

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 242573 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **437729**

(22) Data zgłoszenia: **2021.04.29**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.10.31 BUP 44/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.03.13 WUP 11/2023**

(51) MKP:

G01R 35/02 (2006.01)

G01R 15/00 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA ŁÓDZKA, Łódź, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:
MICHAŁ KACZMAREK, Łódź, PL
ERNEST STANO, Budy Dłutowskie, PL

(74) Pełnomocnik:
Anna Westrych, Łódź, PL

(54) Tytuł:

Sposób wyznaczania błędów całkowitego, prądowego i kątownego transformacji prądów sinusoidalnych i harmoniczných prądów odkształconych przez przelotowe przetworniki prąd-napięcie

PL 242573 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób wyznaczania błędów całkowitego, napięciowego i kąowego transformacji prądów sinusoidalnych i harmonicznym prądów odkształconych przez przelotowe przetworniki prąd-napięcie.

Norma PN-EN 61869-6: „Przekładniki – Część 6: Dodatkowe wymagania ogólne dla przekładników małej mocy” określa wymagania w zakresie dokładności przekładników prądowych i napięciowych podczas transformacji sygnałów sinusoidalnych i harmonicznym sygnałów odkształconych. W normie tej przedstawiono koncepcje układów pomiarowych do badania dokładności przekładników prądowych i napięciowych na podstawie wartości błędu przekładni i błędu kąowego. Do ich wyznaczania stosuje się komparator prądów lub napięć lub zsynchronizowane przetworniki analogowo-cyfrowe.

Norma PN-EN 61869-10: „Przekładniki – Część 10: Dodatkowe wymagania dotyczące pasywnych przekładników prądowych małej mocy” określa jedynie wymagania w zakresie granicznych wartości błędów prądowego i kąowego dla danych klas dokładności pasywnych przekładników prądowych małej mocy podczas transformacji prądów sinusoidalnych o częstotliwości 50 Hz. Jak wskazano w tym dokumencie, w zakresie wymagań dokładności transformacji harmonicznym prądu pierwotnego obowiązują wymagania normy PN-EN 61869-6. W normie tej przedstawiono wzory określające wartości błędów prądowego i kąowego na podstawie parametrów schematu zastępczego cewki Rogowskiego.

Ze zgłoszenia patentowego P.430626 znany jest sposób wyznaczania błędów całkowitego, prądowego i kąowego transformacji prądów sinusoidalnych i harmonicznym prądów odkształconych przez przekładniki prądowe. Z uwagi na konieczność zastosowania odmiennego układu pomiarowego nie znajduje on jednak zastosowania do wyznaczania błędów całkowitego, prądowego i kąowego transformacji prądów sinusoidalnych i harmonicznym prądów odkształconych przez cewki Rogowskiego.

Ze zgłoszenia patentowego P.435180 znany jest sposób wyznaczania błędów całkowitego, napięciowego i kąowego transformacji napięć sinusoidalnych i harmonicznym napięć odkształconych przez przekładniki i dzielniki napięciowe. Z uwagi na konieczność zastosowania odmiennego układu pomiarowego nie znajduje on jednak zastosowania do wyznaczania błędów całkowitego, prądowego i kąowego transformacji prądów sinusoidalnych i harmonicznym prądów odkształconych przez cewki Rogowskiego.

Sposób według wynalazku umożliwia wyznaczanie błędów całkowitego, prądowego i kąowego transformacji prądów sinusoidalnych i harmonicznym prądów odkształconych przez przelotowe przetworniki prąd-napięcie w tym cewki Rogowskiego.

