

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **221129**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **398448**

(51) Int.Cl.
F03D 7/04 (2006.01)
F03D 7/02 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **14.03.2012**

(54) **Sposób zabezpieczenia mechanizmów turbiny wiatrowej przed skutkami nagłych, nadmiernych obciążeń i układ do zabezpieczenia łopat turbiny wiatrowej**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
16.09.2013 BUP 19/13

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
29.02.2016 WUP 02/16

(73) Uprawniony z patentu:

**ADAPTRONICA SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Łomianki, PL
INSTYTUT PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW
TECHNIKI POLSKIEJ AKADEMII NAUK,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ARKADIUSZ MRÓZ, Kraków, PL
JANUSZ GRZĘDZIŃSKI, Warszawa, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzec. pat. Anna Bełz

PL 221129 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób zabezpieczenia mechanizmów turbiny wiatrowej, zwłaszcza łopat turbiny wiatrowej o poziomej osi obrotu, przed skutkami nadmiernych obciążeń spowodowanych zwłaszcza nagłym uderzeniem wiatru, oraz układ do zabezpieczenia łopat turbiny wiatrowej.

Znane dotychczas mechanizmy nastawiania kąta łopat są zbyt wolne, aby skutecznie obrócić łopatę dużej turbiny wiatrowej w odpowiedzi na gwałtowny podmuch.

Znana jest także z opisu polskiego wynalazku nr 205962 siłownia wiatrowa, posiadająca zdalny system pomiarów akustycznych, przystosowany do pomiaru prędkości i kierunku wiatru, zamocowany na gondoli w rejonie piasty wirnika, który to system ma układ do przesyłania informacji, a zmierzone dane przetwarza się za pomocą urządzenia sterującego i nastawia się kąt natarcia łopat względem wiatru innych turbin wiatrowych podłączonych do wspomnianego urządzenia sterującego. Inne znane rozwiązanie, opisane w zgłoszeniu wynalazku nr EP2078854 dotyczy awaryjnego zasilania mechanizmu nastawiania kąta łopaty, przy użyciu akumulatorów, które w wypadku wykrycia awarii głównego źródła zasilania zapewniają energię potrzebną do obrócenia łopat do pozycji „w chorągiewkę”, co skutkuje spadkiem obciążeń aerodynamicznych turbiny. Wynalazek zakłada aktywny mechanizm nastawiania kąta łopaty, a w związku z tym proponowany system awaryjnego zasilania musi zapewnić znaczny rozbiór mocy.

Zgodnie z wynalazkiem na piaście turbiny wiatrowej mocuje się czujnik ciśnienia dynamicznego, natomiast w nasadzie łopat mocuje się czujniki odkształcenia i za ich pośrednictwem wysyła się sygnały do wejścia układu sterującego, który na ich podstawie oblicza wartość naprężenia w nasadzie łopaty, a następnie, po przekroczeniu progowego naprężenia nasady łopaty, za pośrednictwem sprzęgła magnetoreologicznego, którego zasilanie cewki steruje się poprzez układ sterujący, zmienia się sztywność połączenia skrętnego łopaty z piastą, co powoduje obrót łopat pod działaniem niezrównoważonego aerodynamicznego momentu skręcającego, aż do osiągnięcia takiego kąta natarcia, przy którym zmniejszy się naprężenie nasady łopat poniżej wartości dopuszczalnej. Korzystnie zmianę sztywności skrętnego połączenia łopaty z piastą dokonuje się za pośrednictwem sprzęgła magnetoreologicznego wyposażonego w magnes stały. Po złagodzeniu obciążeń poniżej dopuszczalnego poziomu, lub po osiągnięciu maksymalnej wartości kąta obrotu łopaty, przywraca się sztywność połączenia skrętnego łopaty z piastą, a następnie, za pomocą mechanizmu nastawiania kąta łopaty nastawia się optymalny kąt łopaty.

W przypadku zaniku zasilania głównego automatycznie włącza się zasilanie awaryjne układu sterującego, za pośrednictwem którego zmienia się sztywność sprzęgieł magnetoreologicznych, łączących łopaty z piastami. Ponadto w przypadku zaistnienia konieczności nagłego hamowania, na skutek awarii wirnika siłowni wiatrowej wysyła się sygnał z istniejącego układu regulacji turbiny wiatrowej do układu sterującego, a następnie za jego pośrednictwem upodadnia się sprzęgło magnetoreologiczne.

Przedmiotem wynalazku jest także układ do zabezpieczenia łopat turbiny wiatrowej przed nadmiernym obciążeniem.

