

Laboratorium

Przetwarzania energii elektrycznej w fotowoltaice

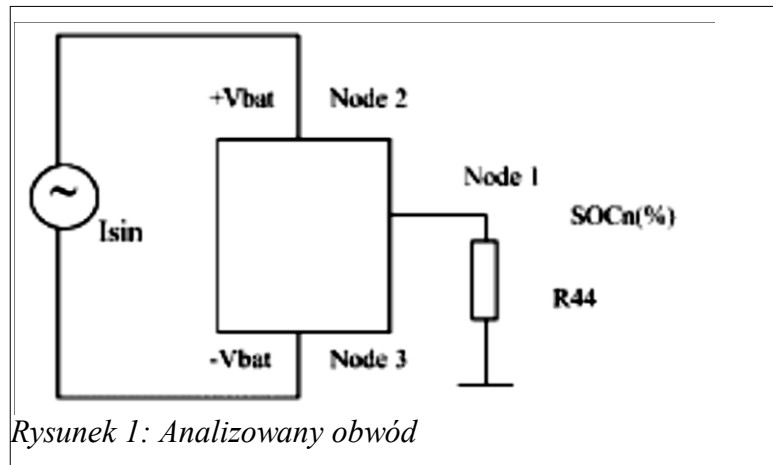
Ćwiczenie 4 - 8

Modelowanie autonomicznych systemów fotowoltaicznych przy użyciu oprogramowania PSpice

Opracowanie instrukcji:
Tomasz Torzewicz

Zadanie 4:

Zmodyfikować *netlistę zadanie4.cir* do symulacji zmian napięcia baterii i poziomu ładunku *SOC* przyjmując, że bateria jest połączona ze źródłem sinusoidalnego prądu o amplitudzie 20 A i częstotliwości 1 mHz, rys. 1.



Napięcie nominalne baterii: 24 V

Pojemność nominalna: $C = 50$ Ah

$k = 0.8$ -> efektywność ładowania/rozładowania baterii

$D = 1e-3$ 1/h -> współczynnik samo rozładowania

$SOC1 = 50\%$ -> początkowy poziom naładowania

Obwód posiada cztery węzły, w tym węzeł „0” do którego dołączony jest rezystor *R44*. Rezystor ten służy tylko do monitorowania napięcia i jego wartość nie wynika z żadnych obliczeń. Można przyjąć $R44 = 10$ k Ω .

Pomiar parametru *SOC* odbywa się na węźle (Node 1), wartość 1 V potencjału tego węzła odpowiada wartości 100 % ładunku akumulatora.

Zaobserwować jak zmienia się poziom naładowania akumulatora (napięcie na rezystorze *R44*) w stosunku do prądu źródła $I(sin)$.

Zaobserwować zmiany napięcia na akumulatorze.

WAŻNE:

Do symulacji wykorzystać plik *bat.cir*

W symulacji przyjąć analizę *transient* dla czasu maksymalnego 2000 s.

Oznaczenia poszczególnych węzłów mogą być inne niż na rysunku 1.

Do poprawnej pracy symulatora konieczne jest wskazanie węzła odniesienia „0”.

Opis baterii (12 V, 48 Ah) wraz z parametrami

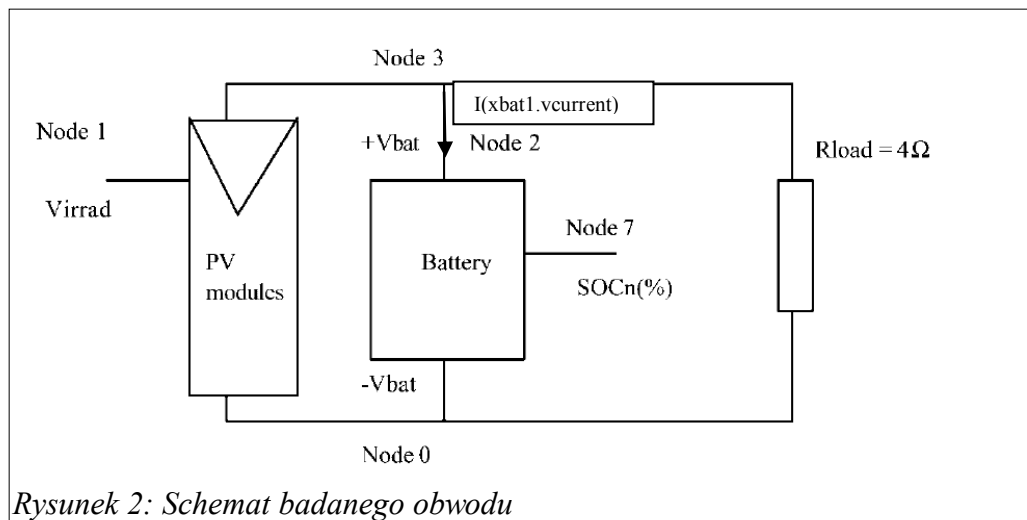
xbat1 3 0 7 bat params: ns=6, SOCm=576, k=.7, D=1e-3, SOC1=0.85
.inc bat.cir

