

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 244505 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **439881**

(22) Data zgłoszenia: **2021.12.17**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.03.27 BUP 13/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.02.05 WUP 06/2024**

(51) MKP:

G01R 35/02 (2006.01)

H01F 38/20 (2006.01)

G01R 17/10 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**SKARB PAŃSTWA - GŁÓWNY URZĄD MIAR,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**ANDRZEJ TOMASZEWSKI, Warszawa, PL
GRZEGORZ SADKOWSKI, Łomianki, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Oliwia Czarnocka, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

**Układ i sposób symulowania błędów przekładników przy wzorcowaniu mostków
do pomiaru błędów przekładników**

PL 244505 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ i sposób symulowania błędów przekładników przy wzorcowaniu mostków do pomiaru błędów przekładników.

Z dokumentu CN110133565A znany jest sposób kalibracji przekładnika napięciowego, w którym zgodnie z metodą, pierwotny koniec okablowania trójfazowego regulatora napięcia jest podłączony oddzielnie do bezpiecznika I, bezpiecznika II i bezpiecznika III; drugie końce bezpiecznika I, bezpiecznika II i bezpiecznika III są podłączone do stycznika prądu przemiennego trójfazowego oddzielnie, a drugi koniec stycznika prądu przemiennego trójfazowego jest podłączony do zasilania prądu przemiennego 380 V; wtórna końcówka okablowania trójfazowego regulatora napięcia jest połączona z pierwotnymi końcówkami okablowania A, B i C przekładnika napięciowego oddzielnie; woltomierz I jest podłączony między końcówką przewodów A i końcówką przewodów B, a woltomierz II jest podłączony między końcem przewodu B i końcówką przewodów C; woltomierz III, woltomierz IV i woltomierz V są włączone odpowiednio pomiędzy końce przewodów a, b i c pierwszego uzwojenia wtórnego przekładnika napięciowego i potencjał zerowy; a woltomierz VI jest podłączony między końcówkami d i końcówkami przewodów drugiego uzwojenia wtórnego przekładnika napięciowego i potencjału zerowego, a następnie przeprowadzana jest weryfikacja.

Natomiast z innego dokumentu WO2014162020A1 znane jest rozwiązanie dotyczące modułowego mostka pomiarowego do określania błędu pomiaru w przekładnikach pomiarowych podłączonych do fazy linii wysokiego napięcia, w którym wspomniany mostek zawiera: pierwszy element do uzyskiwania pomiaru, we wcześniej określonym czasie, pierwszej wartości napięcia V_{ref} odniesienia przekładnika pomiarowego podłączony do tej samej fazy; drugi element do uzyskania pomiaru, w tym samym czasie jak powyżej, drugiej wartości napięcia V_{med} przekładnika pomiarowego; oraz komparator. Pierwszy i drugi element zawiera również środki transmisyjne do przesyłania pierwszej i drugiej wartości napięcia V_{ref} i V_{med} do komparatora, a komparator zawiera środki odbiorcze do ich odbioru. Po odebraniu pierwszej i drugiej wartości napięcia V_{ref} i V_{med} , komparator jest skonfigurowany do obliczania błędu pomiaru; w przekładniku pomiarowym.

Ponadto ze stanu techniki dokument US2014247056 A1 ujawnia rozwiązanie modułowego mostka pomiarowego do wyznaczania błędu pomiarowego w przekładnikach. Szeregowe urządzenie sumująco-kalibrujące oparte na półizolującym przekładniku napięciowym zawiera symetryczny testowy zasilacz wysokiego napięcia, trójportowy szeregowy przekładnik napięciowy, półizolujący przekładnik napięciowy i aparaturę do pomiaru błędów. Niniejsze rozwiązanie charakteryzuje się tym, że: można wyprodukować kompletny zestaw urządzeń do pomiaru identyfikowalności stosunku napięcia częstotliwości zasilania; kalibracja linii zgodnie z dodatkiem szeregowym w oparciu o półizolacyjny przekładnik napięciowy; pomiar błędu względnego między trójportowym szeregowym przekładnikiem napięciowym a półizolującym przekładnikiem napięciowym; oraz matematyczne przetwarzanie wyniku pomiaru w celu uzyskania krzywej współczynnika napięcia błędu półizolującego przekładnika napięciowego. Metoda jest łatwa w obsłudze, nie jest ograniczona poziomem napięcia i może ustanowić, od niskiego napięcia 10 V do wysokiego napięcia 1000 V

Z kolei typowy układ do sprawdzania błędów przekładników, przedstawiony schematycznie na Fig. 1a, składa się z przekładnika wzorcowego, obciążenia przekładnika badanego oraz mostka do wyznaczenia błędów przekładnika badanego.