Układ sterujący i zasilacz sprzęgła jest podłączony do źródła zasilania. Wyjście czujnika ciśnienia dynamicznego, osadzonego na piaście łopaty jest połączone z wejściem układu sterowania. Również wyjścia czujników odkształcenia umieszczone na nasadach łopat są połączone z wejściami układu sterowania. Wyjście enkodera jest także połączone z wejściem układu sterowania, którego wyjście połączone jest poprzez zasilacz z cewką sprzęgła magnetoreologicznego.

Układ sterujący oraz zasilacz sprzęgła jest połączony poprzez stycznik z awaryjnym zespołem zasilania. Jedno wyjście zespołu awaryjnego zasilania jest połączone z cewką stycznika, a drugie wyjście jest połączone z wejściem układu sterowania.

Sposób według wynalazku umożliwia szybkie przestawienie się łopat pod naporem wiatru, w przypadku nagłego wzrostu sił powodujących przekroczenie dopuszczalnych naprężeń. Sposób zapewnia ochronę łopat siłowni wiatrowej w sytuacjach awaryjnych, gdy konieczny jest szybki spadek obciążeń łopat. W szczególności sposób zapewnia ochronę łopat turbiny wiatrowej w sytuacji zaniku zasilania, kiedy aktywne systemy mają ograniczone zastosowanie. Ponadto sposób według wynalazku, jako semi-aktywny pozwala na złagodzenie obciążeń korzystając z niewielkiego poboru mocy z układu zasilania awaryjnego.

Ponadto do wejścia układu sterującego jest podłączone wyjście układu regulacji turbiny wiatrowej.

Przykład I zastosowania sposobu.

Na nasadach trzech łopat zainstalowane zostały czujniki odkształcenia, a na piaście wirnika zainstalowany jest – równolegle z osią wirnika turbiny – czujnik ciśnienia dynamicznego. Określono naprężenia graniczne dla nasady łopat i na ich podstawie wyskalowano czujniki odkształcenia. Na gondoli osadzono obudowę z układem sterującym, który odbiera sygnały z czujników. Nasady łopat połączone z piastami za pośrednictwem sprzęgieł magnetoreologicznych wyposażonych w magnes stały oraz w cewkę, wytwarzającą pole magnetyczne równoważne polu wytwarzanemu przez magnes stały. W przypadku zbliżania się podmuchu czujnik ciśnienia dynamicznego wysyła z wyprzedzeniem sygnał. Także czujniki odkształceń w momencie uderzenia podmuchu przesyłają sygnały o przekroczeniu dopuszczalnych naprężeń w nasadach łopat. Układ sterujący na podstawie wskazań czujników ciśnienia określa czy narasta podmuch zagrażający konstrukcji turbiny wiatrowej, a jeśli tak, to – na podstawie sygnałów z czujników odkształcenia – sprawdza czy przekroczone są dozwolone poziomy naprężeń w łopatach. W przypadku spodziewanego przekroczenia naprężeń układ sterujący przesyła sygnał do zasilacza, który włącza zasilanie cewki sprzęgła. Następuje natychmiastowe wysprężenie łopat, które pod wpływem siły podmuchu samoczynnie obracają się wokół osi w kierunku ustawienia „w chorągiewkę”. Po ustąpieniu podmuchu łopaty są obracane przez istniejące mechanizmy do położenia, w którym energia strumienia powietrza wykorzystywana jest optymalnie.

Przykład II

W trakcie pracy turbiny wiatrowej odłączono źródło zasilania. Wówczas zespół awaryjnego zasilania uruchamia stycznik, który przełącza zasilanie układu sterowania i zasilacza sprzęgła z tego awaryjnego zespołu. Jednocześnie do układu sterowania wysyła+ sygnał, na podstawie którego uruchamiana jest procedura wysprężenia łopat turbiny.

Układ według wynalazku jest pokazany w przykładowym połączeniu na rysunku przedstawiającym schemat blokowy połączeń zespołów wirnika siłowni wiatrowej.