Węzeł	Funkcja
0	węzeł referencyjny, BAT -
3	BAT +
7	Wyjście kontroli ilości ładunku w akumulatorze

- ns - liczba pojedynczych 2 V ogniw w połączeniu szeregowym
- SOC – poziom naładowania, parametr określający stosunek zgromadzonego ładunku do całkowitej pojemności baterii $SOC = (1 - Q/C)$
- $SOCm$ – maksymalna pojemność baterii [Wh]; odpowiada iloczynowi maksymalnej pojemności baterii i jej napięcia znamionowego.
- $SOC1$ – początkowy poziom naładowania

Zadanie 5:

Zestawić (napisać *netlistę*) obwodu składającego się z modułu PV, akumulatora i obciążenia $R_{load} = 4\ \Omega$, rysunek 2.



Załączyć bibliotekę *module_1.lib*

```
.inc module_1.lib
xmodule_1 0 3 1 module_1 params: iscmr=5, vocmr=22.3, ns=36, np=1, nd=1, pmaxmr=85, ta=20, tr=1
```

Węzeł	Funkcja
0	węzeł referencyjny
1	wejście Virrad do podłączenia źródła wymuszającego
2	wejście temperatury do podłączenia źródła wymuszającego
3	wyjście modułu PV

Załączyć baterię wraz z odpowiednimi parametrami

```
.inc bat.cir
xbat1 3 0 7 bat params: ns=6, SOCm=576, k=.7, D=1e-3, SOC1=0.85
```

Węzeł	Funkcja
0	BAT -
3	BAT +
7	Wyjście kontroli ilości ładunku w akumulatorze

Uruchomić źródło *stimulus* z profilem nasłonecznienia z pliku *Irrad2.stl*

```
.inc irrads2.stl
vmesur 1 0 stimulus Vgg
```

Czas analizy 120 ks

```
.tran 1s 120000s 0.1s
```

Moduł PV:

liczba pojedynczych ogniw w szeregu, $n_s = 36$

prąd zwarciov, $iscmr = 5\text{ A}$

napiecie wyjściowe bez obciążenia, $vocmr = 22.3\text{ V}$

maksymalna moc wyjściowa modułu, $p_{max} = 85\text{ W}$

Akumulator kwasowy:

Napięcie nominalne baterii: 12 V

Pojemność nominalna: $C = 48\text{ Ah}$

$k = 0.7$

$D = 1e-3\text{ 1/h}$

początkowy poziom naładowania $SOC1 = 85\%$

Wyznaczyć przebieg prądu $I(xbatI.vcurrent)$ oraz napięcia baterii $V(3)$ w czasie.

Wyznaczyć wartość poziomu naładowania baterii $V(7)$.

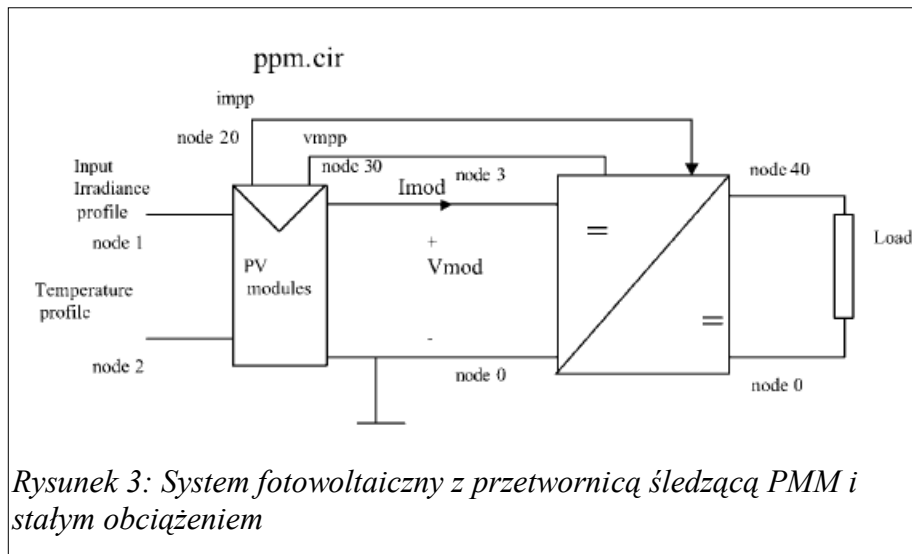
Wyznaczyć przebieg prądu obciążenia $I(r4)$ i wyjaśnić rozptyw prądów w węźle *Node 3*.