Sposób wyznaczania błędów całkowitego, prądowego i kąowego transformacji prądów sinusoidalnych i harmonicznym prądów odkształconych przez przelotowe przetworniki prąd-napięcie charakteryzuje się tym, że uznając przewód z prądem pierwotnym poprzez okno badanej cewki Rogowskiego wytwarza się uzwojenie pierwotne stanowiące równoważność amperozwojów jej pierwotnego prądu znamionowego, przy czym wymagana liczba zwojów wytwarzanego uzwojenia pierwotnego określona jest zgodnie z poniższą zależnością:

$$z = \frac{I_{pCR}}{I_{pUP}}$$

gdzie:

z – wymagana liczba zwojów wytwarzanego uzwojenia pierwotnego,

I_{pCR} – oznacza wartość skuteczną znamionowego sinusoidalnego prądu pierwotnego badanego przetwornika prąd-napięcie,

I_{pUP} – oznacza wartość skuteczną znamionowego sinusoidalnego prądu pierwotnego wytwarzanego uzwojenia pierwotnego,

po czym badany przetwornik prąd-napięcie przyłącza się do układu pomiarowego, w którym obwód pierwotny zasila się z transformatora prądowego, który jest zasilany ze wzmacniacza mocy sterowanego przez generator arbitralny, przy czym prąd pierwotny mierzony jest poprzez napięcie rezystora umieszczonego w obwodzie wytworzonego uzwojenia pierwotnego, a jego wartość dobierana jest do znamionowego prądu tego uzwojenia, następnie wyznacza się wartość skuteczną napięcia o wartości równej wartości skutecznej napięcia wyjściowego badanego przetwornika prąd-napięcie wynikającej

z rezystora umieszczonego w jej obwodzie wtórnym o wartości znajdującej się w zakresie dopuszczalnym dla obciążeń zgodnie z poniższą zależnością:

$$R_5 = \frac{I_{wCR} \cdot R_6}{I_{pUP}}$$

gdzie:

R_5 – oznacza wartość rezystancji rezystora umieszczonego w obwodzie wytworzonego uzwojenia pierwotnego do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym,

I_{wCR} – oznacza wartość skuteczną znamionowego sinusoidalnego prądu wtórnego badanego przetwornika prąd-napięcie,

R_6 – oznacza wartość rezystancji rezystora umieszczonego w obwodzie wtórnym badanego przetwornika prąd-napięcie o wartości znajdującej się w jej zakresie dopuszczalnych przez producenta obciążeń, przy czym gdy badana cewka Rogowskiego nie została wyposażona w układ całkujący do wyjścia badanej cewki przyłącza się zewnętrzny układ całkujący, następnie urządzenie pomiarowe wyznacza w sposób zsynchronizowany wartość skuteczną napięcia sinusoidalnego lub wartości skuteczne danych harmonicznym odkształconego napięcia rezystora do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym i rezystora umieszczonego w obwodzie wtórnym badanego przetwornika prąd-napięcie oraz wartości skuteczne danych wyższych harmonicznym napięcia różnicowego między punktami o wysokim potencjale napięcia rezystorów do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym i rezystora umieszczonego w obwodzie wtórnym badanego przetwornika prąd-napięcie, jednocześnie wyznacza wzajemne przesunięcia fazowe między sinusoidalnymi napięciami lub poszczególnymi harmonicznymi odkształconego napięcia rezystora do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym i harmoniczną podstawową lub harmonicznymi tych samych rzędów odkształconego napięcia różnicowego, następnie dokonuje się obliczenia procentowej wartości błędu całkowitego badanego przetwornika prąd-napięcie zgodnie z poniższą zależnością:

$$\varepsilon_{\%Ihk} = \frac{U_{rhk}}{U_{R5hk}} \cdot 100\%$$

gdzie:

$\varepsilon_{\%Ihk}$ – oznacza wartość błędu całkowitego transformacji prądu sinusoidalnego lub danej harmonicznym prądu odkształconego przez badany przetwornik prąd-napięcie,

U_{R5hk} – oznacza wartość skuteczną sinusoidalnego napięcia lub danej harmonicznym odkształconego napięcia rezystora do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym,

