

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **214938**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **386192**

(51) Int.Cl.  
**H03F 3/387 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **30.09.2008**

---

(54) **Układ elektryczny zwiększający odporność izolatorów galwanicznych  
na wysokonapięciowe zakłócenia wspólne**

---

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**12.04.2010 BUP 08/10**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**30.09.2013 WUP 09/13**

(73) Uprawniony z patentu:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA, Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**MICHAŁ SZYPER, Kraków, PL  
TADEUSZ ŻEGLEŃ, Kraków, PL  
ARTUR BOROŃ, Czernichów, PL  
PAWEŁ GRYBOŚ, Rząska, PL  
ROBERT SZCZYGIEŁ, Kraków, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Alina Magońska**

---

**PL 214938 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ elektryczny zwiększający odporność izolatorów galwanicznych na wysokonapięciowe zakłócenia wspólne pełniący funkcję wysokonapięciowego separatora napięć stałych i zmiennych małej częstotliwości przeznaczony do stosowania w galwanicznych izolatorach umożliwiających transfer sygnałów analogowych.

Zadaniem izolatorów galwanicznych jest jednoczesna realizacja dwóch wzajemnie przeciwnych funkcji. Z jednej strony umożliwienie wiernego transferu sygnału analogowego, w tym również sygnału stałego, a z drugiej strony, takie rozdzielenie obwodu wejściowego od obwodu wyjściowego aby niemożliwy był przepływ prądu stałego jak również zmiennego, lub takie ograniczenie wartości prądu zmiennego przepływającego pomiędzy obwodem wejściowym i wyjściowym, który może być zaakceptowany z uwagi na wymagany poziom bezpieczeństwa lub dokładność systemu pomiarowego, w Urządzenia tego typu najczęściej stosowane są w przemysłowych systemach pomiarowych oraz w elektronicznej aparaturze medycznej zwłaszcza w tych urządzeniach, w których elektrody pomiarowe mają kontakt z pacjentem. Innym obszarem zastosowań są precyzyjne urządzenia pomiarowe, których obwody wejściowe i wyjściowe muszą pracować przy dużych różnicach potencjałów lub przy obecności wysokich napięć zmiennych występujących pomiędzy tymi obwodami.

Izolatory galwaniczne zazwyczaj wykonuje się w postaci modułów z izolacją transformatorową, pojemnościową lub optoelektroniczną.

Znany jest z amerykańskiego opisu patentowego nr 4,608,541 wzmacniacz izolacyjny posiadający, w którym obwód wejściowy i wyjściowy sprzężone są ze sobą za pośrednictwem transformatora izolacyjnego. Wzmacniacz izolacyjny ma impulsowy modulator, w którym sygnał wejściowy moduluje prostokątny sygnał nośny, który następnie przekazywany jest przez transformator izolacyjny do obwodu demodulatora.

Znany jest z amerykańskiego opisu patentowego nr 5,287,107 optyczny wzmacniacz izolacyjny z modulacją sigma-delta, w którym jedna ze struktur krzemowych zawiera przetwornik analogowo-cyfrowy sigma-delta. Przetwornik sigma delta moduluje prąd nadawczej diody elektroluminescencyjnej. Zmodulowany strumień światła przesyłany jest do umieszczonego na osobnej strukturze fotodetektora, który przetwarza impulsowy sygnał świetlny na sygnał elektryczny. Następnie sygnał impulsowy jest dekodowany i przetwarzany za pomocą przetwornika cyfrowo-analogowego na sygnał analogowy.

Z amerykańskiego opisu patentowego nr 4,843,339 znany jest wzmacniacz izolacyjny, w którym wejściowy sygnał analogowy przetwarzany jest na za pośrednictwem modulatora na przebieg impulsowy prostokątny o zmiennym współczynniku wypełnienia. Przebieg po przejściu przez pojemnościową barierę izolacyjną odtwarzany jest w obwodzie demodulatora. W każdym z wymienionych wzmacniaczy izolacyjnych konieczne jest zastosowanie konwertera DC-DC do zasilania obwodu wejściowego, którego parametry izolacyjne, takie jak: rezystancja izolacji, napięcie przebicia, pojemność pomiędzy obwodem wejściowym i obwodem wyjściowym winny być porównywalne do analogicznych parametrów wzmacniacza izolacyjnego. Układy separacji galwanicznej, które zastosowano w rozwiązaniach przedstawionych w polskich opisach patentowych nr 161592 i 158919 nie wymagają zasilania obwodu modulatora.

