

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **222546**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **398117**

(51) Int.Cl.
G01R 31/28 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **15.02.2012**

(54) **Sposób symulacji i układ do symulacji charakterystyki napięciowo-prądowej
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 222546 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób symulacji i elektroniczny układ do symulacji charakterystyk napięciowo-prądowych ogniwi 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 napięciowo-prądowej ogniwa fotowoltaicznego, według wynalazku, polega na podaniu z zasilacza sterowanego do odbiornika, napięcia ogniwa będącego funkcją prądu ogniwa dla zadawanych wartości napięcia ogniwa nieobciążonego i prądu zwarcia.

Istotą sposobu jest to, że wartość napięcia ogniwa steruje się za pomocą zespołu sterującego, w którym mnoży się wartość sygnału napięcia ogniwa nieobciążonego przez iloraz różnicy pomiędzy sygnałem prądu zwarcia a sygnałem prądu ogniwa, dzielonej przez różnicę pomiędzy sygnałem prądu zwarcia a sygnałem prądu ogniwa mnożonym przez współczynnik wzmocnienia prądowego. Prąd ogniwa mierzy się na wyjściu zasilacza sterowanego i sygnał prądu ogniwa odpowiadający jego wartości podaje się do zespołu sterującego. Wartości sygnałów napięcia ogniwa nieobciążonego i prądu zwarcia zadaje się w zespole sterującym.

Istotą układu do symulacji charakterystyki napięciowo-prądowej ogniwa fotowoltaicznego, według wynalazku, jest to, że zespół sterujący jest połączony z zasilaczem sterowanym, na którego wyjściu, stanowiącym zasilanie odbiornika włączony jest czujnik prądu, a ten czujnik prądu połączony jest zwrotnie z wejściem pomiarowym zespołu sterującego. Zespół sterujący ma zadajnik napięcia ogniwa nieobciążonego połączony z pierwszym wejściem elementu mnożącego. Zespół sterujący 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, symulowane napięcie ogniwa o zadanej charakterystyce podawane jest do odbiornika z zasilacza sterowanego symulującego ogniwo fotowoltaiczne. Zasilacz ten sterowany jest sygnałem napięciowym wytwarzanym przez zespół sterujący na podstawie prądu ogniwa, mierzonego czujnikiem na wyjściu zasilacza sterowanego, oraz zadawanych wartości napięcia nieobciążonego ogniwa fotowoltaicznego i prądu zwarcia ogniwa fotowoltaicznego.

Zespół sterujący realizuje funkcję, opisaną powyżej w istocie rozwiązania, którą można również określić wzorem:

$$u_{pV} = U_{oc} \frac{(I_{sc} - i_{pV})}{(I_{sc} - G i_{pV})}$$

gdzie:	i_{pV}	prąd ogniwa
	u_{pV}	napięcie ogniwa
	I_{sc}	prąd zwarcia
	U_{oc}	napięcie ogniwa nieobciążonego
	G	współczynnik wzmocnienia

Obliczenia mogą być realizowane z zakresie wartości prądu i_{pV} od zera do I_{sc} przy współczynniku G mniejszym od jedności.

Techniczna realizacja odbywa się na sygnałach o wielkościach odpowiadających wartościom prądów i napięć przedstawionych we wzorze.

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 symulacji, 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 prądu (pi) połączony zwrotnie z wejściem pomiarowym (weS) zespołu sterującego (ZS). Zespół sterujący (ZS) ma zadajnik napięcia ogniwa nieobciążonego (ZUos) połączony z pierwszym wejściem elementu mnożącego (4). Ma również zadajnik prądu zwarcia (Zlsc) 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, napięcia ogniwa (upv) będącego funkcją prądu ogniwa (ipv) fotowoltaicznego dla zadawanych wartości napięcia ogniwa nieobciążonego (Uoc) i prądu zwarcia (Isc). Wartość napięcia (upv) ogniwa steruje się sygnałem napięciowym ($Supv$) wytwarzanym przez zespół sterujący. W zespole sterującym (ZS) mnoży się wartość sygnału napięcia ogniwa nieobciążonego ($SUoc$) przez iloraz różnicy pomiędzy sygnałem prądu zwarcia ($Slsc$) a mierzonym sygnałem prądu ogniwa ($Sipv$) dzielonej przez różnicę pomiędzy sygnałem prądu zwarcia ($Slsc$) a sygnałem prądu ogniwa ($Sipv$) mnożonym przez współczynnik wzmocnienia. Prąd ogniwa (ipv) mierzy się na wyjściu zasilacza sterowanego (ZL) i odpowiadający jego wartości sygnał prądu ogniwa ($Sipv$) podaje się do zespołu sterującego (ZS). Wartości sygnałów napięcia ogniwa nieobciążonego ($SUoc$) i prądu zwarcia ($Slsc$) zadaje się w zespole sterującym (ZS).

