

Manfred Pudlik  
Katedra Inżynierii Procesowej  
Uniwersytet Opolski

## PRZETWARZANIE ENERGII WYNIKAJĄCYCH Z PRĘDKOŚCI I PORYWÓW WIATRU NA ENERGIĘ ELEKTRYCZNĄ Z WYKORZYSTANIEM PRĄDNICY LINIOWEJ

### Streszczenie

W wyniku eksperymentów przeprowadzonych w warunkach naturalnych określone zostały wymagania konstrukcyjno-eksploatacyjne jakie muszą spełniać silniki wiatrowe przetwarzające energię wynikającą z prędkości i porywów wiatru, napędzające prądnice liniowe. W badaniach wykorzystane zostały prądnice liniowe stosowane w tzw. wiecznych latarkach ręcznych, w których energia elektryczna gromadzona jest w kondensatorach i przetwarzana na światło przez świecące diody.

**Słowa kluczowe:** energia wiatru, silniki wiatrowe, prądnica liniowa

### Wykaz oznaczeń

- $v$  – chwilowa prędkość wiatru [m/s],
- $\tau$  – czas [s],
- $\alpha$  – kąt skręcenia łopat [rd],
- N S – bieguny magnesu

### Wprowadzenie

Odkrycie w 1831 roku przez M. Faraday'a zjawiska indukcji elektromagnetycznej dało podstawy do zbudowania indukcyjnych generatorów energii elektrycznej z ruchem obrotowym cewki względem magnesów (rys. 1.a) lub liniowym magnesu względem cewki (rys. 1.b). Pierwszy sposób wykorzystywany jest w powszechnie stosowanych generatorach energii elektrycznej natomiast drugi, czyli prądnice liniowe nie znalazł do chwili obecnej szerszego zastosowania. Wykorzystywane są natomiast silniki liniowe, między innymi w magnetowidach, kolejnictwie itp.

Generatory obrotowe stosowane w elektrowniach wiatrowych zaczynają efektywnie działać dopiero przy średnich prędkościach wiatru przekraczających 5 m/s. Dlatego w Polsce duże elektrownie wiatrowe można instalować tylko w pasie nadmorskim, gdzie panują korzystne warunki wiatrowe [Heier 1996].

Autor prowadząc prace eksperymentalne związane z przetwarzaniem energii wynikających z wiatru w jego warstwie architektonicznej, obserwował działanie kilkunastu małych elektrowni wiatrowych. W oparciu o uzyskiwane wyniki stwierdza, że ze względu na warunki wiatrowe występujące w Polsce do chwili, gdy zaistnieją w kraju warunki ekonomiczne umożliwiające stosowanie prądnic wolnoobrotowych, te małe elektrownie nie są opłacalne poza pasem nadmorskim [Dreszer, Michałek, Roszkowski 2003, Pudlik 2002b, 2004].

W roku 2004 pojawiły się na naszym rynku tzw. latarki ręczne, w których prądnica liniowa napędzana ręcznie ruchem posuwisto-zwrotnym przekazuje impulsy energii elektrycznej do kondensatora, a dioda świecąca zamienia ją na światło. Prądnice liniowe zastosowane w tych urządzeniach postanowiono wykorzystać do przeprowadzenia badań własnych zmierzających do określenia technicznych warunków przetwarzania na energię elektryczną energii wiatrów wiejących z małymi prędkościami tzn z prędkościami chwilowymi od 1-7 m/s, które stanowią średnio ponad 50% czasu wiania wiatrów nad obszarem Polski poza pasem nadmorskim [Pudlik 2002a, 2003]. W poprzednich badaniach dotyczących niekonwencjonalnych sposobów przetwarzania energii wiatru, zweryfikowana została hipoteza o możliwości przetwarzania energii wynikającej z porywów wiatru na energię elektryczną z wykorzystaniem korozyjnego ogniwa naprężeniowego [Pietrow, Pudlik 2003].