Znany jest z amerykańskiego opisu patentowego US 5,361,037 wzmacniacz izolacyjny ze sprzężeniem pojemnościowym, w którym bariera izolacyjna jest zrealizowana za pomocą sprzęgających przełączanych kondensatorów. Wejściowy sygnał różnicowy jest przetwarzany na proporcjonalny ładunek na kondensatorach sprzęgających za pośrednictwem bramek kontrolujących procesy ładowania i rozładowania odpowiednich kondensatorów. Następnie ładunek jest wykrywany za pośrednictwem wzmacniacza różnicowego o dużej rezystancji wejściowej.

Znany jest z polskiego opisu patentowego PL161592 galwaniczny separator sygnałów analogowych. Separator ten realizuje funkcje modulacji, transferu przez barierę izolacyjną i demodulacji amplitudy sygnału. Separator galwaniczny według wspomnianego wynalazku ma modulator połączony z blokiem separacji galwanicznej, który utworzony jest z kondensatorów wysokonapięciowych, który kolei połączony jest z demodulatorem, ten z kolei połączony jest poprzez wzmacniacz i filtr dolnoprzepustowy z układem wyjściowym.

Inne rozwiązanie ujawnione w polskim opisie patentowym nr 158919 ma blok separacji utworzony z kondensatorów wysokonapięciowych, przy czym elektrody wysokonapięciowe bloku separacji galwanicznej połączone są bezpośrednio z modulatorem, natomiast elektrody niskonapięciowe połączone są poprzez układ symetryzujący z wejściami wzmacniacza instrumentalnego, którego wyjście połączone

jest z jednym wejściem demodulatora, którego drugie wejście połączone jest bezpośrednio z wyjściem generatora przebiegu prostokątnego połączonym z elektrodami niskonapięciowymi kondensatorów drugiego bloku separacji galwanicznej.

Rozwiązania przedstawione w wymienionych opisach patentowych, aczkolwiek pracują poprawnie przy dużej różnicy napięć stałych pomiędzy blokiem wejściowym a blokiem wyjściowym, nie posiadają dostatecznej odporności na duże wartości napięć zmiennych rzędu 10 KV pomiędzy blokiem wejściowym i blokiem wyjściowym. Wymagania te są stawiane niektórym urządzeniom pomiarowym pracującym przy obecności wysokich napięć zmiennych. Wysoki stopień izolacji, w przypadku bariery pojemnościowej, wymusza wysoki stopień podziału dzielników pojemnościowych, co w konsekwencji uniemożliwia utrzymanie korzystnego stosunku sygnału do szumów oraz zakłóceń generowanych w obwodzie modulatora. Zatem, celowe jest zminimalizowanie poziomu zakłóceń generowanych przez obwód modulatora, ponieważ dzięki temu możliwe jest zachowanie wysokiego stopnia podziału i tym samym wysokiego stopnia izolacji. Rozwiązanie według wynalazku umożliwi rozwiązywanie tego problemu.

Istotą wynalazku jest układ elektryczny zwiększający odporność izolatorów galwanicznych na wysokonapięciowe zakłócenia wspólne, który ma modulator i demodulator sterowane przez programowalny cyfrowy blok sterowania, przy czym modulator ma obwód polaryzacji podłoża łączników półprzewodnikowych złożony z rezystorów pierwszego i drugiego oraz diody pierwszej i diody drugiej. Ponadto, do wspólnego węzła łączącego oba rezystory dołączone są anody obu diod oraz podłoża wszystkich łączników półprzewodnikowych.

Przedmiot wynalazku uwidocznił na rysunku, na którym oznaczono modulator 1, blok separacji galwanicznej 2, wzmacniacz instrumentalny 3, amplifiltr pasmowy 4, demodulator 5, dolnopasmowy filtr wyjściowy 6, programowalny cyfrowy blok sterowania 7. Modulatora 1, został zrealizowany na bazie czterech łączników półprzewodnikowych K1, K2, K3, K4 połączonych w układzie mostkowym. Modulator wyposażono w obwód polaryzacji podłoża łączników półprzewodnikowych K1, K2, K3, K4, który złożony z rezystorów R1, R2 oraz diod D1, D2. Zadaniem obwodu polaryzacji jest automatyczne ustawienie możliwie najniższego potencjału polaryzującego podłoża łączników półprzewodnikowych niezależnie od polaryzacji napięcia na wejściu modulatora 1. Diody D1, D2 pełnią też funkcję ograniczników napięcia dla obwodu modulatora 1. Blok separacji galwanicznej 2 stanowi podwójny symetryczny dzielnik pojemnościowy, zrealizowany w oparciu o kondensatory C1A-C2A i C1B-C2B. Szeregowe połączenie pojemności C2A i C2B zapewnia symetrię sygnału względem masy na wejściu wzmacniacza instrumentalnego 3.