Wykaz oznaczeń na rysunku

ZS	zespół sterujący
ZL	zasilacz sterowany
pi	czujnik prądu
pu	czujnik napięcia
Odb	odbiornik
ZUoc	zadajnik napięcia ogniwa nieobciążonego
Zlsc	zadajnik prądu zwarcia
we S	wejście pomiarowe zespołu sterującego
upv	napięcie ogniwa
ipv	prąd ogniwa
Supv	sygnał napięciowy
Sipv	sygnał prądowy
Slsc	sygnał prądu zwarcia
SUoc	sygnał napięcia ogniwa nieobciążonego
1	pierwszy sumator
2	drugi sumator
3	element dzielący
4	element mnożący
5	wzmacniacz

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób symulacji charakterystyki napięciowo-prądowej ogniwa fotowoltaicznego, **znamienny tym**, że do odbiornika podaje się napięcia ogniwa (U_{pv}) z zasilacza sterowanego (ZL), który to zasilacz steruje się sygnałem napięciowym (S_{upv}) z zespołu sterującego (ZS), zaś do zespołu sterującego (ZS) przesyła się sygnał prądu ogniwa (S_{ipv}), który mierzy się za pomocą czujnika prądu (pi) w obwodzie odbiornika (Odb) i równocześnie do zespołu sterującego (ZS) podaje się wartość sygnału napięcia ogniwa nieobciążonego (S_{Uoc}) za pomocą zadajnika napięcia ogniwa nieobciążonego (ZUoc) oraz sygnału prądu zwarcia (S_{lsc}) za pomocą zadajnika prądu zwarcia (Zlsc), przy czym do uzyskania sygnału napięciowego (S_{upv}) w zespole sterującym (ZS) mnoży się wartość sygnału napięcia ogniwa nieobciążonego (S_{Uoc}) przez iloraz różnicy pomiędzy sygnałem prądu zwarcia (S_{lsc}) a sygnałem prądu ogniwa (S_{ipv}), dzielonej przez różnicę pomiędzy sygnałem prądu zwarcia (S_{lse}) a sygnałem prądu ogniwa (S_{ipv}) mnożonym przez współczynnik wzmocnienia.

2. Układ do symulacji charakterystyki napięciowo-prądowej ogniwa fotowoltaicznego, **znamienny tym**, że zespół sterujący (ZS) jest połączony z zasilaczem sterowanym (ZL), na którego wyjściu, stanowiącym zasilanie odbiornika (Odb) włączony jest czujnik prądu (pi) a ten czujnik prądu 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 elementu mnożącego (4), oraz ma zadajnik prądu zwarcia (Zlsc) połączony z pierwszym wejściem pierwszego sumatora (1) i równocześnie z pierwszym wejściem drugiego sumatora (2), ponadto wejście pomiarowe (weS) zespołu sterującego (ZS) połączone jest z drugim wejściem pierwszego sumatora (1) i równocześnie poprzez wzmacniacz (5) z drugim wejściem drugiego sumatora (2), natomiast 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), przy czym wyjście elementu mnożącego (4) jest wyjściem zespołu sterującego (ZS).

Rysunki

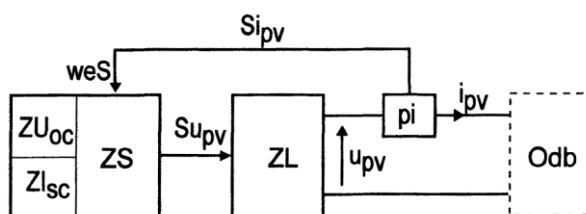


Fig. 1

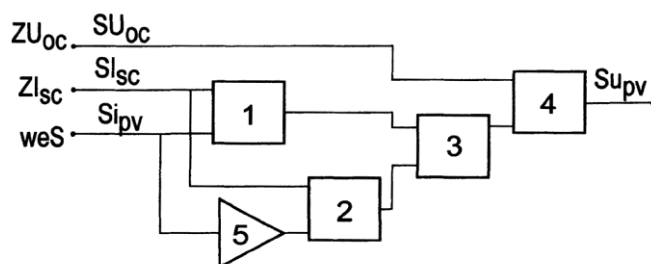


Fig. 2