

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6215849号
(P6215849)

(45) 発行日 平成29年10月18日(2017.10.18)

(24) 登録日 平成29年9月29日(2017.9.29)

(51) Int.Cl.

F I

F03D 5/00 (2006.01)
F03D 9/30 (2016.01)
B64C 39/02 (2006.01)
B64C 31/02 (2006.01)
B64C 13/20 (2006.01)

F O 3 D 5/00
 F O 3 D 9/30
 B 6 4 C 39/02
 B 6 4 C 31/02
 B 6 4 C 13/20

Z

請求項の数 15 (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-559124 (P2014-559124)
 (86) (22) 出願日 平成25年2月19日(2013.2.19)
 (65) 公表番号 特表2015-514893 (P2015-514893A)
 (43) 公表日 平成27年5月21日(2015.5.21)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2013/000478
 (87) 国際公開番号 W02013/127499
 (87) 国際公開日 平成25年9月6日(2013.9.6)
 審査請求日 平成28年2月5日(2016.2.5)

(73) 特許権者 514217059
 アンビックス パワー ベスローテン ベ
 ンノートシャップ
 オランダ国 エヌエルー 2 5 2 1 エーエル
 ザ ハーグ ルロフストラート 55
 ユニット 28
 (74) 代理人 110000578
 名古屋国際特許業務法人
 (72) 発明者 ルイターカンブ リチャード
 オランダ国 エヌエルー 2 5 8 6 ジーエ
 イチ デン ハーグ ロッテルダムセスト
 ラート 51

審査官 富永 達朗

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 空中で風力エネルギーを生産するシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

グライダー(10)を備え、風(50)から電力を生産するシステムであって、
 前記グライダー(10)は、翼(14)と、前記グライダー(10)が空中にある時にピッ
チング、ローリングおよびヨーイングのために空気力学的にトルクをかけるための制御面
を有する機載された操縦手段(20, 22, 24)と、該操縦手段(20, 22, 24)
を操作するフライト制御手段(64)と、テザー(44)の接続手段とを備え、

該システムは更に地上ステーション(40)を備え、該地上ステーション(40)は前
 記テザー(44)のためのリール(42)と、該リール(42)に接続された回転電気機
 械(46)と、前記リール(42)および前記回転電気機械(46)を操作する地上ステ
 ーション制御手段(66)とを備え、

該システムは更に、該システムを少なくとも2つの運転モードで交互に運転するマス
 ター制御手段(62)を備え、

該システムの第1運転モードは、空中にある前記グライダー(10)の前記翼(14)が
 風(50)にさらされると発生する揚力を用いて前記テザー(44)を繰り出し、それ
 によって生じる前記リール(42)の回転から、前記回転電気機械(46)を用いて電力を
 生産するべく備えられ、

該システムの第2運転モードは、前記回転電気機械(46)を用いてリール(42)を
 回転させることによって、前記テザー(44)を前記リール(42)に巻き取り、システ
 ムの回復を行うべく備えられていることを特徴とするシステム。

10

20

【請求項 2】

前記フライト制御手段(64)は、自動フライト運転のための第1フライト制御モードと、前記フライト制御手段(64)に有線あるいは無線接続された遠隔制御装置(68)を介した操作のための、第2フライト制御モードとを提供していることを特徴とする請求項1に記載のシステム。

【請求項 3】

前記システムは更に、前記グライダー(10)の対気速度を測定する対気速度センサ(18)を備えることを特徴とする請求項1または2に記載のシステム。

【請求項 4】

前記グライダー(10)は、前記フライト制御手段(64)および前記マスター制御手段(62)の両方を組み合わせた制御装置を備えることを特徴とする請求項1~3のいずれか1項に記載のシステム。

10

【請求項 5】

前記システムは更に、前記テザー(44)の張力を測定する張力センサ(48)を備えることを特徴とする請求項1~4のいずれか1項に記載のシステム。

【請求項 6】

前記地上ステーション制御手段(66)は、前記テザー(44)が繰り出されている時に、前記テザー(44)の所定の目標張力を保持するように構成されていることを特徴とする請求項1~5のいずれか1項に記載のシステム。

【請求項 7】

20

前記地上ステーション制御手段(66)は、前記テザー(44)が巻き取られている時に、所定の目標リール速度を保持するように構成されていることを特徴とする請求項1~6のいずれか1項に記載のシステム。

【請求項 8】

前記テザー(44)は、前記グライダー(10)と前記地上ステーション(40)との間に、送電線および/あるいはデータ伝送路を備えることを特徴とする請求項1~7のいずれか1項に記載のシステム。

【請求項 9】

風(50)から電力を生産する請求項1~8のいずれか1項に記載のシステム、の運転方法であって、

30

前記システムは、テザー(44)に接続されたグライダー(10)と、前記テザー(44)のためのリール(42)を有する地上ステーション(40)とを備え、

前記システムは、電力を生産するための第1運転モード、およびシステムの回復を行うための第2運転モードで交互に運転され、

前記第1運転モードは、

前記グライダー(10)を第1フライトパターン(52)に沿って操作し、前記風(50)にさらされている前記グライダー(10)の翼(14)によって揚力を発生させるステップと、