Elektryczne rozdzielenie obwodu wejściowego i wyjściowego w pojemnościowych izolatorach galwanicznych zapewniają kondensatory separujące, które są w stanie wytrzymać napięcia rzędu kilowoltów. Izolator galwaniczny winien również zapewnić odporność na duże wartości napięcia zmiennego. Ponieważ z wyjątkiem radiowych stacji nadawczych, napięcia zmienne o wysokiej wartości występują w otoczeniu energetycznych linii przesyłowych i urządzeniach im towarzyszących, a ich częstotliwość jest dokładnie ustalona przyjęto, że izolator galwaniczny winien być odporny na wysokie napięcia zmienne o wartości 10 KV i częstotliwości 50 Hz. Oznacza to, że napięcie zmienne o wartości amplitudy 10 KV i częstotliwości 50 Hz nie powinno zniekształcać transferowanego przez barierę pojemnościową sygnału analogowego o wartości 2 V z precyzją, co najmniej 2 mV. Zatem, obecność wspólnego napięcia zmiennego o amplitudzie 10 KV i częstotliwości 50 Hz winna spowodować zniekształcenia napięcia wyjściowego o wartość mniejszą od 2 mV. Tak silne tłumienie sygnału wspólnego realizuje się w kilku etapach poprzez tłumienie sygnału wspólnego za pośrednictwem pojemnościowego dzielnika o dużym współczynniku podziału, tłumienie sygnału wspólnego za pośrednictwem wzmacniacza instrumentalnego, filtrację pasmową oraz detekcję synchroniczną w układzie demodulatora. Tłumienie sygnału wspólnego przez obwody aktywne (wzmacniacz instrumentalny i demodulator) może być skutecznie zrealizowane pod warunkiem, że nie zostały przekroczone dopuszczalne wartości napięcia wejściowego dla danego obwodu w zastosowanej aplikacji. Praktycznie są to wartości wyraźnie mniejsze od wartości zastosowanych napięć zasilania dla danego obwodu. Zatem wartość amplitudy sygnału wspólnego wprowadzona do któregośkolwiek aktywnego obwodu tłumiącego sygnał wspólny nie może być większa od pojedynczych woltów. Zanim zmodulowany sygnał wejściowy wraz z zakłócającym sygnałem wspólnym zostaną wprowadzone do aktywnego obwodu tłumiącego wartość amplitudy sygnału wspólnego musi być zredukowana do poziomu pojedynczych woltów. Zastosowanie podwójnego symetrycznego pojemnościowego dzielnika napięcia o wysokim współczynniku podziału (1:1000) zapewnia, że nawet przy obecności zakłócających napięć o amplitudzie 10 KV nie

zostaną przekroczone dopuszczalne graniczne wartości napięć wejściowych. Każdy z dzielników zrealizowany jest w oparciu o kondensator separujący bariery izolacyjnej oraz jeden z kondensatorów symetryzujących. Dzielnik pojemnościowy, jako bierny obwód tłumiący tłumi także zmodulowany wejściowy sygnał analogowy; wzmocnienie zmodulowanego sygnału analogowego realizuje w kolejnych stopniach: wzmacniacza instrumentalnego i amplifiltra pasmowego.

