

Układ cyfrowy stabilizacji natężenia prądu termoemisji elektronowej  
z automatyczną regulacją napięcia anody

Przedmiotem wynalazku jest układ cyfrowy stabilizacji  
5 natężenia prądu termoemisji elektronowej z automatyczną regulacją  
napięcia anody.

W urządzeniach technicznych wykorzystujących termoemisyjne  
źródła elektronów, między innymi w spektrometrach mas z gazowym  
źródłem jonów, próżniomierzach jonizacyjnych, wymagana jest  
10 stabilizacja prądu termoemisji elektronowej z automatyczną regulacją  
napięcia anody. W powyższych przyrządach stosuje się relatywnie  
niskie wartości napięcia zasilania anody, rzędu 100 V i dlatego pomiar  
natężenia prądu termoemisji elektronowej jako sygnału ujemnego  
sprężenia zwrotnego, jest realizowany w obwodzie zasilania anody.

15 Z polskich opisów patentowych nr PL174650 B, nr PL201623 B,  
nr PL210947 B, nr PL219991 B, nr PL221702 B, nr PL223594 B,  
nr PL228237 B oraz z artykułów J. Sikora, Dual application of a biasing  
system to an electron source with a hot cathode, Meas. Sci. Technol.  
15, 2004, N10 – N14, J. Sikora, S. Hałas, A novel circuit  
20 for independent control of electron energy and emission current of a hot  
cathode electron source, Rapid. Commun. Mass Spectrom. 25, 2011,  
689–692, znane są układy zaprojektowane w technologii analogowej,  
które umożliwiają jedynie stabilizację prądu termoemisji elektronowej  
lub stabilizację prądu termoemisji elektronowej i sterowanie napięciem

przyspieszającym elektrony w układzie otwartym, bez ujemnego sprzężenia zwrotnego.

Dotychczas znane są cyfrowe kontrolery termoemisyjnych źródeł elektronów z artykułów E. Flaxer, Programmable Smart Electron  
5 Emission Controller for Hot Filament, Review of Scientific  
Instruments, 82, 2011, 025111, B. Kania, J. Sikora, Thermionic  
emission controller with PID algorithm, Proceedings of the 23<sup>rd</sup>  
International Conference Mixed design of Integrated Circuits  
and Systems, June 23-25, 2016, Lodz, 480-483, J. Sikora, B. Kania,  
10 J. Mroczka, Thermionic Electron Beam Current and Accelerating  
Voltage Controller for Gas Ion Sources. Sensors 2021, 21 (8) 2878.  
Wymienione powyżej układy umożliwiają jedynie stabilizację prądu  
termoemisji elektronowej lub stabilizację prądu termoemisji  
elektronowej i sterowanie napięciem przyspieszającym elektrony  
15 w układzie otwartym, bez ujemnego sprzężenia zwrotnego.

Z polskiego opisu patentowego nr PL225768 B znany jest układ  
stabilizatora prądu termoemisji elektronowej z automatyczną regulacją  
napięcia anody posiadający wzmacniacz operacyjny pierwszy, którego  
wyjście jest połączone z pierwszym zaciskiem katody, a wejście  
20 nieodwracające jest połączone z pierwszym zaciskiem źródła napięcia  
referencyjnego pierwszego. Wejście odwracające jest połączone  
z kolektorem tranzystora pierwszego i pierwszym zaciskiem rezystora  
trzeciego. Drugi zacisk katody i drugi zacisk rezystora trzeciego  
są połączone z masą układu. Wejście nieodwracające wzmacniacza  
25 operacyjnego drugiego jest połączone z anodą i pierwszym zaciskiem

rezystora pierwszego, a wejście odwracające jest połączone z emiterem tranzystora pierwszego i pierwszym zaciskiem rezystora drugiego oraz wyjście jest połączone z bazą tranzystora pierwszego. Wejście nieodwracające wzmacniacza operacyjnego trzeciego jest połączone z pierwszym zaciskiem źródła napięcia referencyjnego drugiego, natomiast wyjście jest połączone z drugim zaciskiem rezystora pierwszego i drugim zaciskiem rezystora drugiego. Wyjście wzmacniacza pomiarowego pierwszego jest połączone z wejściem odwracającym wzmacniacza operacyjnego trzeciego. Wejście odwracające wzmacniacza pomiarowego pierwszego jest połączone z kolektorem tranzystora pierwszego, zaś wejście nieodwracające wzmacniacza pomiarowego pierwszego jest połączone z pierwszym zaciskiem rezystora czwartego i pierwszym zaciskiem rezystora piątego. Drugi zacisk rezystora piątego jest połączony z masą układu. Drugi zacisk rezystora czwartego jest połączony z wyjściem wzmacniacza operacyjnego trzeciego. W układzie stabilizatora prądu termoemisji elektronowej z automatyczną regulacją napięcia anody przetwarzanie sygnałów jest zrealizowane w technice analogowej, z wykorzystaniem wzmacniaczy operacyjnych, stąd jakość stabilizacji, możliwość monitorowania i zarządzania układem z poziomu komputera klasy PC są znacząco ograniczone.

