

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5514729号
(P5514729)

(45) 発行日 平成26年6月4日(2014.6.4)

(24) 登録日 平成26年4月4日(2014.4.4)

(51) Int. Cl. F I
 HO 2 J 3/32 (2006.01) HO 2 J 3/32
 HO 1 M 10/44 (2006.01) HO 1 M 10/44 P

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2010-531822 (P2010-531822)	(73) 特許権者	000004064
(86) (22) 出願日	平成21年9月25日 (2009.9.25)		日本碍子株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2009/066610		愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
(87) 国際公開番号	W02010/038663	(74) 代理人	100088616
(87) 国際公開日	平成22年4月8日 (2010.4.8)		弁理士 渡邊 一平
審査請求日	平成24年8月2日 (2012.8.2)	(74) 代理人	100089347
(31) 優先権主張番号	61/101,166		弁理士 木川 幸治
(32) 優先日	平成20年9月30日 (2008.9.30)	(74) 代理人	100154379
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 佐藤 博幸
		(74) 代理人	100154829
			弁理士 小池 成
		(72) 発明者	福原 基広
			愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
			日本碍子株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ナトリウム-硫黄電池の制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

出力が変動する発電装置と電力貯蔵補償装置とを組み合わせる電力系統へ電力を供給する連系システムにおいて前記電力貯蔵補償装置を構成し前記発電装置の出力の変動を補償する、複数のナトリウム-硫黄電池の制御方法であって、

前記連系システムの発電電力計画値から前記出力が変動する発電装置の発電電力を減じた値を基に比例動作を経てリミッタによる設定値以上の値のカットを施した値と、前記連系システムの発電電力計画値から前記連系システムが現に発電している総電力を減じた値を基に比例動作及び積分動作を施した値と、を加算して電力基準量を得て、その電力基準量を、前記複数のナトリウム-硫黄電池の個々に、運転基準量として分配し、

10

前記個々のナトリウム-硫黄電池の前記運転基準量が、定格出力の $1/n$ (n は自然数) 以下になったときに、順次、個々のナトリウム-硫黄電池を停止させるとともに、

個々のナトリウム-硫黄電池の前記運転基準量が、定格出力の $x\%$ (x は自然数) 以上になったときに、順次、個々のナトリウム-硫黄電池を再稼働させるナトリウム-硫黄電池の制御方法。

【請求項2】

前記 $1/n$ が、 $1/8$ 以上、 $1/2$ 以下である請求項1に記載のナトリウム-硫黄電池の制御方法。

【請求項3】

前記 x が、 80 以上、 100 以下である請求項1に記載のナトリウム-硫黄電池の制御

20

方法。

【請求項 4】

前記個々のナトリウム - 硫黄電池を停止させるに際し、その停止させる優先順位を予め決めておき、先に停止をしたナトリウム - 硫黄電池の優先順位を、その事後に、最下位に下げる請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載のナトリウム - 硫黄電池の制御方法。

【請求項 5】

前記出力が変動する発電装置が、風力、太陽光、地熱のうち 1 又は 2 以上の自然エネルギーを用いた自然エネルギー発電装置である請求項 1 ~ 4 の何れか一項に記載のナトリウム - 硫黄電池の制御方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、風力発電装置等の出力が変動する発電装置と、複数のナトリウム - 硫黄電池を有する電力貯蔵補償装置と、を組み合わせる電力系統へ電力を供給する連系システムにおける、ナトリウム - 硫黄電池の制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、風力、太陽光、地熱等から電力を作り出す自然エネルギー発電装置が注目を集め、実用化されている。自然エネルギー発電装置は、石油等の限りある資源を使用せず、自然に無尽蔵に存在するエネルギー源を用いるクリーンな発電装置であり、二酸化炭素の排出を抑制し得るので、地球温暖化防止の観点から、導入する企業、自治体等は増加しつつある。

