

Fotowoltaika i energia wiatrowa 100 W (HYBR -40)



**Instrukcja wykonywania
eksperymentów wraz z
odpowiedziami do ćwiczeń**

Spis treści

1 Badanie ogniwa fotowoltaicznego str. 4

- 1.1. Szeregowe i równoległe połączenie ogniw słonecznych str. 4
- 1.2. Zależność mocy ogniwa słonecznego od kąta padania światła str. 9
- 1.3. Zależność mocy ogniwa słonecznego od natężenia promieniowania słonecznego str. 12
- 1.4. Częściowe zasłonięcie ogniw słonecznych przy połączeniu szeregowym str. 16
- 1.5. Zależność mocy ogniwa słonecznego od temperatury str. 18
- 1.6. Charakterystyka I-U, PMM oraz współczynnik wypełnienia ogniwa słonecznego str. 21

2 Badanie turbiny wiatrowej str. 25

- 2.1. Wpływ występowania turbiny wiatrowej na prędkość wiatru za wirnikiem str. 25
- 2.2. Bilans energii oraz wydajność turbiny wiatrowej str. 28
- 2.3. Wpływ kierunku wiatru na prędkość rozruchową turbiny wiatrowej str. 33
- 2.4. Prędkość obrotowa oraz współczynnik prędkości turbiny wiatrowej str. 35
- 2.5. Charakterystyki i prędkość obrotowa turbiny wiatrowej str. 38

3 Instalacja wyspowa (off-grid) str. 43

- 3.1. Elementy składowe instalacji wyspowej (systemu off-grid) str. 43
- 3.2. Różne warunki pracy systemu fotowoltaicznego off-grid str. 49