U_{rhk} – oznacza wartość skuteczną sinusoidalnego napięcia lub danej harmonicznym odkształconego napięcia różnicowego zmierzonego między punktami o wysokim potencjale napięć rezystora do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym i rezystora umieszczonego w obwodzie wtórnym badanego przetwornika prąd-napięcie,

oraz wartość skuteczną sinusoidalnego napięcia lub danej harmonicznym odkształconego napięcia rezystora umieszczonego w obwodzie wtórnym badanego przetwornika prąd-napięcie wyznacza się zgodnie z poniższą zależnością:

$$U_{R6hk} = \sqrt{U_{R5hk}^2 + U_{rhk}^2 - 2 \cdot U_{R5hk} \cdot U_{rhk} \cdot \cos(\varphi_{R5rhk})}$$

gdzie:

U_{R6hk} – oznacza wartość skuteczną sinusoidalnego napięcia lub danej harmonicznym odkształconego napięcia rezystora umieszczonego w obwodzie wtórnym badanego przetwornika prąd-napięcie,

φ_{R5rhk} – oznacza przesunięcie fazowe sinusoidalnego napięcia lub danej harmonicznym odkształconego napięcia rezystora do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym względem sinusoidalnego napięcia lub danej harmonicznym odkształconego napięcia różnicowego,

następnie wyznacza się procentową wartość błędu prądowego badanego przetwornika prąd-napięcie według poniższej zależności:

$$\Delta I_{hk} = \frac{n_{Izn} \cdot \frac{U_{R6hk}}{R_6} - z \cdot \frac{U_{R5hk}}{R_5}}{z \cdot \frac{U_{R5hk}}{R_5}} \cdot 100\%$$

gdzie:

ΔI_{hk} – oznacza wartość błędu prądowego transformacji sinusoidalnego prądu lub danej harmonicznego przekształconego prądu pierwotnego przez badany przetwornik prąd-napięcie,

n_{lzn} – oznacza znamionową przekładnię prądową badanego przetwornika prąd-napięcie, oraz wartość błędu kąowego badanego przetwornika prąd-napięcie według poniższej zależności:

$$\delta_{Ihk} = \arcsin \left(\frac{\sqrt{\varepsilon_{\%Ihk}^2 - \Delta I_{hk}^2}}{100\%} \right)$$

gdzie:

δ_{Ihk} – oznacza wartość błędu kąowego transformacji prądu sinusoidalnego lub danej harmonicznego przekształconego przez badany przetwornik prąd-napięcie.

Zaletą sposobu według wynalazku jest możliwość określenia dokładności transformacji harmonicznego prądów przekształconych i sinusoidalnych podwyższonej częstotliwości przez przetworniki prąd-napięcie, w tym cewki Rogowskiego bez konieczności zastosowania szerokiej częstotliwości wieloprądowego toru probierczego i układu wzorcowego.

Sposób według wynalazku ilustrują poniższe przykłady z powołaniem się na rysunek, na którym fig. 1 przedstawia schemat układu pomiarowego w przypadku, gdy badana cewka Rogowskiego została wyposażona w układ całkujący, fig. 2 schemat układu pomiarowego w przypadku, gdy badana cewka Rogowskiego nie została wyposażona w układ całkujący.

Przykład I

W celu wyznaczenia błędów całkowitego, prądowego i kąowego transformacji prądów sinusoidalnych i harmonicznego prądów przekształconych przez przetwornik prąd-napięcie – cewkę Rogowskiego uznając przewód z prądem pierwotnym poprzez okno badanej cewki wytwarza się uzwojenie pierwotne stanowiące równoważność amperozwojów jej pierwotnego prądu znamionowego, przy czym wymagana liczba zwojów wytwarzanego uzwojenia pierwotnego określona jest zgodnie z poniższą zależnością:

$$Z = \frac{I_{PCR}}{I_{PUP}}$$

gdzie:

Z – wymagana liczba zwojów wytwarzanego uzwojenia pierwotnego,

I_{PCR} – oznacza wartość skuteczną znamionowego sinusoidalnego prądu pierwotnego badanej cewki Rogowskiego,

I_{PUP} – oznacza wartość skuteczną znamionowego sinusoidalnego prądu pierwotnego wytwarzanego uzwojenia pierwotnego.

Po czym badaną cewkę Rogowskiego 1 przyłącza się do układu pomiarowego przedstawionego na fig. 1, w którym obwód pierwotny zasila się z transformatora prądowego 2, który jest zasilany ze wzmacniacza mocy 3 sterowanego przez generator arbitralny 4. Prąd pierwotny mierzony jest poprzez napięcie rezystora 5 umieszczonego w obwodzie wytworzonego uzwojenia pierwotnego, a jego wartość dobierana jest do znamionowego prądu tego uzwojenia w celu uzyskania wartości skutecznej napięcia o wartości równej wartości skutecznej napięcia wyjściowego badanej cewki Rogowskiego wynikającej z rezystora 6 umieszczonego w jej obwodzie wtórnym o wartości znajdującej się w zakresie je dopuszczalnych przez producenta obciążeń zgodnie z poniższą zależnością:

$$R_5 = \frac{I_{WCR} \cdot R_6}{I_{PUP}}$$

gdzie:

R_5 – oznacza wartość rezystancji rezystora 5 umieszczonego w obwodzie wytworzonego uzwojenia pierwotnego do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym,

I_{WCR} – oznacza wartość skuteczną znamionowego sinusoidalnego prądu wtórnego badanej cewki Rogowskiego 1,

R_6 – oznacza wartość rezystancji rezystora 6 umieszczonego w obwodzie wtórnym badanej cewki Rogowskiego 1 o wartości znajdującej się w zakresie jej dopuszczalnych przez producenta obciążeń.

Wtedy urządzenie pomiarowe 7 wyznacza w sposób zsynchronizowany wartość skuteczną napięcia sinusoidalnego lub wartości skuteczne danych harmonicznym odkształconego napięcia rezystora 5 do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym i rezystora 6 umieszczonego w obwodzie wtórnym badanej cewki Rogowskiego oraz wartości skuteczne danych wyższych harmonicznym napięcia różnicowego między punktami o wysokim potencjale napięcia rezystorów 5 do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym i rezystora 6 umieszczonego w obwodzie wtórnym badanej cewki Rogowskiego, jednocześnie wyznacza wzajemne przesunięcia fazowe między sinusoidalnymi napięciami lub poszczególnymi harmonicznymi odkształconego napięcia rezystora 5 do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym i harmoniczną podstawową lub harmonicznymi tych samych rzędów odkształconego napięcia różnicowego.

Następnie dokonuje się obliczenia procentowej wartości błędu całkowitego badanej cewki Rogowskiego zgodnie z poniższą zależnością:

$$\varepsilon_{\%I_{hk}} = \frac{U_{r_{hk}}}{U_{R5hk}} \cdot 100\%$$

gdzie:

$\varepsilon_{\%I_{hk}}$ – oznacza wartość błędu całkowitego transformacji prądu sinusoidalnego lub danej harmonicznym prądu odkształconego przez badaną cewkę Rogowskiego,

U_{R5hk} – oznacza wartość skuteczną sinusoidalnego napięcia lub danej harmonicznym odkształconego napięcia rezystora 5 do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym,

$U_{r_{hk}}$ – oznacza wartość skuteczną sinusoidalnego napięcia lub danej harmonicznym odkształconego napięcia różnicowego zmierzonego między punktami o wysokim potencjale napięć rezystora 5 do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym i rezystora 6 umieszczonego w obwodzie wtórnym badanej cewki Rogowskiego,

oraz wartość skuteczną sinusoidalnego napięcia lub danej harmonicznym odkształconego napięcia rezystora 6 umieszczonego w obwodzie wtórnym badanej cewki Rogowskiego wyznacza się zgodnie z poniższą zależnością:

$$U_{R6hk} = \sqrt{U_{R5hk}^2 + U_{r_{hk}}^2 - 2 \cdot U_{R5hk} \cdot U_{r_{hk}} \cdot \cos(\varphi_{R5r_{hk}})}$$

gdzie:

U_{R6hk} – oznacza wartość skuteczną sinusoidalnego napięcia lub danej harmonicznym odkształconego napięcia rezystora 6 umieszczonego w obwodzie wtórnym badanej cewki Rogowskiego,

$\varphi_{R5r_{hk}}$ – oznacza przesunięcie fazowe sinusoidalnego napięcia lub danej harmonicznym odkształconego napięcia rezystora 5 do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym względem sinusoidalnego napięcia lub danej harmonicznym odkształconego napięcia różnicowego,

następnie wyznacza się procentową wartość błędu prądowego badanej cewki Rogowskiego według poniższej zależności:

$$\Delta I_{hk} = \frac{n_{Izn} \cdot \frac{U_{R6hk}}{R_6} - z \cdot \frac{U_{R5hk}}{R_5}}{z \cdot \frac{U_{R5hk}}{R_5}} \cdot 100\%$$

gdzie:

ΔI_{hk} – oznacza wartość błędu prądowego transformacji sinusoidalnego prądu lub danej harmonicznym odkształconego prądu pierwotnego przez badaną cewkę Rogowskiego,

n_{Izn} – oznacza znamionową przekładnię prądową badanej cewki Rogowskiego,

oraz wartość błędu kąтового badanej cewki Rogowskiego według poniższej zależności:

$$\delta_{I_{hk}} = \arcsin \left(\frac{\sqrt{\varepsilon_{\%I_{hk}}^2 - \Delta I_{hk}^2}}{100\%} \right)$$

gdzie:

$\delta_{I_{hk}}$ – oznacza wartość błędu kąтового transformacji prądu sinusoidalnego lub danej harmonicznym prądu odkształconego przez badaną cewkę Rogowskiego.

Przykład II

W celu wyznaczenia błędów całkowitego, prądowego i kątownego transformacji prądów sinusoidalnych i harmonicznym prądów odkształconych przez przetwornik prąd-napięcie – cewkę Rogowskiego uzważając przewód z prądem pierwotnym poprzez okno badanej cewki wytwarza się uzwojenie pierwotne stanowiące równoważność amperozwojów jej pierwotnego prądu znamionowego, przy czym wymagana liczba zwojów wytwarzanego uzwojenia pierwotnego określona jest zgodnie z poniższą zależnością:

$$z = \frac{I_{PCR}}{I_{PUP}}$$

gdzie:

z – wymagana liczba zwojów wytwarzanego uzwojenia pierwotnego,

I_{PCR} – oznacza wartość skuteczną znamionowego sinusoidalnego prądu pierwotnego badanej cewki Rogowskiego,

I_{PUP} – oznacza wartość skuteczną znamionowego sinusoidalnego prądu pierwotnego wytwarzanego uzwojenia pierwotnego.

Po czym badaną cewkę Rogowskiego 1 przyłącza się do układu pomiarowego przedstawionego na fig. 1, w którym obwód pierwotny zasila się z transformatora prądowego 2, który jest zasilany ze wzmacniacza mocy 3 sterowanego przez generator arbitralny 4. Prąd pierwotny mierzony jest poprzez napięcie rezystora 5 umieszczonego w obwodzie wytworzonego uzwojenia pierwotnego, a jego wartość dobierana jest do znamionowego prądu tego uzwojenia w celu uzyskania wartości skutecznej napięcia o wartości równej wartości skutecznej napięcia wyjściowego badanej cewki Rogowskiego wynikającej z rezystora 6 umieszczonego w jej obwodzie wtórnym o wartości znajdującej się w zakresie je dopuszczalnych przez producenta obciążeń zgodnie z poniższą zależnością:

$$R_5 = \frac{I_{WCR} R_6}{I_{PUP}}$$

gdzie:

R_5 – oznacza wartość rezystancji rezystora 5 umieszczonego w obwodzie wytworzonego uzwojenia pierwotnego do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym,

I_{WCR} – oznacza wartość skuteczną znamionowego sinusoidalnego prądu wtórnego badanej cewki Rogowskiego 1,

R_6 – oznacza wartość rezystancji rezystora 6 umieszczonego w obwodzie wtórnym badanej cewki Rogowskiego 1 o wartości o wartości znajdującej się w zakresie jej dopuszczalnych przez producenta obciążeń.

Do wyjścia badanej cewki przyłącza się zewnętrzny układ całkujący 8, następnie urządzenie pomiarowe 7 wyznacza w sposób zsynchronizowany wartość skuteczną napięcia sinusoidalnego lub wartości skuteczne danych harmonicznym odkształconego napięcia rezystora 5 do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym i rezystora 6 umieszczonego w obwodzie wtórnym badanej cewki Rogowskiego oraz wartości skuteczne danych wyższych harmonicznym napięcia różnicowego między punktami o wysokim potencjale napięcia rezystorów 5 do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym i rezystora 6 umieszczonego w obwodzie wtórnym badanej cewki Rogowskiego, jednocześnie wyznacza wzajemne przesunięcia fazowe między sinusoidalnymi napięciami lub poszczególnymi harmonicznymi odkształconego napięcia rezystora 5 do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym i harmoniczną podstawową lub harmonicznymi tych samych rzędów odkształconego napięcia różnicowego.

Następnie postępowano jak w przykładzie I.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wyznaczania błędów całkowitego, prądowego i kątownego transformacji prądów sinusoidalnych i harmonicznym prądów odkształconych przez przetworniki prąd-napięcie **znamienny tym**, że uzważając przewód z prądem pierwotnym poprzez okno bada-

nej cewki Rogowskiego wytwarza się uzwojenie pierwotne stanowiące równoważność amperozwojów jej pierwotnego prądu znamionowego, przy czym wymagana liczba zwojów wytwarzanego uzwojenia pierwotnego określona jest zgodnie z poniższą zależnością:

$$Z = \frac{I_{pCR}}{I_{pUP}}$$

gdzie:

Z – wymagana liczba zwojów wytwarzanego uzwojenia pierwotnego,

I_{pCR} – oznacza wartość skuteczną znamionowego sinusoidalnego prądu pierwotnego badanego przetwornika prąd-napięcie,

I_{pUP} – oznacza wartość skuteczną znamionowego sinusoidalnego prądu pierwotnego wytwarzanego uzwojenia pierwotnego,

po czym badany przetwornik prąd-napięcie przyłącza się do układu pomiarowego, w którym obwód pierwotny zasilany jest z transformatora prądowego, który jest zasilany ze wzmacniacza mocy sterowanego przez generator arbitralny, przy czym prąd pierwotny mierzony jest poprzez napięcie rezystora umieszczonego w obwodzie wytworzonego uzwojenia pierwotnego, a jego wartość dobierana jest do znamionowego prądu tego uzwojenia, następnie wyznacza się wartość skuteczną napięcia o wartości równej wartości skutecznej napięcia wyjściowego badanego przetwornika prąd-napięcie wynikającej z rezystora umieszczonego w jej obwodzie wtórnym o wartości znajdującej się w zakresie dopuszczalnym dla obciążeń zgodnie z poniższą zależnością:

$$R_5 = \frac{I_{wCR} R_6}{I_{pUP}}$$

gdzie:

R_5 – oznacza wartość rezystancji rezystora umieszczonego w obwodzie wytworzonego uzwojenia pierwotnego do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym,

I_{wCR} – oznacza wartość skuteczną znamionowego sinusoidalnego prądu wtórnego badanego przetwornika prąd-napięcie,

R_6 – oznacza wartość rezystancji rezystora umieszczonego w obwodzie wtórnym badanego przetwornika prąd-napięcie o wartości znajdującej się w jej zakresie dopuszczalnych przez producenta obciążeń,

przy czym gdy badana cewka Rogowskiego nie została wyposażona w układ całkujący do wyjścia badanej cewki przyłącza się zewnętrzny układ całkujący, następnie urządzenie pomiarowe wyznacza w sposób zsynchronizowany wartość skuteczną napięcia sinusoidalnego lub wartości skuteczne danych harmonicznym odkształconego napięcia rezystora do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym i rezystora umieszczonego w obwodzie wtórnym badanego przetwornika prąd-napięcie oraz wartości skuteczne danych wyższych harmonicznym napięcia różnicowego między punktami o wysokim potencjale napięcia rezystorów do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym i rezystora umieszczonego w obwodzie wtórnym badanego przetwornika prąd-napięcie, jednocześnie wyznacza wzajemne przesunięcia fazowe między sinusoidalnymi napięciami lub poszczególnymi harmonicznymi odkształconego napięcia rezystora do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym i harmoniczną podstawową lub harmonicznymi tych samych rzędów odkształconego napięcia różnicowego,

następnie dokonuje się obliczenia procentowej wartości błędu całkowitego badanego przetwornika prąd-napięcie zgodnie z poniższą zależnością:

$$\varepsilon_{\%Ihk} = \frac{U_{rhk}}{U_{Rshk}} \cdot 100\%$$

gdzie:

$\varepsilon_{\%Ihk}$ – oznacza wartość błędu całkowitego transformacji prądu sinusoidalnego lub danej harmonicznym prądu odkształconego przez badany przetwornik prąd-napięcie,

U_{Rshk} – oznacza wartość skuteczną sinusoidalnego napięcia lub danej harmonicznym odkształconego napięcia rezystora do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym,

U_{rhk} – oznacza wartość skuteczną sinusoidalnego napięcia lub danej harmoniczej odkształconego napięcia różnicowego zmierzonego między punktami o wysokim potencjale napięć rezystora do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym i rezystora umieszczonego w obwodzie wtórnym badanego przetwornika prąd-napięcie, oraz wartość skuteczną sinusoidalnego napięcia lub danej harmoniczej odkształconego napięcia rezystora umieszczonego w obwodzie wtórnym badanego przetwornika prąd-napięcie wyznacza się zgodnie z poniższą zależnością:

$$U_{R6hk} = \sqrt{U_{R5hk}^2 + U_{rhk}^2 - 2 \cdot U_{R5hk} \cdot U_{rhk} \cdot \cos(\varphi_{R5rhk})}$$

gdzie:

U_{R6hk} – oznacza wartość skuteczną sinusoidalnego napięcia lub danej harmoniczej odkształconego napięcia rezystora umieszczonego w obwodzie wtórnym badanego przetwornika prąd-napięcie

φ_{R5rhk} – oznacza przesunięcie fazowe sinusoidalnego napięcia lub danej harmoniczej odkształconego napięcia rezystora do pomiaru prądu w wytworzonym uzwojeniu pierwotnym względem sinusoidalnego napięcia lub danej harmoniczej odkształconego napięcia różnicowego,

następnie wyznacza się procentową wartość błędu prądowego badanego przetwornika prąd-napięcie według poniższej zależności:

$$\Delta I_{hk} = \frac{n_{Izn} \cdot \frac{U_{R6hk}}{R_6} - z \cdot \frac{U_{R5hk}}{R_5}}{z \cdot \frac{U_{R5hk}}{R_5}} \cdot 100\%$$

gdzie:

ΔI_{hk} – oznacza wartość błędu prądowego transformacji sinusoidalnego prądu lub danej harmoniczej odkształconego prądu pierwotnego przez badany przetwornik prąd-napięcie,

n_{Izn} – oznacza znamionową przekładnię prądową badanego przetwornika prąd-napięcie, oraz wartość błędu kąтового badanego przetwornika prąd-napięcie według poniższej zależności:

$$\delta_{Ihk} = \arcsin \left(\frac{\sqrt{\varepsilon_{\%Ihk}^2 - \Delta I_{hk}^2}}{100\%} \right)$$

gdzie:

δ_{Ihk} – oznacza wartość błędu kąтового transformacji prądu sinusoidalnego lub danej harmoniczej prądu odkształconego przez badany przetwornik prąd-napięcie.

