

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2022-97523

(P2022-97523A)

(43)公開日 令和4年6月30日(2022.6.30)

(51)国際特許分類

F I

H 0 5 B	6/02	(2006.01)	H 0 5 B	6/02	A
H 0 5 B	6/10	(2006.01)	H 0 5 B	6/10	3 1 1
F 0 1 K	3/02	(2006.01)	F 0 1 K	3/02	C
H 0 2 J	15/00	(2006.01)	H 0 2 J	15/00	H
H 0 2 J	3/30	(2006.01)	H 0 2 J	15/00	A

審査請求 有 請求項の数 14 O L (全21頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2022-67934(P2022-67934)
 (22)出願日 令和4年4月15日(2022.4.15)
 (62)分割の表示 特願2018-564115(P2018-564115)
)の分割
 原出願日 平成29年11月9日(2017.11.9)
 (31)優先権主張番号 特願2017-10654(P2017-10654)
 (32)優先日 平成29年1月24日(2017.1.24)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 日本国(JP)

(71)出願人 000002130
 住友電気工業株式会社
 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
 (74)代理人 100100147
 弁理士 山野 宏
 (74)代理人 100116366
 弁理士 二島 英明
 (72)発明者 岡崎 徹
 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号
 住友電気工業株式会社大阪製作所内

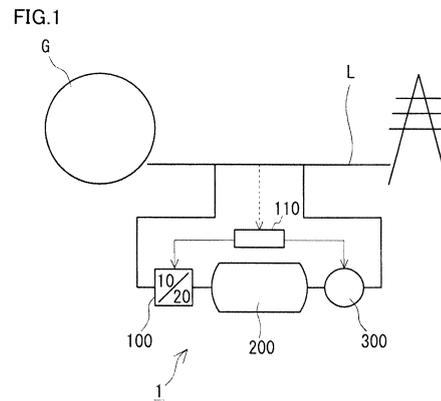
(54)【発明の名称】 エネルギー貯蔵システムおよび変動電力安定利用システム

(57)【要約】

【課題】電力システムの余剰電力を吸収でき、周波数調整機能を備えるエネルギー貯蔵システムを提供する。

【解決手段】エネルギー貯蔵システムは、電力から熱を発生させる発熱装置と、前記発熱装置で発生した熱を蓄える蓄熱装置とを備え、前記発熱装置は、電力システムに接続され、前記電力システムから受電した余剰電力により回転する電動機と、前記電動機により回転する回転部及び電磁誘導により発熱する発熱部を有し、前記電動機の回転力を熱に変換する発熱機と、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エネルギー貯蔵システムであって、
電力から熱を発生させる発熱装置と、前記発熱装置で発生した熱を蓄える蓄熱装置とを備え、

前記発熱装置は、

電力系統に接続され、前記電力系統から受電した余剰電力により回転する電動機と、
前記電動機により回転する回転部及び電磁誘導により発熱する発熱部を有し、前記電動機の回転力を熱に変換する発熱機と、を備える、エネルギー貯蔵システム。

【請求項 2】

前記電動機が同期電動機又は誘導電動機であり、

前記電動機の回転軸に前記発熱機が結合されている、請求項 1 に記載のエネルギー貯蔵システム。

【請求項 3】

前記電動機が誘導電動機であり、

前記電動機自体が前記発熱機を兼ねる、請求項 1 に記載のエネルギー貯蔵システム。

【請求項 4】

前記誘導電動機が巻線形誘導電動機である、請求項 2 又は請求項 3 に記載のエネルギー貯蔵システム。

【請求項 5】

前記電動機の回転軸上にフライホイールを備える、請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載のエネルギー貯蔵システム。

【請求項 6】

前記発熱機の前記発熱部が固定されている、請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載のエネルギー貯蔵システム。

【請求項 7】

前記発熱機の前記発熱部が前記回転部の外側に配置されている、請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載のエネルギー貯蔵システム。

【請求項 8】

前記発熱機が超電導コイルを備え、

前記超電導コイルにより前記発熱部に電磁誘導を起こさせる、請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載のエネルギー貯蔵システム。

【請求項 9】

前記蓄熱装置に蓄えられた熱を利用して発電する発電装置を備える、請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載のエネルギー貯蔵システム。

【請求項 10】

請求項 9 に記載のエネルギー貯蔵システムと、

前記発電装置を、前記電力系統と、第 2 の電力系統とのいずれか一方に接続するように構成されたスイッチとを備える、変動電力安定利用システム。

【請求項 11】

前記発電装置は、

第 1 の蒸気タービンと、

前記第 1 の蒸気タービンに結合されて、前記電力系統に交流電力を供給するように構成された第 1 の発電機と、

第 2 の蒸気タービンと、

前記第 2 の蒸気タービンに結合されて、前記第 2 の電力系統に交流電力を供給するように構成された第 2 の発電機とを含む、請求項 10 に記載の変動電力安定利用システム。

【請求項 12】

前記発電装置は、

蒸気タービンと、

10

20

30

40

50

前記蒸気タービンに結合された発電機とを含み、

前記発電機は、前記電力系統に第1の周波数の交流電力を供給し、前記第2の電力系統に、前記第1の周波数と異なる第2の周波数を有する第2の交流電力を供給するように、前記蒸気タービンによって駆動されるように構成される、請求項10に記載の変動電力安定利用システム。

【請求項13】

前記発電装置は、
発電機と、

前記発電機が前記電力系統に第1の周波数の交流電力を供給するように、前記発電機を駆動するための第1の蒸気タービンと、

10

第1の蒸気タービンを前記発電機に結合する第1のクラッチと、

前記発電機が前記電力系統に前記第1の周波数と異なる第2の周波数の交流電力を供給するように、前記発電機を駆動するための第2の蒸気タービンと、

第2の蒸気タービンを前記発電機に結合する第2のクラッチと、

前記第1の蒸気タービンおよび前記第2の蒸気タービンの一方に、蒸気を供給するように構成された三方弁とを含む、請求項10に記載の変動電力安定利用システム。

【請求項14】

前記発電装置は、
蒸気タービンと、

前記蒸気タービンに結合された発電機とを含み、

20

前記蒸気タービンは、抽気タービンである、請求項10に記載の変動電力安定利用システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エネルギー貯蔵システムおよび変動電力安定利用システムに関する。本出願は、2017年1月24日に提出した日本特許出願である特願2017-010654号に基づく優先権を主張する。当該日本特許出願に記載された全ての記載内容は、参照によって本明細書に援用される。

【背景技術】

30

【0002】

資源問題や環境問題、安全性などの観点から、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーを利用した発電の導入が進んでいる。この種の発電は、天候や風況などによって発電量が変動し、また、需要に合わせて発電量を調整できないなど、安定した電力供給が困難である。再生可能エネルギーの導入が増加すると、発電量が需要を上回る余剰電力が発生することから、余剰電力対策として、揚水発電や蓄電池などに余剰電力を貯蔵することにより、需給バランスを維持することが実施または検討されている。

【0003】

例えば特許文献1や非特許文献1には、風力発電で発電した電力を電熱ヒータで熱に変換し、その熱を蓄熱装置（例、岩や砕石など）に蓄え、需要に応じてその熱を利用して発電することが開示されている。

40

【0004】

例えば特許文献2～10には、風車の回転力を電磁誘導によって熱に変換し、その熱を電力に変換する、所謂、風力熱発電システムに関する技術が開示されている。特許文献2～8には、風車に接続され、誘導加熱を利用して回転力を熱に変換し、熱媒体を加熱する誘導加熱装置（発熱機）が開示されている。特許文献9、10には、風車の回転軸に連結される誘導電動機（例、キャンドモータ）を発熱機として動作させ、熱を発生させる技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】特開 2 0 1 1 - 1 6 9 1 7 1 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 1 1 - 1 0 2 5 7 6 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 1 1 - 1 5 9 5 9 5 号公報

【特許文献 4】特開 2 0 1 1 - 2 1 6 3 2 5 号公報

【特許文献 5】特開 2 0 1 1 - 2 3 3 4 8 8 号公報

【特許文献 6】特開 2 0 1 2 - 1 9 5 2 3 0 号公報

【特許文献 7】特開 2 0 1 2 - 1 9 7 7 9 6 号公報

【特許文献 8】特開 2 0 1 2 - 2 5 6 5 0 7 号公報

【特許文献 9】特開 2 0 1 4 - 2 5 4 1 0 号公報

10

【特許文献 10】特開 2 0 1 5 - 4 6 9 8 4 号公報

【非特許文献】

【 0 0 0 6 】

【非特許文献 1】新エネルギー新聞、2 0 1 6 年 1 0 月 1 7 日、第 6 3 号、p . 7

【発明の概要】

【 0 0 0 7 】

本開示に係るエネルギー貯蔵システムは、電力から熱を発生させる発熱装置と、前記発熱装置で発生した熱を蓄える蓄熱装置とを備え、前記発熱装置は、電力系統に接続され、前記電力系統から受電した余剰電力により回転する電動機と、前記電動機により回転する回転部及び電磁誘導により発熱する発熱部を有し、前記電動機の回転力を熱に変換する発熱機と、を備える。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

【図 1】図 1 は、実施形態に係るエネルギー貯蔵システムの一例を示す概念図である。

【図 2】図 2 は、実施形態 1 の発熱装置の概念図である。

【図 3】図 3 は、実施形態 1 の発熱装置における発熱機の構成の一例を示す概略縦断面図である。

【図 4】図 4 は、図 3 に示す発熱機の概略正面図である。

【図 5】図 5 は、実施形態 2 の発熱装置の概念図である。

【図 6】図 6 は、実施形態 2 の発熱装置の構成の一例を示す概略図である。

30

【図 7】図 7 は、固定子巻線の結線の一例を示す説明図である。

【図 8】図 8 は、実施形態 2 の発熱装置の別の一例を示す概略図である。

【図 9】図 9 は、実施形態 2 の発熱装置の更に別の一例を示す概略図である。

【図 10】図 10 は、実施形態に係るエネルギー貯蔵システムにおける発熱装置の別の一例を示す概念図である。

【図 11】図 11 は、実施形態に係るエネルギー貯蔵システムを含む、変動電力安定利用システムの概略的な構成を示した図である。

【図 12】図 12 は、図 11 に示した変動電力安定利用システムの別の構成を示した図である。

【図 13】図 13 は、図 11 に示した変動電力安定利用システムに適用可能な発電装置の 1 つの実施形態を示した図である。

40

【図 14】図 14 は、図 11 に示した変動電力安定利用システムに適用可能な発電装置の他の実施形態を示した図である。

【図 15】図 15 は、図 11 に示した変動電力安定利用システムに適用可能な発電装置のさらに他の実施形態を示した図である。

【図 16】図 16 は、図 13 ~ 図 15 に示した蒸気タービンにて抽気タービンを適用した形態を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 9 】

[本開示が解決しようとする課題]

50

再生可能エネルギーの導入が今後ますます増加することが予想される。しかし、太陽光発電や風力発電などの不安定な電源が電力系統に大量に連系されると、出力変動に伴う余剰電力が発生するだけでなく、電力系統に周波数変動が発生して系統周波数の維持が困難（周波数調整力不足）になるなど、電力品質の低下を引き起こし、電力系統の安定性に多大な影響を与えることが懸念される。電力系統の周波数変動が大きくなると、場合によっては、電力系統に接続されている発電機が脱調し、電力系統を安定して維持できなくなることもある。したがって、再生可能エネルギーの大量導入に伴う電力系統の効率化・安定化の観点から、余剰電力を貯蔵でき、周波数調整機能を備えるエネルギー貯蔵システムの開発が望まれる。

【0010】

余剰電力への対策の1つとして、揚水発電が実用化されている。揚水発電の中には、余剰電力により発電電動機でポンプ水車を駆動して水を汲み上げる揚水時に、周波数調整を行うことが可能な可変速揚水発電がある。しかし、揚水発電は立地条件に制約があるなど、再生可能エネルギーの大量導入に伴い増設することが難しい。別の対策として、太陽光発電や風力発電などの不安定な電源に蓄電池を併設することが検討されているが、導入コストが高く、蓄電池の寿命も短いなど課題も多い。

【0011】

また、特許文献1や非特許文献1に記載されるような、例えば、風力発電の余剰電力を電熱ヒータで熱に変換し、その熱を蓄熱装置に蓄えるエネルギー貯蔵システムを電力系統に設置することが考えられる。このような電力を熱として蓄えるエネルギー貯蔵システムは、蓄電池に比較して効率は劣るが、導入コストが低く、長寿命であるなど、経済性に優れる。しかし、上記エネルギー貯蔵システムは、余剰電力を吸収することは可能であるが、電熱ヒータには、周波数調整機能がないため、余剰電力発生時の系統安定化に寄与しない。

【0012】

本開示の1つの目的は、電力系統の余剰電力を吸収できるとともに、周波数調整機能を備えるエネルギー貯蔵システムを提供することである。

【0013】

[本開示の効果]

本開示に係るエネルギー貯蔵システムは、余剰電力を吸収できるとともに、周波数調整機能を備える。

【0014】

[本発明の実施形態の説明]

最初に、本発明の実施態様を列記して説明する。

【0015】

(1)本発明の一態様に係るエネルギー貯蔵システムは、電力から熱を発生させる発熱装置と、前記発熱装置で発生した熱を蓄える蓄熱装置とを備え、前記発熱装置は、電力系統に接続され、前記電力系統から受電した余剰電力により回転する電動機と、前記電動機により回転する回転部及び電磁誘導により発熱する発熱部を有し、前記電動機の回転力を熱に変換する発熱機と、を備える。

【0016】

上記エネルギー貯蔵システムにおいて、発熱装置は余剰電力を熱に変換する。発熱装置は、電動機と発熱機とを組み合わせた構成を有する。電力系統に接続される電動機を備えることで、周波数調整機能を実現でき、電力系統の安定化に有効である。電力系統に接続された電動機は、回転することで慣性力を持つ。そのため、太陽光発電や風力発電などの不安定な電源によって電力系統に周波数変動が発生したときには、この慣性力によるエネルギーの出し入れにより周波数変動を吸収して、瞬時の周波数調整が可能である。さらに、無効電力の吸収の効果も期待できる。また、電動機の回転力を熱に変換する発熱機を備えることで、余剰電力を吸収できる。上記エネルギー貯蔵システムは、発熱装置で発生した熱を蓄える蓄熱装置を備えることで、余剰電力を熱として蓄えることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 7 】

したがって、上記エネルギー貯蔵システムは、余剰電力を吸収できるとともに、周波数調整機能を備えることから、電力系統の安定化（電力品質の維持）に効果を発揮する。

【 0 0 1 8 】

（ 2 ）上記エネルギー貯蔵システムの一態様として、前記電動機が同期電動機又は誘導電動機であり、前記電動機の回転軸に前記発熱機が結合されていることが挙げられる。

【 0 0 1 9 】

電動機としては、例えば、同期電動機又は誘導電動機などの交流電動機が挙げられる。電動機の回転軸に発熱機が結合された構成により、電動機と発熱機とを機能的に分離することができ、発熱装置の構成がシンプルになり、制御が容易になる。中でも、同期電動機は、無効電力の吸収に効果的である。誘導電動機としては、代表的には、三相誘導電動機が挙げられる。

10

【 0 0 2 0 】

（ 3 ）上記エネルギー貯蔵システムの一態様として、前記電動機が誘導電動機であり、前記電動機自体が前記発熱機を兼ねることが挙げられる。

【 0 0 2 1 】

誘導電動機は発熱機として動作させることが可能であり、電動機が誘導電動機である場合は、電動機自体が発熱機を兼ねることができる。これにより、発熱装置を小型化できる。

【 0 0 2 2 】

（ 4 ）上記エネルギー貯蔵システムの一態様として、前記誘導電動機が巻線形誘導電動機であることが挙げられる。

20

【 0 0 2 3 】

誘導電動機（三相誘導電動機）には、かご形誘導電動機と巻線形誘導電動機とがある。電動機が巻線形誘導電動機である場合は、瞬時周波数調整能力を高めることができるなど、電力品質の向上が期待できる。

【 0 0 2 4 】

（ 5 ）上記エネルギー貯蔵システムの一態様として、前記電動機の回転軸上にフライホイールを備えることが挙げられる。

【 0 0 2 5 】

フライホイールを備えることで、電動機の慣性力が増し、瞬時周波数調整が容易になる。

30

【 0 0 2 6 】

（ 6 ）上記エネルギー貯蔵システムの一態様として、前記発熱機の前記発熱部が固定されていることが挙げられる。

【 0 0 2 7 】

発熱機の発熱部が固定されていることで、発熱機からの熱の取り出しが容易になる。

【 0 0 2 8 】

（ 7 ）上記エネルギー貯蔵システムの一態様として、前記発熱機の前記発熱部が前記回転部の外側に配置されていることが挙げられる。

【 0 0 2 9 】

発熱機の発熱部が外側に配置されていることで、発熱機からの熱の取り出しが容易になる。

40

【 0 0 3 0 】

（ 8 ）上記エネルギー貯蔵システムの一態様として、前記発熱機が超電導コイルを備え、前記超電導コイルにより前記発熱部に電磁誘導を起こさせることが挙げられる。

【 0 0 3 1 】

超電導コイルを用いることで、強力な磁場を発生でき、電磁誘導によって発熱部をより高温に発熱させることができる。例えば 7 0 0 を超える熱を発生させることも可能である。

【 0 0 3 2 】

（ 9 ）上記エネルギー貯蔵システムの一態様として、前記蓄熱装置に蓄えられた熱を利用

50

して発電する発電装置を備えることが挙げられる。

【0033】

発電装置を備えることで、余剰電力を熱に変換して蓄えたエネルギーを電力として取り出すことができる電力貯蔵システムを実現できる。例えば、電力系統に発電装置を接続して、電力系統で需要が増大した場合に発電装置で発電した電力を電力系統に給電することが挙げられる。その他、発電装置で発電した電力を水の電気分解による水素製造に利用することが挙げられる。蓄熱装置に蓄えられた熱は、発電に利用する他、そのまま熱として利用することも可能であり、例えば、暖房や給湯、熱化学反応などに利用することが挙げられる。

【0034】

(10) 本発明の一態様に係る変動電力安定利用システムは、上記(9)のエネルギー貯蔵システムと、前記発電装置を、前記電力系統と、第2の電力系統とのいずれか一方に接続するように構成されたスイッチとを備えることが挙げられる。

10

【0035】

上記変動電力安定利用システムにおいて、エネルギー貯蔵システムは余剰電力を熱に変換して蓄えるので、電力系統の安定化に有効である。さらに、蓄えられたエネルギーを電力として取り出すことにより、蓄えられたエネルギーを有効に利用することができる。

【0036】

(11) 上記変動電力安定利用システムの一態様として、前記発電装置は、第1の蒸気タービンと、前記第1の蒸気タービンに結合されて、前記電力系統に交流電力を供給するように構成された第1の発電機と、第2の蒸気タービンと、前記第2の蒸気タービンに結合されて、前記第2の電力系統に交流電力を供給するように構成された第2の発電機とを含むことが挙げられる。

20

【0037】

第1の発電機と第2の発電機とを用いることによって、2つの電力系統のそれぞれに電力を供給することができる。

【0038】

(12) 上記変動電力安定利用システムの一態様として、前記発電装置は、蒸気タービンと、前記蒸気タービンに結合された発電機とを含み、前記発電機は、前記電力系統に第1の周波数の交流電力を供給し、前記第2の電力系統に、前記第1の周波数と異なる第2の周波数を有する第2の交流電力を供給するように、前記蒸気タービンによって駆動されるように構成されることが挙げられる。

30

【0039】

蒸気タービンによる発電機の駆動を変化させることにより、異なる周波数の交流電力を発生させることができる。たとえば日本において、周波数変換による電力の相互融通を図ることができる。

【0040】

(13) 上記変動電力安定利用システムの一態様として、前記発電装置は、発電機と、前記発電機が前記電力系統に第1の周波数の交流電力を供給するように、前記発電機を駆動するための第1の蒸気タービンと、第1の蒸気タービンを前記発電機に結合する第1のクラッチと、前記発電機が前記電力系統に前記第1の周波数と異なる第2の周波数の交流電力を供給するように、前記発電機を駆動するための第2の蒸気タービンと、第2の蒸気タービンを前記発電機に結合する第2のクラッチと、前記第1の蒸気タービンおよび前記第2の蒸気タービンの一方に、蒸気を供給するように構成された三方弁とを含むことが挙げられる。

40

【0041】

第1の蒸気タービンと第2の蒸気タービンとの間で発電機の駆動を切り替えることにより、異なる周波数の交流電力を発生させることができる。たとえば日本において、周波数変換による電力の相互融通を図ることができる。

【0042】

50

(14) 上記変動電力安定利用システムの一態様として、前記発電装置は、蒸気タービンと、前記蒸気タービンに結合された発電機とを含み、前記蒸気タービンは、抽気タービンであることが挙げられる。

【0043】

抽気タービンを用いることにより、発電機による電力供給に加えて、熱を供給することができる。

【0044】

[本発明の実施形態の詳細]

本発明の実施形態に係るエネルギー貯蔵システムの具体例を、以下に図面を参照しつつ説明する。図中の同一符号は同一又は相当部分を示す。なお、本発明はこれらの例示に限定されるものではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

10

【0045】

[実施形態]

図1～図10を参照して、実施形態に係るエネルギー貯蔵システム1について説明する。図1に示すエネルギー貯蔵システム1は、電力システムLに設置され、発熱装置100と蓄熱装置200とを備える。この例では、更に発電装置300を備える。このエネルギー貯蔵システム1の特徴の1つは、発熱装置100が、電力システムLに接続される電動機10と、電動機10の回転力を熱に変換する発熱機20とを備える点にある。以下では、初めに、図1を参照してエネルギー貯蔵システム1の構成を説明し、その後、図2～図10を主に参照して発熱装置100の構成を詳しく説明する。

20

【0046】

<電力システム>

電力システムLは、電源Gで発電した電力を需要家に供給する設備である。電源Gは、電力システムLに接続される発電機群で構成される。電源Gには、例えば、火力発電、原子力発電、水力発電などの一般電源の他、太陽光発電、風力発電などに代表される再生可能エネルギー電源といった各種電源が含まれる。

【0047】

<発熱装置>

発熱装置100は、電力から熱を発生させる装置であり、より具体的には、電力システムLに接続され、電力システムLの余剰電力を熱に変換する。発熱装置100は、電動機10と発熱機20とを組み合わされた構成を有する。この例では、電力システムLの余剰電力に応じて発熱装置100を制御する制御部110が備えられており、電力システムLに余剰電力が発生したとき、制御部110によって発熱装置100が作動する。例えば、電力システムLには、電源Gによる発電量(供給量)や需要家での消費量(需要量)を監視する電力監視システム(図示せず)が設置されている。電力監視システムは、電力システムLの電力需給を監視し、電力需給に基づき制御部110に動作指令を送る。制御部110では、余剰電力発生時に電力監視システムから動作指令を受け取り、電動機10や発熱機20に制御指令を発することにより、制御部110によって余剰電力に応じて発熱装置100(電動機10、発熱機20)が制御される。

30

40

【0048】

<蓄熱装置>

蓄熱装置200は、発熱装置100で発生した熱を蓄える装置である。蓄熱装置200は、公知のものを利用でき、例えば、断熱容器内に蓄熱材が充填された構成を有する。蓄熱材には、例えば、岩や碎石、溶融塩などの太陽熱発電で実用化されている蓄熱材などを用いることができる。

【0049】

<発電装置>

発電装置300は、蓄熱装置200に蓄えられた熱を利用して発電する装置であり、電力システムLに接続されている。発電装置300は、公知のものを利用でき、例えば、蒸気ター

50

ピンと発電機とで構成される。

【 0 0 5 0 】

この例では、発熱装置 1 0 0 で熱媒体を加熱し、加熱した熱媒体を蓄熱装置 2 0 0 に供給して、その熱で蓄熱材を加熱して熱を蓄える。具体的には、蓄熱装置 2 0 0 に 2 つの熱交換回路が設けられており、一方の熱交換回路に加熱された熱媒体を供給して蓄熱材を加熱し、蓄熱材に熱を蓄える。また、蓄熱装置 2 0 0 から熱を取り出すときは、例えば、他方の熱交換回路に水を供給して蒸気を発生させ、蓄熱材に蓄えられた熱を取り出す。そして、取り出した熱（蒸気）を発電装置 3 0 0 に送り、蒸気により蒸気タービンで発電機を駆動することで発電を行う。発電装置 3 0 0 は、電力需要に応じて制御され、需要が増大した場合に発電を行い、電力系統 L に給電する。この例では、発電装置 3 0 0 は、制御部 1 1 0 によって制御され、電力系統 L の電力需要が増大したときに作動する。例えば、電力需要増大時に上述の電力監視システムから制御部 1 1 0 に動作指令が送られ、この動作指令を受けて制御部 1 1 0 が発電装置 3 0 0 に制御指令を発することによって、電力需要に応じて発電装置 3 0 0 を制御することが挙げられる。

【 0 0 5 1 】

発熱装置 1 0 0 の構成を詳しく説明する。発熱装置 1 0 0 は、電力系統 L に接続される電動機 1 0 と、電動機 1 0 の回転力を熱に変換する発熱機 2 0 とを備える。電動機 1 0 は、電力系統 L から受電した余剰電力により回転する。発熱機 2 0 は、電動機 1 0 により回転する回転部 2 1 及び電磁誘導により発熱する発熱部 2 2 を有する（図 3、図 5 を参照）。電動機 1 0 は、制御部 1 1 0 によって余剰電力に応じて作動する。発熱装置 1 0 0 の形態には、後述するように、電動機 1 0 と発熱機 2 0 とが分離した分離型（実施形態 1 ）と、電動機 1 0 自体が発熱機 2 0 を兼ねる一体型（実施形態 2 ）とがある。

【 0 0 5 2 】

[実施形態 1]

実施形態 1 では、図 2 ~ 図 4 を参照して、分離型の発熱装置 1 0 0 について説明する。実施形態 1 の発熱装置 1 0 0 は、図 2 に示すように、電動機 1 0 の回転軸 1 1 に発熱機 2 0 が結合されている。

【 0 0 5 3 】

電動機

電動機 1 0 は、同期電動機又は誘導電動機であり、公知のものを利用できる。誘導電動機としては、代表的には三相誘導電動機であり、かご形誘導電動機と巻線形誘導電動機のいずれでもよい。電動機 1 0 は、図 2 に示すように、電力変換装置 1 2 を介して電力系統 L に接続され、電力変換装置 1 2 で変換された電力が供給される。電力変換装置 1 2 は、制御部 1 1 0（図 1 を参照）によって制御される。

【 0 0 5 4 】

発熱機

発熱機 2 0 は、電動機 1 0 により駆動される。発熱機 2 0 の一例としては、図 3、図 4 に示すように、回転部 2 1 と、発熱部 2 2 と、磁束発生部 3 3 と、熱媒体流路 3 4 とを備える構成が挙げられる。

【 0 0 5 5 】

（回転部）

回転部 2 1 は、電動機 1 0 の回転軸 1 1（図 2 を参照）に連結される回転軸 3 1 を有し、電動機 1 0 の回転軸 1 1 に連動して回転する。回転軸 3 1 は、軸受 3 2 により回転可能に支持されている（図 3 を参照）。回転軸 3 1 は、電動機 1 0 の回転軸 1 1 と直結されていてもよいし、増速機（図示せず）を介して連結されていてもよい。直結した場合、増速機（ギアボックス）によるトラブルを回避できる。

【 0 0 5 6 】

回転部 2 1 の外周には、径方向に突出する複数の凸部 3 3 1 が形成されている（図 4 を参照）。この例では、6 つの凸部 3 3 1 を有し、各凸部 3 3 1 が周方向に等間隔に形成されている。また、回転部 2 1 の外周には、後述する磁束発生部 3 3（この例ではコイル 3 3

10

20

30

40

50

c) が取り付けられている。ここでは、回転部 2 1 が反時計方向に回転するものとする。図 4 中、回転部 2 1 に記載の細線矢印は回転方向を示す。

【 0 0 5 7 】

回転部 2 1 の形成材料としては、磁性材料、非磁性材料を問わず、機械的強度を有し、磁束発生部 3 3 を支持可能な材料であればよく、構造強度と長期耐久性（耐候性及び耐食性）に優れる材料が好ましい。例えば、鉄、鋼、ステンレス鋼、アルミニウム合金、マグネシウム合金などの金属材料や、GFRP（ガラス繊維強化プラスチック）やCFRP（炭素繊維強化プラスチック）などの複合材料が挙げられる。

【 0 0 5 8 】

この例では、回転部 2 1（凸部 3 3 1 を含む）が磁性材料で形成されている。磁束発生部 3 3（コイル 3 3 c）に常電導コイルを用いる場合は、回転部 2 1 を磁性材料で形成することが好ましい。一方、超電導コイルを用いる場合は、回転部 2 1 は磁性材料、非磁性材料のいずれで形成してもよい。超電導コイルを用いる場合、回転部 2 1 の磁束飽和のために発生磁場が制限されてしまう虞があることから、回転部 2 1 を非磁性材料で形成することが好ましい場合もある。

10

【 0 0 5 9 】

（発熱部）

発熱部 2 2 は、回転部 2 1 に対して間隔をあけて配置される。この例では、発熱部 2 2 が筒状であり、回転部 2 1 の外側に配置され、回転しないようにケーシング（図示せず）に固定されている。発熱部 2 2 には、後述する磁束発生部 3 3 による磁束が通過することにより、電磁誘導による誘導電流（渦電流）が発生し、その電気抵抗によって発熱部 2 2 が発熱する。発熱部 2 2 の形成材料は、電磁誘導により発熱する材料であればよいが、例えば、鉄や鋼、ステンレス鋼などの導電性を有する磁性材料が好ましい。

20

【 0 0 6 0 】

（磁束発生部）

磁束発生部 3 3 は、回転部 2 1 に取り付けられ、発熱部 2 2 に対して磁束を発生し、発熱部 2 2 に電磁誘導を起こさせる。この例では、発熱部 2 2 に対向するように回転部 2 1 の外周に磁束発生部 3 3 が設けられ、発熱部 2 2 に向けて磁束を発生する。磁束発生部 3 3 には、コイル 3 3 c が用いられており、回転部 2 1 の各凸部 3 3 1 にコイル 3 3 c（計 6 個）が巻回されて取り付けられている（図 4 を参照）。凸部 3 3 1 が磁性材料で形成されている場合、コイル 3 3 c と凸部 3 3 1 とで磁束発生部 3 3 が構成されることになる。各コイル 3 3 c には、例えばスリップリングを介して直流電源が接続され、各コイル 3 3 c に通電する電流の向きを制御することにより、隣り合うコイル 3 3 c の極性が互いに異なるようにしている（図 4 を参照）。磁束発生部 3 3（コイル 3 3 c）の数は、適宜設定すればよく、例えば 4 個以上、6 個以上、更に 8 個以上とすることが挙げられる。

30

【 0 0 6 1 】

磁束発生部 3 3 としては、コイル（電磁石）の他、永久磁石を用いることも可能である。コイルとしては、銅線などの常電導コイルや超電導線材を用いた超電導コイルが挙げられる。コイルの場合、コイルに通電する電流を大きくすることで、強い磁場を発生させることができ、通電電流を制御することで磁場の強さを調整することも可能である。電磁誘導による発熱量は磁場強度の 2 乗に比例することから、コイルは永久磁石に比較して発熱量の向上を図り易い。また、コイルであれば、永久磁石に比べて、温度上昇による磁気特性の低下や、経時的な磁気特性の劣化が起こり難い。したがって、磁束発生部 3 3 にコイルを用いた場合、通電電流を大きくして十分な磁場強度を維持し易く、発熱部 2 2 を所定の温度（例えば 100 以上、更に 200 以上）まで発熱させるのに十分な性能（熱エネルギー）を得易い。コイルに直流電流を流し、直流磁場を発生させる場合、超電導コイルであれば、電気抵抗がゼロであり、大電流を流してもコイルに発熱（損失）が実質的に生じない。そのため、常電導コイルに比較して、大電流を流すことによるコイルの発熱（損失）を抑制することができ、電力損失なしで極めて強い磁場を発生することができる。

40

コイル 3 3 c に超電導コイルを用いた場合、その強力な磁場によって、発熱部 2 2 をより

50

高温に発熱させることができ、発熱部 2 2 を形成する磁性材料のキュリー温度以上（例えば 700 超）の熱を発生させることも可能である。超電導コイルの場合は、周囲を冷却用ジャケットで覆い、冷却することによって超電導状態を維持することが挙げられる。

【0062】

（熱媒体流路）

発熱部 2 2 には、熱媒体が流通する熱媒体流路 3 4 が設けられている。熱媒体は、発熱部 2 2 から熱を受け取り加熱される。この例では、熱媒体流路 3 4 が発熱部 2 2 の外周に軸方向に沿って螺旋状に設けられており、熱媒体流路 3 4 には、一端側に熱媒体を供給する入口部 3 4 1 と、他端側に熱媒体を排出する出口部 3 4 2 とが設けられている（図 3 を参照）。熱媒体流路 3 4 は、配管 3 4 p によって構成され、配管 3 4 p は、例えば、鉄や鋼、ステンレス鋼などの金属材料で形成されている。熱媒体としては、例えば、水、水蒸気、油、液体金属（Na、Pb など）、熔融塩などの液体、並びに気体が挙げられる。

10

【0063】

次に、発熱機 2 0 の発熱メカニズムについて説明する。磁束発生部 3 3（コイル 3 3 c）から発生した磁束が発熱部 2 2 を通過する。このとき、磁束発生部 3 3 と対向し、磁束発生部 3 3 の磁束が鎖交する発熱部 2 2 の領域では、磁場が強く、多くの磁束が通過する。一方、磁束発生部 3 3 と対向せず、磁束発生部 3 3 の磁束が鎖交しない発熱部 2 2 の領域では、磁場が弱くなり、通過する磁束が減少する。そして、回転部 2 1 と共に磁束発生部 3 3 が回転することにより、発熱部 2 2 に対して磁束発生部 3 3 が相対的に移動することで、発熱部 2 2 の全周にわたって通過する磁束が変化し、発熱部 2 2 に印加される磁場が周期的に変化する。その結果、発熱部 2 2 に渦電流が発生して発熱部 2 2 が発熱し、その熱が熱媒体流路 3 4（配管 3 4 p）に流通する熱媒体に伝えられ、熱媒体が加熱される。

20

【0064】

この例では、隣り合う磁束発生部 3 3（コイル 3 3 c）の極性が互いに異なっており、N 極の磁束発生部 3 3 に対向する場合と S 極の磁束発生部 3 3 に対向する場合とでは、磁束（磁場）の方向が逆転する。そのため、回転部 2 1 と共に磁束発生部 3 3 が回転することにより、磁束（磁場）の方向が周期的に逆転しながら変化する。ここで、各磁束発生部 3 3 の極性が全て同じ（例えば、回転部 2 1 の外周側が N 極、中心側が S 極）場合であっても、上述したように、発熱部 2 2 の磁束発生部 3 3 に対向する部分では、磁場が強くなり、その間の部分では、磁場が弱くなる。したがって、回転部 2 1 と共に磁束発生部 3 3 が回転することにより、磁場の強さが周期的に変化することになるので、発熱部 2 2 に渦電流が発生し、発熱部 2 2 が発熱する。但し、この場合は磁場の方向が逆転しない。隣り合う磁束発生部 3 3 の極性が互いに異なる場合は、磁場の方向が逆転することで、発熱部 2 2 に印加される磁場の振幅（変化）が大きくなるため、より大きな渦電流を発生させることができ、発熱量を増やすことができる。

30

【0065】

また、この例では、コイル 3 3 c に通電する電流の大きさを変えることで、発熱機 2 0 の発熱量を制御でき、電動機 1 0 にかかる負荷の大きさを変えることができる。具体的には、電動機 1 0 が定格出力で回転するときの発熱機 2 0 の最大可能発熱量を 100% としたとき、発熱機 2 0 の発熱量を 0 ~ 100% の範囲で制御できる。そして、発熱機 2 0 の発熱量が 100% のときの電動機 1 0 の負荷を 100% とした場合、発熱機 2 0 の発熱量を制御することで、負荷を 0 ~ 100% の範囲で変更できる。電動機 1 0 は、電力系統 L からの余剰電力により回転するため、余剰電力量に応じて回転力が変動することになるが、発熱機 2 0 の発熱量を制御することで、電動機 1 0 にかかる負荷を変えることができる。そのため、余剰電力が少なく、電動機 1 0 の回転力が下がったときは発熱機 2 0 の発熱量を下げ、一方、余剰電力が多く、電動機 1 0 の回転力が上がったときは発熱機 2 0 の発熱量を上げることによって、電動機 1 0 の回転を維持しながら、余剰電力を熱に最大限変換できる。つまり、発熱装置 1 0 0 の運転可能範囲が広い。一般に、可変速揚水発電の負荷調整可能範囲（揚水運転時の発電電動機の運転範囲）は定格出力の $\pm 10\%$ 程度であるので、上記運転可能範囲の広さは、電力系統 L の安定化により大きく寄与すると考えられる

40

50

。コイル 3 3 c への通電電流は、例えば、制御部 1 1 0 (図 1 を参照) からの制御指令によって余剰電力に応じて制御される。

【 0 0 6 6 】

[実施形態 2]

実施形態 2 では、図 5 ~ 図 9 を参照して、一体型の発熱装置 1 0 0 について説明する。実施形態 2 の発熱装置 1 0 0 は、図 5 に示すように、電動機 1 0 自体が発熱機 2 0 を兼ねる。実施形態 2 の発熱装置 1 0 0 では、電動機 1 0 は誘導電動機である。実施形態 2 の発熱装置 1 0 0 の一例としては、図 6 に示すように、熱媒体が流通する格納容器 4 4 内に電動機 1 0 が収納された構成が挙げられる。

【 0 0 6 7 】

電動機 1 0 は、三相誘導電動機であり、この例では、かご形誘導電動機である。電動機 1 0 は、図 6 に示すように、回転子 4 1 と、回転子 4 1 に対して間隔をあけて配置される固定子 4 2 とを備える。この例では、回転子 4 1 が回転軸 1 1 に取り付けられており、回転子 4 1 が発熱機 2 0 の回転部 2 1 として機能する。

【 0 0 6 8 】

(回転子)

回転子 4 1 は、回転子鉄心 4 1 1 と、その周囲に配置される回転子導体 4 1 2 とを有する。この例では、回転子導体 4 1 2 がかご形導体である。この例では、電動機 1 0 は、回転子 4 1 にかご形導体を用いたかご形誘導電動機であるが、回転子 4 1 に巻線を用いた巻線形誘導電動機であってもよい。回転子鉄心 4 1 1 は、例えば、ケイ素鋼板などの磁性材料で形成することができる。回転子導体 4 1 2 は、例えば、銅やアルミニウムなどの導電性材料で形成することが挙げられる。

【 0 0 6 9 】

(固定子)

固定子 4 2 は、回転子 4 1 の外側に配置され、回転子 4 1 に対向する突極を有する固定子鉄心 4 2 1 と、その突極に巻回された固定子巻線 4 2 2 とを有する。固定子 4 2 には、固定子鉄心 4 2 1 の突極に分布巻で三相 (U 相、V 相、W 相) の固定子巻線 4 2 2 が巻回されている。固定子巻線 4 2 2 は、分布巻としているが、集中巻とすることも可能である。この例では、固定子巻線 4 2 2 の各相が Y 結線されている (図 7 を参照) 。固定子鉄心 4 2 1 は、円筒状のヨーク部と、このヨーク部から回転子 4 1 に向かって突出する突極を有する構造である。固定子鉄心 4 2 1 は、例えば、ケイ素鋼板などの磁性材料で形成することができる。また、この例では、固定子巻線 4 2 2 が、高温となる熱媒体中に配置され、高温環境下で使用されるため、固定子巻線 4 2 2 には、例えば、セラミック絶縁層を有する超耐熱巻線を用いることが挙げられる。勿論、使用温度が低い場合は、ポリアミドイミド銅線やポリイミド銅線などのエナメル線を用いることも可能である。

【 0 0 7 0 】

(格納容器)

電動機 1 0 (回転子 4 1 及び固定子 4 2) は、格納容器 4 4 内に収納されている。格納容器 4 4 には、回転軸 1 1 を回転可能に支持する軸受 4 5 が設けられている。格納容器 4 4 は、例えば、金属製の容器であり、この例では、金属製容器の周囲に断熱材を配置して構成された断熱容器である。断熱材としては、例えば、ロックウール、グラスウール、発泡プラスチック、レンガ、セラミック、又はこれら材料の任意の組み合わせからなる複合材などを用いることが挙げられる。図 6 では、格納容器 4 4 内に回転軸 1 1 が収納されているが、回転軸 1 1 の両端部の少なくとも一方が格納容器 4 4 から引き出されていてもよい。この場合、格納容器 4 4 から引き出された回転軸 1 1 の端部に、例えば、後述するフライホイール 1 5 (図 1 0 を参照) を取り付けたり、実施形態 1 で説明した発熱機 2 0 (図 2、図 3 を参照) を更に結合したりすることが可能である。この点は、後述する図 8、図 9 の場合も同じである。

【 0 0 7 1 】

格納容器 4 4 には、一端側に熱媒体を供給する入口部 4 4 1 と、他端側に熱媒体を排出す

10

20

30

40

50

る出口部 4 4 2 とが設けられており、熱媒体が流通する。熱媒体は、電動機 1 0 で発生した熱を受け取り加熱される。

【 0 0 7 2 】

(電力変換装置)

電動機 1 0 は、電力変換装置 1 2 を介して電力系統 L と接続されており、電力変換装置 1 2 で変換された電力が供給される。電力変換装置 1 2 は、インバータによる三相の可変周波数の交流に変換して、電動機 1 0 を可変速制御する。この電力変換装置 1 2 は、固定子巻線 4 2 2 に単相交流を供給して交番磁界を発生させる単相交流変換部と、固定子巻線 4 2 2 に三相交流を供給して回転磁界を発生させる三相交流変換部とを有し、単相交流と三相交流とを重畳して固定子巻線 4 2 2 に供給することが可能である。電力変換装置 1 2 は、制御部 1 1 0 (図 1 を参照) によって制御される。

10

【 0 0 7 3 】

電力変換装置 1 2 から固定子巻線 4 2 2 に単相交流を供給した場合、固定子 4 2 に交番磁界が発生する。交番磁界が回転子 4 1 に印加されることで、回転子導体 4 1 2 に電磁誘導による誘導電流が発生して発熱する (発熱モード) 。つまり、回転子 4 1 (回転子導体 4 1 2) が発熱機 2 0 の発熱部 2 2 として機能する。このとき、回転子 4 1 には回転力が生じず、投入電力のほぼ全てが熱として消費されることになり、電動機 1 0 を発熱機 2 0 として動作させることができる。一方、固定子巻線 4 2 2 に三相交流を供給した場合は、固定子 4 2 に回転磁界が発生する。回転磁界が回転子 4 1 に印加されることで、回転子 4 1 に回転力が生じて回転子 4 1 が回転する。これは、通常の電動機の動作原理と同じであり、投入電力の大半が回転に消費されることになる。したがって、単相交流に三相交流を重畳させることによって、電動機 1 0 を回転させながら、電動機 1 0 を発熱させることができ、電動機 1 0 が発熱機 2 0 を兼ねることができる。電動機 1 0 が発熱機 2 0 を兼ねる場合は、単相交流と三相交流とを重畳する必要がある。

20

【 0 0 7 4 】

また、固定子巻線 4 2 2 に供給する単相交流電圧の大きさを変えることで、電動機 1 0 の発熱量を制御でき、電動機 1 0 にかかる負荷の大きさを変えることができる。具体的には、電動機 1 0 の定格出力を 1 0 0 % としたとき、発熱に用いる出力を定格出力の 0 ~ 1 0 0 % の範囲で制御できる。電動機 1 0 における発熱は電動機 1 0 に発生する負荷と考えることができる。電動機 1 0 の発熱量を制御することで、負荷を 0 ~ 1 0 0 % の範囲で変更できる。電動機 1 0 は、電力系統 L からの余剰電力により回転するため、余剰電力量に応じて回転力が変動することになるが、発熱量を制御することで、電動機 1 0 にかかる負荷を変えることができる。そのため、余剰電力が少ないときは電動機 1 0 の発熱量を下げ、一方、余剰電力が多いときは電動機 1 0 の発熱量を上げることによって、電動機 1 0 の回転を維持しながら、余剰電力を熱に最大限変換できる。つまり、発熱装置 1 0 0 の運転可能範囲が広い。この運転可能範囲の広さは、上述した可変速揚水発電の負荷調整可能範囲より広く、電力系統 L の安定化により大きく寄与すると考えられる。固定子巻線 4 2 2 への供給電力は、例えば、制御部 1 1 0 (図 1 を参照) からの制御指令によって余剰電力に応じて制御される。

30

【 0 0 7 5 】

図 6 に示す発熱装置 1 0 0 では、電動機 1 0 (回転子 4 1 及び固定子 4 2) 全体が格納容器 4 4 内の 1 つの空間に収納されている。図 8 に示すように、格納容器 4 4 内を、回転子 4 1 を収納する空間 (回転子収容室 4 6 1) と固定子 4 2 を収納する空間 (固定子収容室 4 6 2) とに径方向に分割する隔壁 4 6 が設けられた構造とすることも可能である。この場合、図 8 に示す発熱装置 1 0 0 のように、回転子収容室 4 6 1 に熱媒体を供給・排出する入口部 4 4 1 及び出口部 4 4 2 を設け、回転子収容室 4 6 1 のみに熱媒体を流通させることが挙げられる。この例では、入口部 4 4 1 が格納容器 4 4 の一端側に位置し、出口部 4 4 2 が格納容器 4 4 の他端側に位置している。回転子収容室 4 6 1 に熱媒体が流通することにより、発熱部 2 2 として機能する回転子 4 1 (回転子導体 4 1 2) で発生した熱を受け取り、熱媒体が加熱される。これにより、回転子 4 1 で発生した熱で加熱された熱媒

40

50

体によって固定子 4 2 が加熱されることを抑制でき、固定子巻線 4 2 2 の温度上昇を低減できる。隔壁 4 6 には、回転子収容室 4 6 1 から固定子収容室 4 6 2 への熱の伝導を抑制するため、断熱材によって断熱層（図示せず）を設けてもよい。

【 0 0 7 6 】

更に、格納容器 4 4 内を隔壁 4 6 により回転子収容室 4 6 1 と固定子収容室 4 6 2 とに分割する上記構造の場合、図 9 に示す発熱装置 1 0 0 のように、固定子収容室 4 6 2 に熱媒体を供給する入口部 4 4 1、回転子収容室 4 6 1 に熱媒体を排出する出口部 4 4 2 を設けることも可能である。この場合、図 9 に示すように、隔壁 4 6 に回転子収容室 4 6 1 と固定子収容室 4 6 2 とを連通させる連通孔 4 6 3 を設けることが挙げられる。この例では、入口部 4 4 1 及び出口部 4 4 2 が格納容器 4 4 の一端側に位置し、連通孔 4 6 3 が格納容器 4 4 の他端側に位置している。これにより、供給された低温の熱媒体が固定子収容室 4 6 2 に流通した後、連通孔 4 6 3 を通り、回転子収容室 4 6 1 に流通して、回転子 4 1（回転子導体 4 1 2）に発生した熱によって熱媒体が加熱される。これにより、供給された熱媒体が加熱される前に固定子 4 2（固定子巻線 4 2 2）で生じた熱を吸収して冷却することができ、固定子巻線 4 2 2 の使用耐熱温度を下げるのが可能となる。この場合、固定子 4 2 と回転子 4 1 との間には、温度勾配が生じることになる。

10

【 0 0 7 7 】

{ 作用効果 }

上述した各実施形態に係るエネルギー貯蔵システム 1 は、以下の効果を奏することができる。

20

【 0 0 7 8 】

電力系統 L の余剰電力を熱に変換する発熱装置 1 0 0 が電動機 1 0 と発熱機 2 0 とを組み合わせた構成である。電力系統 L に接続される電動機 1 0 を備えることで、周波数調整機能を実現でき、電力系統 L の安定化に有効である。電動機 1 0 は、回転することで慣性力を持つため、電力系統 L に周波数変動が発生したときには、この慣性力により周波数変動を吸収して、瞬時の周波数調整が可能である。また、電動機 1 0 の回転力を熱に変換する発熱機 2 0 を備えることで、電力系統 L の余剰電力を吸収できる。そして、発熱装置 1 0 0 で発生した熱を蓄える蓄熱装置 2 0 0 を備えることで、電力系統 L の余剰電力を熱として蓄えることができる。電力系統 L の周波数調整力や発熱装置 1 0 0 での発熱量を十分に確保するため、例えば、電動機 1 0 の定格出力は 1 0 0 k W 以上が好ましく、更に 5 0 0 k W 以上、1 M W 以上がより好ましい。

30

【 0 0 7 9 】

図 2 ~ 図 4 を参照して説明した実施形態 1 の分離型の発熱装置 1 0 0 場合、電動機 1 0 と発熱機 2 0 とが機能的に分離されているため、構成がシンプルで、制御が容易になる。一方、図 5 ~ 図 9 を参照して説明した実施形態 2 の一体型の発熱装置 1 0 0 の場合、電動機 1 0 自体が発熱機 2 0 を兼ねるので、小型化できる。

【 0 0 8 0 】

更に、実施形態 1、2 の発熱装置 1 0 0 において、図 1 0 に示すように、電動機 1 0 の回転軸 1 1 上にフライホイール 1 5 を備えてもよい。この場合、電動機 1 0 の慣性力が増し、瞬時周波数調整機能の向上が期待できる。

40

【 0 0 8 1 】

図 1 に示すエネルギー貯蔵システム 1 のように、発電装置 3 0 0 を備える場合は、電力系統 L の余剰電力を熱に変換して蓄熱装置 2 0 0 に蓄えた後、その熱を利用して発電することができ、電力貯蔵システムを実現できる。

【 0 0 8 2 】

{ エネルギー貯蔵システムの用途 }

実施形態に係るエネルギー貯蔵システム 1 は、電力系統 L の電力貯蔵に利用できる他、水素製造に利用したり、暖房や給湯、熱化学反応などに利用することも可能である。以下に、実施形態に係るエネルギー貯蔵システム 1 の 1 つの適用の形態として、変動電力安定利用システム 5 0 を開示する。

50

【 0 0 8 3 】

図 1 1 は、実施形態に係るエネルギー貯蔵システム 1 を含む、変動電力安定利用システム 5 0 の概略的な構成を示した図である。図 1 1 を参照して、変動電力安定利用システム 5 0 は、電力系統 L に接続された再生可能エネルギー源（電源 G）により生じた余剰電力（変動電力）を貯蔵することによって、安定した電力供給を達成する。さらに、変動電力安定利用システム 5 0 は、その変動電力を利用することができる。

【 0 0 8 4 】

たとえば日本において、変動電力安定利用システム 5 0 を、周波数変換による電力の相互融通に用いることができる。日本では交流電源の周波数が東日本と西日本とで相違する。交流電源の周波数は、西日本では 6 0 H z であるのに対して東日本では 5 0 H z である。周波数が異なるために、東日本と西日本との間の電力融通量が、周波数変換設備の容量によって制限されている。

10

【 0 0 8 5 】

図 1 1 に示した構成によれば、変動電力安定利用システム 5 0 は、発電装置 3 0 0 と、スイッチ 4 0 0 とを備える。発電装置 3 0 0 は、蓄熱装置 2 0 0 に蓄えられた熱を利用して発電する。スイッチ 4 0 0 は、発電装置 3 0 0 の出力を電力系統 L 1 と電力系統 L 2 との間で切り替えることができる。電力系統 L 1 は周波数 6 0 H z の電力系統であり、電力系統 L 2 は周波数 5 0 H z の電力系統である。

【 0 0 8 6 】

図 1 1 に示した状態では、スイッチ 4 0 0 により、発電装置 3 0 0 の出力が電力系統 L 1 に接続される。この場合の変動電力安定利用システム 5 0 の構成は、図 1 に示した構成と等価である。図 1 2 は、図 1 1 に示した変動電力安定利用システム 5 0 の別の構成を示した図である。図 1 2 に示されるように、スイッチ 4 0 0 により、発電装置 3 0 0 の出力を電力系統 L 1 から切り離して、電力系統 L 2 に接続することができる。

20

【 0 0 8 7 】

上述のように、発電装置 3 0 0 は、蒸気タービンと発電機とを含み得る。図 1 3 ~ 図 1 5 に、発電装置 3 0 0 の構成に関するいくつかの実施形態を示す。しかしながら、発電装置 3 0 0 の構成は、以下に説明する構成に限定されない。

【 0 0 8 8 】

図 1 3 は、図 1 1 に示した変動電力安定利用システム 5 0 に適用可能な発電装置 3 0 0 の 1 つの実施形態を示した図である。図 1 3 に示されるように、発電装置 3 0 0 は、蒸気タービン 3 0 1 , 3 0 3 と、発電機 3 0 2 , 3 0 4 とを含むことができる。発電機 3 0 2 は、6 0 H z 発電機であり、発電機 3 0 4 は、5 0 H z 発電機である。発電機 3 0 2 の回転軸が蒸気タービン 3 0 1 に結合され、発電機 3 0 4 の回転軸が蒸気タービン 3 0 3 に結合される。蒸気タービン 3 0 1 は、6 0 H z の電力の発電に適合された 3 6 0 0 r p m 用タービンである。蒸気タービン 3 0 3 は、5 0 H z の電力の発電に適合された 3 0 0 0 r p m 用タービンである。スイッチ 4 0 0 は、発電機 3 0 2 の出力を電力系統 L 1 に接続するか否かを切り替えるとともに、発電機 3 0 4 の出力を電力系統 L 2 に接続するか否かを切り替える。

30

【 0 0 8 9 】

図 1 4 は、図 1 1 に示した変動電力安定利用システム 5 0 に適用可能な発電装置 3 0 0 の他の実施形態を示した図である。図 1 4 に示されるように、発電装置 3 0 0 は、蒸気タービン 3 0 1 と、発電機 3 0 2 とを含むことができる。図 1 3 に示した構成と同様に、蒸気タービン 3 0 1 および発電機 3 0 2 は、6 0 H z の交流電力の発電に適合されている。蒸気タービン 3 0 1 の回転数を 3 6 0 0 r p m から 3 0 0 0 r p m に低下させることによって、効率は低下するものの、発電装置 3 0 0 は、5 0 H z の交流電力を発電することが可能である。

40

【 0 0 9 0 】

図 1 5 は、図 1 1 に示した変動電力安定利用システム 5 0 に適用可能な発電装置 3 0 0 のさらに他の実施形態を示した図である。図 1 5 に示されるように、発電装置 3 0 0 は、蒸

50

気タービン 301, 303 と、発電機 302 と、三方弁 310 と、クラッチ 311, 312 とを含むことができる。三方弁 310 は、蒸気タービン 301 および蒸気タービン 303 との間で蒸気の供給を切り替える。クラッチ 311 は、蒸気タービン 301 の動力を発電機 302 に伝えるか否かを切り替える。クラッチ 312 は、蒸気タービン 303 の動力を発電機 302 に伝えるか否かを切り替える。発電機 302 が蒸気タービン 301 に接続された場合には、発電機 302 は 60 Hz の交流電力を発生させる。発電機 302 が蒸気タービン 303 に接続された場合には、発電機 302 は 50 Hz の交流電力を発生させる。

【0091】

図 16 に示すように、蒸気タービン 301 は、抽気タービンであってもよい。蒸気タービン 301 に供給された蒸気の一部（蒸気 305）が蒸気タービン 301 から取り出されて、この蒸気 305 の熱が利用される。これにより、発電機 302 による電力供給に加えて、熱を供給することができる。コンデンサ 320 は、蒸気タービン 301 の回転に用いられた蒸気に加えて、蒸気タービン 301 から取り出された蒸気 305 を復水する。

10

【0092】

図 13 に示した蒸気タービン 303 が抽気タービンであってもよい。この場合には、発電機 304 による電力供給に加えて、熱を供給することができる。蒸気タービン 301, 303 の一方または両方が抽気タービンであってもよい。

【0093】

変動電力安定利用システム 50 の適用の典型例として日本国内での適用を示した。しかし実施形態に係る変動電力安定利用システム 50 は、場所の制限を受けることなく適用可能である。たとえば米国においても、変動電力安定利用システム 50 を適用できる。米国では、交流の周波数は 60 Hz であるが、国土面積が広いために、地域単位で電力系統が運用されている。米国内のある地域では電力供給が過剰であっても、別の地域では電力が不足する可能性がある。実施の形態に係る変動電力安定利用システム 50（図 11 および図 12 参照）は、それらの地域の電力系統の連係に適用することが可能である。この適用形態においては、発電装置 300 に含まれる発電機として、同期発電機を適用できるので、電力系統間の位相差は考慮しなくてもよい。

20

【符号の説明】

【0094】

G 電源、L, L1, L2 電力系統、1 エネルギー貯蔵システム、50 変動電力安定利用システム、100 発熱装置、110 制御部、200 蓄熱装置、300 発電装置、400 スイッチ、10 電動機、11 回転軸、12 電力変換装置、15 フライホイール、20 発熱機、21 回転部、22 発熱部、31 回転軸、32 軸受、33 磁束発生部、33c コイル、331 凸部、34 熱媒体流路、34p 配管、301, 303 蒸気タービン、302, 304 発電機、305 蒸気、310 三方弁、311, 312 クラッチ、320 コンデンサ、341 入口部、342 出口部、41 回転子、411 回転子鉄心、412 回転子導体、42 固定子、421 固定子鉄心、422 固定子巻線、44 格納容器、441 入口部、442 出口部、45 軸受、46 隔壁、461 回転子収容室、462 固定子収容室、463 連通孔。