HYBR40: Fotowoltaika i energia wiatrowa 100 W

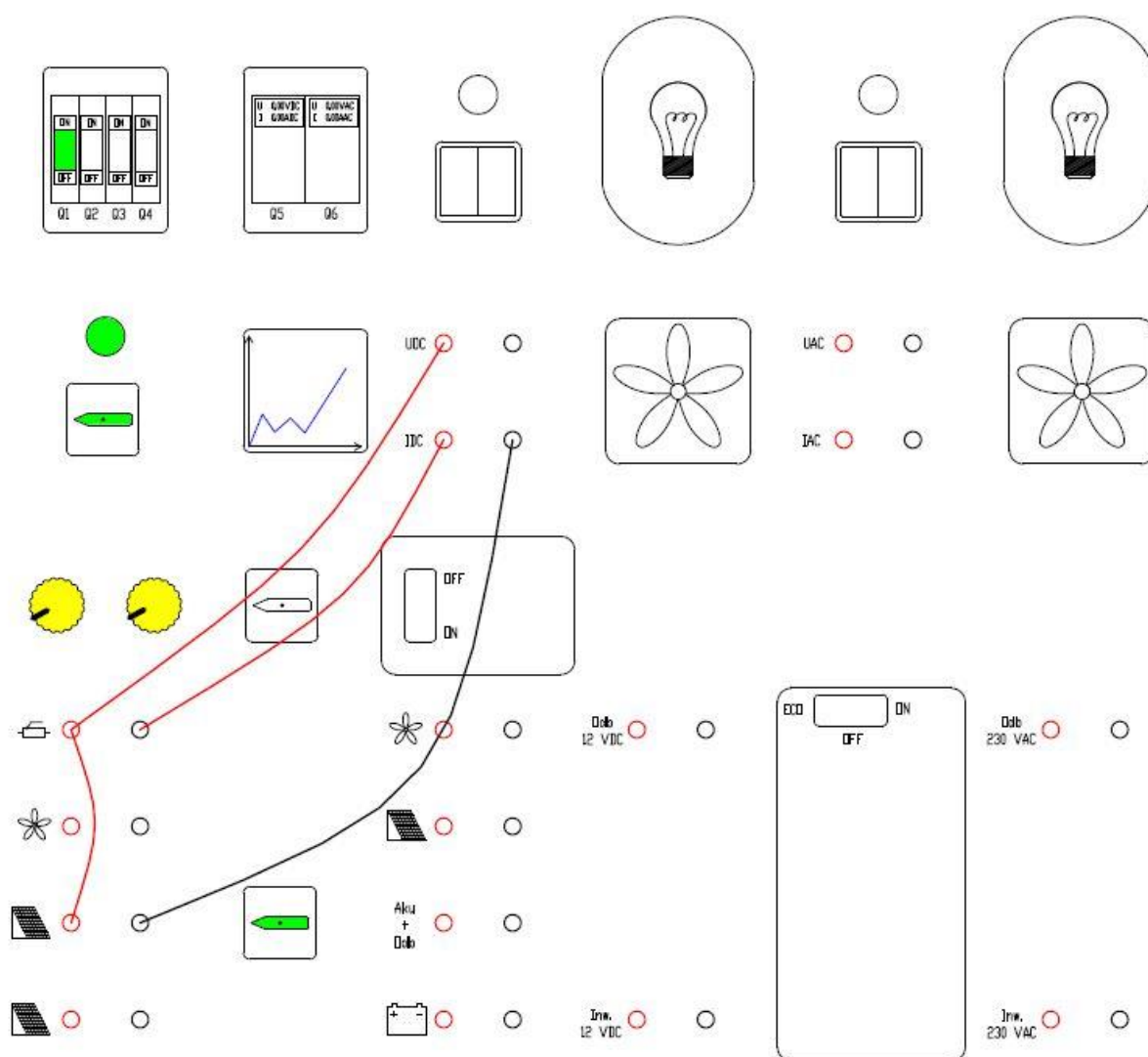
EKSPERYMENT

1.6. Charakterystyka I-U, PMM oraz współczynnik wypełnienia ogniwa słonecznego

ZADANIE DO WYKONANIA:

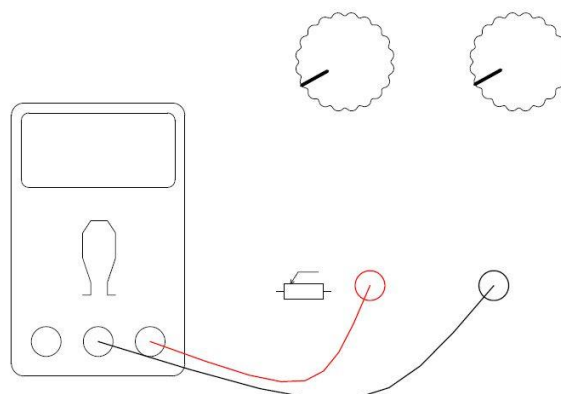
Sporządź charakterystykę I-U ogniwa słonecznego. Wyznacz PMM (punkt mocy maksymalnej) oraz współczynnik wypełnienia ogniwa.

UKŁADY POŁĄCZEŃ:



Rys. Układ połączeń do wykonania charakterystyki prądowo-napięciowej panelu fotowoltaicznego

HYBR40: Fotowoltaika i energia wiatrowa 100 W



Rys. Pomiar rezystancji potencjometrów

PRZYGOTOWANIE EKSPERYMENTU:

1. Zbuduj układ zgodnie ze schematem połączeń i ustaw potencjometry na maksymalną wartość rezystancji.
2. Ustaw panele fotowoltaiczne prostopadle do światła emitowanego przez lampy.
3. Ustaw lampy w najwyższej pozycji.
4. Włącz zaznaczone na schemacie rozłączniki i wyłączniki rozdzielnic elektrycznej.

Uwaga: Wykonaj pomiary przy włączonych obu lampach

Uwaga: Przy takim układzie połączeń należy unikać zerowania wartości rezystancji (skręcania obu potencjometrów jednocześnie maksymalnie w lewą stronę). Sytuacja taka powoduje zwarcie styków przetwornika pomiarowego, co **może skutkować jego uszkodzeniem**.

WYKONANIE EKSPERYMENTU:

1. Spisz wartości napięcia i natężenia prądu generowanego przez panele fotowoltaiczne.
2. Odłącz zasilanie płynące z paneli fotowoltaicznych poprzez wyłączenie rozłącznika „Źródła zasilania WŁ./WYŁ.” i odłącz przewody z zacisków potencjometrów.
3. Do zacisków potencjometrów podłącz multimetr w trybie mierzenia rezystancji i ustaw wartość odpowiednią do wykonania kolejnych pomiarów.
4. Przywróć obwód do stanu wyjściowego, włącz rozłącznik „Źródła zasilania WŁ./WYŁ.” i wykonaj kroki 1 – 3.