Znany jest z polskiego opisu patentowego nr PL235559 B cyfrowy układ stabilizacji natężenia prądu termoemisji elektronowej oraz napięcia przyspieszającego elektrony, zwłaszcza dla wysokich energii elektronów charakteryzujący się tym, że wyjście wzmacniacza

mocy połączone jest poprzez pierwszy zacisk drugiego rezystora pomiarowego z pierwszym analogowym wejściem pozytywnym mikrokontrolera. Drugi zacisk drugiego rezystora pomiarowego połączony jest z pierwszym zaciskiem katody i pierwszym analogowym wejściem negatywnym mikrokontrolera. Drugi zacisk katody połączony jest za pomocą pierwszego zacisku pierwszego rezystora pomiarowego z drugim analogowym wejściem pozytywnym mikrokontrolera. Drugi zacisk pierwszego rezystora pomiarowego połączony jest z drugim analogowym wejściem negatywnym mikrokontrolera i masą układu. Pierwsze wyjście sterujące mikrokontrolera połączone jest z wejściem wzmacniacza wysokonapięciowego, którego wyjście połączone jest z anodą. Drugie wyjście sterujące mikrokontrolera połączone jest z wejściem wzmacniacza mocy. Ponadto mikrokontroler połączony jest poprzez łącze szeregowo z komputerem. Ze względu na realizację pomiaru natężenia prądu termoemisji elektronowej w obwodzie zasilania katody, układ jest przeznaczony zwłaszcza dla wysokonapięciowych źródeł elektronów i nie zapewnia automatycznej regulacji napięcia anody.

Celem wynalazku jest poprawa jakości stabilizacji oraz znaczące ułatwienie monitorowania i zarządzania układem z poziomu komputera klasy PC.

Istotą układu cyfrowego stabilizacji natężenia prądu termoemisji elektronowej z automatyczną regulacją napięcia anody posiadającego wzmacniacz mocy, którego wyjście jest połączone z pierwszym

zaciskiem katody, zaś drugi zacisk katody połączony jest z masą układu, wzmacniacz wysokonapięciowy, którego wyjście jest połączone z pierwszym zaciskiem rezystora pierwszego, pierwszym zaciskiem rezystora drugiego i pierwszym zaciskiem rezystora 5 trzeciego, przy czym drugi zacisk rezystora pierwszego jest połączony z anodą i wejściem nieodwracającym wzmacniacza operacyjnego, a drugi zacisk rezystora drugiego jest połączony z wejściem odwracającym wzmacniacza operacyjnego i emiterem tranzystora, zaś drugi zacisk rezystora trzeciego jest połączony z pierwszym 10 zaciskiem rezystora czwartego, natomiast wyjście wzmacniacza operacyjnego jest połączone z bazą tranzystora, zaś kolektor tranzystora jest połączony z pierwszym zaciskiem rezystora piątego, przy czym drugi zacisk rezystora piątego i drugi zacisk rezystora czwartego są połączone z masą układu oraz mikrokontroler jest 15 połączony poprzez interfejs szeregowy z komputerem, według wynalazku, **jest to, że** kolektor tranzystora jest połączony z pierwszym analogowym wejściem pozytywnym mikrokontrolera. Drugi zacisk rezystora piątego jest połączony z pierwszym analogowym wejściem negatywnym mikrokontrolera. Pierwszy zacisk rezystora czwartego 20 jest połączony z drugim wejściem analogowym pozytywnym mikrokontrolera. Drugi zacisk rezystora czwartego jest połączony z drugim wejściem analogowym negatywnym mikrokontrolera. Natomiast pierwsze wyjście sterujące mikrokontrolera jest połączone z wejściem wzmacniacza mocy, a drugie wyjście sterujące

mikrokontrolera jest połączone z wejściem wzmacniacza wysokonapięciowego.

Korzystnymi skutkami wynikającymi z zastosowania układu cyfrowego stabilizacji prądu termoemisji elektronowej z automatyczną regulacją napięcia anody są poprawa jakości stabilizacji, znaczące ułatwienie monitorowania i zarządzania układem z poziomu komputera klasy PC i w konsekwencji, stabilna praca urządzeń, w których układ wraz z termoemisyjnym źródłem elektronów są stosowane. Układ cyfrowy stabilizacji prądu termoemisji elektronowej z automatyczną regulacją napięcia anody charakteryzuje się prostą konstrukcją i szerokim zakresem regulacji natężenia prądu termoemisji elektronowej.

Wynalazek został przedstawiony w przykładzie wykonania na schematycznym rysunku.