### **Cel badań**

Celem badań było eksperymentalne określenie cech konstrukcyjnych obrotowych silników wiatrowych przetwarzających energię wynikającą z prędkości wiatru i silników wychyłowo-zwrotnych przetwarzających energię wynikającą z porywów wiatru, które mają napędzać prądnice liniowe bez stosowania przekładni mechanicznych.

### **Stanowiska i przebieg eksperymentów**

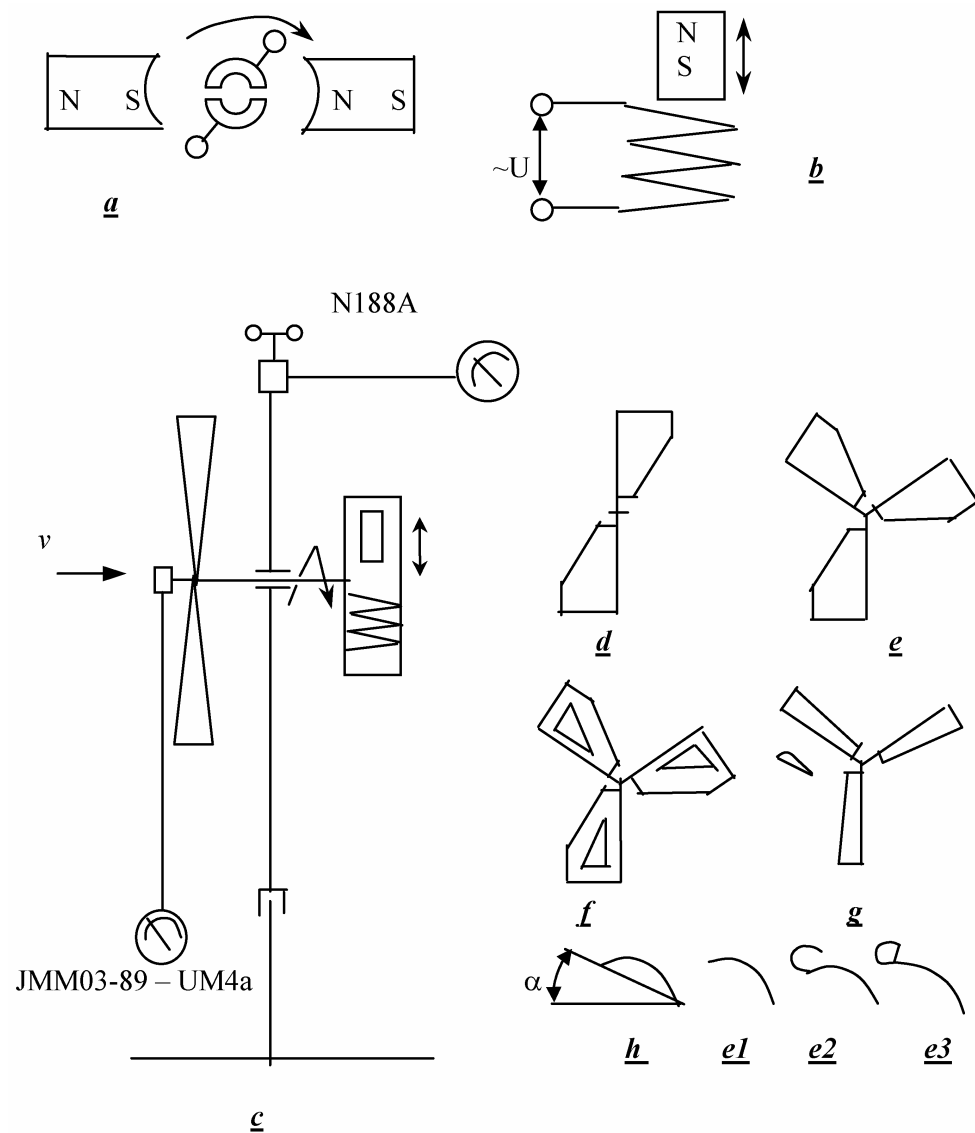
Stanowiska badawcze zainstalowane zostały w nieosłoniętych przestrzeniach architektonicznej warstwy wiatru w równinnym terenie w miejscowości Pustków, położonej 20 km na wschód od Opola, gdzie średnia roczna prędkość wiatru wynosi około 2,5 m/s. Wartości prędkości chwilowych wiatru były określane