WAŻNE:

Parametry modułu PV, baterii lub jakichkolwiek innych obwodów, w których wymagane jest podawanie parametrów, muszą być podawane z nazwą dokładnie taką jaka jest użyta w danym pliku *.cir* lub *.lib*.

Zadanie 6:

Zestawić *netlistę* odwzorowującą układ z rysunku 3.



Oznaczenia węzłów modułu PV:

```
.inc generator_beh.lib
xgen 0 1 2 3 405 406 407 20 30 generator_beh (i tak dalej jak jest w opisie)
```

Węzeł	Funkcja
0	węzeł referencyjny
1	wejście <i>Virrad</i> , do podłączenia źródła wymuszającego
2	wejście temperatury, do przyłączenia źródła wymuszającego
3	wyjście modułu PV
405	wyjście (napięciowe) sygnału prądu zwarciovego <i>iscmr</i>
407	wyjście sygnału napięcia bez obciążenia <i>vocmr</i>
20	wyjście sygnału prądu dla punktu maksymalnej mocy <i>imppr</i>
30	wyjście sygnału napięcia dla punktu maksymalnej mocy <i>vmppr</i>

Oznaczenia węzłów przetwornicy:

```
.inc dcdcf.cir
xconv 0 3 20 30 40 dcdcf params: n =0.7, vo1=17
```

Węzeł	Funkcja
0	węzeł referencyjny
3	wejście przetwornicy
20	wejście sygnału prądu dla punktu maksymalnej mocy, <i>imppr</i>
30	wejście sygnału napięcia dla punktu maksymalnej mocy, <i>vmppr</i>
40	wyjście przetwornicy

Zmodyfikować plik **ppm.cir** tak aby odpowiadał wymaganiom założeniom symulacji, należy wybrać jeden z wariantów *a*, *b* lub *c*:

- moduł PV:
 - ⤴ Prąd zwarciaowy $iscmr = a) 4.8 \text{ A}, b) 5.2 \text{ A}, c) 4.5 \text{ A}$
 - ⤴ napięcie bez obciążenia $vocmr = a) 22.8 \text{ V}, b) 21.2 \text{ V}, c) 19.2 \text{ V}$
 - ⤴ moc maksymalna $pmaxr = a) 80 \text{ W}, b) 85 \text{ W}, c) 75 \text{ W}$
 - ⤴ prąd i napięcie w punkcie maksymalnej mocy $imppr$ oraz $vmppr = a) 4.5 \text{ A i } 17.8 \text{ V}$
 $b) 4.9 \text{ A i } 17.3 \text{ V}, c) 4.3 \text{ A i } 17 \text{ V}$
- przetwornica DC/DC:
 - ⤴ sprawność $a) 100 \%, b) 95 \%, c) 98 \%$
 - ⤴ napięcie wyjściowe $a) 12 \text{ V}, b) 15 \text{ V}, c) 10 \text{ V}$
- temperatura $vtemp = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- $R_{load} = a) 40 \text{ } \Omega, b) 45 \text{ } \Omega, c) 35 \text{ } \Omega$
- Wykonać symulację dla kilku wartości rezystancji obciążenia

Wyznaczyć:

- a) napięcie wyjściowe modułu PV
- b) prąd wyjściowy modułu PV; $I(xconv.eequi)$
- c) moc wejściową P_{in} oraz moc wyjściową P_{out} przetwornicy dostarczaną do obciążenia
- d) zestawić na wspólnym wykresie przebieg prądu wyjściowego modułu PV z przebiegiem odpowiadającym sygnałowi prądu punktu maksymalnej mocy $V(20)$

W programie *Probe* należy zmienić ustawienia wyświetlania osi poziomej tak aby zaobserwować jedną pełną zmianę nasłonecznienia.

W celach kontrolnych można wykreślić, używając dodatkowej osi pionowej, wartości nasłonecznienia i odnieść się do nich podczas analizy pracy przetwornicy.