HYBR40: Fotowoltaika i energia wiatrowa 100 W

ZADANIA:

1. Narysuj charakterystykę I-U ogniwa słonecznego.
2. Oblicz moc ogniwa słonecznego odpowiadającą każdej parze wyników pomiarów. Powiększ pole wykresu I-U i dorysuj kolejną oś y po prawej stronie diagramu, którą potraktuj jako oś mocy. Narysuj krzywą P-U.
3. Wyznacz Punkt Mocy Maksymalnej (PMM).
4. Wyznacz współczynnik wypełnienia (WW) ogniwa słonecznego.

Uwaga: Współczynnik wypełnienia ukazuje relację pomiędzy mocą w punkcie PMM i mocą, która jest obliczona poprzez pomnożenie napięcia jałowego i prądu zwarcia. Oznacza to, że: $WW = P_{PMM}/U_{jał} \cdot I_{zw}$. Geometrycznym przedstawieniem współczynnika wypełnienia jest relacja pól powierzchni dwóch prostokątów na wykresie I-U: pierwszy utworzony z wartości natężenia prądu PMM oraz wartości napięcia PMM, a drugi z wartości napięcia jałowego i prądu zwarcia.

WYNIKI POMIARÓW:

	(1)	(2)	(3...)						
R (Ω)	0	3,2	11,9	18,1	27	36,8	48,1	62,4	83,6
U (V)	0	0,375	2,44	4,04	6,49	8,3	10,9	14,15	18,4
I (A)	0,255	0,252	0,243	0,242	0,236	0,227	0,226	0,223	0,217
P (W)	0	0,0945	0,592	0,978	1,53	1,88	2,46	3,15	3,99

									(n)
R (Ω)	91	99,5	105	126	157,5	186,4	217	254	∞
U (V)	19,3	19,8	19,8	19,9	20,1	20,2	20,3	20,4	21,5
I (A)	0,209	0,196	0,184	0,155	0,127	0,107	0,092	0,079	0
P (W)	4,03	3,88	3,64	3,08	2,55	2,16	1,87	1,61	0

(1) Obwód zwarty

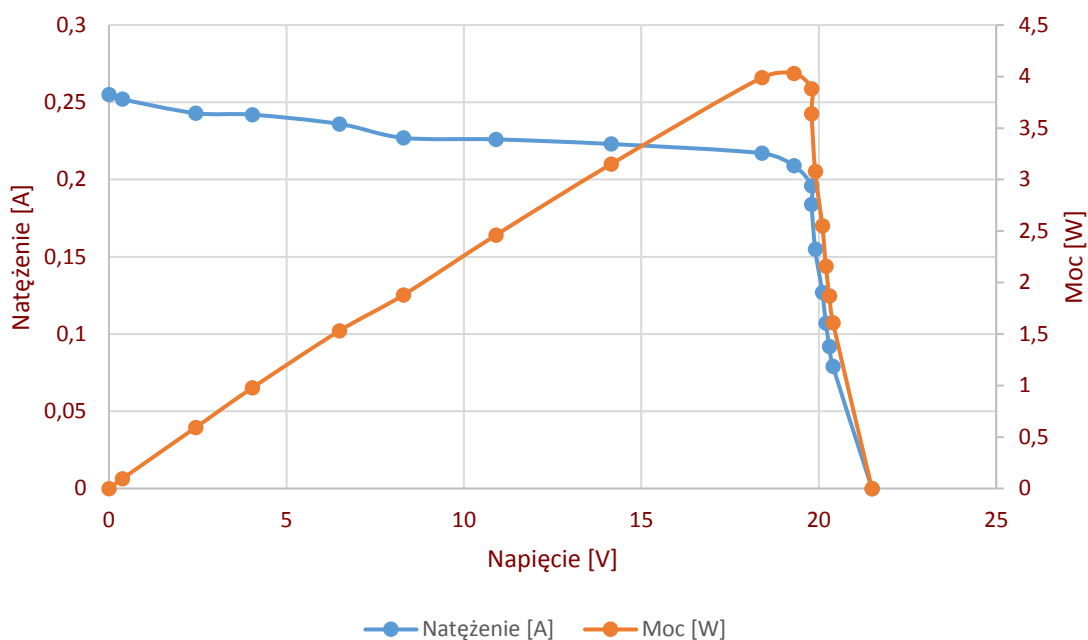
(2) Ustaw potencjometr na wartość minimalną większą od 0.