z wykorzystaniem anemometru N188A, a prędkości obrotowe osi wirników z wykorzystaniem układu tachometrycznego: prądnica JMM03-89-miernik UM4a (rys. 1.c), wyskalowanego na tokarce TUM25. Częstotliwości określone były z wykorzystaniem miernika częstotliwości MC-3T. Obserwacje działania zbudowanych układów prowadzone były od listopada 2004 r. do połowy lutego 2005 r.

Na stanowisku silników z bocznym parciem wiatru instalowane były silniki z giętymi płatami wykonanymi z blachy aluminiowej o grubości 2 mm (rys. 1.d,e,f), posiadające kształt trapezu. Na osi wirników z drugiej strony, w aluminiowej tubie, umieszczono prądnicę liniową z latarką o długości 250 mm i średnicy 40 mm (rys. 1.c). Wirniki posiadały średnicę 1150 mm, natomiast kąt skreślenia łopat (rys.1.h) zmieniany był z zakresie od  $10^\circ$  do  $60^\circ$  co  $10^\circ$ . Łopaty miały kształt profilowany (rys. 1.e1) oraz zagięty na końcach (rys. 1.e2) i zagięty z zaślepieniem (rys. 1.e2) w celu zwiększenia oporów wirnika. W wirniku z rys 1.f w tym samym celu wykonane zostały trójkątne wycięcia. Trójramienny wirnik z rys. 1.g posiada wąskie profilowane łopaty wykonane z drewna.