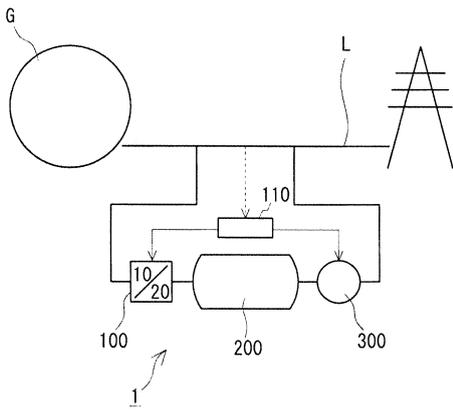
30

40

【 図面 】

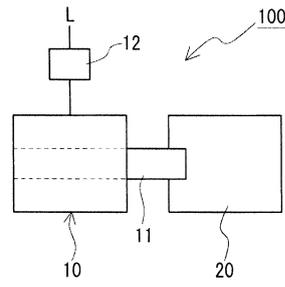
【 図 1 】

FIG.1



【 図 2 】

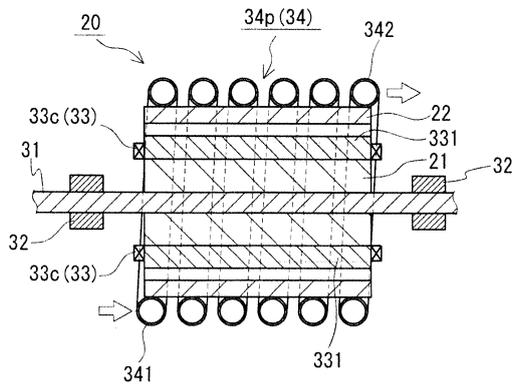
FIG.2



10

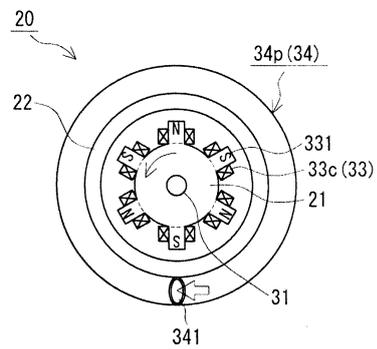
【 図 3 】

FIG.3



【 図 4 】

FIG.4



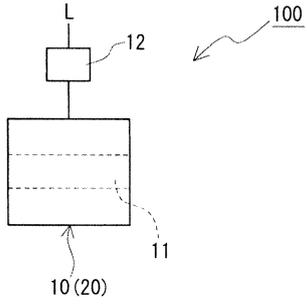
20

30

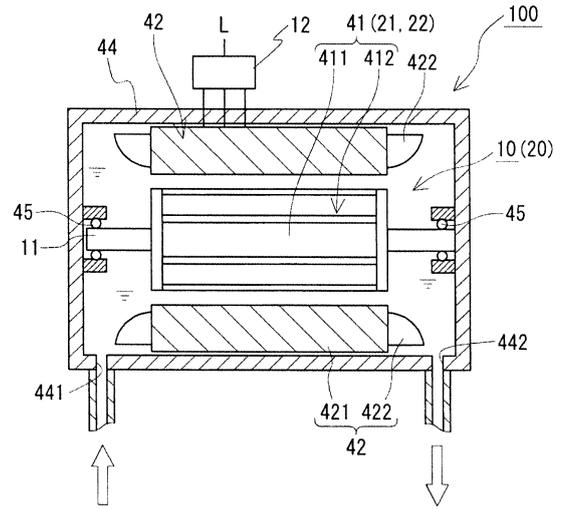
40

50

【 図 5 】
FIG.5

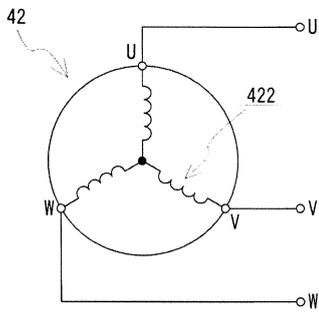


【 図 6 】
FIG.6

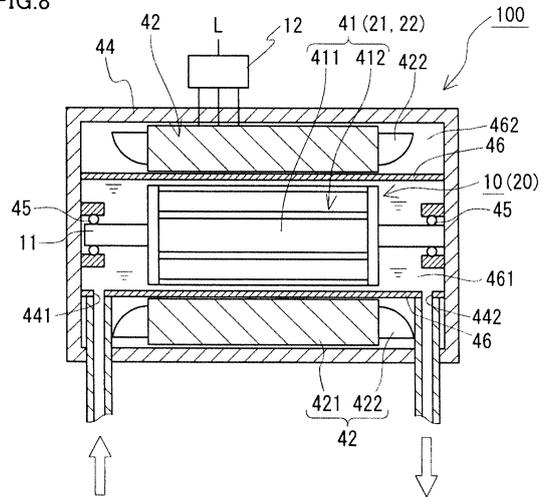


10

【 図 7 】
FIG.7



【 図 8 】
FIG.8



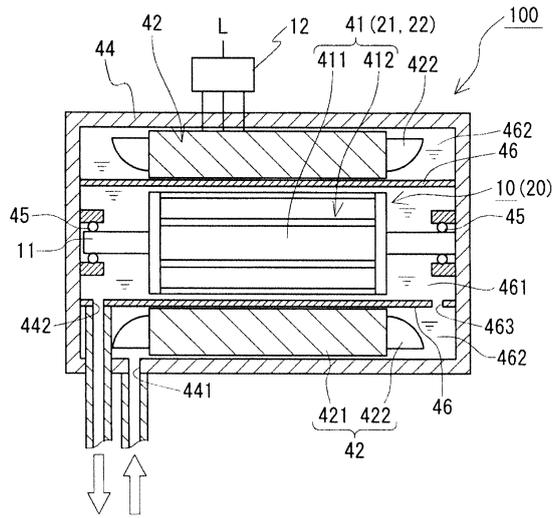
20

30

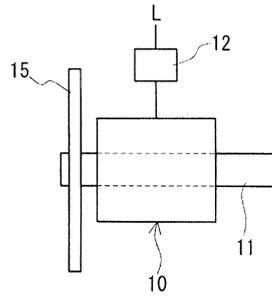
40

50

【 図 9 】
FIG.9

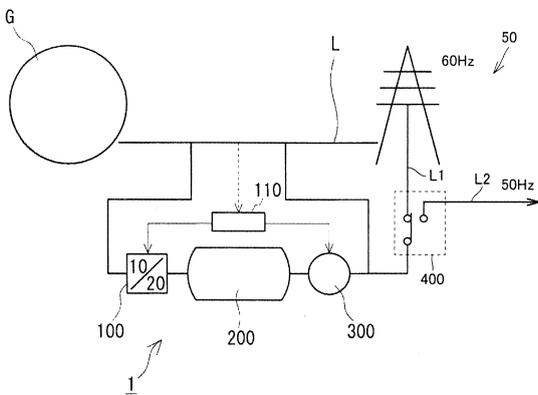


【 図 1 0 】
FIG.10

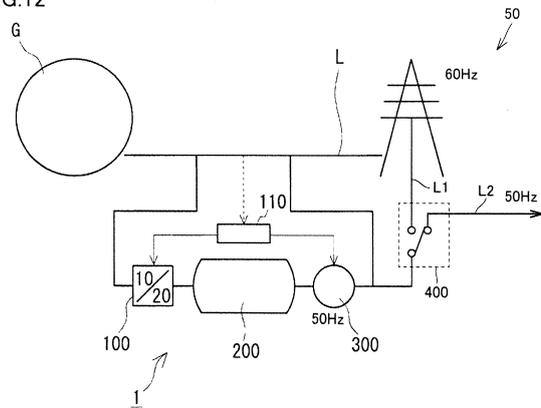


10

【 図 1 1 】
FIG.11



【 図 1 2 】
FIG.12



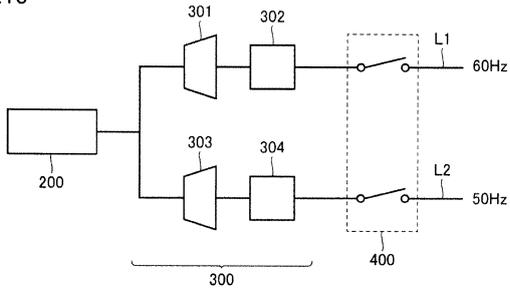
20

30

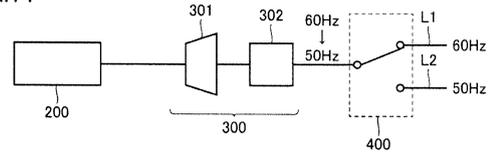
40

50

【 図 1 3 】
FIG.13

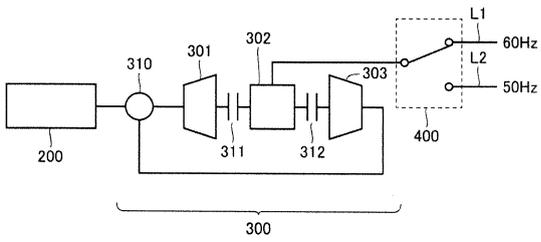


【 図 1 4 】
FIG.14

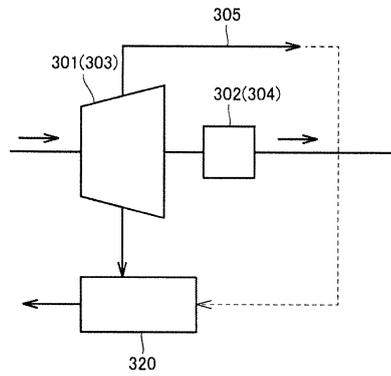


10

【 図 1 5 】
FIG.15



【 図 1 6 】
FIG.16



20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

H 0 2 J 3/38 (2006.01)

F I

H 0 2 J 3/30

H 0 2 J 3/38 1 1 0