

**Laboratorium z Konwersji Energii**

**Silnik Wiatrowy**

## 1.0.WSTĘP

Silnik wiatrowy to silnik wirnikowy zamieniający energię kinetyczną wiatru na pracę mechaniczną łopat wirnika, dzięki której wytwarzana jest energia elektryczna w generatorze. Jest to najbardziej ogólna zasada działania, która zmienia się w zależności od rodzaju turbiny.

Energia elektryczna uzyskana z wiatru jest bardzo ekologiczna, ponieważ jest to technologia bezodpadowa oraz podczas pracy turbin wiatrowych jest brak emisji gazów cieplarnianych. Ze względu na ogromne rozmiary koszty produkcji i budowy sięgają kilku milionów złotych, jednak gdy wiatraki zostaną postawione nie trzeba wykonywać przy nich żadnych prac ani inwestować dodatkowych pieniędzy. Aby efektywnie wykorzystać tę formę energii potrzeba duże powierzchnie terenu, najlepiej płaskiego, na którym wieją dość mocne wiatry. Prędkość wiatru przy którym pracują turbiny to zakres od 5 do 24 m/s. W dużych ilościach (poczynając od kilkunastu) wiatraki wytwarzają infradźwięki, czyli fale dźwiękowe o niskiej częstotliwości, które mogą powodować zaburzenia w komunikacji zwierząt (szczególnie ptaków). Sprawności wiatraków wahają się ok. od 23 do 47 % w zależności od konstrukcji.

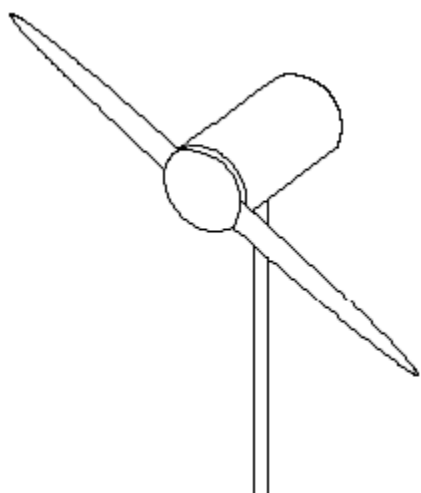
Tab.1 Wady i zalety silników wiatrowych:

| WADY   | ZALETY   |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Duże koszty produkcji i budowy</li><li>• Infradźwięki</li><li>• Zapotrzebowanie na duże powierzchnie terenu</li><li>• Uzależnienie od prędkości wiatru</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Nieskomplikowana budowa urządzeń</li><li>• Stosunkowo prosta eksploatacja</li><li>• Brak emisji gazów cieplarnianych</li><li>• Technologia bezodpadowa</li></ul> |

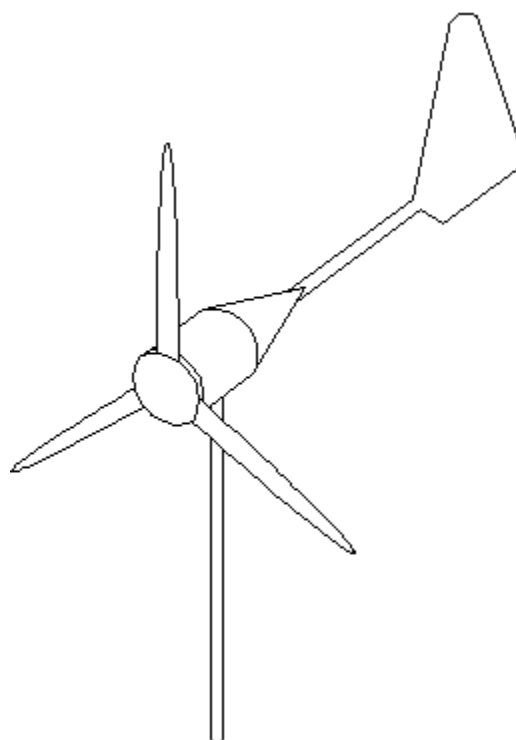
Podstawowe typy silników wiatrowych ze względu na budowę wirnika i jego położenie w strumieniu powietrza można podzielić na 2 główne grupy:

### 1.1. Silniki wiatrowe z wirnikiem łopatkowym

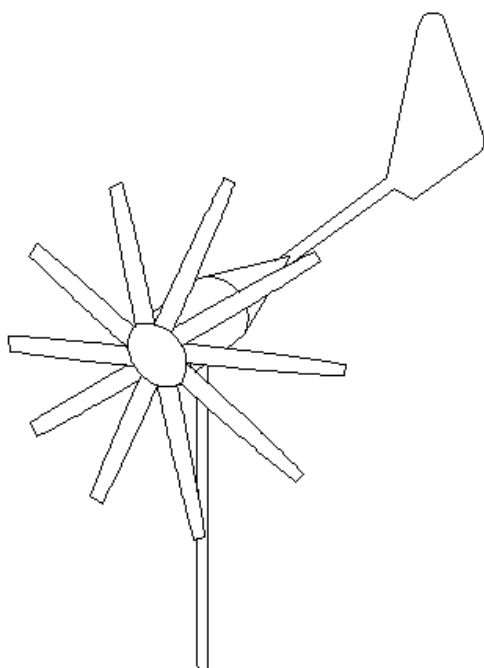
Silniki wiatrowe, w których wirnik jest położony w płaszczyźnie pionowej, a oś obrotu jest równoległa do kierunku wiatru. Takie silniki nazywają się silnikami wirnikowymi z wirnikiem łopatkowym.



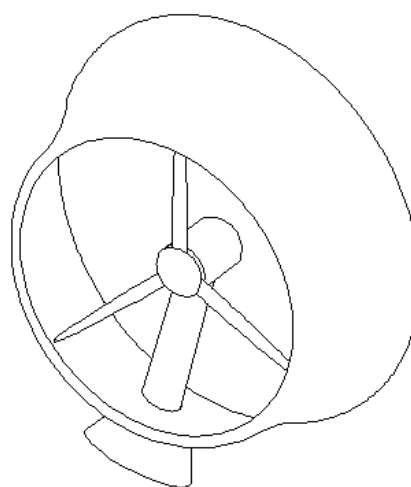
a) Dwupłatowe



b) Z trzema łopatomi



c) Wielopłatowe



d) Wyposażone w dyfuzor

Rys. 1. Rodzaje wirników łopatkowych

Tab.2 Wady i zalety silników wiatrowych z wirnikiem łopatkowym:

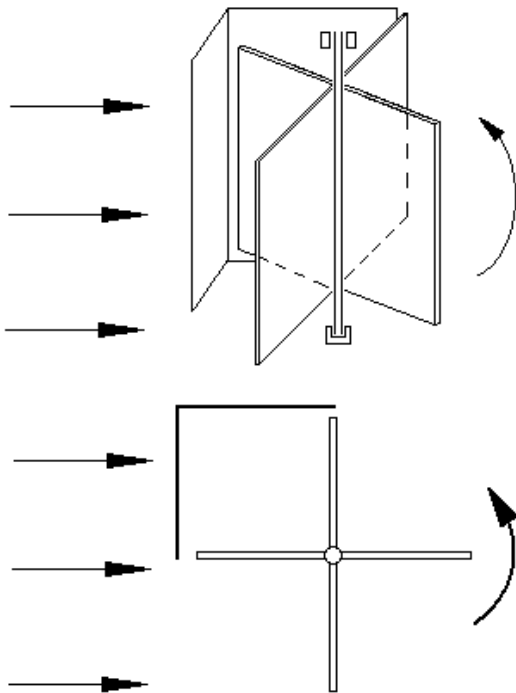
| WADY   | ZALETY  |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• ze względu na wysoka prędkość obrotowa wymagają mechanizmu, który przy bardzo silnym wietrze ogranicza obroty turbiny</li> <li>• wymagają mechanizmu „naprowadzania na wiatr”</li> <li>• w przypadku umieszczenia generatora w gondoli wymagają zastosowania połączeń ślizgowych</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• posiadają wyższą sprawność od turbin o pionowej osi obrotu,</li> <li>• posiadają estetyczny i harmonijny wygląd</li> </ul> |