HYBR40: Fotowoltaika i energia wiatrowa 100 W

(3) Napięcie i natężenie prądu można ustawić za pomocą potencjometru, kontynuuj regulację potencjometrem, aż do momentu, gdy ten osiągnie swoje maksimum.

(n) Obwód otwarty

WYKRESY:



ROZWIĄZANIE ZADAŃ:

Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że Punkt Mocy Maksymalnej (PMM) ogniwa słonecznego osiągnięty jest dla wartości $U_{PMM} = 19,3 \text{ V}$ i $I_{PMM} = 0,209 \text{ A}$. Tak więc moc maksymalna $P_{PMM} = 4,03 \text{ W}$. Współczynnik wypełnienia ogniwa słonecznego wynosi 74,2%. Warto odnotować fakt, że natężenie prądu cechuje się niewielkim spadkiem wraz ze wzrostem napięcia (rezystancji obciążenia) aż do pewnego momentu. W pobliżu Punktu Mocy Maksymalnej wartość natężenia prądu zaczyna gwałtownie spadać przy niewielkim wzroście napięcia.

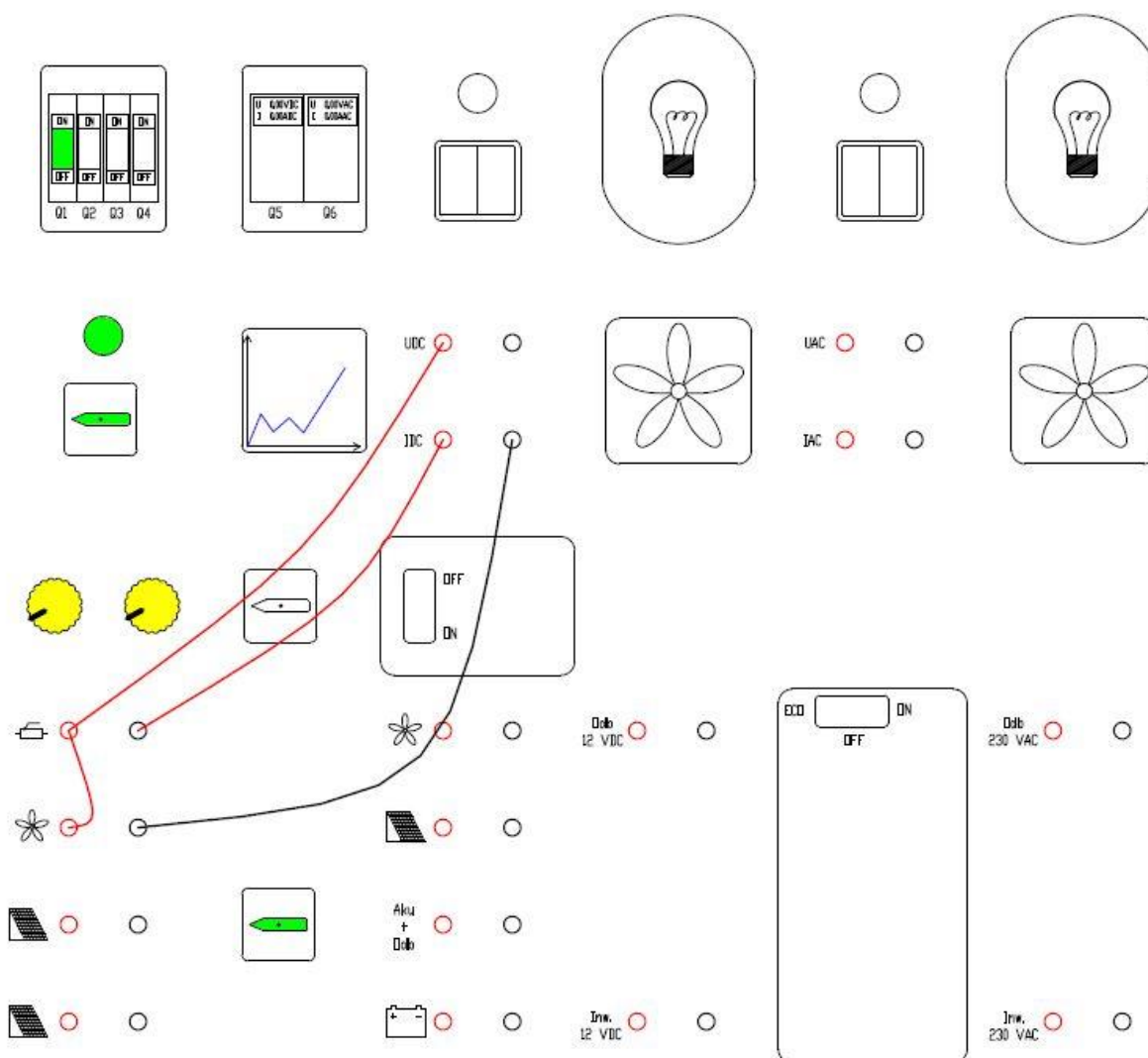
EKSPERYMENT

2.5.Charakterystyki i prędkość obrotowa turbiny wiatrowej

ZADANIE DO WYKONANIA:

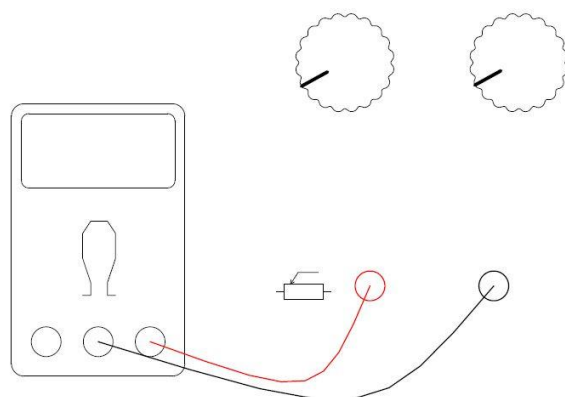
Sporządź charakterystykę prądowo-napięciową oraz zmierz prędkość obrotową turbiny wiatrowej. Określ wartość rezystancji obciążenia, przy której uzyskuje się największą moc.