Układ do zabezpieczenia łopat turbiny wiatrowej przed nadmiernymi obciążeniami ma układ **US** sterowania i zasilacz **ZP** sprzęgła, które są podłączone do źródła **ZAS**. Układ posiada czujnik pomiaru ciśnienia **SC** dynamicznego zainstalowany na piaście turbiny oraz czujniki **SC** odkształcenia zamontowane na nasadzie każdej łopaty **B**. Wyjścia czujnika **SC** ciśnienia dynamicznego oraz wyjścia czujników **SO** odkształcenia są połączone z wejściami układu **US** sterowania. Również wyjście czujnika **SC** jest połączone z istniejącym układem **UST** sterowania turbiny wiatrowej. Ponadto wyjście enkodera **EN** zainstalowanego przy członie łopaty **B** jest połączone z wejściem układu **US** sterującego. Wyjście układu **US** sterowania połączone jest poprzez zasilacz **ZP** sprzęgła z cewką sprzęgła **MR** magnetoreologicznego. Sprzęgło **MR** magnetoreologiczne jest umieszczone w piaście **P**, pomiędzy mechanizmem **MK** nastawiania kąta łopaty **B** a jej nasadą. Układ **US** sterujący oraz zasilacz **ZP** są przyłączone do źródła **ZAS** zasilania. Układ **US** sterujący i zasilacz **ZP** sprzęgła są także połączone poprzez stycznik **S** z awaryjnym zespołem **AZ** zasilania. Jedno wyjście zespołu **AZ** awaryjnego zasilania jest połączone z cewką stycznika **S**, a drugie wyjście połączone jest z układem **US** sterowania. Do wejścia układu **US** sterowania jest podłączone wyjście układu **UST** regulacji turbiny wiatrowej.

Stan wyężenia nasady łopaty jest monitorowany przez układ czujników odkształcenia **SO** umieszczonych w połączeniu łopaty **B** i piasty **P**, natomiast ciśnienie dynamiczne wiatru jest monitorowane przez czujnik ciśnienia **SC** umieszczony na piaście. Sygnały z czujników **SO** i **SC** są przesyłane do układu **US** sterującego, w którym uprzednio ustala się wartość poziomu dopuszczalnego obciążenia łopaty **B** i zapisuje się w jego pamięci. W zależności od relacji pomiędzy wartościami bieżącymi a dopuszczalnymi, układ **US** sterujący odpowiednio reguluje podatność sprzęgła **MR** magnetoreologicznego. Sprzęgło **MR** jest umieszczone pomiędzy mechanizmem **MK** nastawiania kąta łopaty **B** a jej nasadą tak, że obciążenie łopaty **B** momentem skręcającym przekazywane jest na sprzęgło **MR** magnetoreologiczne, natomiast pozostałe obciążenia przekazywane są, dzięki systemowi łożyskowania **ŁT**, bezpośrednio na piastę **P**. Sprzęgło **MR** wyposażone jest w magnes **MS** stały, który umożliwia utrzymanie jego maksymalnej sztywności w przypadku, gdy przez cewkę sprzęgła **MR** magnetoreologicznego nie płynie prąd elektryczny.

W przypadku, gdy układ sterujący **US** zarejestruje przekroczenie wartości dopuszczalnych rejestrowanych przez czujniki wielkości fizycznych, generowany jest sygnał do zasilacza **ZP** sprzęgła. Zasilacz **ZP** sprzęgła podaje na cewkę sprzęgła **MR** magnetoreologicznego prąd o natężeniu pozwalającym na wygenerowanie takiego pola magnetycznego, które w całości lub częściowo znosi pole magnetyczne stałego magnesu **MS**. W wyniku tego procesu sztywność sprzęgła **MR** magnetoreologicznego ulega obniżeniu o wartość określoną przez algorytm układu **US** sterującego, co z kolei skut-

kuje obrotem łopaty **B** wokół swojej osi. Zmniejszeniu sztywności sprzęgła **MR** magnetoreologicznego towarzyszy aktywacja enkodera **EN** mierzącego obrót łopaty **B** względem piasty **P**. Układ **US** sterujący posiada zabezpieczenie przed obrotem łopaty **B** w niewłaściwym kierunku, polegający na tym, że ponowne usztywnienie połączenia następuje w przypadku gdy enkoder **EN** rejestruje obrót łopaty **B** w niewłaściwym kierunku. Kąt obrotu łopaty przekazywany jest również do układu **UST** regulacji. Po całkowitym ustaniu podmuchu optymalny kąt nastawienia łopaty **B** jest przywracany przy pomocy standardowego mechanizmu **MK** nastawienia kąta łopaty **B**.