Proces transferu sygnału analogowego przez barierę pojemnościową polega na tym, że w pierwszej kolejności wejściowy sygnał stały zamienia się na sygnał zmienny o ustalonej częstotliwości, którego amplituda jest proporcjonalna do wartości napięcia wejściowego sygnału stałego. Następnie sygnał zmienny wprowadzany jest przez symetryczny dzielnik pojemnościowy do wejść wzmacniacza instrumentalnego 3. Symetryczny dzielnik pojemnościowy realizuje dwie funkcje; zapewnia separację galwaniczną pomiędzy obwodem wejściowym i obwodem wyjściowym oraz dokonuje tłumienia zakłócających napięć pomiędzy modulatorem 1, a obwodem wyjściowym. Silne tłumienie napięć zakłócających jest konieczne, ponieważ wartości tych napięć względem masy, doprowadzone do wejść wzmacniacza instrumentalnego 3, muszą być mniejsze od wartości napięć zasilania. Jednocześnie wzmacniacz instrumentalny 3 dokonuje separacji sygnału od napięć zakłócających. Ponieważ napięcie zakłócające wprowadzone jest jednocześnie na oba wejścia wzmacniacza instrumentalnego 3 amplituda zakłóceń na wyjściu zostaje silnie zredukowana. Z drugiej strony, sygnał różnicowy wejściowy ulega wzmocnieniu. W dalszej kolejności sygnał wzmacnia się za pośrednictwem amplifiltra pasmowego 4, po czym konwertuje się sygnał zmiennoprądowy na sygnał stałoprądowy w układzie demodulatora 5. Demodulator 5 zrealizowany jest w oparciu o obwód prostownika sterowanego synchronicznie z modulatorem 1. Wysoka częstotliwość modulacji sprawia, że przesunięcia fazowe sygnału mają szczególnie silny wpływ na wartość odtworzonego sygnału w układzie demodulatora 5. Ponieważ faza sygnału zmiennego na wejściu demodulatora 5, po przejściu przez obwody wzmacniacza instrumentalnego 3 i amplifiltra pasmowego 4, jest przesunięta w stosunku do fazy sygnału na wyjściu modulatora 1 konieczne jest wprowadzenie korekty faz dla impulsów sterujących demodulatorem 5 w celu odtworzenia sygnału jak najbardziej zbliżonego do sygnału wejściowego. Dobór właściwej fazy dla sygnałów sterujących demodulatorem 5 musi być dokonany z dużą precyzją, a raz ustawiona optymalna wartość przesunięcia fazowego utrzymana z dużą stabilnością. Optymalne wzajemne ustawienie faz impulsów sterujących zapewnia programowalny cyfrowy blok sterowania 7. Umożliwia on indywidualne dostrojenie kompletnego układu izolatora po zmontowaniu. Dzięki temu unika się konieczności stosowania trymerów dostrojczych, których stabilność i niezawodność, z natury działania, są niewystarczające. Cyfrowy blok sterowania 7 umożliwia też programowe zbalansowanie obwodu demodulatora 5. Obecność pojemności bramka źródło i bramka dren (~2pF) sprawia, że podczas procesu załączania lub wyłączania tranzystora do drenu i źródła wstrzykiwany jest ładunek elektryczny synchronicznie z procesami komutacji. Mostkowe konfiguracje demodulatora 5 umożliwiają tylko częściową kompensację, z uwagi na nieuchronny rozrzut parametrów poszczególnych tranzystorów realizujących funkcje łączników. Ponieważ ładunek wstrzykiwany jest synchronicznie z procesami komutacji w procesie demodulacji objawia się jako dodatkowe napięcie stałe. Konieczna jest, więc korekta sygnału wyjściowego demodulatora 5. Korekta może być dokonana za pomocą trymerów dostrojczych, jednakże korekta poprzez dobór parametrów impulsów sterujących demodulatorem 5 zapewnia większą stabilność.

## Zastrzeżenie patentowe

Układ elektryczny zwiększający odporność izolatorów galwanicznych na wysokonapięciowe zakłócenia wspólne zawierający w torze przesyłu sygnałów modulator, wysokonapięciową barierę pojemnościową złożoną z pojemności separujących dołączonych do pojemności symetryzujących, których to kombinacje pojemności stanowią pojemnościowe dzielniki napięcia o wysokim współczynniku podziału, ponadto zawierający wzmacniacz instrumentalny, filtr pasmowy i demodulator, **znamienny tym**, że ma modulator (1) i demodulator (5) sterowane przez programowalny cyfrowy blok sterowania (7), przy czym modulator (1) ma obwód polaryzacji podłoża łączników półprzewodnikowych (K1), (K2), (K3), (K4) złożony z rezystorów (R1), (R2) oraz diod (D1), (D2), ponadto do wspólnego węzła łączącego rezystory (R1), (R2) dołączone są anody diod (D1), (D2) oraz podłoża łączników półprzewodnikowych (K1), (K2), (K3), (K4).

Rysunek