UKŁADY POŁĄCZEŃ:



Rys. Układ połączeń do wykonania charakterystyki prądowo-napięciowej

HYBR40: Fotowoltaika i energia wiatrowa 100 W



Rys. Pomiar rezystancji potencjometrów

PRZYGOTOWANIE EKSPERYMENTU:

1. Utwórz połączenie zgodnie ze schematem i ustaw potencjometry na maksymalną wartość rezystancji.
2. Podłącz moduł turbiny wiatrowej do modułu kontrolno-pomiarowego za pomocą przewodów z wtyczkami XLR i wtyczkami do przesyłania zasilania z turbiny wiatrowej.
3. Podłącz zasilanie do modułu turbiny wiatrowej i modułu kontrolno-pomiarowego.
4. Włącz zaznaczone na schemacie rozłączniki i wyłączniki rozdzielnic elektrycznej.

Uwaga: Drzwiczki klatki turbiny wiatrowej powinny podczas pracy wentylatora powinny pozostać zamknięte.

Uwaga: Zabronionym jest zbliżanie się do wlotu wentylatora z przedmiotami, które mogłyby zostać przez niego wciągnięte.

Uwaga: Przy takim układzie połączeń należy unikać zerowania wartości rezystancji (skręcania obu potencjometrów jednocześnie maksymalnie w lewą stronę). Sytuacja taka powoduje zwarcie styków przetwornika pomiarowego, co **może skutkować jego uszkodzeniem**.