W przypadku zaniku głównego źródła **ZAS** zasilania zespół **AZ** awaryjnego zasilania powoduje przełączenie, poprzez stycznik **S**, układu **US** sterującego i zasilacza **ZP** na zasilanie awaryjne, przy czym informacja o bieżącym źródle zasilania przekazywana jest do układu **US** sterującego, który w takim przypadku zasilania zmienia sztywność połączenia skrętnego łopaty **B** z piastą **P** za pośrednictwem sprzęgła **MR** magnetoreologicznego, co powoduje obrót łopaty **B** pod działaniem niezrównoważonego aerodynamicznego momentu skręcającego. Po złagodzeniu obciążeń poniżej bezpiecznego poziomu, lub po osiągnięciu maksymalnej wartości kąta obrotu łopaty, przywraca się sztywność połączenia skrętnego łopaty **B** z piastą **P**.

W przypadku hamowania awaryjnego układ regulacji turbiny wiatrowej **UST** wysyła sygnał do układu **US** sterującego o aktywacji procedury awaryjnego hamowania, który na tej podstawie zmienia sztywność połączenia skrętnego łopaty **B** z piastą **P** za pośrednictwem sprzęgła **MR** magnetoreologicznego, co powoduje obrót łopaty **B** pod działaniem niezrównoważonego aerodynamicznego momentu skręcającego. Po usunięciu awarii przywraca się sztywność połączenia skrętnego łopaty **B** z piastą **P**.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób zabezpieczenia mechanizmów turbiny wiatrowej o poziomej osi obrotu przed skutkami wystąpienia nagłych, nadmiernych obciążeń, w którym regulowany jest kąt optymalnego nastawienia łopaty w zależności od siły wiatru, **znamienny tym**, że w nasadzie łopaty mocuje się czujniki odkształcenia, a na piaście łopaty mocuje się czujnik do pomiaru ciśnienia dynamicznego i za ich pośrednictwem wysyła się sygnały do wejścia układu sterującego, w którym, na ich podstawie, oblicza się wartość naprężenia w nasadzie łopaty, a następnie, po przekroczeniu progowego naprężenia w nasadzie łopaty, za pośrednictwem sprzęgła magnetoreologicznego, sterowanego układem sterującym, zmienia się sztywność połączenia skrętnego łopaty z piastą i jednocześnie aktywizuje się enkoder, mierzący kąt obrotu łopaty, a po złagodzeniu obciążeń poniżej dopuszczalnego poziomu, lub po osiągnięciu maksymalnej wartości kąta obrotu łopaty, przywraca sztywność połączenia skrętnego łopaty z piastą, a następnie, za pomocą mechanizmu nastawiania kąta nastawia się optymalny kąt łopaty.

2. Sposób zabezpieczenia łopaty turbiny według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zmianę sztywności połączenia łopaty z piastą dokonuje się za pośrednictwem sprzęgła magnetoreologicznego wyposażonego w magnes stały.

3. Sposób zabezpieczenia łopaty turbiny według zastrz. 1, **znamienny tym**, że podczas zaniku zasilania mechanizmu nastawiania kąta łopaty układ sterujący oraz zasilacz cewki sprzęgła magnetoreologicznego podłącza się do awaryjnego zespołu zasilania.

4. Sposób zabezpieczenia łopaty turbiny według zastrz. 1 **znamienny tym**, że w przypadku awarii wirnika siłowni wiatrowej wysyła się sygnał z istniejącego układu regulacji turbiny wiatrowej do układu sterującego, a następnie za jego pośrednictwem upodatnia się sprzęgło magnetoreologiczne.

5. Układ do zabezpieczenia łopaty turbiny wiatrowej przed nadmiernym obciążeniem, posiadający czujnik pomiaru ciśnienia dynamicznego oraz układ sterujący, **znamienny tym**, że wyjście czujnika (**SC**) ciśnienia dynamicznego, osadzonego na piaście turbiny wiatrowej, wyjścia czujników (**SO**) odkształcenia umieszczonych na nasadach łopaty (**B**) oraz wyjście enkodera (**EN**) są połączone z wejściami układu (**US**) sterowania, natomiast wyjście układu (**US**) sterowania połączone jest poprzez zasilacz (**ZP**) z cewką sprzęgła (**MR**) magneto reologicznego.

6. Układ zabezpieczenia mechanizmów turbiny wiatrowej, według zastrz. 5, **znamienny tym**, że układ (**US**) sterujący oraz zasilacz (**ZP**) jest połączony poprzez stycznik (**S**) z awaryjnym zespołem (**AZ**) zasilania.

7. Układ zabezpieczenia mechanizmów turbiny wiatrowej według zastrz. 5, **znamienny tym**, że do wejścia układu (**US**) sterującego jest podłączone wyjście układu (**UST**) regulacji turbiny wiatrowej.

Rysunek