前記揚力によって前記テザー(44)を引っ張り、前記テザー(44)を繰り出して前記リール(42)を回転させるステップと、

40

前記リール(42)の回転を、前記リール(42)に接続された回転電気機械(46)によって、電力に変換するステップとを備え、

前記第2運転モードは、

前記グライダー(10)を第2フライトパターン(54)に沿って操作し、前記テザー(44)の引張を減少させるステップと、

前記リール(42)に接続された前記回転電気機械(46)を用いて、前記リールを回転させることによって、前記テザー(44)を前記リール(42)に巻き取るステップとを備えることを特徴とする方法。

【請求項 10】

前記テザー(44)の繰出は、前記グライダー(10)の対気速度の関数として予め定め

50

られた、前記テザー（４４）の目標張力を保持するように制御されることを特徴とする請求項９に記載の方法。

【請求項１１】

前記テザー（４４）の巻き取りは、前記グライダー（１０）の対気速度の関数として予め定められた、目標リール速度を保持するように制御されることを特徴とする請求項９あるは１０に記載の方法。

【請求項１２】

請求項１～８のいずれか１項に記載のシステムのグライダー（１０）であって、

風（５０）にさらされると揚力が発生する翼（１４）と、該グライダー（１０）が空中にある時に、該グライダー（１０）をピッチング、ローリングおよびヨーイングさせる機載された操縦手段（２０，２２，２４）と、該操縦手段（２０，２２，２４）を操作するフライト制御手段（６４）と、テザー（４４）の接続手段とを備え、

前記グライダー（１０）は、該システムを少なくとも２つの運転モードで交互に運転する、前記フライト制御手段（６４）とマスター制御手段（６２）とを組み合わせた機載された制御装置を備えることを特徴とするグライダー。

【請求項１３】

請求項１～８のいずれか１項に記載のシステムによって、および／あるいは請求項９～１１のいずれか１項に記載の方法を実行することによって、風（５０）から電力を生産するグライダー（１０）の使用であって、

前記グライダー（１０）は、風（５０）にさらされると揚力が発生する翼（１４）と、前記グライダー（１０）が空中にある時に、前記グライダー（１０）をピッチング、ローリングおよびヨーイングさせる機載された操縦手段（２０，２２，２４）と、前記操縦手段（２０，２２，２４）を操作するフライト制御手段（６４）と、テザー（４４）の接続手段とを備え、

前記グライダー（１０）は、請求項１２に記載のグライダー（１０）であることを特徴とするグライダー（１０）の使用。

【請求項１４】

前記グライダー（１０）が前記対気速度センサ（１８）を備えることを特徴とする請求項３に記載のシステム。

【請求項１５】

前記地上ステーション（４０）が前記張力センサ（４８）を備えることを特徴とする請求項５に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【発明の詳細な説明】

【０００１】

本発明は、風力から電力を生産するシステムに関する。本発明は更に、風力から電力を生産するシステムの運転方法に関する。また本発明は、風力から電力を生産するシステムのグライダー、並びに風力から電力を生産するグライダーの使用に関する。

【０００２】

風力から電力を生産することは、概して、風にさらされると揚力が発生する翼、あるいは空気力学的な外形を有する構造によって達成される。従って、エネルギーは、電気に変換可能な風から抽出される。それは例えば揚力を探索し、発電機を駆動させることによって行われる。周知の風力タービンは、例えば空気力学的に形成された回転翼を有するロータを備え、回転翼の揚力がロータを回転させる。ロータは、例えばタワーの頂部に設けられた発電機に取り付けられ、電気を生産する。

【０００３】

風力エネルギー資源を、地上数百メートルの高度で探索するために、空中にある翼を用いることが提案されてきた。この高度では、地表との相互作用によって風力がそれほど損なわれないことから、平均的な風力がより強く、かつより規則的である。これらの概念は、多くの場合、空中風力エネルギー、あるいは空中風力エネルギー生産と呼ばれている。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

米国特許 6 2 5 4 0 3 4 B 1 には、閉サイクルを移動するテザー係留型カイトが開示されている。カイトが風下に移動する際に、カイトは風に押し流され、テザーは、発電機のロータに回転可能に接続された、巻上げドラムから引き出される。発電機のロータは回転し、エネルギーを生産する。サイクルは、カイトが風上へ移動し、開始点に戻ることにによって終了する。正味エネルギーは、カイトが風下で移動する際に発生するエネルギーが、カイトが風上へと戻るのに要するエネルギーを超えた時に得られる。

【 0 0 0 5 】

風上に戻る際の消費エネルギーを低くするための 1 つの方法として、風下での移動が終わる時に、カイトを高い高度まで飛ばす風を起こすということが挙げられる。その後カイトは風上へと戻り、下降する。しかし、この方法では、カイトが上昇し、戻るまでの間に全くエネルギーが生産されず、無駄な時間が長くなってしまう。そのため、総合的なエネルギー収量は比較的低い。