20

【0003】

但し、自然界からもたらされるエネルギーは刻一刻と変動することから、自然エネルギー発電装置には、出力の変動が避けられない、という普及に向けての障害がある。従って、この障害を取り除くため、自然エネルギー発電装置を採用する場合には、その自然エネルギー発電装置と、複数のナトリウム - 硫黄電池（二次電池）を主構成機器とする電力貯蔵補償装置と、を組み合わせる連系（発電）システムを構築することが好ましい。

【0004】

ナトリウム - 硫黄電池は、エネルギー密度が高く、短時間で高出力が可能であり、且つ、高速応答性に優れることから、充電及び放電を制御する双方向変換器を併設することによって、数百 m 秒 ~ 数秒オーダーで起き得る自然エネルギー発電装置の出力の変動を、補償することが出来るという長所を有する。それが故に、自然エネルギー発電装置に、複数のナトリウム - 硫黄電池を構成機器とする電力貯蔵補償装置を組み合わせる連系システムは、望ましい発電システムであるといえる。

30

【発明の概要】

【0005】

複数のナトリウム - 硫黄電池を構成機器とする電力貯蔵補償装置では、簡便であることから、従来、一般に、その複数のナトリウム - 硫黄電池の充電及び放電の制御は、一括して行われている。そして、ナトリウム - 硫黄電池の充電、放電にかかる電流値をシーケンサ等の制御装置に取り込み、初期に設定された残存容量（Ah）から、その電流値を加減し（例えば充電なら加算、放電なら減算、あるいはその反対等）積算し、容量比率換算することによって、個々のナトリウム - 硫黄電池の電池深度（放電深度、（%））は管理される。尚、電池深度を正確に管理出来れば、残存容量もわかるから、本明細書において、電池深度は、残存容量に置き換えることが出来る。

40

【0006】

しかし、自然エネルギー発電装置に複数のナトリウム - 硫黄電池を構成機器とする電力貯蔵補償装置を組み合わせる連系システムは、自然エネルギー発電装置の変動を補償し、人的に又は計算機等によって指定された発電計画に合わせて、スムーズな又は完全にフラットな（連系システムとしての）出力を実現するために機能するものであるから、連系シ

50

システムの発電電力計画値（運転計画値）と自然エネルギー発電装置の発電電力（出力）が接近している場合には、複数のナトリウム - 硫黄電池を構成機器とする電力貯蔵補償装置が補償する（吸収する）電力は、僅かになる場合があり得る。そうすると、結果的に、ナトリウム - 硫黄電池の放電電力（又は充電電力）は、微小となる。

【 0 0 0 7 】

ナトリウム - 硫黄電池の放電電力（又は充電電力）が微小となると、当然に放電（又は充電）にかかる電流も微小となり、その微小な電流（例えば 30 A 以下の電流）に基づいては、放電（又は充電）を認識出来ない不感帯に入るおそれがある。即ち、実際には放電（又は充電）を行なっているにもかかわらず、その放電（又は充電）をしていないとして、放電（充電）にかかる電流値がシーケンサ等の制御装置に取り込まれず、上記の電池深度の積算更新がなされない。そうすると、実際の電池深度と、制御装置が管理する管理値と、の間には、誤差が生じ、その誤差は、ナトリウム - 硫黄電池の放電電力（又は充電電力）が微小である状態が長時間続けば、積算されて大きくなる。

10

【 0 0 0 8 】

それぞれのナトリウム - 硫黄電池において実際の電池深度と管理値との間の誤差が大きくなると、正確な電池深度の把握が出来なくなり、突然、充電末になり充電が継続出来なくなったり、突然、放電末になり放電が継続出来なくなり、自然エネルギー発電装置の出力変動を補償している最中に停止してしまう、という問題が起り得る。

【 0 0 0 9 】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、その課題は、出力が変動する自然エネルギー発電装置と、複数のナトリウム - 硫黄電池を構成機器とする電力貯蔵補償装置と、を組み合わせた連系システムにおいて、ナトリウム - 硫黄電池の電池深度（又は残存容量）を精度よく管理する手段を提供することである。研究が重ねられた結果、個々のナトリウム - 硫黄電池の放電電力（又は充電電力）が、一定以上、低下したら、予め決められた優先順序に基づいて特定されるナトリウム - 硫黄電池を、順次、停止させ、その後、再稼働させることによって、上記課題を解決出来ることを見出された。具体的には、本発明によれば、以下の手段が提供される。

