

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **237341**
(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **426587**

(22) Data zgłoszenia: **07.08.2018**

(51) Int.Cl.
H01H 1/36 (2006.01)
H01H 9/00 (2006.01)
G05F 1/14 (2006.01)

(54)

Układ regulacji napięcia transformatora

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

11.03.2019 BUP 06/19

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

06.04.2021 WUP 07/21

(73) Uprawniony z patentu:

**SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ-INSTYTUT
NAPĘDÓW I MASZYN ELEKTRYCZNYCH
KOMEL, Katowice, PL
ZAKŁAD POMIAROWO-BADAWCZY
ENERGETYKI ENERGOPOMIAR-ELEKTRYKA
SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Gliwice, PL
SCHNEIDER ELECTRIC TRANSFORMERS
POLAND SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Mikołów, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**JAKUB BERNATT, Tychy, PL
STANISŁAW GAWRON, Tychy, PL
TADEUSZ GLINKA, Gliwice, PL
DANIEL PAWŁOWSKI, Zabrze, PL
WALDEMAR OLECH, Gliwice, PL
TOMASZ MNICH, Gliwice, PL
JANUSZ SOBOTA, Mikołów, PL
MARCIN MORAWIEC, Orzesze, PL
MARCIN PORADA, Świętochłowice, PL**

PL 237341 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ regulacji napięcia transformatora energetycznego pod obciążeniem.

Zadaniem układu regulacji w transformatorach energetycznych pod obciążeniem jest zapewnienie odbiorcom energii elektrycznej o stałej wartości skutecznej napięcia. Przy zmianie prądu obciążenia, spadki napięcia w sieci elektroenergetycznej i na transformatorze zmieniają się. Dlatego transformatory energetyczne, w szczególności transformatory rozdzielcze, wyposaża się w układy regulacji napięcia. Standardowy zakres regulacji napięcia wynosi $\pm 5\%$, czasem zamawiający transformator życzy sobie powiększony zakres regulacji napięcia np. $\pm 10\%$. Znane są rozwiązania układów regulacji napięcia transformatorów pod obciążeniem. Transformatory na jednym z uzwojeń, najczęściej na uzwojeniu górnego napięcia, mają dodatkowe uzwojenie regulacyjne z kilkoma wyprowadzeniami, które są połączone z przełącznikami zaczepów. Przełącznik zaczepów ma złożoną budowę, gdyż przełączenie z jednej końcówki wyprowadzenia na drugą końcówkę musi się odbywać bez łukowo. Przełączniki zaczepów są umieszczone w kadzi olejowej transformatora lecz w oddzielnej celce i podobnie jak transformator znajdują się w oleju. Przełączniki zaczepów są opisane w literaturze między innymi w książce *Kelasz J.: „Transformatory, Układy nastawiania przekładni” WNT 1968*, Firmy produkujące przełączniki zaczepów opracowują także *Dokumentacje techniczno-ruchowe*, które są znane. Przełączanie zaczepów dokonuje układ napędowy złożony z silnika elektrycznego i przekładni mechanicznej. Przełączniki zaczepów są urządzeniami drogimi i najbardziej zawodnymi elementami w transformatorach, wymagają okresowej diagnostyki, a diagnostyka musi być prowadzona przy wyłączonym transformatorze. Zawodność przełączników zaczepów jest związana ze stykami ruchomymi, które przegrzewają się oraz z układem mechanicznym przełącznika zaczepów, który zużywa się.

Fabryka Transformatorów w Żychlinie realizuje projekt finansowany przez NCBiR i w ramach tego projektu pracuje nad energoelektronicznym układem regulacji napięcia. Układ ten bazuje na dodatkowym uzwojeniu regulacyjnym transformatora umieszczonym na tej samej kolumnie rdzenia co i uzwojenie podstawowe.

Firma Schneider Electric, fabryka MEFTA w Mikołowie, wykonała transformator o mocy 400 kVA w którym regulacja napięcia jest zrealizowana przy pomocy transformatora dodatkowego (regulacyjnego). Uzwojenie regulacyjne (wtórne) transformatora regulacyjnego jest włączone w szereg z uzwojeniem pierwotnym transformatora podstawowego. Uzwojenie pierwotne transformatora regulacyjnego ma zaczepy regulacyjne i jest zasilane napięciem wtórnym transformatora podstawowego. Regulacja, napięcia odbywa się poprzez przełączanie zaczepów stycznikami umieszczonymi na zewnątrz transformatora.

