście zegarowe licznika L połączone jest z wyjściem bramki B, której jedno z wejść połączone jest z wejściem Q przerzutnika PD. Wejście zegarowe przerzutnika PD jest połączone z linią, na którą wchodzi ciąg impulsów równoważenia. Wejście D

przerzutnika PD połączone jest z napięciem dodatnim, zaś wejście zerowania CLR połączone jest z wyjściem podwójnego komparatora KP. Dwa wejścia dodatnie i ujemne komparatora KP połączone są przez rezystory R z wyjściem wzmacniacza pomiarowego WP, a pozostałe dwa wejścia połączone są z masą.

W układzie tym równoważenie przeprowadza się za pomocą sygnału impulsu napięcia kompensacyjnego  $U_k$  wprowadzanego do przedwzmacniacza PP. Napięcie kompensacyjne uzyskuje się z przekątnej mostka. Pierwszy tranzystor połowy T1 i drugi tranzystor połowy T2 pracują jako regulowane rezystory. Trzeci tranzystor T3 i czwarty tranzystor T4 tworzą stopień symetryczny sterujący pierwszym T1 i drugim T2 tranzystorem. Dla dodatniego przyrostu napięcia na bazie trzeciego tranzystora T3 wzrasta ujemne napięcie bramki pierwszego tranzystora T1. Jego rezystancja dren- masa również wzrasta. Równocześnie oddziaływanie na drugi tranzystor odbywa się w kierunku odwrotnym, a jego rezystancja dren-masa maleje. W wyniku czego następuje przyrost napięcia kompensacyjnego  $U_k$ . Przy ujemnym przyroście napięcia bazy trzeciego tranzystora T3 przebieg jest taki sam, lecz przyrost napięcia  $U_k$  ma odwrotną fazę. Oddziaływanie napięcia  $U_k$  w zakresie jego amplitudy i fazy prowadzi do kompensacji napięcia równoważenia co daje w efekcie sygnał napięcia równy zero na wyjściu przedwzmacniacza PP, a więc i na wyjściu  $U_{wy}$  wzmacniacza WP sygnał napięcia  $U_{wy}$  jest równy zero. Sterowanie układu odbywa się następująco. Przerzutnik PD zostaje uruchomiony impulsem przycisku lub z mikroprocesora i wpuszcza przez bramkę B ciąg impulsów napięcia  $U_i$  do licznika L. Licznik L zmieniając stan powoduje zmianę napięcia na wyjściu Q przetwornika analogowo- cyfrowego DA, z którego to wyjścia Q steruje bazę trzeciego tranzystora T3. Napięcie kompensacyjne  $U_k$  zmienia się według przebiegu jak omówiono wyżej. Komparator podwójny KP wykazuje na wejściu napięcie jedynki logicznej, gdy napięcie wyjściowe wzmacniacza pomiarowego WP jest różne od zera.

Gdy zmienia się napięcie kompensacyjne  $U_k$ , i osiągnie wartość dla której  $U_{wy} = 0$  napięcie w komparatorze spadnie również do wartości równej zero, nastąpi przerzucenie przerzutnika PD w stan zerowy. Bramka B zostaje zamknięta, a przetwornik DA zachowa wartość napięcia wyjściowego stanu zrównoważenia.