Układ cyfrowy stabilizacji prądu termoemisji elektronowej z automatyczną regulacją napięcia anody posiada wzmacniacz operacyjny WO, wzmacniacz mocy  $W_1$ , wzmacniacz wysokonapięciowy  $W_2$ , tranzystor T, rezystory  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5$ , źródło elektronów, w którym znajdują się katoda K i anoda A, komputer PC, łącze szeregowo IS i mikrokontroler MK. Wyjście wzmacniacza mocy  $W_1$  jest połączone z pierwszym zaciskiem katody K. Drugi zacisk katody K połączony jest z masą układu. Wyjście wzmacniacza wysokonapięciowego  $W_2$  jest połączone z pierwszym zaciskiem rezystora pierwszego  $R_1$ , pierwszym zaciskiem rezystora drugiego  $R_2$  i pierwszym zaciskiem rezystora trzeciego  $R_3$ . Drugi zacisk rezystora

pierwszego  $R_1$  jest połączony z anodą A i wejściem nieodwracającym wzmacniacza operacyjnego WO. Drugi zacisk rezystora drugiego  $R_2$  jest połączony z wejściem odwracającym wzmacniacza operacyjnego WO i emiterem tranzystora T. Drugi zacisk rezystora trzeciego  $R_3$  jest połączony z pierwszym zaciskiem rezystora czwartego  $R_4$ , natomiast wyjście wzmacniacza operacyjnego WO jest połączone z bazą tranzystora T. Kolektor tranzystora T jest połączony z pierwszym zaciskiem rezystora piątego  $R_5$ . Drugi zacisk rezystora piątego  $R_5$  i drugi zacisk rezystora czwartego  $R_4$  są połączone z masą układu.

10 Mikrokontroler MK jest połączony poprzez interfejs szeregowy IS z komputerem PC. Kolektor tranzystora T jest połączony z pierwszym analogowym wejściem pozytywnym 1a mikrokontrolera MK. Drugi zacisk rezystora piątego  $R_5$  jest połączony z pierwszym analogowym wejściem negatywnym 1b mikrokontrolera MK. Pierwszy zacisk rezystora czwartego  $R_4$  jest połączony z drugim wejściem analogowym

15 pozytywnym 2a mikrokontrolera MK. Drugi zacisk rezystora czwartego  $R_4$  jest połączony z drugim wejściem analogowym negatywnym 2b mikrokontrolera MK. Natomiast pierwsze wyjście sterujące 3 mikrokontrolera MK jest połączone z wejściem wzmacniacza mocy  $W_1$ , a drugie wyjście sterujące 4 mikrokontrolera

20 MK jest połączone z wejściem wzmacniacza wysokonapięciowego  $W_2$ .

Pomiar natężenia prądu termoemisji elektronowej jest realizowany w wysokonapięciowym obwodzie zasilania anody A i wynik pomiaru jest przekazywany do niskonapięciowego obwodu katody K za pomocą zwierciadła prądowego. Napięcie na rezystorze

25

piątym  $R_5$ , wprost proporcjonalne do natężenia prądu termoemisji elektronowej, będące cyfrowym sygnałem ujemnego sprzężenia zwrotnego, jest przetwarzane przez mikrokontroler MK i podawane na wejście wzmacniacza mocy  $W_1$ , który steruje grzaniem katody K tak, aby zapewnić stałą wartość natężenia prądu termoemisji elektronowej. Napięcie na rezystorze czwartym  $R_4$  jest wprost proporcjonalne do napięcia wyjściowego wzmacniacza wysokonapięciowego  $W_2$  zasilającego obwód anody A. Mikrokontroler MK wyznacza i przetwarza różnicę wartości napięcia na rezystorze czwartym  $R_4$  i rezystorze piątym  $R_5$  i steruje wejściem wzmacniacza wysokonapięciowego  $W_2$ , zapewniając stałą wartość napięcia anody A.

POLITECHNIKA LUBELSKA  
Zespół rzeczników patentowych  
ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin  
tel. 81 538 46 29

RZECZNIK PATENTOWY  
*Pater*  
mgr Paulina Pater  
Nr ew. 3571

## Wykaz oznaczeń

WO – wzmacniacz operacyjny

W<sub>1</sub> – wzmacniacz mocy

W<sub>2</sub> – wzmacniacz wysokonapięciowy

T – tranzystor

MK – mikrokontroler

PC – komputer

IS – łącze szeregowe

K – katoda

A – anoda

R<sub>1</sub> – rezystor pierwszy

R<sub>2</sub> – rezystor drugi

R<sub>3</sub> – rezystor trzeci

R<sub>4</sub> – rezystor czwarty

R<sub>5</sub> – rezystor piąty

1a – pierwsze analogowe wejście pozytywne

1b – pierwsze analogowe wejście negatywne

2a – drugie analogowe wejście pozytywne

2b – drugie analogowe wejście negatywne

3 – pierwsze wyjście sterujące

4 – drugie wyjście sterujące