Wymienione prace są innowacyjne, lecz czy rozwiązania te zastąpią, stosowane powszechnie przełączniki zaczepów, na tym etapie prac nie jest wiadome.

Według wynalazku układ regulacji napięcia trójfazowego transformatora podstawowego pod obciążeniem składa się z transformatora regulacyjnego i falownika AC/DC/AC. Uzwojenie wtórne transformatora regulacyjnego jest włączone w szereg z uzwojeniem wtórnym transformatora podstawowego, przy czym: uzwojenie pierwotne transformatora regulacyjnego jest zasilane z falownika AC/DC/AC, który jest przyłączony do uzwojenia wtórnego transformatora podstawowego, bądź też falownik jest przyłączony do uzwojenia wtórnego transformatora dodatkowego, którego uzwojenie pierwotne jest dołączone do uzwojenia wtórnego transformatora podstawowego. W transformatorze podstawowym z uzwojeniem wtórnym połączonym w zygzak, korzystnie, jest połączenie uzwojenia wtórnego transformatora regulacyjnego w zygzak, przy czym uzwojenie to jest połączone z uzwojeniem wtórnym transformatora podstawowego od strony gwiazdy, a punkt połączenia uzwojeń w gwiazdę jest wykonany na uzwojeniu zygzaka transformatora regulacyjnego. W transformatorze podstawowym z uzwojeniem wtórnym połączonym w gwiazdę, uzwojenie wtórne transformatora regulacyjnego korzystnie jest połączone z uzwojeniem wtórnym transformatora podstawowego od strony gwiazdy, przy czym punkt połączenia uzwojeń w gwiazdę jest wykonany na uzwojeniu wtórnym transformatora regulacyjnego. W transformatorze podstawowym z uzwojeniem wtórnym połączonym w trójkąt, uzwojenie wtórne transformatora regulacyjnego jest włączone w obwód trójkąta uzwojenia wtórnego transformatora podstawowego.

Przedmiot wynalazku jest przedstawiony w przykładzie rozwiązania na rysunku, na którym przedstawiono: fig. 1 schemat układu połączenia uzwojeń transformatora regulacyjnego z uzwojeniem wtórnym transformatora podstawowego połączonym w gwiazdę i z falownikiem oraz połączenie falownika z uzwojeniem wtórnym transformatora podstawowego, fig. 2 schemat układu połączenia uzwojeń transformatora regulacyjnego z uzwojeniem wtórnym transformatora podstawowego połączonym w zygzak

i z falownikiem oraz połączenie falownika z uzwojeniem wtórnym transformatora podstawowego, fig. 3 schemat układu połączenia uzwojeń transformatora regulacyjnego z uzwojeniem wtórnym transformatora podstawowego połączonym w trójkąt i z falownikiem oraz połączenie falownika z uzwojeniem wtórnym transformatora podstawowego, fig. 4 falownik zasilający transformator regulacyjny jest połączony z uzwojeniem wtórnym transformatora dodatkowego, którego uzwojenie pierwotne jest połączone z uzwojeniem wtórnym transformatora podstawowego.