20

【 0 0 1 0 】

即ち、本発明によれば、出力が変動する発電装置と電力貯蔵補償装置とを組み合わせる電力系統へ電力を供給する連系システムにおいて電力貯蔵補償装置を構成し発電装置の出力の変動を補償する、複数のナトリウム - 硫黄電池の制御方法であって、その複数のナトリウム - 硫黄電池に含まれる個々のナトリウム - 硫黄電池の充電電力又は放電電力が、定格出力の $1/n$ (n は自然数) 以下になった（下がった）ときに、順次、個々のナトリウム - 硫黄電池を停止させるとともに、個々のナトリウム - 硫黄電池の充電電力又は放電電力が、定格出力の $x\%$ (x は自然数) 以上になった（戻った）ときに、順次、個々のナトリウム - 硫黄電池を再稼働させるナトリウム - 硫黄電池の制御方法が提供される。

30

【 0 0 1 1 】

本発明に係るナトリウム - 硫黄電池の制御方法においては、上記の $1/n$ が、 $1/8$ (12.5%) 以上、 $1/2$ (50%) 以下であることが好ましい。特に好ましい $1/n$ は $1/4$ (25%) である。即ち、ナトリウム - 硫黄電池の充電電力又は放電電力が、定格出力の $1/4$ 以下に下がったときに、順次、個々のナトリウム - 硫黄電池を停止させることが好ましい。

40

【 0 0 1 2 】

本発明に係るナトリウム - 硫黄電池の制御方法においては、上記の x が、80 以上、100 以下であることが好ましい。特に好ましい x は 100 である。即ち、ナトリウム - 硫黄電池の充電電力又は放電電力が、定格出力に戻ったときに、順次、個々のナトリウム - 硫黄電池を再稼働させることが好ましい。

【 0 0 1 3 】

本発明に係るナトリウム - 硫黄電池の制御方法においては、個々のナトリウム - 硫黄電池を停止させるに際し、その停止させる優先順位を予め決めておき、先に停止をしたナト

50

リウム - 硫黄電池の優先順位を、その事後に、最下位に下げることが好ましい。

【0014】

再稼働させる順序は、予め決められた優先順序に従い、優先順位の低い方から先に再稼働させることが好ましい。即ち、ファーストインラストアウトである。

【0015】

その事後に、とは、個々のナトリウム - 硫黄電池を停止させ、再稼働させるという1つのサイクルを終えた後に、という意味である。例えば、No. 1 ~ No. 4の4基のナトリウム - 硫黄電池がある場合に、No. 1、No. 2、No. 3、No. 4の順に優先順位をつけておき、No. 1を最も先に停止させ、最も後に再稼働させたら、その後で、No. 1の優先順位を最下位に下げ、優先順位をNo. 2、No. 3、No. 4、No. 1の順にする。更に、No. 2を最も先に停止させ、最も後に再稼働させたら、その後で、No. 2の優先順位を最下位に下げ、優先順位をNo. 3、No. 4、No. 1、No. 2の順にし、No. 3を最も先に停止させ、最も後に再稼働させたら、その後で、No. 3の優先順位を最下位に下げ、優先順位をNo. 4、No. 1、No. 2、No. 3の順にし、No. 4を最も先に停止させ、最も後に再稼働させたら、その後で、No. 4の優先順位を最下位に下げ、優先順位を、元の通りのNo. 1、No. 2、No. 3、No. 4の順にし、これを繰り返す。

【0016】

本発明に係るナトリウム - 硫黄電池の制御方法は、出力が変動する発電装置が、風力、太陽光、地熱のうち1又は2以上の自然エネルギーを用いた自然エネルギー発電装置である場合に、特に好適に利用される。

