

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **222545**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **398116**

(51) Int.Cl.  
**G05F 1/67 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **15.02.2012**

---

(54) **Sposób symulacji i układ do symulacji charakterystyki prądowo-napięciowej  
ogniwa fotowoltaicznego**

---

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**19.08.2013 BUP 17/13**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**31.08.2016 WUP 08/16**

(73) Uprawniony z patentu:

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

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ROBERT STALA, Kraków, PL**

(74) Pełnomocnik:

**recz. pat. Małgorzata Geissler**

---

**PL 222545 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób symulacji i elektroniczny układ do symulacji charakterystyk prądowo-napięciowych ogniw i paneli fotowoltaicznych.

W polskim opisie patentowym P. 193852 pt. Sposób symulacji pracy generatora fotowoltaicznego, opisano sposób i prosty układ, w którym z obcego źródła wymusza się przepływ prądu przez obciążenie i element o zewnętrznej charakterystyce prądowo-napięciowej odpowiadającej zewnętrznej charakterystyce prądowo-napięciowej ciemnej generatora, a wartość prądu jest równa wartości prądu zwarcia generatora, odpowiadającej założonemu natężeniu promieniowania.

Sposób symulacji charakterystyki prądowo-napięciowej ogniw fotowoltaicznych, według wynalazku, polega na podaniu, z zasilacza sterowanego do odbiornika, prądu ogniwa będącego funkcją napięcia ogniwa dla zadawanych wartości prądu zwarcia i napięcia ogniwa nieobciążonego. Istotą rozwiązania jest to, że wartość prądu steruje się za pomocą zespołu sterującego, w którym mnoży się wartość sygnału prądu zwarcia przez iloraz różnicy pomiędzy sygnałem napięcia ogniwa nieobciążonego a sygnałem napięcia ogniwa dzielonej przez różnicę pomiędzy sygnałem napięcia ogniwa nieobciążonego a sygnałem napięcia ogniwa mnożonym przez współczynnik wzmocnienia. Napięcie ogniwa mierzy się na wyjściu zasilacza sterowanego i sygnał napięcia ogniwa odpowiadający jego wartości podaje się do zespołu sterującego. Wartości sygnałów prądu zwarcia i napięcia ogniwa nieobciążonego zadaje się w zespole sterującym.

Istotą układu do symulacji charakterystyki prądowo-napięciowej ogniwa fotowoltaicznego, według wynalazku, jest to, że zespół sterujący jest połączony z zasilaczem sterowanym, na którego wyjściu, stanowiącym zasilanie odbiornika włączony jest czujnik napięcia, a ten czujnik napięcia połączony jest zwrotnie z wejściem pomiarowym, zespołu sterującego. Zespół sterujący ma zadajnik napięcia ogniwa nieobciążonego, połączony z pierwszym wejściem elementu mnożącego, ma również zadajnik prądu zwarcia połączony z pierwszym wejściem pierwszego sumatora i równocześnie z pierwszym wejściem drugiego sumatora. Wejście pomiarowe zespołu sterującego połączone jest z drugim wejściem pierwszego sumatora i równocześnie poprzez wzmacniacz z drugim wejściem drugiego sumatora. Wyjście pierwszego sumatora połączone jest z pierwszym wejściem elementu dzielącego, a wyjście drugiego sumatora połączone jest z drugim wejściem elementu dzielącego, zaś wyjście elementu dzielącego połączone jest z drugim wejściem elementu mnożącego. Wyjście elementu mnożącego jest wyjściem zespołu sterującego i połączone jest z wejściem zasilacza sterowanego.

W rozwiązaniu, według wynalazku, symulowany prąd ogniwa o zadanej charakterystyce podawany jest do odbiornika z zasilacza sterowanego symulującego ogniwo fotowoltaiczne. Zasilacz ten sterowany jest sygnałem prądowym wytwarzanym przez zespół sterujący na podstawie napięcia ogniwa, mierzonego czujnikiem na wyjściu zasilacza sterowanego, oraz zadawanych wartości prądu zwarcia ogniwa fotowoltaicznego i napięcia nieobciążonego ogniwa fotowoltaicznego. Zespół sterujący realizuje funkcję, opisaną powyżej w istocie rozwiązania, którą można również określić wzorem:

$$i_{PV} = I_{sc} \frac{(U_{oc} - u_{PV})}{(U_{oc} - H u_{PV})}$$

gdzie:

$i_{pv}$	prąd ogniwa
$u_{pv}$	napięcie ogniwa
$I_{sc}$	prąd zwarcia
$U_{oc}$	napięcie ogniwa nieobciążonego
$H$	współczynnik wzmocnienia

Obliczenia mogą być realizowane z zakresie wartości napięcia  $u_{pv}$  od zera do  $U_{oc}$  przy współczynniku  $H$  mniejszym od jedności.