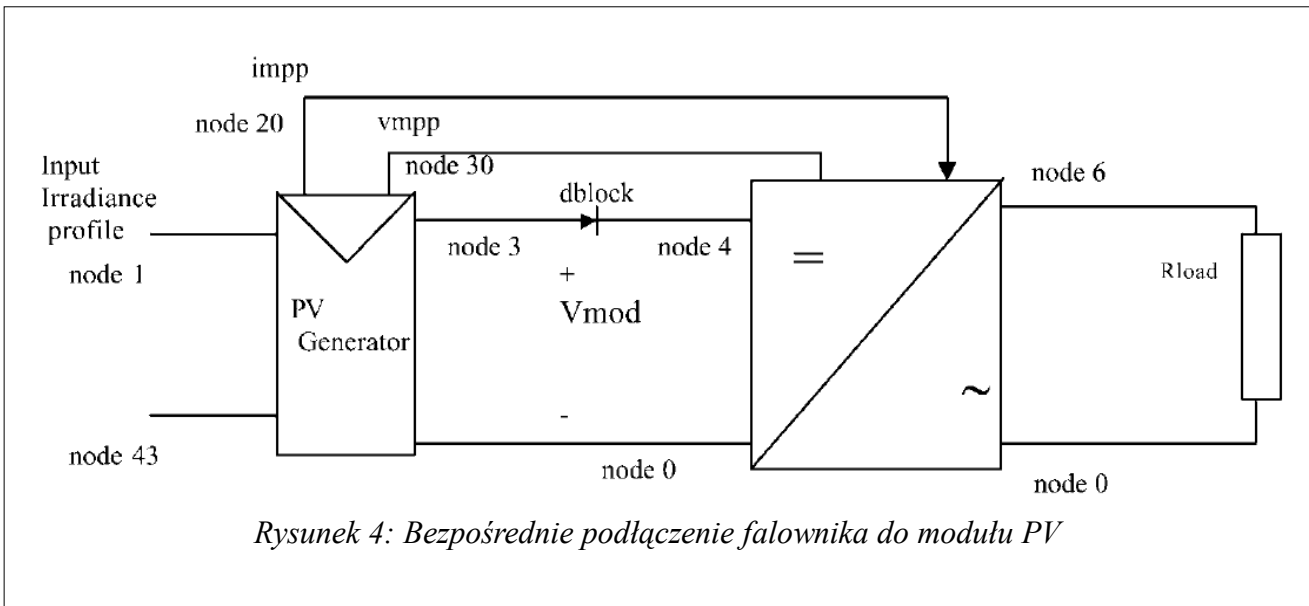
Pytania:

1. Jak zachowuje się przetwornica gdy moc wejściowa jest duża w stosunku do mocy pobieranej przez obciążenie?
2. Co robi przetwornica jeżeli moc pobierana przez obciążenie jest większa niż może być dostarczona z modułu PV? Jak zachowuje się przetwornica gdy moc wejściowa jest duża w stosunku do mocy pobieranej przez
3. obciążenie?
4. Co robi przetwornica jeżeli moc pobierana przez obciążenie jest większa niż może być dostarczona
5. z modułu PV?
6. Na podstawie analizy podpunktu d) opisać ideę śledzenia punktu mocy maksymalnej zaimplementowaną w badanym modelu przetwornicy.

W sprawozdaniu napisać, który wariant został wybrany.

Zadanie 7:

Wykorzystując plik *falownik2.cir* zmodyfikować go tak aby odzwierciedlał system PV przedstawiony na rysunku 4, zgodnie z podanymi parametrami:



- System składa się z sześciu podmodułów PV, z których każdy składa się z 36 modułów o standardowych parametrach $iscmr = 5.2 A$, $vocmr = 21.2 V$; współrzędne punktu mocy maksymalnej to $imppr = 4.7 A$ oraz $vmppr = 17.3 V$
- Falownik o sprawności 90 % i maksymalnej mocy wyjściowej $P_m = 420 W$; nominalna moc dostarczana do obciążenia $P_{load} = 107.5 W$
- Obciążenie $R_{load} = 450 \Omega$

```
.inc generator_beh.lib
xgen 0 1 43 3 45 46 47 20 30 generator_beh (i tak dalej jak jest w opisie)
```

Węzeł	Funkcja
0	węzeł referencyjny
1	wejście V_{irrad} ; do przyłączenia źródła wymuszającego
43	wejście temperatury; do przyłączenia źródła wymuszającego
3	wyjście modułu PV
45	wyjście (napięciowe) sygnału prądu zwarciovego $iscmr$
47	wyjście sygnału napięcia bez obciążenia $vocmr$
20	wyjście sygnału prądu dla punktu maksymalnej mocy $imppr$
30	wyjście sygnału napięcia dla punktu maksymalnej mocy $vmppr$