【0017】

同時に停止させるナトリウム - 硫黄電池は、1基でなくてもよい。この場合、同じ優先順位のナトリウム - 硫黄電池が複数存在することになる。但し、同時に停止させるナトリウム - 硫黄電池は、好ましくは1基であり、順次、1基ずつ停止させることが好ましい。

【0018】

本発明に係るナトリウム - 硫黄電池の制御方法は、出力が変動する発電装置と電力貯蔵補償装置とを組み合わせる電力系統へ電力を供給する連系システムにおいて電力貯蔵補償装置を構成する複数のナトリウム - 硫黄電池を制御する方法である。本明細書において、複数のナトリウム - 硫黄電池を構成する個々の(1基の)ナトリウム - 硫黄電池とは、制御の単位で他と区画されるナトリウム - 硫黄電池のことをいう。単電池の数、モジュール電池の数、出力の大きさ等で定まるものではない。具体的には、ナトリウム - 硫黄電池が電力貯蔵補償装置を構成する場合において、1基の双方向変換器の制御下におかれるナトリウム - 硫黄電池を、1基のナトリウム - 硫黄電池として取り扱うものとする(後述する図1においてNo. 1 ~ No. n毎にそれぞれ複数のナトリウム - 硫黄電池3が描かれているが(例えば)No. 1ナトリウム - 硫黄電池3というときは描かれた複数のナトリウム - 硫黄電池3を1つのNo. 1ナトリウム - 硫黄電池3と表現する)。ナトリウム - 硫黄電池は、全て同一の定格容量であることが望ましいが、必ずしも同一である必要はない。

【0019】

本発明に係るナトリウム - 硫黄電池の制御方法は、複数のナトリウム - 硫黄電池に含まれる個々のナトリウム - 硫黄電池の充電電力又は放電電力が、定格出力の $1/n$ 以下になったときに、順次、個々のナトリウム - 硫黄電池を停止させるので、連系システムの発電電力(出力)と出力が変動する発電装置(自然エネルギー発電装置)の発電電力(出力)との間には、常時、大きな偏差が生じる。そのため、停止したナトリウム - 硫黄電池以外のナトリウム - 硫黄電池の充電電力又は放電電力は、微小にはならない。よって、稼働しているナトリウム - 硫黄電池の電流は、充電又は放電を認識出来ない不感帯に入るおそれがなく、充電又は放電にかかる電流値はシーケンサ等の制御装置に確実に取り込まれ、正確に電池深度の積算更新がなされる。実際の電池深度と、制御装置が管理する管理値との間に、誤差が生じることはない。

【 0 0 2 0 】

本発明に係るナトリウム - 硫黄電池の制御方法によって、複数のナトリウム - 硫黄電池の全てにおいて実際の電池深度と管理値との間の誤差が生まれなければ、自然エネルギー発電装置の出力変動を補償している最中にナトリウム - 硫黄電池（電力貯蔵補償装置）が停止してしまう、という問題は、起き難くなる。即ち、本発明に係るナトリウム - 硫黄電池の制御方法で制御されたナトリウム - 硫黄電池を用いた電力貯蔵補償装置によって、長期間継続して自然エネルギー発電装置の出力変動を補償することが可能である。従って、連系システムの長期運転にかかる信頼性は著しく向上する。

【 0 0 2 1 】

本発明に係るナトリウム - 硫黄電池の制御方法は、上記の通り、個々のナトリウム - 硫黄電池を停止させた後、個々のナトリウム - 硫黄電池の充電電力又は放電電力が、定格出力の $x\%$ 以上になったときに、順次、個々のナトリウム - 硫黄電池を再稼働させるので、出力が変動する発電装置（自然エネルギー発電装置）の発電電力が変動して、連系システムの発電電力計画値（運転計画値）との偏差が大きくなった場合でも、ナトリウム - 硫黄電池が有する充電電力及び放電電力をロスすることなく、自然エネルギー発電装置の変動を抑制し、スムーズ又はフラットな連系システムとしての出力を実現する。