【 0 0 0 6 】

その他の方法としては、風下での移動が終わる時のカイトの迎角あるいは同等な支持面の角度を変更し、テザーによるカイトの引張を減少させることである。発電機がモータ運転に切替わることによって、カイトは引き戻される。こうして引張を減少させることで、エネルギーの消費は、その前に風下での移動中に生産されたエネルギーよりも少なくなる。ここで生産されたエネルギーの一部は、安全のために使用される必要がある。それは、カイトを制御可能に飛ばすためには、テザーを一定量引張する必要があるからである。

【 0 0 0 7 】

本発明の根本的な課題は、空中にある翼を用いた風力による電力生産、具体的には、総合的なエネルギー収量および / あるいは運転の安全性が、上述の先行技術に対して改善された電力生産を提供することである。

【 0 0 0 8 】

本発明によると、この課題は、グライダーを備え、風から電力を生産するシステムであって、グライダーは、翼と、グライダーが空中にある時にピッチング、ローリングおよびヨーイングをさせる機載された操縦手段と、操縦手段を操縦するフライト制御手段と、テザーの接続手段とを備え、システムは更に地上ステーションを備え、地上ステーションはテザーのためのリールと、リールに接続された回転電気機械と、リールおよび回転電気機械を操作する地上ステーション制御手段とを備え、システムは更に、システムを少なくとも 2 つの運転モードで交互に運転するマスター制御手段を備え、システムの第 1 運転モードは、空中にあるグライダーの翼が風にさらされると発生する揚力を用いてテザーを繰り出し、それによって生じるリールの回転から、回転電気機械を用いて電力を生産するべく備えられ、システムの第 2 運転モードは、回転電気機械を用いてリールを回転させることによってテザーをリールに巻き取り、システムの回復を行うべく備えられていることを特徴とするシステムによって解決される。

【 0 0 0 9 】

本発明によるグライダー、あるいはセールプレーンは具体的には固定翼機であり、機載された操縦手段によって、グライダーが自身の縦軸、横軸、および垂直軸の周囲を飛行するのに十分な操作性がもたらされている。本発明によると、これらの 3 つの基本軸はデカルト座標系を形成しており、座標システムの原点は、グライダーの重心に画定されている。

【 0 0 1 0 】

直線的かつ水平な飛行の場合、一般的には、縦軸は動作の方向に関係し、垂直軸は揚力の方向に関係し、横軸はデカルト座標系を完成させるのに不可欠な水平軸である。

グライダーは、例えば胴体と主翼とを備え、主翼は翼を構成している、あるいは翼を備えている。このような構成において、縦軸は本質的には胴体に対して平行であり、横軸は主翼に対して平行であり、垂直軸は縦軸と横軸の両方に対して垂直である。グライダーが、適切に画定された基本軸を有する他の飛行機の形状、例えば全翼機、であってもよいということは、当業者の理解するところであろう。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 1 】

本発明によると、ローリングは、グライダーが自身の縦軸周りに回転することであり、ピッチングは、グライダーが自身の横軸周りに回転することであり、ヨーイングは、グライダーが自身の垂直軸周りに回転することである。

【 0 0 1 2 】

グライダーの操縦手段は、例えば、グライダーの基本軸の1つあるいは複数の周囲に空気力学的にトルクをかけるための、複数の制御面を備える。これらの制御面は、主にローリングを引き起こすための複数のいわゆる補助翼と、主にピッチングを引き起こすための複数のいわゆる昇降舵と、主にヨーイングを引き起こすためのいわゆる方向舵とを備える。しかし、航空技術において周知の他の制御面も本発明による操縦手段に適しているということは、当業者の理解するところであろう。具体的には、制御面が、グライダーの基本軸のいずれにも対応していない任意の軸の周辺の回転を引き起こしてもよい。

10

【 0 0 1 3 】

制御面の他に、グライダーの操縦手段は更に、例えば電気モータあるいはポンプとシリンダとを有する液圧式システム等の、制御面を動かす複数のアクチュエータを備える。これらのアクチュエータは、例えばバッテリーなどの搭載電源で動く。

【 0 0 1 4 】

グライダーには、空気力学的な抵抗あるいは抗力が少なく、かつ空気力学的な揚力が高いという長所がある。これは、固定翼が剛性の空気力学的な外形あるいは翼を有することに起因する。エネルギーを風から効果的に抽出するには、揚力や抗力、具体的には揚力対抗力の比に強く左右されるため、このことは特に有益である。

20

【 0 0 1 5 】

グライダーおよびテザーは共に全体の抗力の一因となるため、テザーが抗力に最適化された形状あるいは構造を有することは更に好ましい。これは、例えば、円形の断面を有するテザーよりも少ない抵抗を有することが判明している、螺旋状の構造であってもよい。