Oznaczenia węzłów falownika:

.inc inversor2.cir xinvert 4 0 6 20 30 inverter1 params: nf=1, Pm=500, Pload=107.5	
Węzeł	Funkcja
4	wejście falownika
0	węzeł referencyjny
6	Wyjście falownika
20	wejście sygnału prądu dla punktu maksymalnej mocy; <i>imppr</i>
30	wejście sygnału napięcia dla punktu maksymalnej mocy; <i>vmppr</i>
40	wyjście przetwornicy

WAŻNE:

Liczba szeregowo połączonych „pojedynczych” modułów oznaczona jest w modelu przez parametr *ns*.

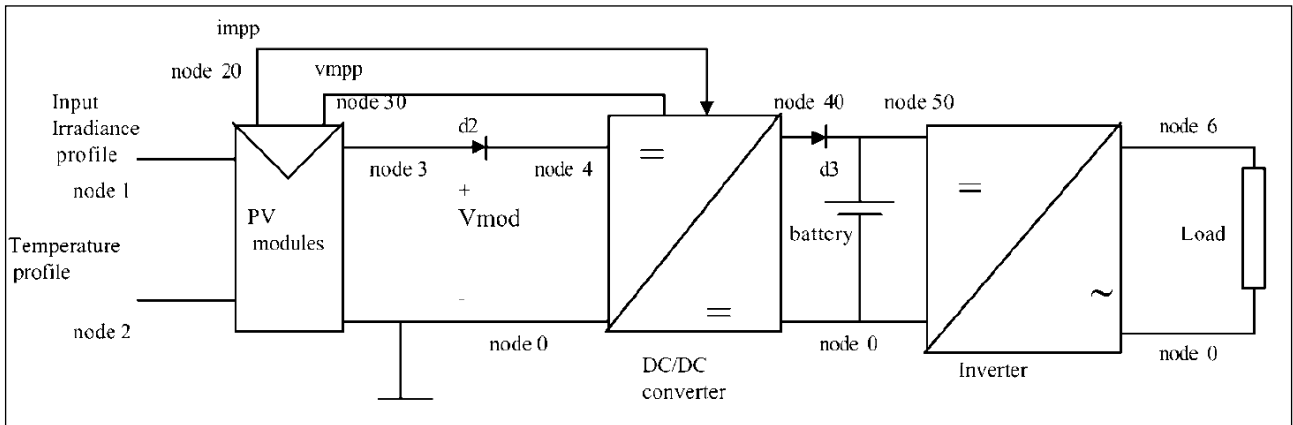
Liczba szeregowo połączonych „większych” modułów oznaczona jest przez parametr *nsg*.

Oznaczenia węzłów na rysunku 4 mają znaczenie symboliczne i nie należy ich zmieniać w pliku *falownik2.cir*.

1. Przeprowadzić symulację i wykreślić przebieg napięcia wyjściowego w kilku pierwszych cyklach pracy.
2. Pokazać na przebiegach wyjściowych reakcję falownika na zmiany nasłonecznienia.
Co się dzieje z napięciem i prądem wyjściowym?
Czy taka reakcja jest poprawna?
Do wyświetlenia przebiegów wewnętrznych zastosować następujący zapis:
dla prądu $I(xinver.emod)$
dla napięcia $VI(xinvert.emod)$
Do wyświetlenia mocy wyjściowej wykorzystać zapis $rms(i(wyjściowe))*rms(v(wyjściowe))$
3. Wykreślić przebiegi napięcia i prądu na wejściu falownika i porównać je odpowiednio z wartościami **punktu maksymalnej mocy** dla prądu i dla napięcia.

Zadanie 8:

Wykonać symulacje obwodu z rysunku 5 przy użyciu pliku **ZAD8.cir**



Rysunek 5: Pełen system PV

1. Wyznaczyć wartość parametru *SOC* w czasie i nałożyć na dodatkowej osi wartość nasłonecznienia
2. Zaobserwować moment odłączenia obciążenia od falownika.
3. Wykreślić przebieg prądu baterii $I(xbat.vcurrent)$ i prądu modułu PV $I(xmodule.rsm)$.
4. Zmodyfikować plik **ZAD8.cir** tak, aby można było zaobserwować zmiany czasu pracy falownika w zależności od obciążenia.
5. Zmodyfikować plik **ZAD8.cir** tak, aby można było zaobserwować zmiany czasu pracy falownika w zależności od pojemności baterii.