Zaletą wynalazku jest prosty do realizacji układ, który charakteryzuje się niskim stopniem komplikacji, co daje możliwości szybkiej symulacji z wykorzystaniem niewielkiej ilości elementów elektronicznych oraz daje możliwość prowadzenia szybkich obliczeń. Układ może być realizowany w układzie analogowym lub cyfrowym, takim jak procesor sygnałowy lub FPGA.

Przedmiot wynalazku jest objaśniony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 jest schematem blokowym układu, a fig. 2 schematem zespołu sterującego.

W pokazanym przykładzie układ ma zespół sterujący ZS połączony z zasilaczem sterowanym ZL, na którego wyjściu, stanowiącym zasilanie odbiornika Odb włączony jest czujnik napięcia pu połączony zwrotnie z wejściem pomiarowym weS zespołu sterującego ZS. Zespół sterujący ZS ma zadajnik prądu zwarcia Zlsc połączony z pierwszym wejściem elementu mnożącego 4. Ma również zadajnik napięcia ogniwa nieobciążonego ZUos połączony z pierwszym wejściem pierwszego sumatora 1 i równocześnie z pierwszym wejściem drugiego sumatora 2. Wejście pomiarowe weS zespołu sterującego ZS połączone jest z drugim wejściem 2 i równocześnie poprzez wzmacniacz 5 z drugim wejściem drugiego sumatora 2, Wyjście pierwszego sumatora 1 połączone jest z pierwszym wejściem elementu dzielącego 3, a wyjście drugiego sumatora 2 połączone jest z drugim wejściem elementu dzielącego 3, zaś wyjście elementu dzielącego 3 połączone jest z drugim wejściem elementu mnożącego 4. Wyjście elementu mnożącego 4 jest wyjściem zespołu sterującego ZS i połączone jest z wejściem zasilacza sterowanego ZL. Sumatory realizują funkcję odejmowania.

Działanie tego układu polega na podaniu do odbiornika z zasilacza sterowanego, symulującego ogniwo fotowoltaiczne, prądu ogniwa ipv będącego funkcją napięcia ogniwa fotowoltaicznego dla zadawanych wartości prądu zwarcia i napięcia ogniwa nieobciążonego. Wartość prądu ipv ogniwa steruje się sygnałem prądowym Sipv wytwarzanym przez zespół sterujący. W zespole sterującym mnoży się wartość sygnału prądu zwarcia Sisc przez iloraz różnicy pomiędzy sygnałem napięcia ogniwa nieobciążonego Uoc a mierzonym sygnałem napięcia ogniwa Supv dzielonej przez różnicę pomiędzy sygnałem napięcia ogniwa nieobciążonego Uoc a sygnałem napięcia ogniwa Supv mnożonym przez współczynnik wzmocnienia. Napięcie ogniwa upv mierzy się na wyjściu zasilacza sterowanego ZL a odpowiadający jego wartości sygnał napięcia ogniwa Supv podaje się do zespołu sterującego ZS. Wartości sygnałów prądu zwarcia Isc i napięcia ogniwa nieobciążonego Uoc zadaje się w zespole sterującym ZS.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób symulacji charakterystyki prądowo–napięciowej ogniwa fotowoltaicznego, **znamienny tym**, że do odbiornika podaje się prąd ogniwa (ipv) z zasilacza sterowanego (ZL), który to zasilacz steruje się z zespołu sterującego (ZS) zaś do zespołu sterującego (ZS) przesyła się sygnał napięcia ogniwa (Supv), który mierzy się za pomocą czujnika napięcia (pu) na wyjściu zasilacza sterowanego (ZL) i równocześnie do zespołu sterującego (ZS) podaje się wartości prądu zwarcia Slsc) za pomocą zadajnika prądu zwarcia (Zlsc) oraz wartości napięcia ogniwa nieobciążonego (SUoc) za pomocą zadajnika napięcia ogniwa nieobciążonego (ZUoc) przy czym do uzyskania sygnału prądowego (Sipv) w zespole sterującym (ZS) mnoży się wartość sygnału prądu zwarcia (Slsc) przez iloraz różnicy pomiędzy sygnałem napięcia ogniwa nieobciążonego (SUoc) a sygnałem napięcia ogniwa (Supv) dzielonej przez różnicę pomiędzy sygnałem napięcia ogniwa nieobciążonego (SUoc) a sygnałem napięcia ogniwa (Supv) mnożonym przez współczynnik wzmocnienia.