Rysunki

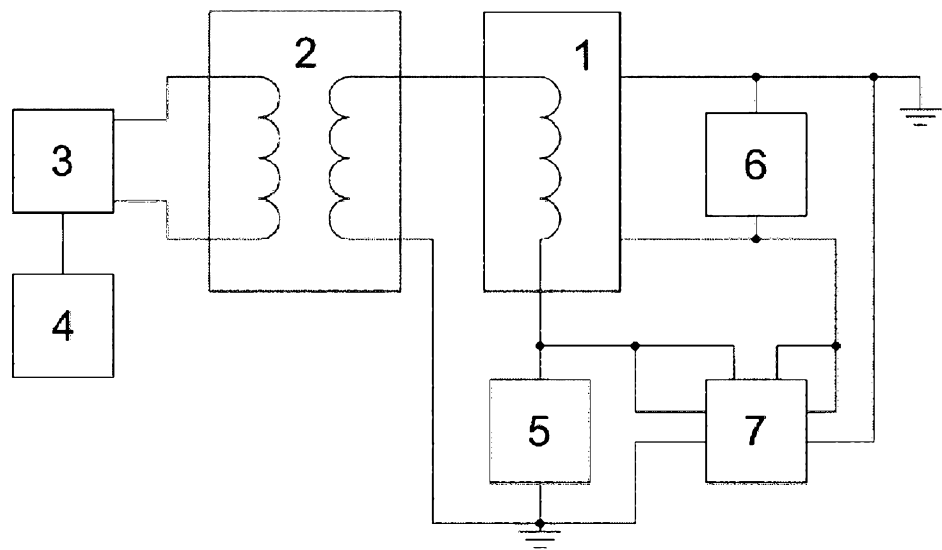


Fig. 1

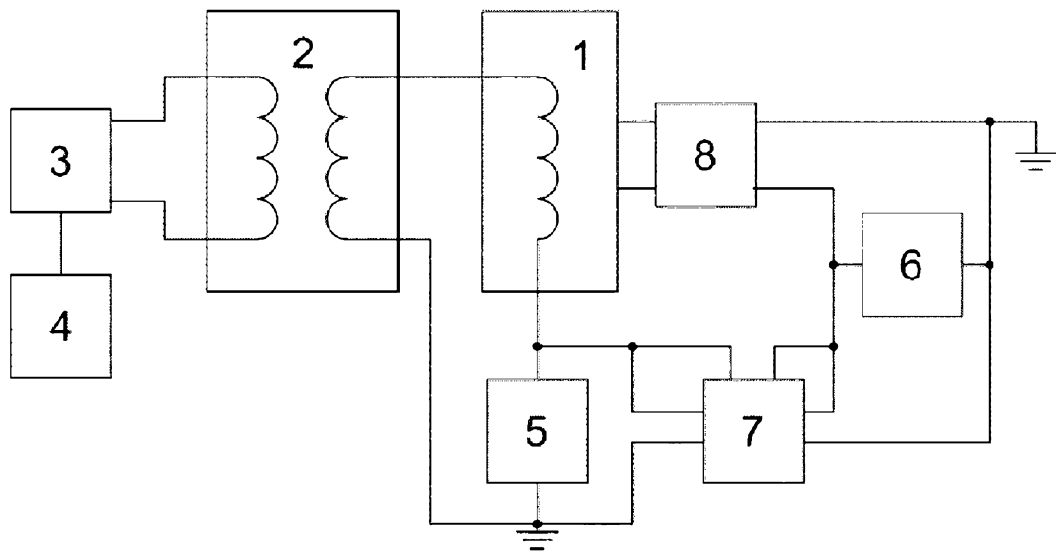


Fig. 2