HYBR40: Fotowoltaika i energia wiatrowa 100 W

WYKONANIE EKSPERYMENTU:

1. Ustaw turbinę wiatrową prostopadle do kierunku przepływającego wiatru.
2. Przekręcając gałkę potencjometru na klawiaturze zewnętrznej falownika wentylatora ustaw prędkość obrotową łopatek wirnika, aby uzyskać żądaną prędkość wiatru.
3. Zanotuj prędkość wiatru wyświetlaną przez rejestrator pomiarowy.
4. Następnie używając tachometru zmierz prędkość obrotową turbiny wiatrowej. W tym celu, przyłóż tachometr od strony frontowej klatki turbiny wiatrowej tak, aby laser wycelowany był na łopatki turbiny wiatrowej.
5. Spisz wartości napięcia i natężenia prądu generowanego przez turbinę wiatrową.
6. Odłącz zasilanie płynące z turbiny wiatrowej poprzez wyłączenie rozłącznika „Źródła zasilania WŁ./WYŁ.” i odłącz przewody z zacisków potencjometrów.
7. Do zacisków potencjometrów podłącz multimetr w trybie mierzenia rezystancji i ustaw wartość odpowiednią do wykonania kolejnych pomiarów.
8. Przywróć obwód do stanu wyjściowego, włącz rozłącznik „Źródła zasilania WŁ./WYŁ.” i wykonaj kroki 4 – 7.

Uwaga: Zmierzona wartość prędkości obrotowej wirnika musi zostać podzielona przez ilość łopatek wirnika (w tym przypadku sześć). Możesz dokonać zaokrąglenia.

Uwaga: Dokonywanie pomiaru prędkości obrotowej łopatek turbiny wiatrowej od strony drzwiczek może spowodować, że pomiar będzie zakłócony przez obracające się łopatki wirnika wentylatora.

ZADANIA:

1. Oblicz moc wyjściową dla każdego punktu pomiaru i wpisz wartość do tabelki.
2. Nanieś pary pomiarów na układ współrzędnych i sporządź wykresy zależności: $I(U)$, $P(n)$, $P(R)$.
3. Na podstawie wykresów określ prędkość obrotową n_{\max} oraz napięcie U_{\max} , przy których moc wyjściowa turbiny wiatrowej jest największa. Przy jakiej wartości rezystancji R_{\max} turbina osiąga swoją maksymalną moc wyjściową?
4. Jak określiłbyś zależność napięcia od prędkości obrotowej?
5. Jakie wnioski z powyższych wyników można wyciągnąć w stosunku do pracy turbin wiatrowych rzeczywistych rozmiarów?

HYBR40: Fotowoltaika i energia wiatrowa 100 W

WYNIKI POMIARÓW:

$v_{\text{wiatru}} = 8,3 \text{ m/s}$; ilość łopatek = 6

n_6 [min^{-1}]	5950	5890	5800	5350	5040
U [V]	21,3	20,8	20,3	18,3	17,2
I [A]	0	0,03	0,05	0,12	0,15
R [Ω]	1,1k	700	400	150	110
P [W]	0	0,624	1,015	2,196	2,58

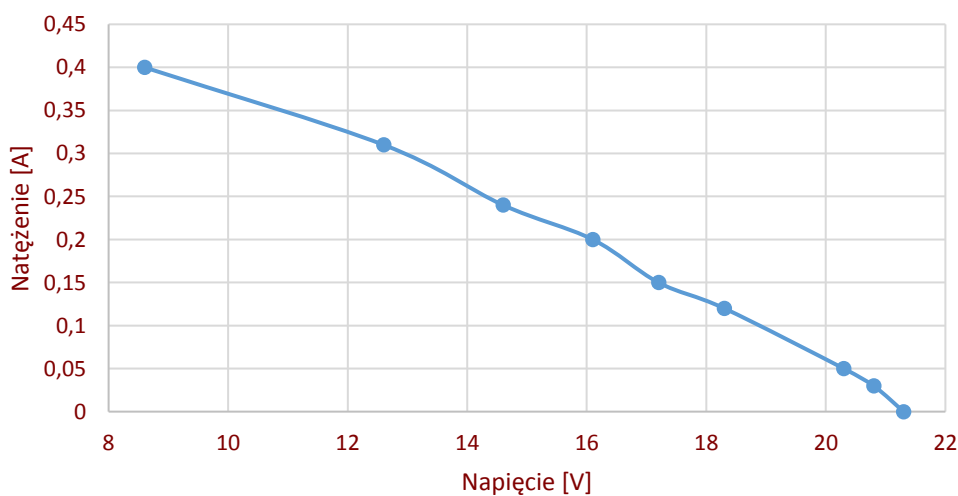
n_6 [min^{-1}]	4900	4570	4060	3150	
U [V]	16,1	14,6	12,6	8,6	
I [A]	0,2	0,24	0,31	0,4	
R [Ω]	80	60	40	20	
P [W]	3,22	3,504	3,906	3,44	