2. Układ do symulacji charakterystyki prądowo–napięciowej ogniwa fotowoltaicznego, **znamienny tym**, że zespół sterujący (ZS), jest połączony z zasilaczem sterowanym (ZL), na którego wyjściu, stanowiącym zasilanie odbiornika (Odb) włączony jest czujnik napięcia (pu) a ten czujnik napięcia połączony jest zwrotnie z wejściem pomiarowym (weS), zespołu sterującego (ZS), przy czym zespół sterujący (ZS) ma zadajnik napięcia ogniwa nieobciążonego (ZUoc), połączony z pierwszym wejściem ciernemu mnożącego (4) oraz ma zadajnik prądu zwarcia (Zlsc) połączona z pierwszym wejściem pierwszego sumatora (1) i równocześnie z pierwszym wejściem drugiego sumatora (2), ponadto wejście pomiarowe (weS) zespołu sterującego (ZS) połączone jest drugim wejściem pierwszego sumatora (1) i równocześnie poprzez wzmacniacz (5) z drugim wejściem drugiego sumatora (2), natomiast wejście pierwszego sumatora (1) połączone jest z pierwszym wejściem elementu dzielącego (3), a wejście drugiego sumatora (2) połączone jest z drugim wejściem elementu dzielącego (3) zaś wyjście elementu dzielącego (3) połączone jest z drugim wejściem elementu mnożącego (4), przy czym wyjście elementu mnożącego (4) jest wyjściem zespołu sterującego (ZS).

## Rysunki

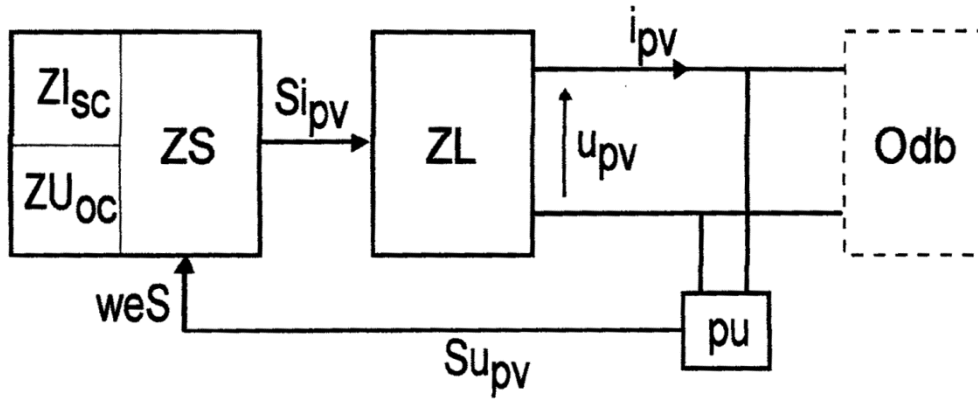


Fig. 1

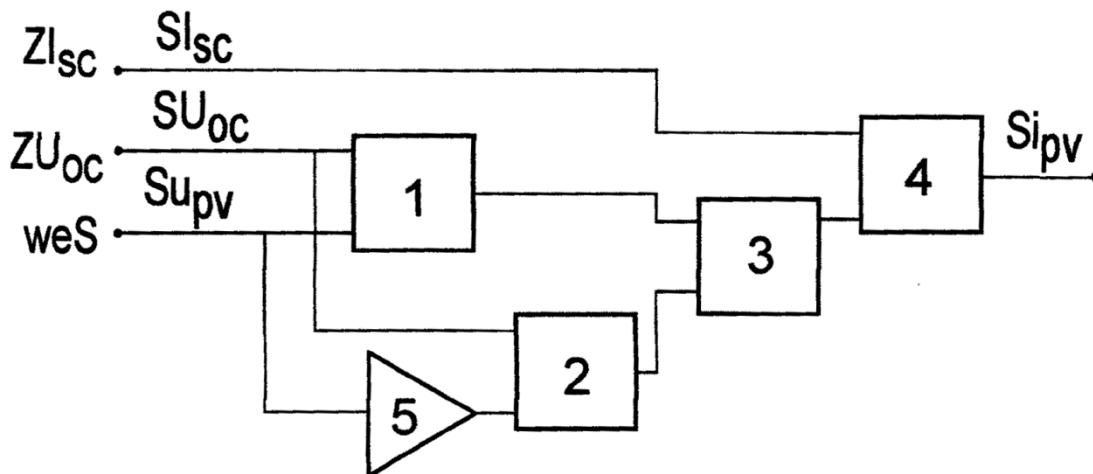


Fig. 2