Mostki do pomiaru błędów przekładników wyposażone są w dwie pary zacisków wejściowych. Para oznaczona jako X służy do podłączenia przekładnika badanego, a para oznaczona jako N do podłączenia przekładnika wzorcowego. Wynik pomiaru odczytywany na mostku składa się z pary błędów – błędu przekładni i błędu kątownego. Rozróżnia się błędy przekładni napięciowy i prądowy.

Błąd przekładni Δ , mierzony przez mostek, jest to stosunek różnicy sygnałów na zaciskach wejściowych X i N do sygnału na zaciskach N. Błąd przekładni jest wyrażony w procentach i opisany następującym wzorem:

$$\Delta = \frac{X - N}{N} \cdot 100\%,$$

gdzie:

Δ – błąd przekładni,

X – sygnał na zaciskach X mostka,

N – sygnał na zaciskach N mostka.

Błąd kątowy δ jest to przesunięcie fazowe pomiędzy sygnałami na zaciskach X i N, i najczęściej jest wyrażany w minutach kątowych, fig. 4. przedstawia ilustrację błędu kątowego.

Błędy graniczne przekładników pomiarowych (klasy 0,1; 0,2; 0,5; 1) mieszczą się w granicach $\pm 3\%$ i ± 180 min [PN-EN 61869-2:2013-06 – Przekładniki – Część 2: Wymagania szczegółowe dotyczące przekładników prądowych oraz PN-EN 61869-3:2011 – Przekładniki – Część 3: Wymagania szczegółowe dotyczące przekładników napięciowych indukcyjnych], w związku z czym mostek powinien być wzorcowany w podobnym zakresie.

Przy wzorcowaniu mostków symuluje się błędy przekładnika badanego, używając do tego zsynchronizowanych źródeł napięciowych lub źródeł prądowych, odpowiednio w przypadku mostków napięciowych lub mostków prądowych. Źródło takie powinno zapewnić dwa zsynchronizowane wyjścia. Takimi źródłami mogą być trójfazowe zadajniki prądowo napięciowe służące do nastawiania punktów pomiarowych przy wzorcowaniu liczników energii elektrycznej lub trójfazowe kalibratory mocy i energii.

Na podstawie definicji błędu przekładni oraz błędu kątowego może się wydawać, że najlepszym sposobem zasymulowania błędów przekładnika badanego jest dołączenie jednego wyjścia źródła do jednej pary zacisków oraz dołączenie drugiego wyjścia źródła do drugiej parę zacisków mostka wzorcowanego i podanie odpowiednich wartości sygnałów oraz przesunięcia fazowego pomiędzy nimi (Fig. 1b.). Podejście takie jest intuicyjne.

Jednak, w praktyce, w tym układzie pomiarowym występują problemy ze stabilnością i rozdzielczością ustawionych punktów pomiarowych. Spowodowane jest to małą wartością kąta przesunięcia fazowego δ (rzędu minut kątowych) w stosunku do dokładności, jaką oferują kalibratory trójfazowe dla sygnałów międzyfazowych. W przypadku błędu przekładni jest podobnie, oba sygnały X i N są zbliżonej wartości, więc trudno jest uzyskać stabilną wartość błędu przekładni ze względu na mały stosunek ich różnicy do amplitudy sygnału N.

Wynalazek dostarcza rozwiązania, w którym unika się wad układu intuicyjnego opisanego powyżej tzn. problemów ze stabilnością i rozdzielczością ustawionych punktów pomiarowych.