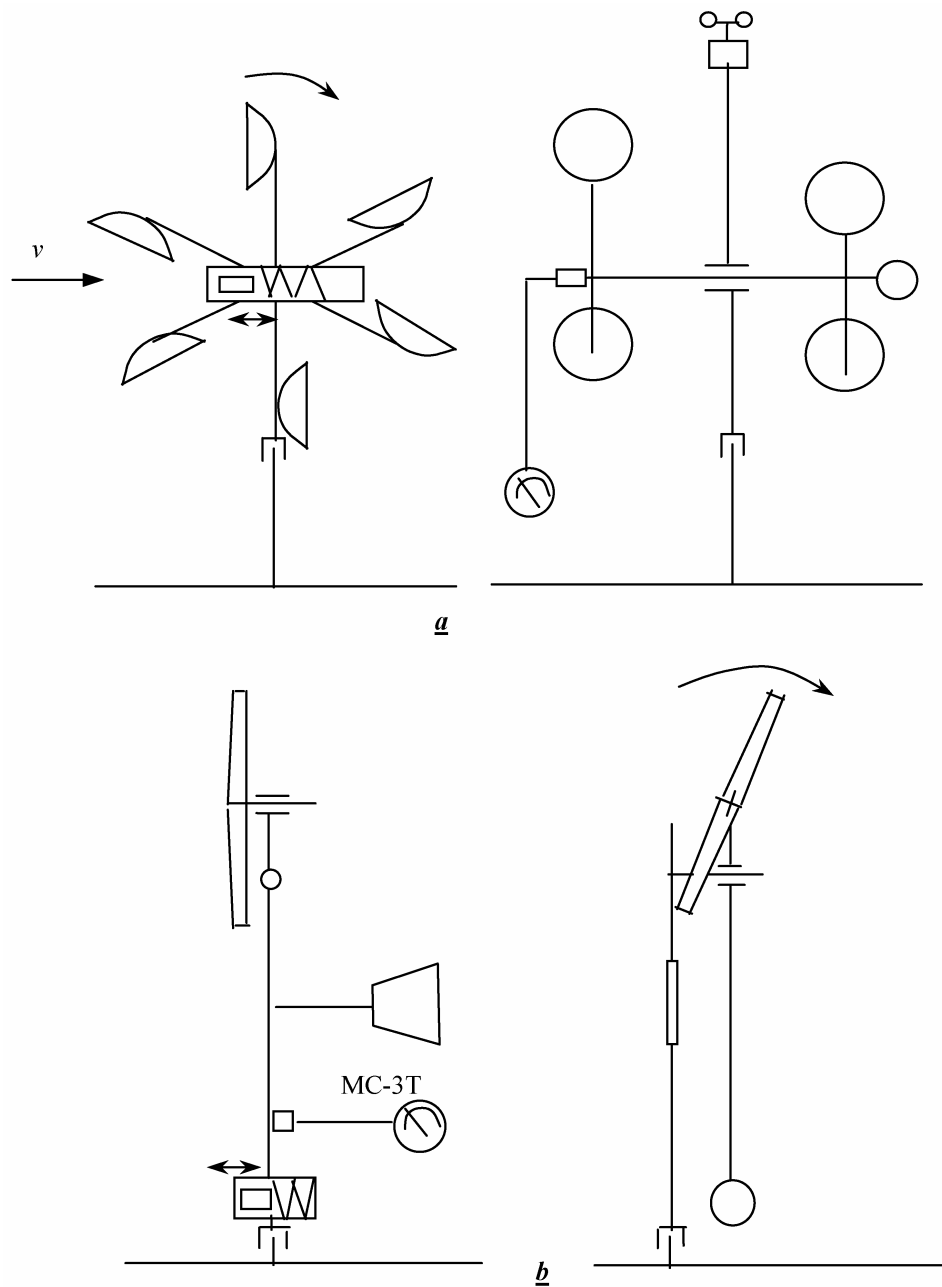
Na stanowisku do badania silników obrotowych z czołowym parciem wiatru na wspólnej osi zamontowane są dwa trójramienne rotory z ramionami o długości 550 mm, na końcach których osadzone są czasze o średnicy 300 mm (rys. 2.a). Na jednym końcu osi obrotu osadzona jest prądniczka tachometryczna, a na drugim prądnica liniowa.

Rys. 2.b przedstawia schemat stanowiska, na którym dwuramienny silnik wiatrowy umieszczony na wysokości 5 m, posiada śmigło ( $\phi 1$  m) osadzone na łożysku tocznym z powiększonymi luzami wywołanymi długotrwałą pracą. Wywołuje ono drgania pionowego pręta, na końcu którego umieszczona jest prądnica liniowa. Po przekroczeniu pewnej prędkości wiatru drgania te posiadają już częstotliwość i amplitudę, które powodują skuteczne działanie prądnicy liniowej. Do określenia wymaganych cech silników wychyłowo-zwrotnych zbudowane zostały dwa stanowiska z użyciem prądnicy liniowej z latarki o długości 180 mm i średnicy 30 mm, która posiada kondensator o pojemności 0,1 F przy napięciu 5,5 V (rys. 3.b,c). W pierwszym płat (500 × 350 mm) umieszczony jest na ramieniu z układem sprężyn w dolnej części, a w drugim taki sam płat zainstalowany jest na sprężystym pręcie wykonanym z cienkościennej rurki z tworzywa sztucznego o średnicy 20 mm. Układy te działają w oparciu o zjawisko admitancji mechanicznej, czyli dynamicznej odpowiedzi układu na zmienne obciążenia zewnętrzne, którymi są siły pochodzące od parcia porywów wiatru.

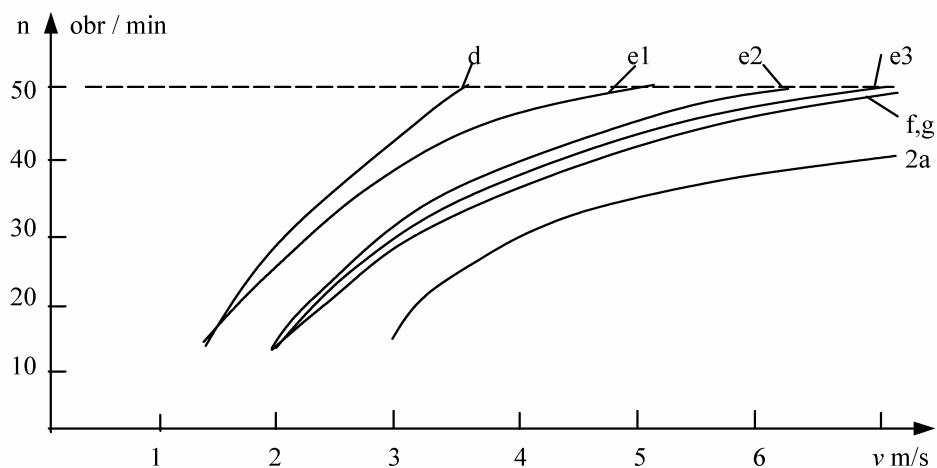


Rys. 1. Schematy działania prądnic - a,b i stanowiska silników z bocznym parciem wiatru: c - g

Fig. 1. Operational diagrams of the generators - a, b and engine stands with side pressure of wind: c - g

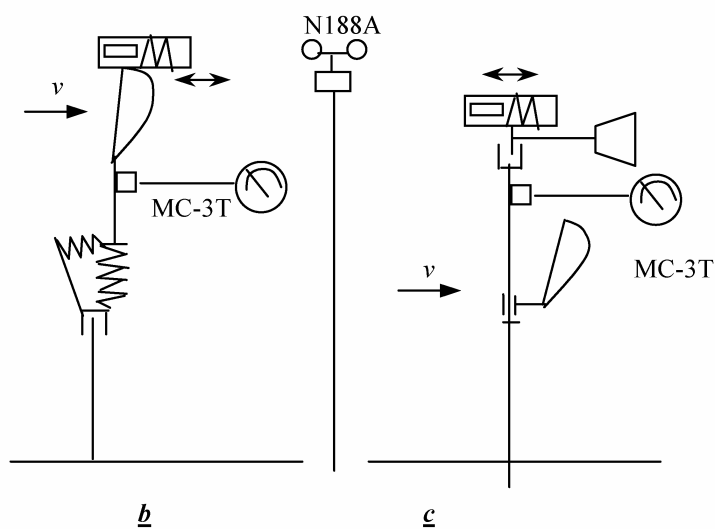


Rys. 2. Schematy stanowisk z silnikami obrotowymi  
 Fig. 2. Diagrams of stands equipped with rotary engines



a

d – wirnik dwupłatowy, e1 – wirnik trój płatowy bez zagięć na końcach płatów, e2 – wirnik trój płatowy z zagiętymi końcami płatów, e3 - wirnik trój płatowy z czaszami na końcach płatów, f – wirnik trój płatowy z wycięciami w płatach, g – wirnik trój ramienny z płatami z drewna, 2a – silnik z czołowym parciem wiatru



b

c

Rys. 3. Charakterystyki wiatrowych silników obrotowych- a i schematy stanowisk z silnikami wychyłowo-zwrotnymi – b, c

Fig. 3. Description of rotary wind engines – a and diagrams of stands provided with tilt-and-turn engines – b, c

## **Wyniki badań**

- Zastosowanie w silnikach obrotowych płatów trapezowych z większą podstawą umieszczoną na średnicy zewnętrznej jest trafnym rozwiązaniem przy napędach prądnic liniowych, bo powoduje działanie silnika wiatrowego już przy prędkościach chwilowych wiatru przekraczających 1,5 m/s (rys. 3.a).
- Dwuramienny silnik (rys.1.d) nawet przy kącie skręcenia łopatek wynoszącym  $60^\circ$  rozbiega się i skutecznie napędza prądnicę liniową tylko w zakresie prędkości chwilowych wiatru od 1,5÷3,5 m/s (rys.3.a).
- Optymalnym silnikiem obrotowym z bocznym parciem wiatru jest silnik trójramienny z wycięciami w płatach (rys. 1.f).
- Silnik z czołowym parciem wiatru (rys. 2.a) nie rozbiega się i nadaje się do napędu prądnic liniowych (rys. 3.a).
- Układ, w którym drgania silnika obrotowego wywołują drgania pręta (rys. 2.b) napędza skutecznie prądnicę liniową od wartości chwilowych prędkości wiatru przekraczających 5 m/s.
- Silniki wychyłowo-zwrotne przetwarzające energię wynikającą z porywów wiatru (rys. 3.b,c) nadają się do napędu prądnic liniowych, ale działają tylko po przekroczeniu określonych wartości prędkości chwilowych wiatru zależnych od cech geometrycznych i dynamicznych układu. Układ z rys 3.b skutecznie napędza prądnicę liniową po przekroczeniu chwilowych prędkości wiatru przekraczających 5 m/s, a z rys. 3.c po przekroczeniu wartości 4 m/s.

## **Wnioski**

Wiatrowe silniki obrotowe z czołowym i bocznym parciem wiatru oraz sprężynowe silniki wychyłowo-zwrotne mogą napędzać prądnice liniowe pod warunkiem, że spełniają wymagania pod względem cech geometrycznych i dynamicznych zależne od cech eksploatacyjnych zastosowanej prądnic.

Układy, w których obrotowy silnik wiatrowy posiadający odpowiednią konstrukcję wirnika napędza prądnicę liniową zezwalają na uzyskiwanie energii elektrycznej przy małych prędkościach wiatru tj. już przy chwilowych prędkościach wiatru przekraczających 1,5 m/s.

1. Wyniki przeprowadzonych eksperymentów pilotażowych upoważniają do stwierdzenia celowości prowadzenia dalszych badań w tym zakresie mających na celu zbudowanie układów mogących znaleźć szersze praktyczne zastosowanie.

## **Bibliografia**

Dreszer K.A., Michałek R., Roszkowski 2003. Energia odnawialna-możliwości jej pozyskiwania i wykorzystywania w rolnictwie, PTIR, Kraków-Lublin- Warszawa.

Heier S. 1996. Windkraftanlagen im Netzgetriebe, B.G.Teubner, Stuttgart.

Pietrow L., Pudlik M. 2003. Przetwarzanie energii porywów wiatru na energię elektryczną z wykorzystaniem naprężeniowego ogniwa korozyjnego, Zesz. Nauk. Katedry Inżynierii Procesowej Uniwersytetu Opolskiego, z. 1, 95-98.

Pudlik M. 2002a. Zasady wykorzystywania wiatru jako wielopostaciowego źródła energii, Zeszyty problemowe postępów nauk rolniczych, z. 486, cz. II, Problemy techniki rolniczej i leśnej, Warszawa, 81-85.

Pudlik M. 2002b. Porywy wiatru jako źródło energii do napędu niektórych maszyn w rolnictwie, Inżynieria Rolnicza Nr 6 (39), Warszawa, 361-366.

Pudlik M. 2003. Porywy wiatru jako źródło energii, Uniwersytet Opolski, Studia i Monografie, nr 332, Opole, ss. 109.

Pudlik M. 2004. Przykłady niekonwencjonalnych sposobów przetwarzania i wykorzystywania energii wiatru, Inżynieria Rolnicza Nr 4 (59), Kraków, 155-161.

## **PROCESSING ENERGY RESULTING FROM GUSTS INTO ELECTRIC POWER USING THE LINEAR GENERATOR**

### **Summary**

As a result of the experiments carried out in natural conditions, the construction and operational requirements were determined which have to be met by wind engines which convert the energy resulting from the speed and wind gusts which drive the linear generators. Linear generators, used in so called 'eternal' hand-held torches, in which the electric energy is stored in capacitors and turned into light by LEDs.

**Key words:** wind energy, wind engines, linear generator