Układ regulacji napięcia trójfazowego transformatora podstawowego **1** pod obciążeniem składa się z transformatora regulacyjnego **2** i falownika **4**. Falownik **4** jest typu AC/DC/AC i składa się z trzech podzespołów: prostownika sterowanego AC/DC, filtru pojemnościowego w podzespole napięcia stałego DC i podzespołu DC/AC modulacji szerokości impulsów. Falownik jest sterowany z układu mikroprocesorowego. Falownik **4** jest zasilany napięciem międzyprzewodowym z uzwojenia wtórnego transformatora podstawowego **1**. W transformatorach **1** w których napięcie znamionowe uzwojenia wtórnego jest mniejsze od 1 kV, to falownik **4** jest połączony wprost do uzwojenia wtórnego jak na rysunkach fig. 1, fig. 2 i fig. 3. W transformatorach **1** w których napięcie znamionowe uzwojenia wtórnego jest większe od 1 kV, jest stosowany transformator dodatkowy **3**. Uzwojenie pierwotne transformatora dodatkowego **3** jest połączone z uzwojeniem wtórnym transformatora podstawowego **1**, a uzwojenie wtórne transformatora dodatkowego **3** jest niskociowe i jest połączone z wejściem zasilającym falownika **4**, jak na rysunku fig. 4. Wyjście falownika **4** jest połączone z uzwojeniem pierwotnym transformatora regulacyjnego **2**. Uzwojenie wtórne transformatora regulacyjnego **2** jest włączone w szereg z uzwojeniem wtórnym transformatora podstawowego **1**, to znaczy:

- w transformatorze podstawowym **1** z uzwojeniem wtórnym połączonym w zygzak uzwojenie wtórne transformatora regulacyjnego **2** korzystnie jest połączone w zygzak, który jest połączony z uzwojeniem zygza transformatora podstawowego **1** od strony gwiazdy, przy czym punkt 2N połączenia uzwojeń w gwiazdę jest wykonany na uzwojeniu zygza transformatora regulacyjnego **2**, jak na rysunku fig. 2,
- w transformatorze z uzwojeniem wtórnym połączonym w gwiazdę uzwojenie wtórne transformatora regulacyjnego **2** korzystnie jest połączone z uzwojeniem wtórnym transformatora podstawowego **1** od strony gwiazdy, przy czym punkt 2N połączenia uzwojeń w gwiazdę jest wykonany na uzwojeniu wtórnym transformatora regulacyjnego **2**, jak na rysunku fig. 1 i fig. 4,
- w transformatorze podstawowym **1** z uzwojeniem wtórnym połączonym w trójkąt, uzwojenie wtórne transformatora regulacyjnego **2** jest włączone w obwód trójkąta uzwojenia wtórnego transformatora podstawowego **1**, jak na rysunku fig. 3.

Połączenie uzwojenia wtórnego transformatora regulacyjnego **2** od strony punktu 2N, jak na rysunkach fig. 1, fig. 2 i fig. 4 umożliwia wykonanie izolacji, uzwojenia wtórnego transformatora **2** na odpowiednio niższe napięcie. Ponadto korzystnie jest aby jedno z uzwojeń transformatora regulacyjnego **2** i transformatora dodatkowego **3** było połączone w trójkąt.

Zakres regulacji napięcia np. $\pm 5\%$ determinuje, moc znamionową transformatorów regulacyjnego **2** i dodatkowego **3** oraz moc falownika **4**, które powinny wynosić także 5% mocy znamionowej transformatora podstawowego **1**. Układ według wynalazku umożliwia ciągłą regulację napięcia transformatora pod obciążeniem i nie ma żadnych styków ruchomych.

Układ regulacji napięcia, według wynalazku, można aplikować do każdego transformatora, nie ma żadnych ograniczeń co do mocy i napięć transformatorów. Transformator regulacyjny **2** i transformator dodatkowy **3** są umieszczone we wspólnej kadzi olejowej z transformatorem podstawowym **1**. Falownik **4** jest umieszczony w oddzielnej szafce umieszczonej przy kadzi transformatora podstawowego **1**. Korzystne jest połączenie w trójkąt jednego z uzwojeń transformatorów: **1**, **2** i **3**, gdyż umożliwia kompensację harmonicznych o częstotliwości $3nf$ w napięciu, prądzie i strumieniu magnetycznym, gdzie n jest liczbą naturalną, a f częstotliwością napięcia sieci zasilającej.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ regulacji napięcia trójfazowego transformatora podstawowego pod obciążeniem składa się z transformatora regulacyjnego i falownika AC/DC/AC, **znamienny tym**, że uzwojenie wtórne transformatora regulacyjnego (2) jest włączone w szereg z uzwojeniem wtórnym transformatora podstawowego (1), przy czym uzwojenie pierwotne transformatora regulacyjnego (2) jest zasilane z falownika AC/DC/AC (4), który jest przyłączony do uzwojenia wtórnego

- transformatora podstawowego (1), bądź też falownik (4) jest przyłączony do uzwojenia wtórnego transformatora dodatkowego (3), którego uzwojenie pierwotne jest dołączone do uzwojenia wtórnego transformatora podstawowego (1).
2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w transformatorze podstawowym (1) z uzwojeniem wtórnym połączonym w zygzak, korzystnie jest połączenie uzwojenia wtórnego transformatora regulacyjnego (2) w zygzak, przy czym uzwojenie to (2) jest połączone z uzwojeniem wtórnym transformatora podstawowego (1) od strony gwiazdy, a punkt połączenia uzwojeń w gwiazdę jest wykonany na uzwojeniu zygzała transformatora regulacyjnego (2).
 3. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w transformatorze podstawowym (1) z uzwojeniem wtórnym połączonym w gwiazdę, uzwojenie wtórne transformatora regulacyjnego (2) korzystnie jest połączone z uzwojeniem wtórnym transformatora podstawowego (1) od strony gwiazdy, przy czym punkt połączenia uzwojeń w gwiazdę jest wykonany na uzwojeniu wtórnym transformatora regulacyjnego (2).
 4. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w transformatorze podstawowym (1) z uzwojeniem wtórnym połączonym w trójkąt, uzwojenie wtórne transformatora regulacyjnego (2) jest włączone w obwód trójkąta uzwojenia wtórnego transformatora podstawowego (1).