Układ symulowania błędów przekładników przy wzorcowaniu mostków do pomiaru błędów przekładników zawierający źródło sygnałów z pierwszym wyjściem i drugim wyjściem, oraz mostek wzorcowany z pierwszym wejściem i drugim wejściem według wynalazku, w którym pierwsze wyjście źródła połączone jest z pierwszym wejściem mostka wzorcowanego poprzez węzeł zaczepowy, a drugie wyjście źródła połączone jest z drugim wejściem mostka wzorcowanego poprzez węzeł sumacyjny. Pierwsze wyjście źródła połączone jest również z węzłem sumacyjnym poprzez węzeł zaczepowy.

Sposób symulowania błędów przekładników przy wzorcowaniu mostków do pomiaru błędów przekładników według wynalazku, w którym źródło generuje pierwszy sygnał na pierwszym wyjściu symulujący sygnał wtórny przekładnika wzorcowego oraz źródło generuje drugi sygnał na drugim wyjściu symulujący sygnał błędu przekładnika badanego. Węzeł sumacyjny sumuje pierwszy sygnał z pierwszego wyjścia oraz drugi sygnał z drugiego wyjścia, tworząc sygnał sumacyjny podawany na wejście mostka wzorcowanego.

Korzystnie, drugi sygnał z wyjścia jest przesunięty w fazie względem pierwszego sygnału z wyjścia o kąt przesunięcia w fazie.

Korzystnie wartość sygnału błędu z drugiego wyjścia i kąt przesunięcia w fazie wylicza się ze wzoru:

$$B = \sqrt{X^2 - 2 XN \cos \delta + N^2}$$

$$\beta = \arccos \frac{X \cos \delta - N}{B}$$

gdzie

N stanowi wartość symulowanego sygnału wtórnego przekładnika wzorcowego.

X stanowi wartość symulowanego sygnału wtórnego przekładnika badanego.

δ stanowi wartość symulowanego błędu kątowego przekładnika badanego.

Przedmiot wynalazku w przykładach wykonania jest uwidoczniony na rysunkach, na których: fig. 2 przedstawia schemat blokowy układu symulowania błędów przekładników przy wzorcowaniu mostków,

fig. 3 przedstawia schematy ideowe dla prądów i napięć układów symulowania błędów przekładników przy wzorcowaniu mostków,

fig. 4 przedstawia wykres wektorowy ilustrujący błąd kątowy,

fig. 5 przedstawia wykres wektorowy dla podejścia trygonometrycznego.

Wynalazek dotyczący układu i sposobu symulowania błędów przekładników przy wzorcowaniu mostków do pomiaru błędów przekładników zostanie bliżej objaśniony w przykładach wykonania rozwiązania dla każdej z kategorii wynalazku.

Układ symulowania błędów przekładników przy wzorcowaniu mostków do pomiaru błędów przekładników zawierający źródło sygnałów z pierwszym wyjściem (N) i drugim wyjściem (B), oraz mostek wzorcowany (MW) z pierwszym wejściem (N') i drugim wejściem (X) według wynalazku, w którym pierwsze wyjście (N) źródła (Ż) połączone jest z pierwszym wejściem (N') mostka wzorcowanego (MW) poprzez węzeł zaczepowy (Z), a drugie wyjście (B) źródła (Ż) połączone jest z drugim wejściem (X) mostka wzorcowanego (MW) poprzez węzeł sumacyjny (S). Pierwsze wyjście (N) źródła (Ż) połączone jest również z węzłem sumacyjnym (S) poprzez węzeł zaczepowy (Z).

W pierwszym wariantcie dla mostków napięciowych wyjścia pierwsze (N1, N2) źródła (Ż) połączone są z pierwszymi wejściami (N'1, N'2) mostka wzorcowanego (MW), a wyjście drugie (B1) połączone jest z drugim wejściem (X1) mostka wzorcowanego (MW), również wyjście pierwsze (N1) połączone jest z drugim wyjściem (B2), oraz wyjście pierwsze (N2) połączone jest z drugim wejściem (X2).

W drugim wariantcie dla mostka napięciowego wyjścia pierwsze (N1, N2) źródła (Ż) połączone są z pierwszymi wejściami (N'1, N'2) mostka wzorcowanego (MW), a wyjście drugie (B2) połączone jest z drugim wejściem (X2) mostka wzorcowanego (MW), również wyjście pierwsze (N2) połączone jest z drugim wyjściem (B1), oraz wyjście pierwsze (N1) połączone jest z drugim wejściem (X1).