【 0 0 1 6 】

グライダーの他の長所は、カイトが安定して飛行するためにはテザーをある程度引っ張る必要があるのに対して、テザーに負荷をかけなくてもグライダーの飛行が安定するという点である。従って、本発明によって、第2運転モードにおけるシステム回復中に、テザーに全く負荷を加えずに、エネルギー消費量を最小限に抑えることが可能となる。

30

【 0 0 1 7 】

グライダーの飛行は、単独でも、具体的には地上に接続されていなくても制御可能であり、かつ安定的である。システムに故障が生じた場合でも、例えば発電機のリールへの負荷が失われた場合、あるいはテザーが破断した場合でも、グライダーは安全に着陸することが可能である。従って本発明によるシステムは、特に効果的で安全な、風力エネルギーからの電力生産を提供する。

【 0 0 1 8 】

フライト制御手段は、自動フライト運転のための第1フライト制御モードと、手動操作のための、特にフライト制御手段に有線あるいは無線接続された遠隔制御装置を介した操作のための、第2フライト制御モードとを提供することが好ましい。例えば、第1フライト制御モードは、最適なエネルギー収量を伴う自動運転を提供し、第2フライト制御モードは、故障の際の緊急的な介入と同様、システムの保守および点検の際の手動による介入を許可する。このように、運転が単純化され、運転の安全性が更に強化されている。

40

【 0 0 1 9 】

本発明の他の好適な実施例は、システム、特にグライダーは更に、グライダーの対気速度を測定する対気速度センサを備えることを特徴とする。本発明によると、対気速度とは、グライダーが周囲の空気に対して移動する速さ、あるいは速度のことである。特に風が存在するため、対気速度は一般的にグライダーの対地速度、すなわち地面に対するグライダーの速度、とは異なる。対気速度センサは、グライダーの対気速度の大きさと方向の両方を提供する、方向センサであることが好ましい。

50

【 0 0 2 0 】

グライダーの対気速度を知ることは、フライト制御を最適化するのに、具体的には揚力および平均エネルギー収量を最大化するために、特に有益である。対気速度を最も正確に測定するため、対気速度センサは、グライダーに取り付けられていることが好ましい。あるいは、対気速度センサはテザーに配置されていてもよく、テザーにおける対気速度センサの位置は、テザーとグライダーとの接続部分に近いことが好ましい。

【 0 0 2 1 】

本発明の特に好適な実施例において、グライダーは、グライダーのフライト制御手段およびシステムのマスター制御手段の両方を組み合わせた制御装置を備える。このように、フライト制御手段とマスター制御手段との接続は物理的に特に短く、歪みや故障に対して堅牢かつ堅固になっている。具体的には、やや複雑で最終的には急速に変化する風の状態に影響されるフライト運転と、システム全体の操作との間で、迅速なフィードバックが確立されるあるいは確立され得る。

【 0 0 2 2 】

本発明の他の好適な実施例は、システム、特に地上ステーションは更に、テザーの張力を測定する張力センサを備えることを特徴とする。テザーの張力は、システム全体の負荷を示す良好な指標であり、例えば、テザーの制御された繰出を行うための入力パラメータとして用いられ得る。張力センサは、例えば地上ステーションに設置されているか、あるいはテザーに組込まれており、地上ステーション制御手段に接続されていることが好ましい、あるいは接続されていてもよい。

【 0 0 2 3 】

地上ステーション制御手段は、特にテザーが繰り出されている時に、テザーの所定の目標張力を保持するよう構成されていることが好ましい。こうすることによって、テザーを介してグライダーに及ぼされる負荷の悪影響が、グライダーの飛行行動に及ぶのを最小限に抑えることができる。

【 0 0 2 4 】

地上ステーション制御手段は、特にテザーが巻き取られている時に、所定の目標リール速度を保持するよう構成されていることが好ましい。本発明によると、リール速度は、所定の時間で巻き取られる、あるいは繰り出されるテザーの長さに関連している。従ってリール速度は、回転するリールの回転速度と特に互いに関係がある。

【 0 0 2 5 】

所定のリール速度を保持することは、例えば予め定められたリールの目標回転速度を保持することによって達成されるが、揚力あるいはテザーに及ぼす負荷が小さい場合に、テザーのたるみを減らすのに非常に効果的である。

【 0 0 2 6 】

テザーが、グライダーと地上ステーションとの間に、送電線および/あるいはデータ伝送路を備えることは更に好ましい。このように、フライト制御手段の電子機器あるいはフライト制御手段のアクチュエータなどのグライダーの様々なシステムは、地上から電源が供給される。しかしながら、地上とグライダーとの間の電気接続が破損するなど緊急の場合に備えて、グライダーは、グライダーの制御および安全な着陸を可能にする比較的低容量の電源を備えていてもよい。

【 0 0 2 7 】

テザーは、グライダーと地上ステーションとの間に、例えばフライト制御手段、地上ステーション制御手段、および/あるいはメイン制御手段の間での通信を行うための、データ伝送路を備えていることが好ましい。それに加えて、あるいはその代わりに、あるいはそれに重複する通信路が、例えば無線伝送によって実現されていてもよい。

【 0 0 2 8 】

本発明の課題は更に、風から電力を生産するシステムの運転方法であって、システムは、テザーに接続されたグライダーと、テザーのためのリールを有する地上ステーションとを備え、システムは、電力を生産するための第1運転モード、およびシステムの回復を行う

10

20

30

40

50

ための第2運転モードで交互に運転され、
第1運転モードは、

グライダーを第1フライトパターンに沿って操作し、風にさらされているグライダーの翼によって揚力を発生させるステップと、

揚力によってテザーを引っ張り、テザーを繰り出してリールを回転させるステップと、

リールの回転を、特にリールに接続された回転電気機械によって、電力に変換するステップとを備え、

第2運転モードは、

グライダーを第2フライトパターンに沿って操作し、テザーの引張を減少させるステップと、

特にリールに接続された回転電気機械を用いて、リールを回転させることによって、テザーをリールに巻き取るステップとを備えることを特徴とする方法によって解決される。

【0029】

総合的なエネルギー収量、すなわち所定の風の状態の下で一定の時間内に生産される電力の量は、翼によって発生する揚力が第1運転モードにおいて最大化した時、また第2運転モードにおいて最小化した時に、特に最適になる。エネルギー収量は、テザーを巻き取るのに要する時間が短いほど、すなわちシステムが第2運転モードで操作され、電力が全く生産されない時間が最短の時、更に増加する。

【0030】

上述のグライダーの有益な特徴によって、両方の観点の本発明によって最適化される。具体的には、グライダーの操作性によって第1フライトパターンが可能になっている。これは、具体的には、グライダーが例えば円形あるいは8の字型のような航路に沿って、風を横切って地上ステーションの風下に飛ぶ、高揚力フライトパターンである。最も高い揚力は、概してグライダーが高速で横風飛行を行う際に得られる。

【0031】

第2フライトパターン、具体的には低揚力フライトパターンにおいて、グライダーは、例えば地上ステーションに向かって下降するよう案内される。ここではテザーの引張が減少し、最終的にはゼロになる。このように、リールを回転させるのに最低限のエネルギーが消費され、その上、グライダーを地上ステーションに向かって引っ張るのに全くエネルギーを要しない。それと同時に、グライダーが地上ステーションに向かう速度は最大化し、無駄な時間、すなわちシステムの回復に要する時間は、最小化される。

【0032】

テザーの繰り出しは、特にグライダーの対気速度の関数として予め定められた、テザーの目標張力を保持するよう制御されることが好ましい。グライダーの対気速度は、具体的には空気に対する翼の速度であり、従って翼によって発生する揚力の指標である。目標張力は、時間に対して一定である必要はない。例えば、対気速度はベクトル量であり大きさおよび方向の成分を有するが、対気速度によって、グライダーの飛行方向と風の向きとの間の角度を変化させながら、フライトパターンのコースが切替わる。また、風の状態の変化によっても対気速度は変化する。

【0033】

また、テザーの巻き取りは、特にグライダーの対気速度の関数として予め定められた、目標リール速度を保持するよう制御されることが好ましい。しかし、目標リール速度は、他の観察可能な変化、例えばグライダーの対地速度から予め決められてもよい。

【0034】

本発明の根本的な問題は更に、本発明に記載の風力エネルギーから電力を生産するシステムのグライダーであって、グライダーは、風にさらされると揚力が発生する翼と、グライダーが空中にある時に、グライダーをピッチング、ローリングおよびヨーイングさせる機載された操縦手段と、操縦手段を操作するフライト制御手段と、テザーの接続手段とを備え、グ

10

20

30

40

50

ライダは、グライダーを少なくとも２つの運転モードで交互に運転するための、フライト制御手段とマスター制御手段とを組み合わせた機載された制御装置を備えることを特徴とするグライダーによって解決される。

【００３５】

また本発明の課題は、本発明に記載のシステムによって、および／あるいは本発明に記載の方法を実行することによって、風力エネルギーから電力を生産するグライダーの使用であって、グライダーは、風にさらされると揚力が発生する翼と、グライダーが空中にある時に、グライダーをピッチング、ローリングおよびヨーイングさせる機載された操縦手段と、操縦手段を操作するフライト制御手段と、テザーの接続手段とを備え、グライダーは、特に上記のグライダーであることを特徴とするグライダーの使用によって解決される。

10

【００３６】

本発明の更なる特徴は、本発明による実施例の説明、並びに請求項および添付された図から明らかになるであろう。本発明による実施例は、個々の特徴あるいはいくつかの特徴の組み合わせを、実現することが可能である。

【００３７】

本発明によると、具体的な特徴あるいは具体的な手段は、任意の特徴である。

本発明は、本発明の一般的な意図を制限することなく、例示的な実施例に基づいて、以下に説明される。実施例では、文章では詳細に説明されていない本発明に係わる開示内容の全ての詳細に関し、明確に図が参照されている。図は以下の形態で示されている。

【図面の簡単な説明】

20

【００３８】

【図１】本発明によるシステムの概略図である。

【図２a】本発明によるシステムの動作が、第１運転モードにある状態の概略図である。

【図２b】本発明によるシステムの動作が、第２運転モードにある状態の概略図である。

【図３】本発明によるシステムの制御を図示したブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【００３９】

図において、同一あるいは同様のタイプの構成要素、あるいはそれぞれ対応しているパーツには、構成要素を再度説明する必要がないよう、同一の引用番号が付されている。

図１は、本発明による風力から電力を生産するシステムの、例示的な実施例を示している。

30

【００４０】

システムの機上部分あるいは機上部分となり得る部分は、図１に示された実施例において固定翼機として構成された、グライダー１０を備える。グライダー１０は、胴体１２と、主翼１４と、尾翼１６と、制御面２０，２２，２４とを備える。同様に図示されているのは、縦軸３２、横軸３４、および垂直軸３６であり、これらはグライダーの重心３０で接触し、グライダー固有の座標系を構成している。

【００４１】

図示された例において、胴体１２は、主翼１４と尾翼１６との間の機械的なバックボーンとして、また電子機器、電源、センサ等のナセルとして、繊維強化複合材料から構成された管を備え、管は主翼１４の前方に取り付けられている。

40

【００４２】

主翼１４は、例えば図１に示された実施例のように、１つの翼から構成されていてもよい。しかし、例えば別々の主翼１４が胴体１２の両側に備えられた代替的な構成も本発明の範囲内である。

【００４３】

飛行中、グライダー１０は、本実施例において補助翼２０を主翼１２の両側に、また昇降舵２２および方向舵を尾翼１６に備える、制御面によって案内される。制御面２０，２２，２４は、グライダー１０の基本軸３２，３４，３６の周囲に空気力学的な手段によってトルクを発生させるべく用いられる、例えばヒンジで連結された面である。

50

【 0 0 4 4 】

縦軸 3 2 周りのトルクは、同時にかつ反対方向に操作され得る、あるいは操作される補助翼 2 0 によって発生する。ここで反対方向とは、左側の補助翼が主翼 1 4 に対して上方に動かされた時、右側の補助翼は下方に動かされるということである。これにより、揚力が主翼 1 4 の右側において増加し、主翼 1 4 の左側において減少して、縦軸 3 2 周りにトルクが発生する。その結果生じるグライダー 1 0 の動き、縦軸 3 2 周りの回転をローリングと呼ぶ。

【 0 0 4 5 】

グライダー 1 0 が自身の横軸 3 4 周りに回転することをピッチングというが、これは尾翼の揚力を増減させるために用いられる昇降舵 2 2 によって獲得され、横軸 3 4 周りのトルクを発生させる。

10

【 0 0 4 6 】

グライダー 1 0 が自身の垂直軸 3 6 周りに回転することをヨーイングというが、これは方向舵 2 4 によって発生する。

グライダー 1 0 は、テザー 4 4 を介して地上ステーション 4 0 に接続されている。テザー 4 4 は、好ましくはグライダー 1 0 の重心 3 0 に近接して設けられた接続手段において、グライダー 1 0 に取付あるいは接続されている。こうすることで、テザー 4 4 への荷重の変化によって、飛行中のグライダー 1 0 のバランスが著しく損なわれることはない。

【 0 0 4 7 】

地上ステーション 4 0 において、テザー 4 4 の余長は、回転電気機械 4 6 に接続されているリール 4 2 に収容される。回転電気機械 4 6 は、電気貯蔵および / あるいは分配システム (図示なし) に、電網、変電所、あるいは大量なエネルギーの貯蔵器として、接続されている。当該電力貯蔵および / あるいは分配システムは、回転電気機械との間で受電および送電が可能な装置あるいはシステムであればどのようなものでもよいということは、当業者の理解するところであろう。

20

【 0 0 4 8 】

図 1 に示されたシステムは、図 2 a に示された電力を生産するための第 1 運転モードと、図 2 b に示されたシステムの回復を行うための第 2 運転モードとで、交互に運転される。

【 0 0 4 9 】

第 1 の運転モード、具体的にはエネルギー生産運転モードにおいて、グライダー 1 0 は、地上ステーション 4 0 の風下で、線 5 2 で示された高揚力飛行パターンに沿って操縦される。風向きは矢印 5 0 で示されている。横風飛行中、特に高速での横風飛行中、グライダー 1 0 の翼あるいは主翼 1 4 はそれぞれ、グライダー 1 0 を所定の高度に保持するのに要する揚力よりもはるかに大きな揚力を発生させる。その結果、グライダーはテザー 4 4 を引っ張るが、これは余剰揚力と関連している。

30

【 0 0 5 0 】

テザー 4 4 の引張は、テザー 4 4 をリール 4 2 から矢印 R の方向に繰り出し、リール 4 2 を回転させるのに用いられる。その結果生じるトルクは、具体的にはリール 4 2 の直径とテザー 4 4 が引っ張られる力によって異なるが、機械的エネルギーが電力へと変換される回転電気機械 4 6 へと伝達される。任意で、ギアボックスがリール 4 2 と回転電気機械 4 6 との間に設けられているが、図を単純にするため図示はされていない。

40

【 0 0 5 1 】

例えば回転電気機械の調節可能な逆トルクによって、リール 4 2 の回転速度を制御し、回転速度に影響を与えることによって、テザー 4 4 およびグライダー 1 0 への負荷に、それぞれ影響が及び得る。

【 0 0 5 2 】

テザー 4 4 が繰り出されている限り、グライダー 1 0 は地上ステーション 4 0 から離れるように飛行する。従って、システムを第 1 運転モードで保持するには、テザー 4 4 の全長による制限がある。

50

【 0 0 5 3 】

本発明によると、システムを回復させるための、具体的にはテザーを回復させるための第2運転モードが提供されている。この第2運転モードは、図2bに示されている。

テザー44を回復させるため、すなわちテザー44をリール42に巻き取るために、回転電気機械46は、発電機というよりはむしろモータとして運転される。必要な電力は、電気貯蔵および/あるいは分配システムによって供給あるいは搬送される。

【 0 0 5 4 】

システム回復中の電力消費を最小限にするため、グライダー10を点線54で示される低揚力フライトパターンに沿って操作し、テザー44の引張を減らす。この低揚力フライトパターン54は、例えばグライダー10を、風50に逆らって地上ステーション40に向かって降下あるいは急降下させることである。低揚力フライトパターン54は、グライダー10を、高度をわずかに上昇させるということも含み、高度を損失させることなく、地上ステーション40に向けて接近させるということでもあり得る。

【 0 0 5 5 】

グライダー10が地上ステーション40に近づくにつれて、テザー44の自由長が短縮され、テザー44は矢印R'に示される通り、リール42に巻き取られる。

テザー44の引張を可能な限り小さくして、テザー44を巻き取るための消費電力を最小限にし、テザー44の引張を可能な限り速くして、無駄な時間、すなわちシステムが電力を生産しない時間を最小限にすることが好ましい。これらの目標は、テザー44の巻き取りを制御し、目標リール速度を保持することによって達成されることが好ましく、目標リール速度は、具体的にはグライダー10が地上ステーション40に近づく速度によって決定され、例えばグライダー10の対気速度に基づいていてもよい。

【 0 0 5 6 】

図3は、上述のシステムのための制御スキームの例を示す、ブロック図である。

制御スキームは、フライト制御手段64と、地上ステーション制御手段66と、マスター制御手段62とにモジュラー設計を提供している。

【 0 0 5 7 】

フライト制御手段64は、グライダー10のフライト操作に関連する装置および駆動部を制御および/あるいは調整するよう構成されている。これには、例えばグライダー10の補助翼20、昇降舵22、および方向舵24が含まれるが、これらに限定されない。

【 0 0 5 8 】

フライト制御手段64は、例えばグライダー10の自動フライト操作のためのアルゴリズムおよびフィードバックループを備える。フライト状況を判定および監視する、フライト制御手段64に接続された、適当な複数のセンサが存在するということは、当業者の理解するところであろう。その一例として、対気速度センサ18が図3に示されている。

【 0 0 5 9 】

地上ステーション制御手段66は、地上ステーション40の構成要素、具体的にはリール42および回転電気機械46を、制御および/あるいは調整するという目的を有する。機械エネルギーの電力への変換、すなわち回転電気機械46の発電機としての動作も、テザー44の巻き取り、すなわち回転電気機械46のモータとしての動作と同様に、地上ステーション制御手段66によって制御および/あるいは調整されるということは、当業者の理解するところであろう。

【 0 0 6 0 】

フライト制御手段64および地上ステーション制御手段66は何れも、具体的には本発明によるシステムの異なる運転モードに関連する、異なる動きを提供する。システムの運転モード自体、具体的には電力を生産するための第1運転モードおよびシステム回復のための第2運転モードは、マスター制御手段62によって制御および/あるいは調整される。マスター制御手段62は、具体的には自動判定器および一方の運転モードと他方の運転モードとの切替装置を備えることが好ましい。

【 0 0 6 1 】

10

20

30

40

50

図 3 において矢印で示されている通り、フライト制御手段 6 4、地上ステーション制御手段 6 6、およびマスター制御手段 6 2 は、双方向通信回線を介して互いに接続されている。具体的には、フライト制御手段 6 4 および地上ステーション制御手段 6 6 は、グライダー 1 0 あるいは地上ステーション 4 0 の状況情報をそれぞれマスター制御手段 6 2 に伝達する。逆にマスター制御手段 6 2 は、システムの現在の運転モードをフライト制御手段 6 4 および地上ステーション制御手段 6 6 の双方に伝達し、グライダー 1 0 および地上ステーション 4 0 の制御および / あるいは調整は、フライト制御手段 6 4 および地上ステーション制御手段 6 6 によってそれぞれ独立して行われる。

【 0 0 6 2 】

図 3 に示された制御スキームのモジュラー設計は、通常数百メートル離れているグライダー 1 0 および地上ステーション 4 0 の操作の安全性が、信号遅延、信号歪み、および通信回線の故障などの場合においても、個々に保障されているという長所を有する。

【 0 0 6 3 】

マスター制御手段 6 2 が、フライト制御手段 6 4 あるいは地上ステーション制御手段 6 6 のどちらかに近接して配置されていても、モジュラーアプローチと矛盾していない。具体的には、マスター制御手段 6 2 およびフライト制御手段 6 4 は、共にグライダー 1 0 に取り付けられていることが好ましく、具体的には 1 つの制御装置に組み合わされていてもよい。

【 0 0 6 4 】

地上ステーション 4 0、および好ましくは地上ステーション 4 0 にあるいはその付近に物理的に配置された地上ステーション制御手段 6 6 は、保守および点検の目的で容易にアクセス可能なのに対し、空中のグライダー 1 0 には容易にアクセスできない。従って、グライダー 1 0 の制御、具体的にはフライト制御に介入可能であることが好ましい。この目的で、フライト制御手段 6 4 は、好ましくはワイヤレス通信回路を介してフライト制御手段 6 4 に接続された遠隔制御装置 6 8 を介して、フライト制御に外部からアクセスすることを許可している。

【 0 0 6 5 】

図からのみ集められたものも含めた、固有の名前を有する全ての特性、およびその他の特性と組み合わせて開示されている個々の特性は、単独でも組み合わせでも、本発明にとって重要であると考えられている。本発明による実施例は、個々の特性あるいはいくつかの特性の組み合わせによって実現され得る。

【 0 0 6 6 】

[符号の説明]

- 1 0 グライダー
- 1 2 胴体
- 1 4 主翼
- 1 6 尾翼
- 1 8 対気速度センサ
- 2 0 補助翼
- 2 2 昇降舵
- 2 4 方向舵
- 3 0 重心
- 3 2 縦軸
- 3 4 横軸
- 3 6 垂直軸
- 4 0 地上ステーション
- 4 2 リール
- 4 4 テザー
- 4 6 回転電気機械
- 4 8 張力センサ

10

20

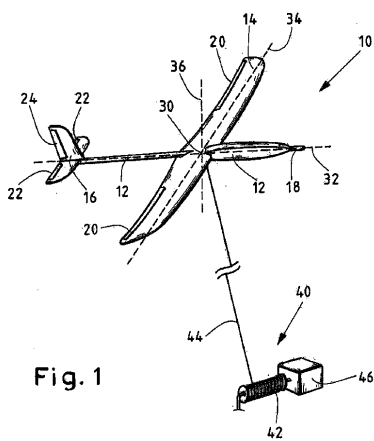
30

40

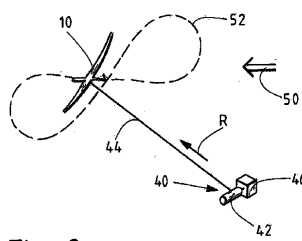
50

- 5 0 風
- 5 2 高揚力フライトパターン
- 5 4 低揚力フライトパターン
- 6 2 マスター制御手段
- 6 4 フライト制御手段
- 6 6 地上ステーション制御手段
- 6 8 遠隔制御装置

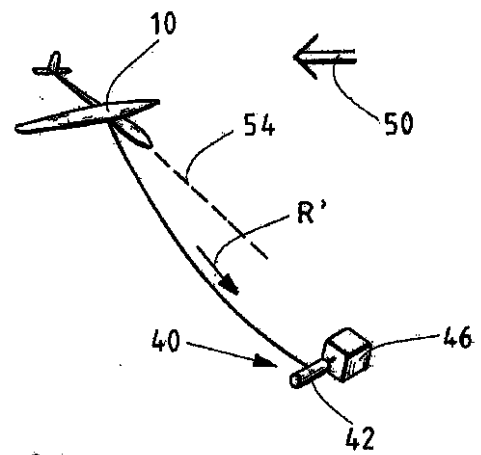
【図 1】



【図 2 a】



【図 2 b】



【図 3】

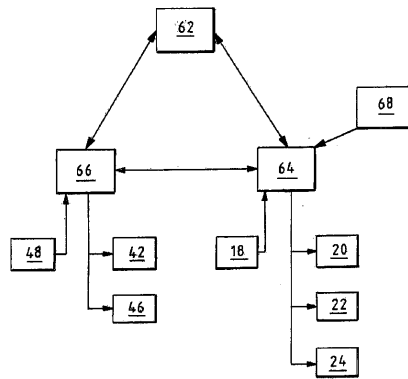


Fig. 3

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 6 4 C 13/18 (2006.01) B 6 4 C 13/18 C

(56)参考文献 国際公開第2011/087541(WO,A2)
米国特許出願公開第2009/0278353(US,A1)
国際公開第2010/148373(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
F 0 3 D 5 / 0 0
B 6 4 C 1 3 / 1 8
B 6 4 C 1 3 / 2 0
B 6 4 C 3 1 / 0 2
B 6 4 C 3 9 / 0 2
F 0 3 D 9 / 3 0