Rysunki

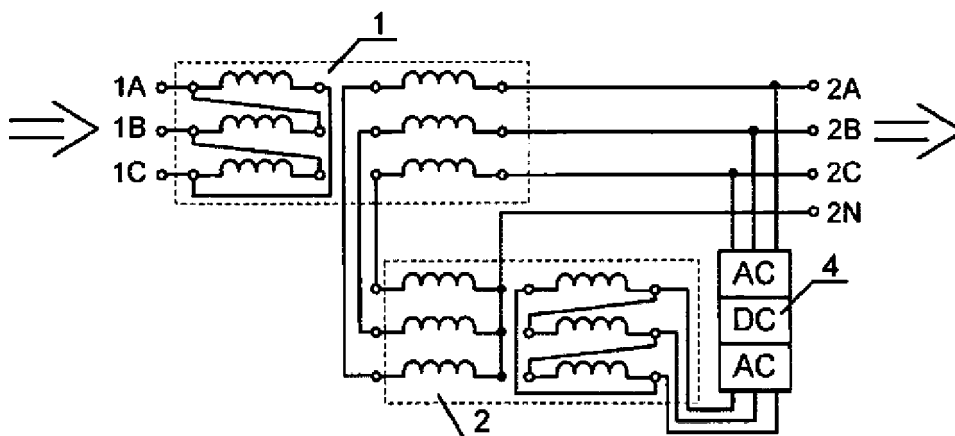


Fig. 1

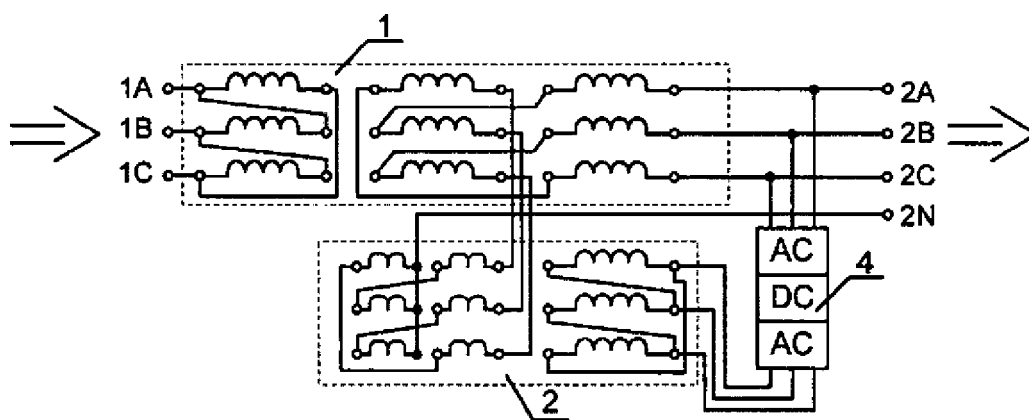


Fig. 2

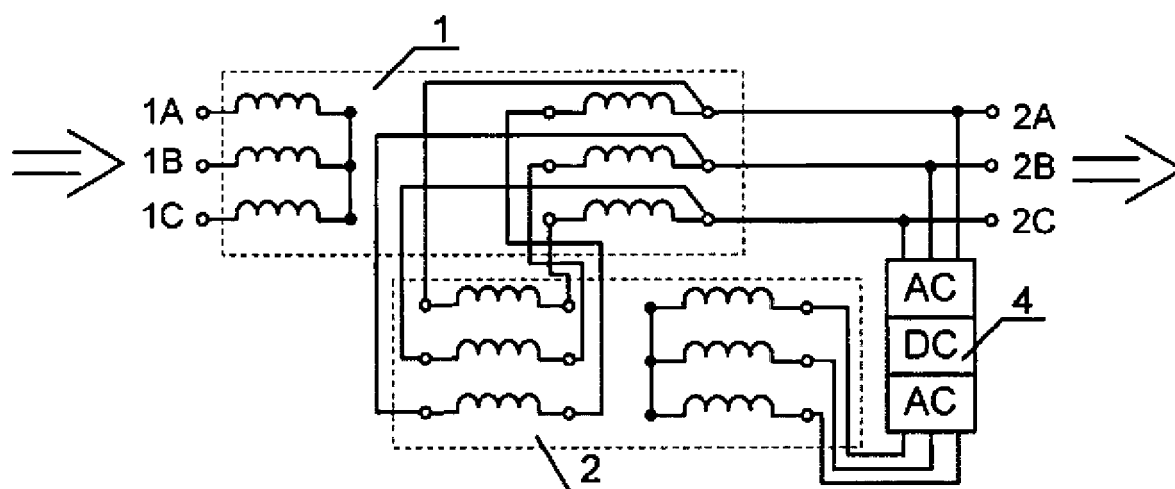


Fig. 3

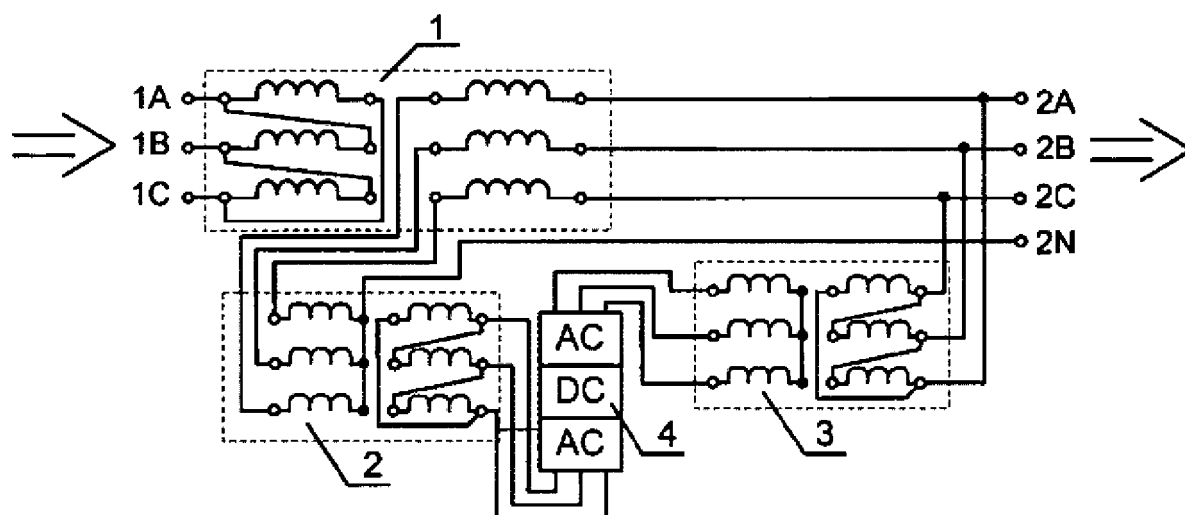


Fig. 4