W pierwszym wariantcie dla mostka prądowego wyjścia drugie (B1, B2) źródła (Ż) połączone są z drugimi wejściami (X1, X2) mostka wzorcowanego (MW), a wyjście pierwsze (N2) połączone jest z pierwszym wejściem (N'2) mostka wzorcowanego (MW), również wyjście drugie (B1) połączone jest z pierwszym wyjściem (N1) oraz wyjście drugie (B2) połączone jest z pierwszym wejściem (N'1).

W drugim wariantcie dla mostka prądowego wyjścia drugie (B1, B2) źródła (Ż) połączone są z drugimi wejściami (X1, X2) mostka wzorcowanego (MW), a wyjście pierwsze (N1) połączone jest z pierwszym wejściem (N'1) mostka wzorcowanego (MW), również wyjście drugie (B2) połączone jest z pierwszym wyjściem (N2), oraz wyjście drugie (B1) połączone jest z pierwszym wejściem (N'2).

Sposób symulowania błędów przekładników przy wzorcowaniu mostków do pomiaru błędów przekładników według wynalazku, w którym źródło (Ż) generuje pierwszy sygnał na pierwszym wyjściu (N) symulujący sygnał wtórny przekładnika wzorcowego oraz źródło (Ż) generuje drugi sygnał na drugim wyjściu (B) symulujący sygnał błędu przekładnika badanego. Węzeł sumacyjny (S) sumuje pierwszy sygnał z pierwszego wyjścia (N) oraz drugi sygnał z drugiego wyjścia (B), tworząc sygnał sumacyjny podawany na wejście (X) mostka wzorcowanego (MW). Drugi sygnał z wyjścia (B) jest przesunięty w fazie względem pierwszego sygnału z wyjścia (N) o kąt przesunięcia w fazie (β). Graficznie zilustrowano podejście trygonometryczne na wykresie wektorowym na fig. 5.

Stosując przekształcenia trygonometryczne, wartości sygnału błędu B i kąt β można obliczyć z poniższych wzorów.

$$B = \sqrt{X^2 - 2XN \cos \delta + N^2} \quad (2)$$

$$\beta = \arccos \frac{X \cos \delta - N}{B} \quad (3)$$

gdzie

N stanowi wartość symulowanego sygnału wtórnego przekładnika wzorcowego.

X stanowi wartość symulowanego sygnału wtórnego przekładnika badanego.

δ stanowi wartość symulowanego błędu kątowego przekładnika badanego.

Podejście powyższe można określić jako trygonometryczne. Uzyskuje się przy nim lepszą rozdzielczość i stabilność symulowanych błędów przekładnika badanego. Ponadto, gdy źródło sygnałów

jest podczas wzorcowania mostka jednocześnie wzorcem, czyli wartości symulowanych błędów przekładnika wynikające z nastaw źródła są wartościami wzorcowymi, przy podejściu trygonometrycznym uzyskuje się znacząco mniejsze niepewności tych wartości niż przy podejściu intuicyjnym. Porównanie przykładowych wartości niepewności typu B, gdy jako źródła użyto kalibratora trójfazowego Model 8100-3P, przedstawia Tabela 1.

Wartości symulowanych błędów przekładnika		Niepewność typu B symulowanych błędów przekładnika			
		podejście intuicyjne		podejście trygonometryczne	
Δ , %	δ , min	$u(\Delta)$, %	$u(\delta)$, min	$u(\Delta)$, %	$u(\delta)$, min
0,1	5	0,012	0,35	0,000022	0,00091
0,2	10	0,012	0,35	0,000039	0,0015
0,5	20	0,012	0,35	0,000083	0,0029
1	40	0,012	0,35	0,00017	0,0058
3	120	0,013	0,35	0,00056	0,020

Tabela 1. Porównanie niepewności oszacowanych dla symulowania błędów przekładnika kalibratorem Model 8100-3P, wykorzystując podejście intuicyjne oraz trygonometryczne tj. zgodnie z wynalazkiem.

Wyniki zestawione w Tabeli 1. pokazują, że rozwiązanie według wynalazku pozwala na symulowanie błędów przekładnika dokładniejsze o kilka rzędów wartości, zarówno dla błędu przekładni, jak i błędu kąтового.

Lista oznaczeń

MW – mostek wzorcowany

Ż – źródło sygnałów

B – drugie wyjście źródła sygnałów

N – pierwsze wyjście źródła sygnałów

N' – pierwsze wejście mostka wzorcowanego

X – drugie wejście mostka wzorcowanego

S – węzeł sumacyjny

Z – węzeł zaczepowy

β – wartość kąta przesunięcia w fazie sygnału B względem sygnału N

N1, N2 – pierwsze wyjścia źródła sygnałów

B1, B2 – drugie wyjścia źródła sygnałów

X1, X2 – drugie wejścia mostka wzorcowanego

N'1, N'2 – pierwsze wejścia mostka wzorcowanego

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ symulowania błędów przekładników przy wzorcowaniu mostków do pomiaru błędów przekładników zawierający źródło sygnałów (Ż) z pierwszym wyjściem (N) i drugim wyjściem (B), oraz mostek wzorcowany (MW) z pierwszym wejściem (N) i drugim wejściem (X)
znamienny tym, że

pierwsze wyjście (N) źródła (Ż) połączone jest z pierwszym wejściem (N) mostka wzorcowanego (MW) poprzez węzeł zaczebowy (Z), a drugie wyjście (B) źródła (Ż) połączone jest z drugim wejściem (X) mostka wzorcowanego (MW) poprzez węzeł sumacyjny (S), przy czym, pierwsze wyjście (N) źródła (Ż) połączone jest również z węzłem sumacyjnym (S) poprzez węzeł zaczebowy (Z).

2. Sposób symulowania błędów przekładników przy wzorcowaniu mostków do pomiaru błędów przekładników **znamienny tym**, że źródło (Ż) generuje pierwszy sygnał na pierwszym wyjściu (N) symulujący sygnał wtórny przekładnika wzorcowego oraz źródło (Ż) generuje drugi sygnał na drugim wyjściu (B) symulujący sygnał błędu przekładnika badanego, po czym węzeł sumacyjny (S) sumuje się pierwszy sygnał z pierwszego wyjścia (N) oraz drugi sygnał z drugiego wyjścia (B), tworząc sygnał sumacyjny podawany na wejście (X) mostka wzorcowanego (MW).
3. Sposób według zastrz. 2 **znamienny tym**, że drugi sygnał z drugiego wyjścia (B) jest przesunięty w fazie względem pierwszego sygnału z pierwszego wyjścia (N) o kąt przesunięcia w fazie (β).
4. Sposób według zastrz. 2 albo 3 **znamienny tym**, że wartość sygnału błędu z drugiego wyjścia (B) i kąt przesunięcia w fazie (β) wylicza się ze wzoru:

$$B = \sqrt{X^2 - 2XN \cos \delta + N^2}$$

$$\beta = \arccos \frac{X \cos \delta - N}{B}$$

gdzie

N stanowi wartość symulowanego sygnału wtórnego przekładnika wzorcowego

X stanowi wartość symulowanego sygnału wtórnego przekładnika badanego

δ stanowi wartość symulowanego błędu kąowego przekładnika badanego.

Rysunki

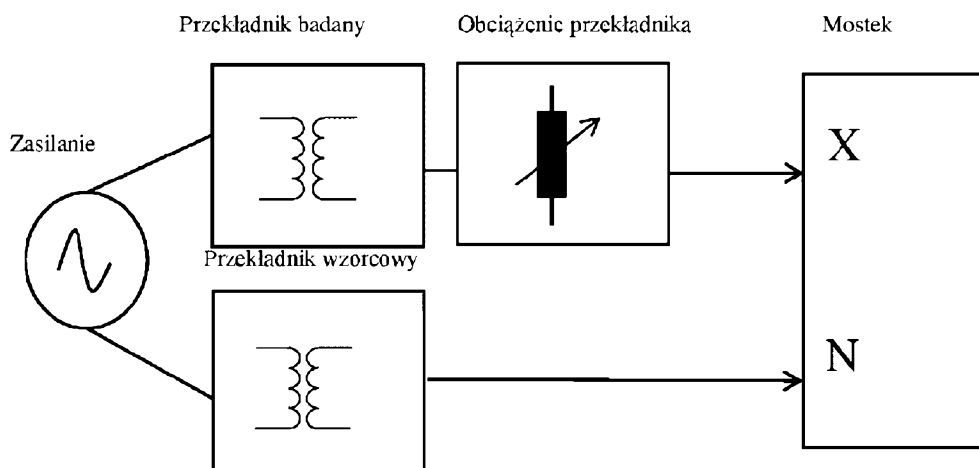


Fig. 1a – stan techniki

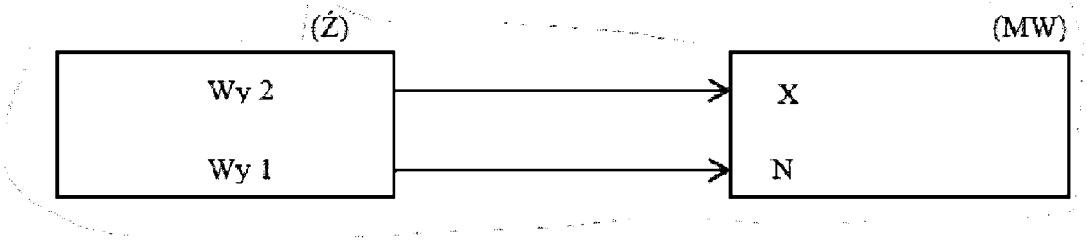


Fig. 1b stan techniki

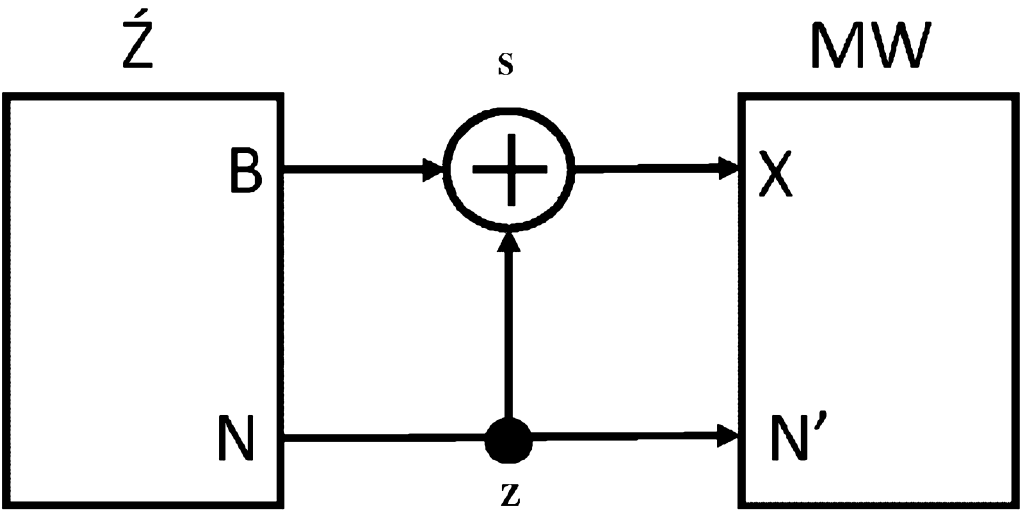
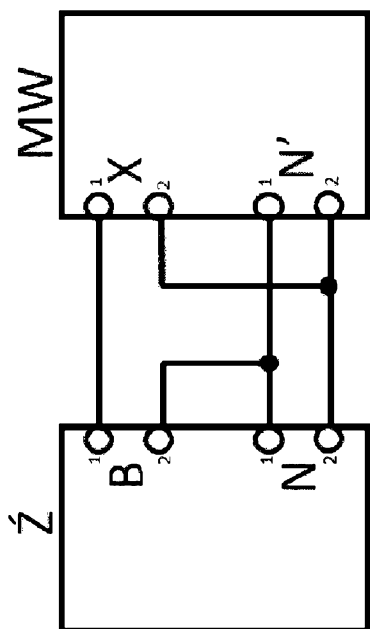
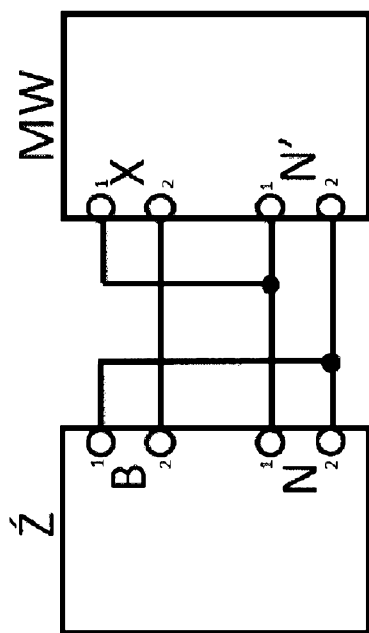


Fig. 2

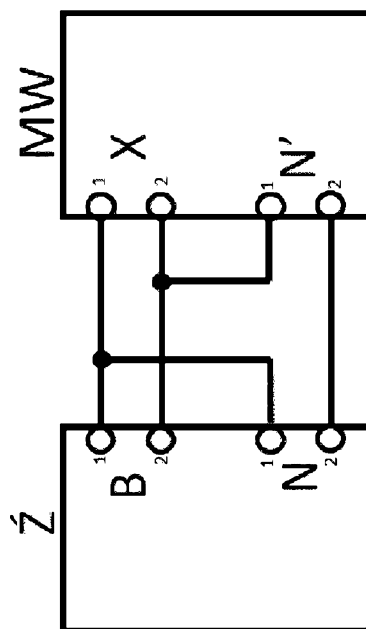
Schematy ideowe dla napięć:



lub



Schematy ideowe dla prądów:



lub

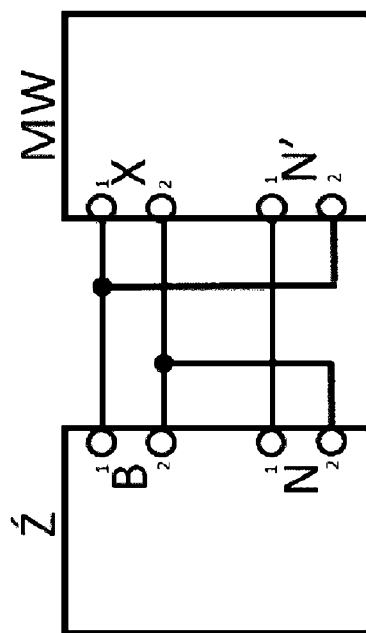


Fig. 3

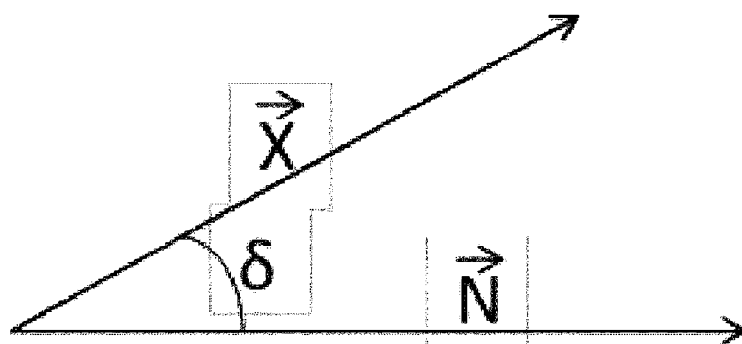


Fig. 4

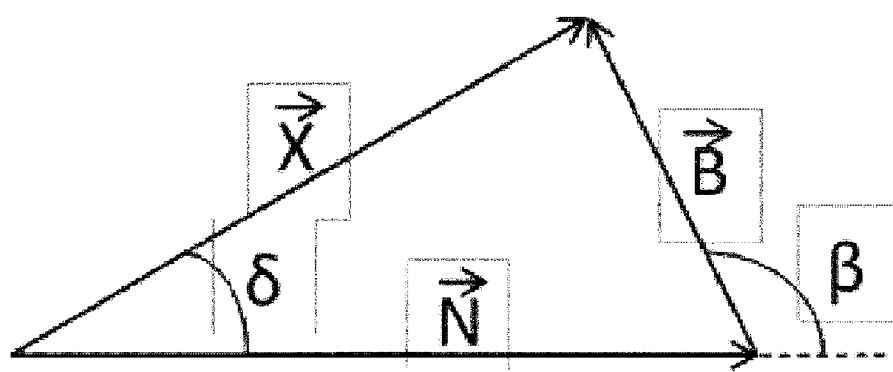


Fig. 5