### 1.2 Silniki wiatrowe karuzelowe i rotacyjne

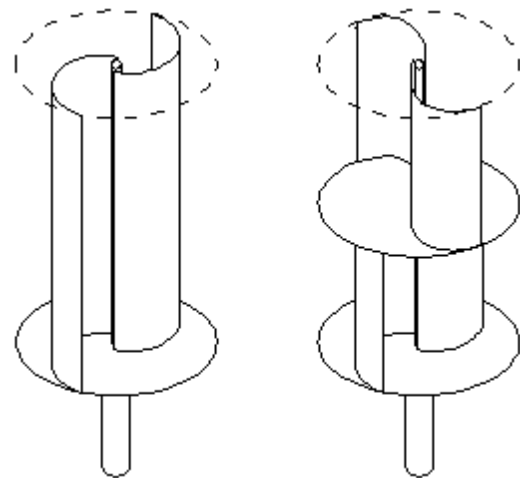
Silniki wiatrowe, w których oś obrotu wirnika jest prostopadła do kierunku wiatru. Według schematów konstrukcyjnych dzielą się one na 2 grupy:

Karuzelowe – niepracujące łopaty są zasłonięte przed działaniem wiatru.

Rotacyjne – wirnik zbudowany jest z dwóch łopat w kształcie półkółgów przesuniętych względem osi obrotu.



Rys. 2. Silnik wiatrowy karuzelowy



Rys. 3. Silnik wiatrowy rotacyjny

Tab.3 Wady i zalety silników wiatrowych karuzelowych i rotacyjnych:

| WADY   | ZALETY  |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• niska sprawność - aby wytworzyć taką samą ilość energii, co tradycyjne turbiny wymagają znacznie większych gabarytów</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• jednakowa praca niezależna od kierunku wiatru - nie wymagają mechanizmu „ustawiania na wiatr”</li> <li>• możliwość łatwego montażu na obiektach</li> </ul> |

- ze względu na niewielką prędkość obrotową potrzebny jest generator wolnobieżny lub przekładnia, której zastosowanie zmniejsza dodatkowo sprawność urządzenia i przyczynia się do zwiększenia emisji hałasu.

– nie jest konieczne budowanie wysokich masztów

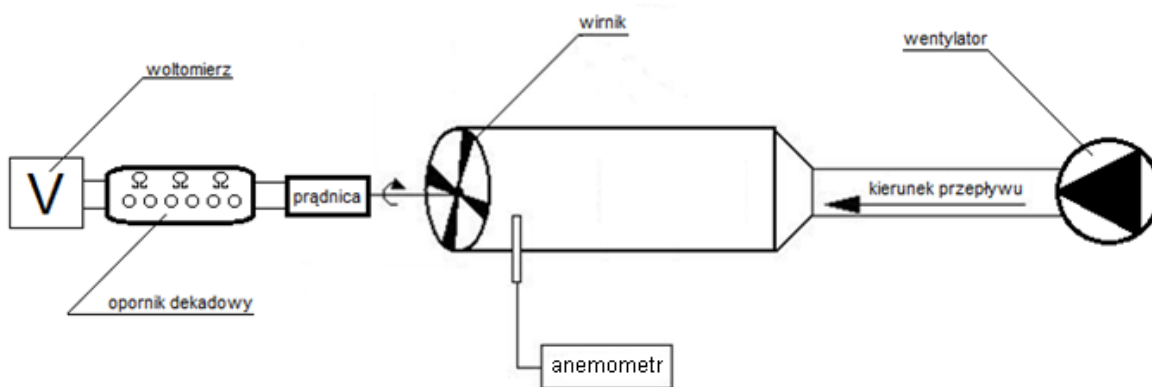
- cicha praca - nawet przy maksymalnej prędkości obrotowej
- odporność na silny wiatr - nie wymaga zatrzymania nawet przy wietrze o prędkości 40 m/s - kształt wirnika zapewnia aerodynamiczne ograniczenie prędkości obrotowej
- możliwa jest konstrukcja przenośna dzięki łatwemu montażowi i demontażowi

## 2.0 PRZEBIEG ĆWICZENIA LABORATORYJNEGO

### 2.1 Schemat i zasada działania stanowiska

w ćwiczeniu badany jest wpływ nachylenia łopatek na sprawność silnika wiatrowego.