ROZWIĄZANIE ZADAŃ:

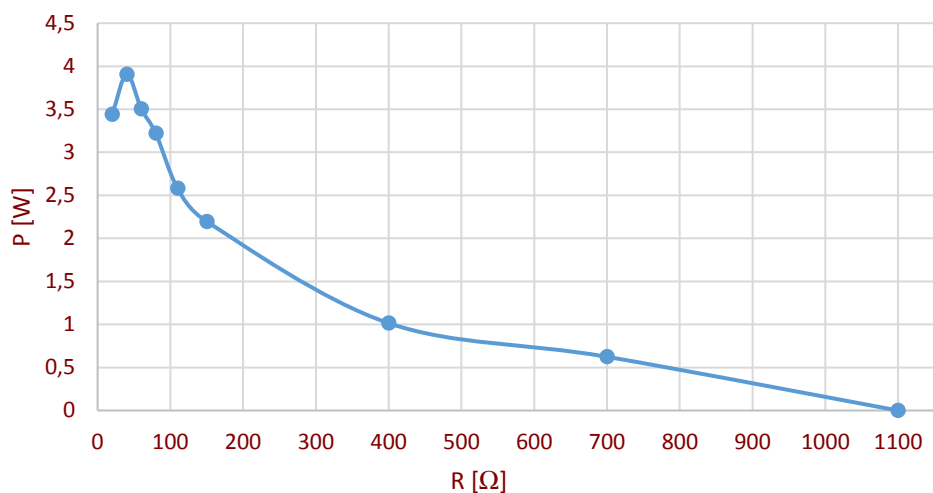
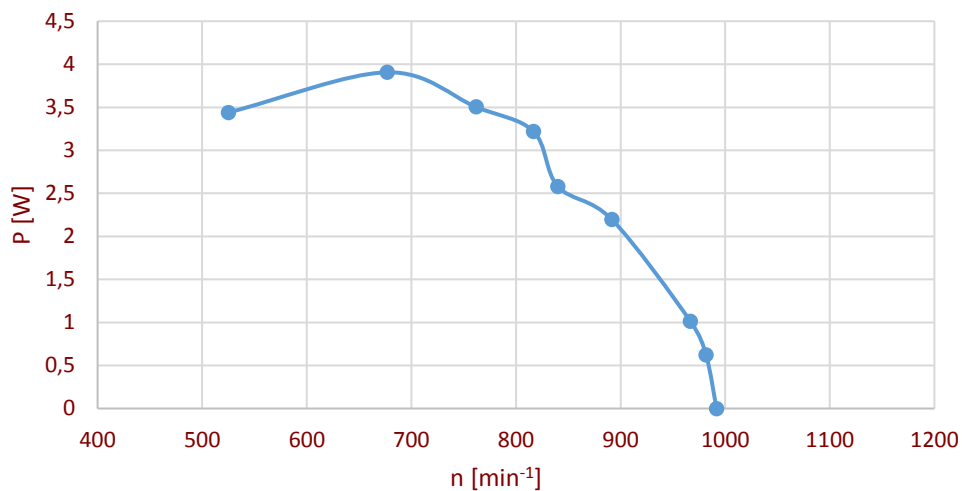
1.

$$P = U * I$$

2.



HYBR40: Fotowoltaika i energia wiatrowa 100 W



3.

Wartości prędkości obrotowej, napięcia i rezystancji przy których turbina wiatrowa osiąga moc maksymalną są następujące:

$$n_{\max} = 680 \text{ obr/min}; U_{\max} = 12,6 \text{ V}; R_{\max} = 40 \Omega$$

4.

Wartość napięcia spada wraz ze spadkiem prędkości obrotowej.

5.

Turbina wiatrowa osiąga swoją maksymalną moc wyjściową, gdy wirnik wytwarza określone napięcie i gdy jest obciążona określoną wartością rezystancji.