【 0 0 2 2 】

本発明に係るナトリウム - 硫黄電池の制御方法は、風力、太陽光、地熱等の自然エネルギーを用いた、出力が変動する発電装置と、電力貯蔵補償装置と、を組み合わせる電力系統へ電力を供給する連系システムにおいて、上記電力貯蔵補償装置を構成する複数のナトリウム - 硫黄電池を制御する方法として利用することが出来る。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 3 】

【 図 1 】出力が変動する発電装置と電力貯蔵補償装置とを有する連系システムの一例を表すシステム構成図である。

【 図 2 】連系システムにおける各ナトリウム - 硫黄電池に分配する運転基準量（制御量）を決定するロジックを表すブロック線図である。

【 図 3 】発電電力計画値と風力発電電力が接近した場合のナトリウム - 硫黄電池の制御方法のロジックを表すブロック線図の一例である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 4 】

以下、本発明について、適宜、図面を参酌しながら、実施の形態を説明するが、本発明はこれらに限定されて解釈されるべきものではない。本発明の要旨を損なわない範囲で、当業者の知識に基づいて、種々の変更、修正、改良、置換を加え得るものである。例えば、図面は、好適な本発明の実施の形態を表すものであるが、本発明は図面に表される態様や図面に示される情報により制限されない。本発明を実施し又は検証する上では、本明細書中に記述されたものと同様の手段若しくは均等な手段が適用され得るが、好適な手段は、以下に記述される手段である。

【 0 0 2 5 】

先ず、連系システムについて説明する。図 1 に示されるシステム構成図は、出力が変動する発電装置と電力貯蔵補償装置とを有する連系システムの一例を表している。図 1 に示される連系システム 8 は、風の力を風車の回転に変え発電機を回す風力発電装置 7（自然エネルギー発電装置）と、電力貯蔵補償装置 5 と、を有する。そして、電力貯蔵補償装置 5 は、電力を貯蔵し出力することが可能な二次電池であるナトリウム - 硫黄電池 3（NAS 電池とも記す）、直流 / 交流変換機能を有する双方向変換器 4、及び変圧器 9 を備える。双方向変換器 4 は、例えばチョップアップとインバータあるいはインバータから構成することが出来る。連系システム 8 には、風力発電装置 7 が、No. 1 ~ No. m（m は 1 より大きい整数）の m 系列備わり、ナトリウム - 硫黄電池 3（電力貯蔵補償装置 5）が、No. 1 ~ No. n（n は 1 より大きい整数）の n 系列備わっている。

【 0 0 2 6 】

尚、既述のように、1基の電力貯蔵補償装置5に含まれるナトリウム - 硫黄電池3は、全体として1基のナトリウム - 硫黄電池3として取り扱う。又、一般に、連系システムでは、発電装置として自家発電装置が加わり、負荷としてナトリウム - 硫黄電池のヒータやその他の補機が存在するが、連系システム8では省略している。これらは、本発明に係るナトリウム - 硫黄電池の制御方法においては、出力が変動する発電装置（風力発電装置7）の発電する電力に含まれるもの（加え又は減じたもの）として考えればよい。

【0027】

連系システム8においては、電力貯蔵補償装置5においてナトリウム - 硫黄電池3の放電を行い、電力計42で測定される電力 P_N が、風力発電装置7により発電された電力（電力計43で測定される電力 P_W ）の出力変動を補償する。具体的には、連系システム8全体として出力する電力（電力計41で測定される電力 P_T ）が、 $P_T = P_W + P_N = \text{一定}$ （ $P_N = P_T - P_W$ ）を満たすように、ナトリウム - 硫黄電池3の放電（即ち電力 P_N ）を制御することによって、連系システム8全体として出力する電力 P_T を安定した品質のよい電力にして、例えば配電変電所と電力需要家間の電力系統1に供給する。

【0028】

又、連系システム8では、風力発電装置7により発電された電力 P_W の出力変動に合わせて、電力貯蔵補償装置5においてナトリウム - 硫黄電池3の充電を行う。具体的には、電力計42で測定される電力 P_N が、 $P_N = -P_W$ となるように、ナトリウム - 硫黄電池3の充電（即ち電力 $-P_N$ ）を制御することによって、変動する電力 P_W を消費して、連系システム8全体として出力する電力 P_T を0にすることが可能となる。

【0029】

ナトリウム - 硫黄電池3を放電する場合、充電する場合の何れの場合も、電力貯蔵補償装置5において、風力発電装置7からの出力（電力 P_W ）に基づき、その出力を補償する電力を入力又は出力させるように、双方向変換器4の制御目標値を変更することによってナトリウム - 硫黄電池3を充電又は放電させて、風力発電装置7の出力変動を吸収する。二酸化炭素を殆ど排出しない自然エネルギー発電装置（風力発電装置7）及びナトリウム - 硫黄電池3（電力貯蔵補償装置5）を用いて、安定した品質のよい電力を供給出来ることから、連系システム8は好ましい発電システムであるといえる。

【0030】

次に、図2及び図3を参照して、図1に示される連系システム8において、その連系システム8の発電電力計画値（運転計画値）と風力発電装置7の電力 P_W が接近してしまった場合における、ナトリウム - 硫黄電池3の制御について説明する。

【0031】

図2は、連系システム8における各ナトリウム - 硫黄電池3（No. 1 ~ No. n N A S電池）に分配する運転基準量（制御量）を決定するロジックを表すブロック線図である。図2に示されるように、運転計画値から風車電力（風力発電装置7により発電された電力 P_W ）分を減じた値を基に比例動作を経てリミッタによる設定値以上の値のカットを施した値と、運転計画値から（電力基準量を求めようとする）現時点における総電力（電力 P_T ）を減じた値を基に比例動作及び積分動作を施した値と、を加算することで、電力基準量（制御量）を求めることが出来る。そして、それを各ナトリウム - 硫黄電池3に分配する。そうすると、各ナトリウム - 硫黄電池3に、それぞれ運転基準量（制御量）が与えられる（No. 1 ~ No. n N A S電池（ユニット）運転基準量）。

【0032】

図3は、ナトリウム - 硫黄電池の制御方法のロジックを表すブロック線図であり、発電電力計画値と風力発電電力が接近した場合の一例を示すものである。図3では、まず、運転基準量が定格出力の1/4以下であるかどうか判断する（図3における）。そして、運転基準量が定格出力の1/4（以下）であるならば、次に、優先順位を確認し（図3における優先条件Aとの論理積）、優先順位が高いものであれば、先にゲートブロックにより停止させていく（図3におけるN A S電池ゲートブロックへのセット出力）。例えば、優先順位決定ロジック（図3を参照）としては、10秒間隔毎に放電深度をみて、（No

10

20

30

40

50

・ 1 ~ No . nのうち) 若番から止めていくといったロジックが考えられる (図 3 における No . 1 ~ No . n 優先条件 A の出力) 。又、例えば、No . 1 ~ No . 15 の N A S 電池 (ユニット) が あるときに、No . 3 ~ No . 6 N A S 電池 (ユニット) を停止させることが出来る。当然に、停止対象は、連続番号の N A S 電池 (ユニット) でなくともよい。そして、復帰させる条件は、N A S 電池 (ユニット) の上限リミッタに到達したときである。条件を満たしたら、順次、復帰させていく。この復帰は、停止と同様に、優先順位を確認し (図 3 における優先条件 B との論理積 (優先条件 B は優先条件 A と同じでよく異なるものとしてもよい (異なる場合の優先条件 B を決定する優先順位決定ロジックは図 3 に示さない)))、その優先順位に基づいて、順次、復帰させていくことが好ましい (図 3 における N A S 電池ゲートブロックへのリセット出力) 。

10

【産業上の利用可能性】

【0033】

本発明は、風力発電装置等の出力が変動する発電装置と、複数のナトリウム - 硫黄電池を有する電力貯蔵補償装置と、を組み合わせる電力系統へ電力を供給する連系システムにおける、ナトリウム - 硫黄電池の制御方法として好適に利用される。

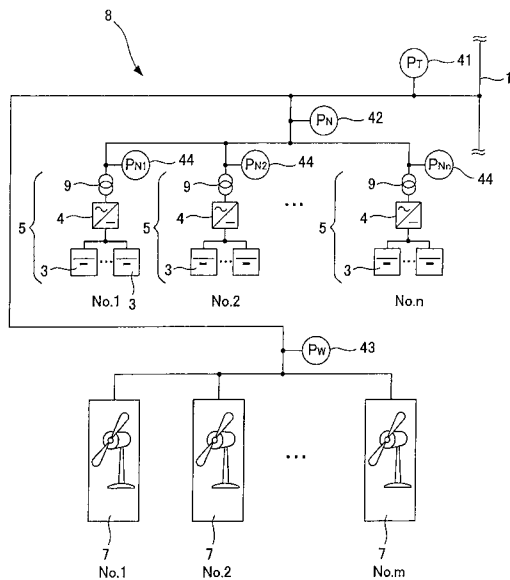
【符号の説明】

【0034】

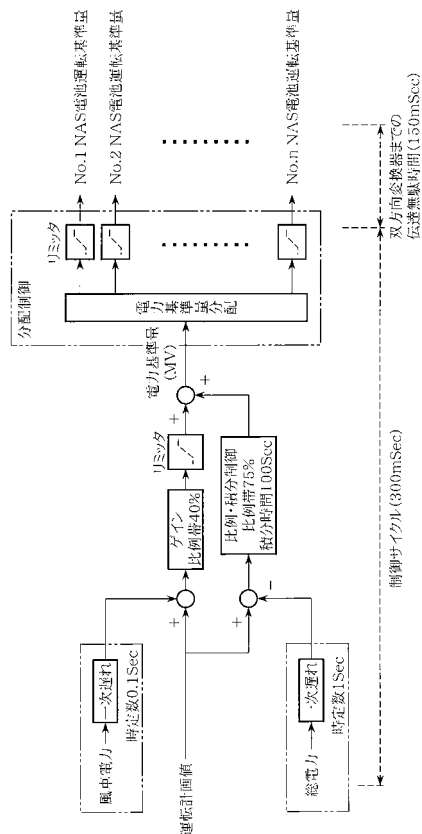
- 1 電力系統
- 3 ナトリウム - 硫黄電池
- 4 双方向変換器
- 5 電力貯蔵補償装置
- 7 風力発電装置
- 8 連系システム
- 9 変圧器
- 41, 42, 43, 44 電力計

20

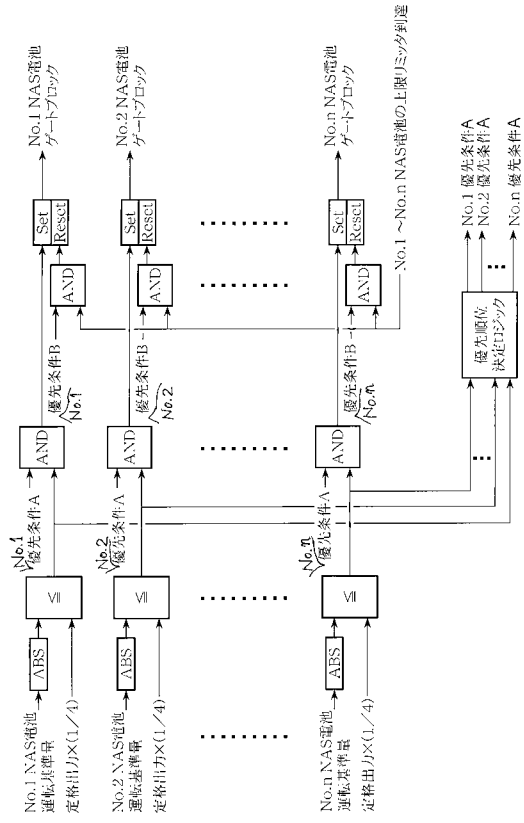
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

審査官 馬場 慎

- (56)参考文献 特開2008-84677(JP,A)
特開2003-111301(JP,A)
特開2006-339077(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01M	10/44
H01M	10/39
H02J	7/00
H02J	7/35
H02J	3/32