W ćwiczeniu wiatr został zastąpiony przez wentylator, który połączony z kanałem napędza wiatrak łopatkowy. Przed wiatrakiem znajduje się sonda anemometru, która mierzy prędkość strugi wiatru. Wiatrak jest połączony z prądnicą wytwarzającą prąd elektryczny. Zadając różne wartości oporu elektrycznego odczytuje się wartości napięcia elektrycznego na prądnicę.



Rys. 4 Schemat stanowiska badawczego

### 2.2. Opracowanie sprawozdania:

Dla 3 wartości kąta nachylenia łopatek wirnika ( $\phi = 45^{\circ}, 60^{\circ}, 75^{\circ}$ ) zmierzyć napięcie przy różnych wartościach rezystancji opornika i wyznaczyć 3 charakterystyki (sporządzić wykresy):

- Napięcia ( $U$ ) od natężenia prądu ( $I$ )
- Mocy elektrycznej ( $P_{el}$ ) od logarytmu dziesiętnego z rezystancji ( $\log R$ )
- Maksymalną wartość sprawności ( $\eta_{max}$ ) od kąta nachylenia łopatek wirnika ( $\phi$ )

Natężenie prądu wyznaczyć ze wzoru:

$$I_{\varphi} = \frac{U_{\varphi}}{R}$$

$U_{\varphi}$  - napięcie dla danego kąta nachylenia łopatek wirnika

$R$  – rezystancja opornika

Moc strugi wiatru:

$$P_p = \frac{\rho \cdot w^3 \cdot \pi \cdot r^2}{2}$$

$\rho$  - gęstość powietrza ( $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ )

$w$  - prędkość wiatru (odczyt z anemometru)

$r$  - promień łopatki wirnika ( $r = 4,75 \text{ cm}$ )

Moc elektryczna:

$$P_{el\varphi} = U_{\varphi} \cdot I_{\varphi}$$

Sprawność:

$$\eta = \frac{P_{el}}{P_p} \cdot 100\%$$

### 3.0 PROTOKÓŁ POMIAROWY

| <b>R</b> | <b>U<sub>45°</sub></b> | <b>U<sub>60°</sub></b> | <b>U<sub>75°</sub></b> |
|----------|------------------------|------------------------|------------------------|
| <b>Ω</b> | <b>V</b>               | <b>V</b>               | <b>V</b>               |
| 1        |                        |                        |                        |
| 2        |                        |                        |                        |
| 3        |                        |                        |                        |
| 4        |                        |                        |                        |
| 5        |                        |                        |                        |
| 6        |                        |                        |                        |
| 7        |                        |                        |                        |
| 8        |                        |                        |                        |
| 9        |                        |                        |                        |
| 10       |                        |                        |                        |
| 20       |                        |                        |                        |
| 30       |                        |                        |                        |
| 40       |                        |                        |                        |
| 50       |                        |                        |                        |
| 60       |                        |                        |                        |
| 70       |                        |                        |                        |
| 80       |                        |                        |                        |
| 90       |                        |                        |                        |
| 100      |                        |                        |                        |
| 200      |                        |                        |                        |
| 500      |                        |                        |                        |
| 1000     |                        |                        |                        |
| 2000     |                        |                        |                        |
| 3000     |                        |                        |                        |
| 4000     |                        |                        |                        |
| 5000     |                        |                        |                        |
| 6000     |                        |                        |                        |
| 7000     |                        |                        |                        |
| 8000     |                        |                        |                        |
| 9000     |                        |                        |                        |
| 10000    |                        |                        |                        |

Data:

Podpis prowadzącego: