

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6012773号
(P6012773)

(45) 発行日 平成28年10月25日 (2016. 10. 25)

(24) 登録日 平成28年9月30日 (2016. 9. 30)

(51) Int. Cl.	F I
F 2 4 J 2/42 (2006. 01)	F 2 4 J 2/42 H
F 0 1 K 27/00 (2006. 01)	F 2 4 J 2/42 F
F 0 3 G 6/00 (2006. 01)	F 0 1 K 27/00 Z
	F 0 3 G 6/00 5 1 1
	F 0 3 G 6/00 5 5 1

請求項の数 14 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2014-561433 (P2014-561433)	(73) 特許権者	390039413
(86) (22) 出願日	平成25年3月13日 (2013. 3. 13)		シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
(65) 公表番号	特表2015-519529 (P2015-519529A)		Siemens Aktiengesellschaft
(43) 公表日	平成27年7月9日 (2015. 7. 9)		ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン ヴィッテルスバッハープラッツ 2
(86) 国際出願番号	PCT/EP2013/055118		Wittelsbacherplatz
(87) 国際公開番号	W02013/135760		2, D-80333 Muenchen, Germany
(87) 国際公開日	平成25年9月19日 (2013. 9. 19)	(74) 代理人	100075166
審査請求日	平成26年11月18日 (2014. 11. 18)		弁理士 山口 巖
(31) 優先権主張番号	102012204218.0	(74) 代理人	100133167
(32) 優先日	平成24年3月16日 (2012. 3. 16)		弁理士 山本 浩
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 太陽熱蒸気発電所における出力調整および／または周波数調整

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

適合化不能な一次熱源 (1 0) と補助熱源 (2 0) とを有する太陽熱蒸気発電所 (1) における、特に自動的出力調整のための設定値の設定値適合化方法において、

前記太陽熱蒸気発電所 (1) の運転中の少なくとも 1 つの所定の時点で、前記太陽蒸気熱発電所 (1) の現在の出力範囲 (8 0) を確認し、

その際、前記太陽熱蒸気発電所 (1) の現在の出力範囲 (8 0) は、調整範囲下限 (9 1) と調整範囲上限 (9 2) とによって、制限されるものとし、かつ

前記現在の出力範囲 (8 0) を、前記一次熱源 (1 0) 、 (8 1) として太陽エネルギーからの現在の出力を利用すると共に、前記補助熱源 (2 0) 、 (8 2) からの最小可能出力を加算して、ならびに、前記一次熱源 (1 0) 、 (8 1) として太陽エネルギー (1 0) からの現在の出力を利用すると共に、前記補助熱源 (2 0) 、 (8 2) からの最大可能出力を加算して、定め、

その際、前記調整範囲下限 (9 1) では、出力調整、および／または、周波数調整のための、少なくとも 1 つのリザーブ成分を有する下側出力リザーブ (8 4) を考慮し、

その際、前記調整範囲上限 (9 2) では、出力調整、および／または、周波数調整のための、少なくとも 1 つのリザーブ成分を有する上側出力リザーブ (8 5) を考慮し、かつ

当該設定値適合化では、前記太陽熱蒸気発電所 (1) の現在の所定の設定値 (7 0) を、その現在の所定の設定値 (7 0) が前記所定の現在の出力範囲 (8 0) の外側にある場合には、現在の出力範囲内に調整する (7 1)

ことを特徴とする、太陽熱蒸気発電所における設定値適合化方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法において、

前記太陽熱蒸気発電所 (1) の前記現在の所定の設定値 (7 0) を、その現在の所定の設定値 (7 0) が前記現在の出力範囲 (8 0) の上側にある場合には、下方に向かって少なくとも前記調整範囲上限 (9 2) まで導き、および / または、前記太陽熱蒸気発電所 (1) の前記現在の所定の設定値 (7 0) を、その現在の所定の設定値 (7 0) が前記現在の出力範囲 (8 0) の下側にある場合には、上方に向かって少なくとも前記調整範囲下限 (9 1) まで導く

ことを特徴とする方法。

10

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の方法において、

前記補助熱源 (2 0) が天然ガス燃焼 (2 0) であり、その天然ガス燃焼 (2 0) からの前記現在の出力範囲を、前記補助熱源 (2 0)、(8 2) からの最小可能出力によって、ならびに、補助熱源 (2 0)、(8 3) からの最大可能出力によって、規定することを特徴とする方法。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のうちの 1 つに記載の方法において、

前記調整範囲下限 (9 1) では、前記太陽熱発電所 (1) の経済的運転を達成するため、前記補助熱源 (2 0) の経済的寄与 (8 6) を考慮することを特徴とする方法。

20

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のうちの 1 つに記載の方法において、

前記下側出力リザーブ (8 4) では、前記出力調整、および / または、周波数調整のためのリザーブに加えて、下方燃焼のための別のリザーブ、および / または、蒸気蓄積器の開放および / または「ダンピング」のための別のリザーブを考慮することを特徴とする方法。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のうちの 1 つに記載の方法において、

前記上側出力リザーブ (8 5) では、前記出力調整、および / または、周波数調整のためのリザーブに加えて、上方燃焼用の別のリザーブ、および / または、蒸気蓄積器の充填用および / または「ダンピング」のための別のリザーブを考慮することを特徴とする方法。

30

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のうちの 1 つに記載の方法において、

前記調整範囲下限 (9 1) を、前記一次熱源 (1 0)、(8 1) からの前記現在の出力と、それに加えて前記補助熱源 (2 0)、(8 2) からの最小可能出力と、それに加えて前記太陽熱発電所 (1) の経済的運転を達成するための前記補助熱源 (2 0) の経済的寄与 (8 6) と、さらにそれに加えて下側出力リザーブ (8 4) とを加算して定める、および / または、前記調整範囲上限 (9 2) を、前記一次熱源 (1 0)、(8 1) からの現在の出力と、それに加えて前記補助燃料 (8 3) による燃焼からの最大可能出力を加算して、かつ、上側の出力リザーブ (8 5) を減算して、定めることを特徴とする方法。

40

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のうちの 1 つに記載の方法において、

前記太陽熱蒸気発電所 (1) の前記現在の出力範囲 (8 0) を、その蒸気発電所 (1) の設定値調整器に報知し、その調整器が、前記太陽熱蒸気発電所 (1) の前記現在の所定の設定値 (7 0) を、その値が前記現在の出力範囲 (8 0) の外側にあるときに、適合化する (7 1)

ことを特徴とする方法。

50

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のうちの 1 つに記載の方法において、

前記太陽熱蒸気発電所 (1) の確認された前記現在の出力範囲 (8 0) が、所定の最小値を下回るときには、前記現在の所定の設定値 (7 0) を、実際値に追従させる、および/または、負荷分配器の影響、および/または、周波数調整の影響を、遮断することを特徴とする方法。

【請求項 1 0】

請求項 1 から 9 のうちの 1 つに記載の方法であって、

前記太陽熱蒸気発電所 (1) の運転中における、所定の時間インターバルの複数の時点のそれぞれで、実施される

10

ことを特徴とする方法。

【請求項 1 1】

請求項 1 0 に記載の方法において、

前記時間インターバルが、前記太陽熱蒸気発電所 (1) の所定の運転期間である、および/または、前記複数の時点が、前記時間インターバル内で時間列を形成することを特徴とする方法。

【請求項 1 2】

請求項 1 から 1 1 の少なくとも 1 つに記載の方法において、

前記太陽熱蒸気発電所 (1) の自動的出力調整 (7 1) に利用され、

その際、前記太陽熱蒸気発電所 (1) の所定の運転期間インターバルからの 1 つの時間列の多数の時点で、請求項 1 から 1 2 の少なくとも 1 つに記載の方法を、それぞれ実施し

20

、
その際、前記太陽熱蒸気発電所 (1) の所定の現在の設定値 (7 0) の 1 つがそのときの現在の出力範囲 (8 0) の外側にある毎に、前記現在の設定値 (7 0) を、自動的に、前記太陽熱蒸気発電所 (1) の設定値調整器によって、前記現在の出力範囲 (8 0) に適合化すべく、そのときの調整範囲限度 (9 1、9 2) に調整し、そして

前記現在の所定の、もしくは適合化された、設定値 (7 0) を利用して、前記太陽熱蒸気発電所 (1) の出力を調整する

ことを特徴とする方法。

【請求項 1 3】

30

自由な適合化が不能な一次熱源 (1 0) と補助熱源 (2 0) とを有する太陽熱蒸気発電所 (1) であって、

請求項 1 から 1 2 の少なくとも 1 つに記載の方法を実施すべく構成されたデータ処理手段 (6 4) として、そのようにプログラミングされた計算ユニット (6 4) を有することを特徴とする太陽熱蒸気発電所。

【請求項 1 4】

請求項 1 3 記載の太陽熱蒸気発電所 (1) において、

前記データ処理手段 (6 4) が、前記太陽熱蒸気発電所 (1) のブロックガイド (6 1) の構成要素である

ことを特徴とする太陽熱蒸気発電所。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、適合化不能な一次熱源と補助熱源とを有する太陽熱蒸気発電所における、設定値の設定値適合化方法に係り、特に自動出力調整、および/または、周波数調整、より詳細には一次および/または二次の周波数調整のための方法、および、太陽熱蒸気発電所に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

一般的形式の蒸気発電所は、例えば非特許文献 1 から広く知られている。

50

【 0 0 0 3 】

蒸気発電所は、発電設備の一様式であって、水蒸気の熱エネルギーを蒸気タービンにおいて運動エネルギーに変換し、更に発電機において電気エネルギーに変換するものである。

【 0 0 0 4 】

この種の蒸気発電所においては、蒸気タービンの運転に必要な水蒸気は、まず蒸気ボイラにて通常予め洗浄および処理された（給）水から作られる。その蒸気を過熱器にて更に加熱することにより、蒸気の温度および比容積が増大する。

【 0 0 0 5 】

蒸気ボイラからの蒸気は、導管を介して蒸気タービンに流れ、そこで、その蒸気は、既に吸収したエネルギーの一部を、運動エネルギーとしてタービンに付与する。そのタービンには発電機が接続されており、その発電機が機械出力を電気出力に変換する。

10

【 0 0 0 6 】

その後、膨張し冷却された蒸気は、凝縮器に流れ込み、そこで周囲への熱伝達によって凝縮し、液状の水として集められる。

【 0 0 0 7 】

水は、凝縮ポンプおよび予熱器を通して給水容器に中間蓄積され、次いで給水ポンプおよび予熱器を通して、改めて蒸気ボイラに導かれ、斯くして循環路は閉路を成している。

【 0 0 0 8 】

蒸気発電所の種類は、例えば石炭発電所、石油発電所、ガス・蒸気複合発電所（G u D 発電所）、太陽熱蒸気発電所（以下、太陽熱発電所と略称）と区別される。

20

【 0 0 0 9 】

太陽熱発電所は、例えば非特許文献 2 によって、同様に公知である。

【 0 0 1 0 】

太陽熱発電所は、この場合、蒸気発電所の特殊な一形態であり、一次のエネルギー源もしくは熱源としての太陽エネルギーを蒸気発生のために使用するものである。

【 0 0 1 1 】

このため、この種の太陽熱発電所は、2つの - 熱交換器を介して（熱的に）接続された - 循環路、つまり一次の循環路（ソーラー循環路）と二次の循環路（水・蒸気循環路）とで以て、すなわち二回路原理で以て、作動する。

30

【 0 0 1 2 】

一次の循環路、若しくはソーラー循環路では、熱搬送媒体 - ソーラーコレクターフィールドに配置された大抵は多数のソーラーコレクターを貫流する - が、例えば（熱媒）油が、太陽光の入射によって、加熱される（一次の熱源 / エネルギー源または一次のエネルギー供給 / 熱供給）。

【 0 0 1 3 】

加熱された熱搬送媒体は、更に、熱交換器を貫流し、そこで、既に持っている熱エネルギーを、二次の循環路、水・蒸気循環路、すなわちそこに存在しているプロセス媒体である（給）水へと受け渡す。

【 0 0 1 4 】

その後、熱搬送媒体 - 今や冷却された - は、ソーラーコレクターに還流し、斯くして一次の循環路、若しくはソーラー循環路は、閉路となっている。

40

【 0 0 1 5 】

一次の循環路から二次の循環路への、若しくは水 蒸気 循環路への、熱搬送によって、（給）水が、水蒸気へと変換され、すなわち加熱、蒸発および過熱されて、導管を介して蒸気タービンへと流れ、そこで水蒸気が膨張することによって、そのエネルギーの一部が運動エネルギーとしてタービンに付与される。

【 0 0 1 6 】

タービンに接続された発電機によって、機械出力は、次いで電気出力へと変換され、電流として送電系統に供給される。

50

【 0 0 1 7 】

通常は、タービンの下流に凝縮器が配置され、この中で蒸気 - タービンにおける膨張後の - が、その熱の大部分を冷却水へと伝達する。その過程において、蒸気は、凝縮によって液化する。

【 0 0 1 8 】

給水ポンプは、生じた液状の水を給水として改めて熱交換器に供給し、斯くして二次の循環路も閉路となっている。

【 0 0 1 9 】

太陽熱蒸気発電所において発生する、例えば測定値やプロセスまたは状態データなどの、全ての情報は、中央監視室に表示され、そこで大抵は中央計算ユニットで評価され、個々の発電機構成要素の運転状態の、表示、評価、管理、制御、および/または、調整が行われる。

10

【 0 0 2 0 】

発電所の作業員は、制御機構を介して、例えば装備もしくは弁を開閉することまたは供給燃料量を変化させることによって、発電機の運転状況に関与することができる。

【 0 0 2 1 】

この種の中央監視室の中心となる構成部材は、マスターコンピュータであり、これにより例えば自動化システム/自動化ソフトウェアとしてブロックガイド、中央管理、または、制御もしくは調整ユニットが実行され、これにより、太陽熱発電所の管理、制御、および/または、調整を実施することができる。

20

【 0 0 2 2 】

規制が解除された電力市場では、発電所の柔軟な負荷運転および発電所運転用の送電系統における、周波数調整用装置が、益々重要なものとなっている。

【 0 0 2 3 】

送電系統における周波数調整に関しては、例えばいわゆるデッドゾーンのあるまたはない一次調整および二次調整などの、種々の周波数調整が区別される。

【 0 0 2 4 】

電気エネルギーは、生産者から消費者への途上で蓄積することができないので、発電および電力消費は、その瞬間ごとに送電系統においてバランスを保つ必要がある、すなわち、消費される分だけ電気エネルギーが生産されなければならない。電気エネルギーの周波数は、この場合、積分調整値であり、発電と電力消費とがバランスを取れている限り、系統周波数定格値をとる。送電系統に接続された発電所の発電機の回転数は、この系統周波数と同期化される。

30

【 0 0 2 5 】

ある時点で送電系統に発電不足が生じると、その不足は差し当たり回転機械（タービン、発電機）のフライホイールで得られたエネルギーによって補われる。これにより、その機械は制動され、その結果、その回転数および（系統）周波数が更に低下する。

【 0 0 2 6 】

この系統周波数の低下に対して送電系統における適当な出力もしくは周波数調整を行って対処しなければ、これは系統の崩壊に至ることになり得る。

40

【 0 0 2 7 】

+/- 0.07 0.1 Hz までの小さな周波数偏倚の範囲の、いわゆるデッドゾーン内では、通常の場合、調整作業は行われない。この範囲では、発電と消費との間に残存する偏倚の補償に対しては、遅延した緩慢な対抗策のみが可能である。

【 0 0 2 8 】

例えば発電所の事故や電力消費の変動によって惹起された0.1 3.0 Hz の範囲の比較的大きな周波数偏倚は、一次調整によって全送電系統における一次調整に関与する複数の発電所に分与される。これらの発電所は、そのため、いわゆる一次調整リザーブ、つまりは出力リザーブを利用しており、これは関与する複数の発電所から自動的に送電系統に供され、これにより、発電と消費との不均衡を数秒のうちに発電調整によって補償する。

50

【 0 0 2 9 】

一次調整は、従って、できるだけ小さい偏倚における系統周波数の安定化に役立つが、所定の系統周波数定格値とは異なるレベルに留まる。

【 0 0 3 0 】

一次調整に続く二次調整は、送電系統における発電と電力消費の均衡を再形成し、これにより、系統周波数を再び、例えば50Hzの、所定の系統周波数定格値に戻すように機能する。

【 0 0 3 1 】

二次調整に関与する発電所は、このため二次調整リザーブを提供し、系統周波数を再び系統周波数定格値に戻して、送電系統における均衡を再形成している。

10

【 0 0 3 2 】

一次調整リザーブの要求および送電系統への一次調整リザーブの提供は、一次調整に関与する発電所の調整装置によって自動的に行われる（この種の送電系統もしくは送電系統における周波数変化は、一次調整リザーブを必要とする）が、これに対し、二次調整は、送電系統における上位の系統調整器によって、二次調整に関与する発電所において要求される。そしてこの要求に基づいて発電所から送電系統へ提供される。

【 0 0 3 3 】

一部においては、発電所に対する周波数調整、より詳細には一次および/または二次の調整リザーブの準備は、一定の範囲で 国の規定によって 義務化されている。発電所から提供される調整リザーブは、通常、発電所に特殊なネットサービス出力として補償される。

20

【 0 0 3 4 】

従って、太陽熱蒸気発電所に対しても、周波数調整または出力調整運転への関与は、経済的に魅力的であり得る。また、再生エネルギー（例えば風力エネルギー）の拡大によって、種々の発電所の調整能力に対する要求の強化が予期される。例えば、周波数調整の要求を、将来は太陽熱発電所に対しても規定することが予期される。

【 0 0 3 5 】

太陽熱発電所の運転は、就中、その発電所が自由に適合化することのできない一次熱源のため、および、太陽熱プロセスの慣性のために、出力および/または周波数調整ができないという欠点を有する。

30

【 0 0 3 6 】

この場合、自由に適合化することのできない一次熱源とは、この一次熱源が発電所側の作用が及ばない条件下にあり、したがって一次熱源は 発電所の観点からは 自由に適合化できないことを意味する。例えば太陽光の入射もしくはその熱搬送媒体に対する一次熱供給は、例えば変化する日差しや曇りのような多少とも偶然性の予想できない変化を被り、そのため、この種の熱源は、発電所側では自由に適合化することができない。

【 0 0 3 7 】

ソーラーコレクターフィールドの一般に大面積の規模も、ソーラーコレクターフィールドにおける時間的に著しく遅延する変化を生じる。従って、ソーラーコレクターの焦点合わせの変化によって発電機出力の所期の変化を生じさせることはできず、同様に太陽熱発電所における出力および/または周波数の調整能力が、著しく制限される。

40

【 0 0 3 8 】

出力調整、および/または、周波数調整、より詳細には一次および/または二次の調整、もしくは、周波数調整リザーブ、より詳細には一次および/または二次の調整リザーブの用意は、この種の太陽熱発電所では 所望通りもしくは要求通りには 不可能である。

【 0 0 3 9 】

それにも拘わらず、太陽熱発電所において 一次熱源（ソーラー循環路）に対して ある程度の出力適合化を可能にするために、補助熱源、例えば特殊な天然ガスボイラによる補助的な天然ガス燃焼装置を、一次循環路に設けることができる。

50

【 0 0 4 0 】

この補助熱源、または、特殊な場合には補助的な天然ガス燃焼装置は、特に熱搬送体または熱交換器の直前のソーラー循環路に配置されるが、これらの熱源は、必要に応じて一次循環路における熱搬送媒体の温度を適合化することを可能にするので、多少とも相応する電力を二次循環路において作ることができる。

【 0 0 4 1 】

ここで、例えば天然ガスの燃焼装置などの補助熱源によって、必要に応じて熱を供給または減少すれば、自由に適合化することが不可能な一次の熱源/熱供給および補助の熱源/熱供給を有するこの種の太陽熱発電所において生成される発電所電力が、安定化される、または、ある程度の範囲内の、電力増補、およびそのみならず、周波数調整、より詳細には一次および/または二次の調整が、行われることとなる。

10

【 0 0 4 2 】

達成可能な出力は、すなわちここに、自由に適合化することが不可能な一次熱源および補助熱源を有するこの種の太陽熱発電所においても、また一般的な太陽熱発電所においても単に所定のキャン出力(can power)のみによって、すなわち個々の出力制限装置(例えば運転中の給水ポンプ)の状態に関連した発電所の最大運行可能な出力によって、制限される。

【 0 0 4 3 】

更に、一次循環路における補助熱源は、熱搬送媒体を液状に保持(アンチフリーズ保護)するためにも利用できる。

20

【 0 0 4 4 】

例えば、補助的な天然ガス燃焼装置などの補助熱源の使用の基準は、専ら経済的な考察に基づくものであるが、この種の補助的な燃焼もしくは熱供給は、付加的な/増大する、燃料コストおよび/または発電所コストを必要とする。

【 0 0 4 5 】

この種の補助的熱供給によって、太陽熱発電所における、ある程度の出力の適合化は基本的に可能になっても、どの程度の範囲の出力の適合化が可能となるのか、あるいはまた、それによって出力の調整が可能となるのかは、依然として予想できないという欠点が残る。なぜなら、適合化不能な一次熱源、すなわち太陽エネルギーの変動は、発電所ではコントロール不能であり、多少とも偶発的に生じるものであるからである。

30

【 0 0 4 6 】

従って、この種の太陽熱発電所自由に適合化することが不可能な一次熱源および補助熱源を有する偶発的に発生する一次熱供給の出力調整、および/または、周波数調整、より詳細には一次および/または二次の調整が、不可能であるもまた、発電所の運営者に対して少なくとも負の作用として相応する収入減をもたらす。

【 0 0 4 7 】

蒸気発電所における、周波数調整、より詳細には二次および/または一次の調整、の枠内での出力変化の加速によって、蒸気発電所のプロセス媒体すなわち給水、より詳しく言えば水蒸気に含まれるエネルギーを利用(「水・蒸気循環路における熱蓄積器」)して迅速に作用する、付加的な手段を加える、ということが知られている(非特許文献3)。

40

【 0 0 4 8 】

これに関する公知例は、高圧タービン調整弁の絞り、高圧部分タービン用の過負荷導入、凝縮露、高圧予熱器の給水側の迂回、および、高圧予熱器に対するタッピング蒸気管の絞り、である。

【 0 0 4 9 】

このプロセス媒体内在エネルギー蓄積器もしくは水・蒸気循環路における熱蓄積器は、就中、限界があり、これによって得られる可調整リザーブにも、限界がある。

【 0 0 5 0 】

このような水・蒸気循環路におけるエネルギー蓄積器もしくは水・蒸気循環路においては、熱蓄積器が一度消費/排出されると、水・蒸気循環路におけるこの種の熱蓄積器を再

50

充填する必要が生じ、これに起因して、調整リザーブは更に制限されることとなる。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0051】

【非特許文献1】<http://de.wikipedia.org/wiki/Dampfkraftwerk> (2012.3.14入手)

【非特許文献2】<http://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenwaermekraftwerk> (2012.3.14入手)

【非特許文献3】Wichtmann et al “Flexible Load Operation and Frequency Support for Steam Turbin Power Plants”, VGB PowerTech 7/2007, p. 49-55

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0052】

本発明の基本的な目的は、適合化不能な一次熱源および補助熱源を有する太陽熱発電所における、特に自動的もしくは自動化された、出力調整、および/または、周波数調整、より詳細には一次および/または二次の調整を可能とする方法を、提供することにある。また、本発明の目的は、特に自動的もしくは自動化された、出力調整、および/または、周波数調整、より詳細には一次および/または二次の調整、に適した太陽熱発電所を、提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0053】

20

この課題は、それぞれ独立請求項の特徴を有する、適合化不能な一次熱源と補助熱源とを有する太陽熱蒸気発電所における、特に自動的な出力調整および/または周波数調整についての、設定値の適合化方法および太陽熱発電所によって、解決される。

【0054】

本発明の有利な発展形態は、従属請求項から明らかである。これらの発展形態は、本発明による方法ならびに本発明による太陽熱発電所に関する。本発明による太陽熱発電所は、本発明による方法または以下に説明する発展形態の1つを実施するのに特に適している。

【0055】

本発明および上述の発展形態は、ソフトウェアにおいてもハードウェアにおいても、例えば特別な電気回路を使用して、実現することができる。

30

【0056】

更に、本発明または上述の発展形態は、本発明または発展形態を実施するコンピュータプログラムが記憶されたコンピュータで読み取り可能な記憶媒体によって、実現することができる。

【0057】

また、本発明および/または上述の各発展形態は、本発明またはその発展形態を実施するコンピュータプログラムが記憶された記憶媒体を有するコンピュータプログラム製品によって、実現することができる。

【0058】

40

本発明は、一次循環路と、特に熱搬送媒体を介して一次循環路に(熱的に)結合された二次循環路とを有する、太陽熱発電所に関する。

【0059】

一次循環路には、一つの一次熱供給用の適合化不能な一次熱源のための一次循環路内を循環する熱搬送媒体、例えば(熱媒)油の、熱供給を(補助的に)上昇または減少するための、補助的な熱源が設けられる。

【0060】

本発明による設定値の適合化方法によれば、太陽熱発電所の運転中の少なくとも1つの所定の時点における現在の出力調整範囲および/または周波数調整範囲、すなわち太陽熱発電所に対する現在の出力範囲(出力(窓))が、確認される。

50

【 0 0 6 1 】

この太陽熱蒸気発電所の現在の出力範囲または現在の出力調整範囲および/または周波数調整範囲は、調整範囲下限と調整範囲上限とによって、制限される。

【 0 0 6 2 】

更に、現在の出力範囲は、一次熱源による現在の一次熱供給からの現在の出力を利用して、および、補助熱源の出力範囲を利用して、定められる。

【 0 0 6 3 】

別の表現で云うならば、現在の出力範囲は、一次熱源による現在の一次熱供給からの現在の出力に基づいて現出する、もしくは、補助熱源 または複数の補助熱源の出力範囲を加算したものの、に基づいて現出することとなる。

10

【 0 0 6 4 】

調整範囲の下限では、出力調整、および/または、周波数調整、より詳細には一次および/または二次の周波数調整のための、少なくとも1つのリザーブ成分を有する、下側の出力リザーブが考慮される。調整範囲の上限では、同様に出力調整、および/または、周波数調整、より詳細には一次および/または二次の周波数調整のための、少なくとも1つのリザーブ成分を有する、上側の出力リザーブが考慮される。

【 0 0 6 5 】

設定値の適合化に際しては、例えば負荷分配器から予め与えられる太陽熱発電所の現在の設定値は、もしも現在の出力範囲の外側にある場合には、その現在の出力範囲内に調整される。

20

【 0 0 6 6 】

この場合、現在の出力範囲の限界線は、現在の出力範囲にも属するべきである。

【 0 0 6 7 】

換言もしくは簡略化して言えば、本発明によれば、自由に適合化不能な一次熱源と補助熱源とを有するこの太陽熱発電所における、1つの運転時点で、この発電所の現在の出力範囲(出力)窓)が確認される。

【 0 0 6 8 】

その現在の出力範囲は、一次熱源/供給、すなわち太陽エネルギーによって獲得できる出力によって、および これによって窓としての出力範囲が張られる 一方では最小可能な補助的熱供給によって獲得(最小補助熱供給もしくは燃焼)可能な出力によって、他方では最大可能な補助的熱供給により獲得可能(最大補助熱供給もしくは燃焼)な出力によって、定められることとなる。

30

【 0 0 6 9 】

この最小および最大の可能な補助的熱供給を用いて、補助熱源の 下方および上方への 可能な最大の技術的境界条件が考慮される必要がある。

【 0 0 7 0 】

最小の補助的熱供給は、補助熱源を安定に運転するために補助的熱供給の一定(最小)量が必要であるということから生じ得る。同様に、最大の補助的熱供給は、補助熱源の安定した運転が「上方に向かって」制限されることから生じ得る。

【 0 0 7 1 】

更に、この種の補助熱源は、例えば天然ガス燃焼装置のように熱搬送媒体への迅速な熱搬入を可能にする、および/または、それを 大きな範囲で 調整可能にするものとするのが有利である。特に、1つの大きな補助熱源の代わりに、より小さい複数の補助熱源(「小さい繋ぎ合わせ」)が、ここでは有利である。

40

【 0 0 7 2 】

例えば、熱搬送媒体に対する、または熱搬送媒体上への、補助的熱供給は、相応する特別の天然ガス燃焼器もしくは天然ガスボイラを有する または小さく繋ぎ合わせたものでは 複数の天然ガス燃焼器もしくは天然ガスボイラを有する、天然ガス燃焼装置とするか、あるいはこの種の装置によって行うようにすることができる。例えば石炭または油燃焼装置のような、他の補助燃焼装置も可能である。

50

【 0 0 7 3 】

現在の一次熱供給および補助的熱供給（最小および最大補助熱供給）からなるこの現在の出力範囲の限界線には、それぞれ出力調整、および／または、周波数調整、より詳細には一次および／または二次の周波数調整のための、少なくとも1つの出力リザーブ成分を有する出力リザーブが「組み込まれる」、もしくは、考慮される。

【 0 0 7 4 】

すなわち、この現在の出力範囲の限界線は、それぞれこの組み込まれるべきまたは考慮されるべき出力リザーブの分だけ寄せ集められ、これにより、現在の出力範囲は、その両出力リザーブ分だけ、上限および下限で減少される、および、これにより、この現在の出力範囲に対しては、出力の調整、および／または、周波数調整、より詳細には一次および／または二次の周波数調整のためのリザーブ成分が、用意もしくは保証される。

10

【 0 0 7 5 】

現在の出力範囲の限界線は、この場合、この範囲に属するものとみなすべきである。

【 0 0 7 6 】

これらの限界線は、境界線として、もしくはその現在の出力範囲／（出力）窓は、境界としてこの太陽熱発電所の設定値調整器に切換えることができ、この調整器は、所定の現在の設定値が現在の出力窓の外側にあるときには、この設定値を現在の出力窓内に調整する、もしくは現在の出力窓へと移動する（設定値の適合化）という働きをする。

【 0 0 7 7 】

概括的にみれば、ここでは現在の適合化すべき設定値は、少なくとも窓の相応する上限または下限までシフトされる。

20

【 0 0 7 8 】

現在の出力窓内への設定値の更なるシフトは、例えば出力窓の中心までは可能であるが、いずれにせよ、設定値を出力窓の限界線にまで「のみ」近づけ、これにより、設備の不要な大きな出力変動を避けるようにすることが合目的的であり得る。

【 0 0 7 9 】

太陽熱発電所の所定のまたは適合化された設定値が、この出力窓内にあれば、その太陽熱発電所の電力増補などの出力調整、二次または一次の調整が、常に可能もしくは保証される。

【 0 0 8 0 】

それとは無関係に、その太陽熱発電所の達成可能な出力は、確認されたキャン出力 (can power)、すなわち個々の出力制限機器（例えば運転中の給水ポンプ）の状態に関連した太陽熱発電所の最大運行可能出力によってのみ、制限される。

30

【 0 0 8 1 】

現在の出力窓および／またはその限界線は、参考のため 負荷分配器にも伝達することができる。

【 0 0 8 2 】

本発明もしくは本発明による方法が、例えばこの蒸気発電所／太陽熱発電所の運転位相または運転期間の時間インターバルの時間経過、すなわち連続する複数の時点で実施されるときは、それぞれ実際に供される一次熱源、特に太陽光入射の（時間に亘る）変化につれて、設定値が、この蒸気発電所における出力調整、および／または、周波数調整、より詳細には一次および／または二次の周波数調整を保証するために その内部になければならない出力窓が、自動的に上方もしくは下方へと、単純にシフトする。

40

【 0 0 8 3 】

設定値調整器の可能調整範囲の自動的適合化は、これに関連している。

【 0 0 8 4 】

特に、例えば雲の広がりによる一次熱源の減少および／または補助熱源の容量の減少によって、現在の設定値が突然に出力窓の上限以上となった場合には、この設定値は、それに相応して設定値調整器によって適合化される、すなわち設定値は上限の低下により自動的に下方に移されることとなる。

50

【0085】

特に、例えば雲のない太陽光入射による一次熱源の、および/または、補助熱源の、容量の変化もしくは上昇に基づいて、上限が再び上方にシフトし、それによって出力窓上限で予め下方に引っ張られていた設定値が「上方への行動」を受けると、直ちに、設定値は再びできる限り上方へと適合化される。

【0086】

すなわち、その設定値は、出力窓上限の上方へのシフトによって得られた（出力）行動を利用して可能な限り、すなわち上方にシフトする出力窓下限によって再び制限されて、当時の出力窓の外側にある本来の所定の設定値の方向である上方へとシフトすることができる。

10

【0087】

これは、設定値が当時の出力窓の外側にある本来の所定のレベルに達するか、または現在の出力窓の内側にある新しい設定値が付与されるまで、行うことができる。

【0088】

代替的に、設定値は、しかし新しい現在の設定値が付与されるまでは差し当たり、なおも出力窓の上方にシフトする上限のレベルに留まるようにすることも可能である。

【0089】

同様なことは、突然出力窓の下限以下にある現在の設定値に対しても、当て嵌まる。

【0090】

従って、一次熱供給が自由に適合化できない太陽熱発電所は、いずれの場合にも従来の解決手段とは異なり出力および/または周波数を調整可能な状態に、すなわち出力調整運転中に、そしてそれゆえに一次および二次の調整の可能な状態に、留まることとなる。

20

【0091】

これにより、運営者は、更に相応する補償を受ける。出力窓もしくは現在の出力範囲の限界値は、参考のため、負荷分配器にも伝達される。

【0092】

これに相応する、本発明による太陽熱発電所は、データ処理手段、特にプログラムされた計算ユニット、特にブロックガイドで実行されるユニットを有し、本発明による設定値の設定値適合化方法が実施されるように設定される。

30

【0093】

従って、本発明による設定値の設定値適合化方法、および、それに相応する本発明による太陽熱発電所は、自動的な出力調整、および/または、周波数調整、より詳細には一次および/または二次の周波数調整を、可能とする、なぜなら、その太陽熱発電所の見掛けのまたは適合化された設定値は、（常に）出力窓内に入っており、そこではその太陽熱発電所の電力増補や二次または一次の調整が、常に可能もしくは保証されているからである。

【0094】

本発明は、多くの観点において著しく有利であることが実証されている。

【0095】

本発明は、例えば太陽熱発電所の自動的もしくは自動化された出力調整運転を可能にする。本発明は、特に、太陽熱発電所の周波数調整能力、より詳細には一次および/または二次の調整能力を、可能とする。

40

【0096】

従って、本発明によって運転される太陽熱発電所側から要求される系統接続条件が満たされることが可能となる。また、設備運営者は、一次および/または二次の調整によって、それに相応した補償を受ける。

【0097】

本発明の有利な発展形態は、従属請求項からも明らかである。これらの発展形態は、本発明方法にも本発明による発電所にも関係する。

50

【0098】

特に、本発明方法またはその発展形態を太陽熱発電所のブロックガイドにおいて実行し、そこで本発明方法および/またはその発展形態を実施すること、そして相応に太陽熱発電所を制御および/または調整もしくは運行することができるようにすることは、合目的的である。

【0099】

更に、設定値が、適合化の場合 出力窓の限界線上にあるように太陽熱発電所を運行する、もしくは設定値を調整することは、合目的的である。すなわち、出力窓の外側にある現在の設定値の適合化は、これらの設定値がそれぞれ相応する現在の出力範囲の限界値に調整されるように、行うことができる。

10

【0100】

また、現在の出力範囲の外側にある設定値を、更にそのときの現在の出力範囲、例えばその中心まで、移行することも可能である。

【0101】

例えば、一次熱供給に基づいて出力が既に最大設備出力もしくはキャン出力に近づくことによって、出力窓もしくは確認された窓の大きさが所定の最小範囲を下回ると、そのとき初めて、設備は実際値に追従し、負荷分配器の影響もしくは一次/二次の調整の影響が、遮断されることとなる。

【0102】

加えて、この太陽熱発電所は、当然にまたキャン出力に従って制限され、その出力を規定する構成要素による制限によって、太陽熱発電所の故障を避けることも可能である。

20

【0103】

別の有利な発展形式によれば、特に太陽熱発電所の自動化運転において、この発電所の所定の現在の設定値が現在の出力範囲の上側にある場合、特に設定値調整器によって自動的に、所定の現在の測定値が下方に向かって少なくとも調整範囲の上限まで戻されるようにすることができる。所定の現在の設定値が現在の出力範囲のちょうど上限に戻されるようにすることが、特に有利である。

【0104】

同様に、発電所の所定の現在の設定値が現在の出力範囲の下側にある場合、その所定の現在の設定値が、特に自動的に設定値調整器により、上方に向かって少なくとも調整範囲の下限まで戻されるようにすることができる。その所定の現在の設定値が現在の出力範囲のちょうど下限に戻されるようにすることが、特に有利である。

30

【0105】

1つの発展形態により、補助的な熱供給が、1つまたは複数の相応する天然ガス燃焼器もしくは天然ガスボイラによる天然ガスの燃焼によって行われると特に有利であり、これにより、最小天然ガス燃焼と最大天然ガス燃焼とからなる出力範囲が生じる。

【0106】

この結果、更に、補助的な熱供給からの最小可能出力を加算した現在の一次熱供給からの現在の出力を利用して(最小熱供給)、ならびに、補助的な熱供給からの最大可能出力を加算した現在の一次熱供給からの現在の出力を利用して(最大熱供給)、現在の出力範囲を定めることができる。

40

【0107】

また、調整範囲の下限では、補助的な熱源の経済的寄与を考慮することができる。従って経済的な理由から、補助熱源の経済的観点から定めるべき出力寄与を考慮することが重要であり得る。調整範囲の下限は、この場合、補助熱源の、その経済的寄与分だけ高められ、出力範囲窓は、その経済的出力範囲だけ小さくされる。

【0108】

有利な発展形態によれば、下側の出力リザーブでは出力調整用のリザーブに加えて出力急昇における下方燃焼用の別のリザーブ、および/または、蒸気蓄積器の開放、および/または、減衰(「ダンピング」)のための、別のリザーブを考慮することもでき

50

る。

【0109】

また、上側の出力リザーブでは、出力調整用のリザーブに加えて出力急昇における上方燃焼用の別のリザーブ、および/または、蒸気蓄積器の充填および/または減衰(“ダンピング”)用の別のリザーブを、考慮することができる。

【0110】

有利な発展形態においては、調整範囲の下限は、補助熱供給からの最小可能出力を加算した、補助熱源の経済的出力範囲を加算した、ならびに、下側の出力リザーブを加算した、現在の一次熱供給からの現在の出力によって、定められる。

【0111】

この調整範囲の下限は、例えば数学的には、次のように書き換える、もしくは、表現することが可能である。すなわち、

現在の一次熱供給 + 最小補助熱供給、例えば最小天然ガス燃焼 + 補助熱源の、経済的出力寄与 + 下側の出力リザーブ、例えば出力急昇における下方燃焼用のリザーブ、出力調整リザーブ、「ダンピング」リザーブ、および、場合によっては一次調整中の処置用のリザーブ。

【0112】

別の有利な発展形態によれば、調整範囲の上限は、補助熱供給からの最大可能出力を加算し、ならびに、上側の出力リザーブを減算した、現在の一次熱供給からの現在の出力によって、定められる。

【0113】

この調整範囲の上限も、例えば数学的には、次のように書き換える、もしくは、表現することが可能である。すなわち、

現在の一次熱供給 + 最大補助熱供給、例えば補助的天然ガス燃焼 - 上側の出力リザーブ、例えば出力急昇における上方燃焼用のリザーブ、出力調整リザーブ、「ダンピング」リザーブ、および、場合によっては一次調整中の処置用のリザーブ。

【0114】

別の有利な発展形態においては、太陽熱発電所の現在の出力範囲は、この蒸気発電所の設定値調整器に報知され、この調整器が、この発電所の所定の現在の設定値を、この設定値が現在の出力範囲の外側にある場合に、適合化する、すなわち現在の出力範囲に移行することが、行われる。

【0115】

また、調整範囲下限、および/または、調整範囲上限、および/または、太陽熱発電所の現在の出力範囲を、この太陽熱発電所が接続されている電力分配システムの負荷分配器に、報知することもできる。

【0116】

また、太陽熱発電所の確認された現在の出力範囲が所定の最小範囲を下回ると、所定の現在の設定値が実際値に追従する、および/または、負荷分配器の影響および/または一次/二次の調整範囲の影響が遮断されるようにすることが、有利である。

【0117】

本発明もしくは本発明による設定値の適合化は、それぞれ太陽熱発電所の運転中の所定の時間インターバルの複数の時点、特に多数の時点で実施されると、特に有利である。

【0118】

この場合、その時間インターバルは、その蒸気発電所の所定の運転期間とすることができる。その各時点は、時間インターバル中の時間列を形成するようにすることができる。

【0119】

本発明は、例えば、太陽熱発電所の運転中に、所定の時点にて、および、所定の時間間隔に亘って、投入もしくは実施することが可能である。

【0120】

それ以前、すなわち投入時点より前に実際に供される一次熱量によって運行される太陽

10

20

30

40

50

熱発電所は、本発明の投入後もしくは実施時には所定の時間間隔に亘って（自動的に）出力追従運転で以て運行される。

【0121】

また、本発明、若しくは本発明による設定値の適合化を、太陽熱発電所の自動的出力調整に組み込むようにすることが、有利である。この場合、その発電所の所定の運転期間インターバルからの時間列の多数の時点で、それぞれ本発明、若しくは本発明による処置を、実施することができる。

【0122】

すなわち、この太陽熱発電所の所定の現在の設定値の1つが、その時の本発明による現在の出力範囲の外側にある度毎に、その現在の設定値は、自動的に、特にこの太陽熱発電所の設定値調整器によって、現在の出力範囲に適合化されることとなる。現在の出力範囲の外側にある現在の設定値は、現在の出力範囲に、有利にはその限界線上に、調整される。

10

【0123】

太陽熱発電所の出力は、所定の現在の、および、場合によっては適合化された、設定値を利用して、運行もしくは調整される。

【0124】

この場合、設定値の付与は、設備のオペレータ、例えば中央監視室の作業員によって、または、送電システムの負荷分配器によって、行うことができる。その設定値は、設定値調整器に投入され、その調整器は、太陽熱発電所の実際出力を相応に制御/調整する。

20

【0125】

更に、本発明によるデータ処理手段は、太陽熱発電所のブロックガイドの構成要素とすることができる。

【0126】

特に有利な発展形態によれば、太陽熱発電所は、まさに本発明を実施するように設計された、この種のブロックガイドを有する。

【0127】

周波数調整能力は、二次循環路が少なくとも熱エネルギー蓄積器を有し、この蓄積器が周波数調整の枠内で出力変化のために利用されると、更に改善される。

【0128】

この場合、この種の熱エネルギー蓄積器 二次循環路における は、給水もしくは水・蒸気循環路の水蒸気のような二次循環路のプロセス媒体中に内在するエネルギー蓄積器とすることができる。

30

【0129】

例えば、高圧タービン調整弁の絞り、高圧部タービン用の過負荷導入、凝縮露、高圧予熱器の給水側の迂回ならびに高圧予熱器へのタッピング蒸気導管の絞りが、公知の熱エネルギー蓄積器として挙げられる（非特許文献3）。

【0130】

この種の熱エネルギー蓄積器は、例えば絞りの変化または凝縮露の形成による蓄積されたエネルギーの「呼び出し」の際に 定められた範囲で二次循環路内の出力変化を許容する。いずれにせよ、この場合、すなわちそこに蓄積されたエネルギーの「呼び出し」の際に、熱エネルギー蓄積器は空にされる。

40

【0131】

ここで、少なくとも二次循環路内の熱エネルギー蓄積器を充填するために補助熱源を利用すると、特に有利である。

【0132】

合目的的な仕方、すなわち太陽熱発電所の更に高度な、および、迅速な、出力の適合化を可能にするためには、二次循環路内に、この種の熱エネルギー蓄積器を複数個使用し、そのそれぞれを、補助熱源を利用して再び充填できるようにすることが可能である。

【0133】

50

概括的もしくは簡略的に表現すれば、二次循環路内のもはや満タンではない熱エネルギー蓄積器は、一次循環路内の補助熱源を利用して充填される。

【0134】

このため、熱搬送媒体への補助的な熱供給を、例えば天然ガス燃焼器のような補助熱源によって、一次循環路において活性化または高めることができ、その結果、一次循環路と二次循環路の（熱的）結合により二次循環路のプロセス媒体への補助的なエネルギー搬入が行われる。二次循環路のプロセス媒体へのこの補助的なエネルギー搬入は、二次循環路内の熱エネルギー蓄積器の（再）充填用に利用することができこれにより、太陽熱発電所の出力が変化もしくは低下することはなくなる。

【0135】

従って、このように熱エネルギー蓄積器の再充填用に一次循環路内の補助熱源を利用することは、太陽熱発電所における、より有効な出力調整、および／または、周波数調整、より詳細には一次および／または二次の周波数調整を、可能にする、なせなら、二次循環路における熱エネルギー蓄積器の（再）充填を介して放出された発電所出力には無関係にその「再三充填される」熱エネルギー蓄積器が、ほぼ恒常的に、太陽熱発電所における周波数調整、より詳細には二次および／または一次の調整、の枠内での出力変化のために供されるからである。

【0136】

また、熱エネルギー蓄積器の充填度に連関した補助熱源による熱エネルギー蓄積器の充填を実施できることとなるので、特に有利である。

【0137】

熱エネルギー蓄積器の充填度が所定のレベルを下回ると、蓄積器は充填することができる。したがって、熱エネルギー蓄積器は、常に所定の充填度に、またはそれ以上に、保持されることが可能となる。特に、熱エネルギー蓄積器は、常に完全に充填される、もしくは、満タンの状態にされることが可能となる。

【0138】

本発明の有利な実施形態の上述の記載は、個々の従属請求項に部分的に複数にまとめて示した数多くの特徴を含んでいる。これらの特徴を、しかしながら、当業者は目的に応じて個々のものと見做すことや有意義な組み合わせのためにまとめることなども可能である。

【0139】

特に、これらの特徴は、それぞれ個々に、および任意の適当な組み合わせにおいて、各独立請求項による本発明の方法および／または装置と組み合わせることが可能である。

【0140】

図面には、以下に詳細に説明する本発明の一実施例が示されている。

【図面の簡単な説明】

【0141】

【図1】一実施例による出力調整可能な太陽熱発電所の、調整／制御／設備のプランを示す図である。

【図2】図1の出力調整可能な太陽熱発電所の出力窓を模式的に示す図である。

【図3】一実施例による実際運転および出力追従運転における、太陽熱発電所の出力範囲および出力特性を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0142】

実施例：自動化された出力調整可能な太陽熱発電所

図1は、出力調整可能な（「ロードセッティングモード」）太陽熱発電所1の調整／制御／設備プラン60を示す。

【0143】

従来の一般的な太陽熱発電所とは異なり、ここに記載する発電所1は、一般的な公知の設備の実際運転a, cもしくは72に付加して自動化された出力調整（「ロード

10

20

30

40

50

セッティングモード」/出力追従運転) b もしくは 7 1 が可能である。

【0144】

この太陽熱発電所 1 の出力調整の可能性は、この場合、二次調整(「二次グリッド周波数制御」)の可能性も含む。

【0145】

太陽熱発電所 1 において生じる全ての情報、例えば測定値、プロセスまたは状態のデータは、監視室に表示され、中央計算ユニット 6 4、ブロックガイド 6 1 にて 即ち太陽熱発電所 1 の中央管理もしくは制御および/または調整機構中央にて 評価されることとなるが、その際、個々の発電所構成要素の運転状態が表示、評価、管理、制御および/または調整される。

10

【0146】

制御機構を介して、中央管理室員(オペレータ)が、ブロックガイド 中央計算機の中心的構成要素としての を介して、もしくは自動化されて、太陽熱発電所 1 の運転経過に関与する そしてこれにより、例えば装備または弁の開閉によって、または供給燃料量の変化によって、設備を運行する ことができる。

【0147】

特に、太陽熱発電所 1 の出力調整、および/または、周波数調整、より詳細には一次および/または二次の周波数調整、および、自動的負荷追従運転 7 1 も、ブロックガイド 6 1 を介して制御される。

【0148】

この太陽熱発電所 1、以下単に発電所 1 と略称することもある、は、2つの循環路 2、3 すなわち一次循環路(ソーラー循環路) 2 および二次循環路(水・蒸気循環路) 3 多段の熱交換器 4 0 を介して(熱的に)結合された を有している、すなわち、発電所は 2 回路原理で以て作動する。

20

【0149】

一次循環路、より詳細にはソーラー循環路 2 では、ソーラーコレクターフィールド 1 1 に配置された大抵は多数のソーラーコレクター 1 2 を貫流する熱搬送媒体 1 3、ここでは(熱媒)油 1 3 が、そこで太陽光の入射 1 0 によって加熱される(一次熱/エネルギー源、もしくは、一次エネルギー/熱供給もしくは搬入、一次エネルギー/源 1 0)。

【0150】

加熱された熱搬送媒体 1 3 は、更に天然ガスが燃焼される天然ガスボイラ 2 1 を貫流し、そこで「一次加熱された」熱媒油 1 3 が、更に加熱される(2 0)、もしくは加熱可能である(補助熱源/供給、補助エネルギー/源 2 0)。

30

【0151】

この補助熱源 2 0 は、一方では、設備 1 を経済的に最適運行し、一次エネルギー源 1 0 コントロール不能の変動を被る からの出力を安定化する、そして、 以下に詳述するように 発電所 1 の周波数調整能力および自動的負荷追従運転 7 1 を可能にするべく用いられる。他方では、補助熱源 2 0 は、熱媒油 1 3 を液状に保つべく用いられる(アンチフリーズ保護)。

【0152】

補助熱源 2 0 に続いて、熱媒油 1 3 は、熱交換器 4 0 を貫流し、そこで熱媒油は 少なくとも部分的に 一次および場合によっては補助熱供給 1 0、2 0 から吸収した熱エネルギーを、二次循環路 3、すなわち水・蒸気循環路 3 もしくはそこにあるプロセス媒体 4 1 すなわち(給)水 4 1 に伝達する。

40

【0153】

その後、 供給ポンプ 2 3 によって促進されて 今や冷却された 熱搬送媒体 1 3、より詳細には熱媒油 1 3 は、ソーラーコレクター 1 2 もしくはソーラーフィールド 1 1 に戻され、斯くして一次循環路、より詳細にはソーラー循環路 2 は、閉路を成している。

【0154】

50

一次循環路 2 から、二次循環路 3、より詳細には水・蒸気循環路 3 への熱搬送によって、そこで（給）水 4 1 が水蒸気 4 1 に変換され、すなわち加熱、蒸発および過熱され、導管 4 3 を介して蒸気タービン 4 2 へと流れ、そこで水蒸気 4 1 は、そのエネルギーの一部を、膨張によって運動エネルギーとしてタービン 4 2 に付与する。

【 0 1 5 5 】

そのタービン 4 2 に結合された発電機 4 4 によって、機械的出力が電力に変換され、それが電流として送電系統 3 3 に給電される（ 4 5 ）。

【 0 1 5 6 】

そのタービンの下側には、凝縮器 4 6 が配置され、そこで蒸気 4 1 はタービン 4 2 での膨張後にその熱の大部分を冷却水に伝達する。この過程中に、蒸気 4 1 は、凝縮によって液化する。

10

【 0 1 5 7 】

給水ポンプ 4 8 は、液化してなる水 4 1 を、給水 4 1 として改めて多段の熱交換器 4 0 に供給し、斯くして二次循環路 3 は、閉路を成している。

【 0 1 5 8 】

二次循環路 3、すなわち水・蒸気循環路 3 では、種々の熱蓄積器 6 3 が実現されるが、これは、給水 4 1、より詳細には水蒸気 4 1 に内在するエネルギー蓄積器に基づくものである。

【 0 1 5 9 】

図 1 は、例えば高圧タービン調節弁 4 7 の絞り、より詳細に云うと高圧タービン調節弁絞り 4 7 の形で以て、この種の熱蓄積器 6 3 を示している。

20

【 0 1 6 0 】

他の詳細には示さない熱蓄積器 6 3 は、高圧部タービンへの過負荷導入、凝縮露の蓄積、高圧予熱器への給水側の迂回、ならびに高圧予熱器へのタッピング蒸気管の絞り、である。

【 0 1 6 1 】

この場合、高圧タービン調節弁 6 3 ブロックガイド 6 1 を介して制御 / 調節される絞りは、給水 4 1、より詳細には水蒸気 4 1 に内在するエネルギーの所期の「呼び出し」を行い、これにより、二次循環路 3 における所期の出力変化が可能周波数調整の枠内でとなる。

30

【 0 1 6 2 】

エネルギー / 出力は、ここに例示の熱蓄積器 6 3 すなわち高圧タービン調整弁 4 7 の絞りから、周波数調整における所望の出力変化に対応して呼び出されると、この熱蓄積器 6 3、4 7 は再び充填される必要がある。

【 0 1 6 3 】

これは、ソーラー循環路 2 内の、補助的な、もしくは高められた天然ガス燃焼 2 0 により同様にブロックガイド 6 1 を介して制御されて行われ、これにより、補助的な熱エネルギーが、熱媒油 1 3 にもたらされる。

【 0 1 6 4 】

熱交換器 4 0 を介して、この補助的エネルギー搬入は、二次循環路 3 へと伝達され、そこで利用済みの熱蓄積器 6 3、4 7 の再充填のために使用される。ブロックガイド 6 1 によって、絞り 4 7 が、再び本来の状態に戻される、また、熱蓄積器 6 3、4 7 が、再び充填される。

40

【 0 1 6 5 】

図 1 に示すように、このため適当な導線 6 2 を介してブロックガイド 6 1 には、ここでは特にソーラーフィールドの出力 3 0、天然ガス燃焼の運転状態 3 4、絞りの状態 3 5 ならびに発電所 1 で作られる電力 3 1 および送電系統 3 3 の系統周波数 3 2 も、報知される。

【 0 1 6 6 】

図 1 に更に示すように、次いで天然ガス流 2 2、7 3 の制御 / 調整を介して天

50

然ガス燃焼 20 の制御が行われる、そして、高圧タービン調整弁 47 の絞りが 高圧タービン調整弁絞り 47、72 の制御/調整を介して 同様にブロックガイド 61 によって行われる。

【0167】

すなわち、設備 1 は、このように周波数の、より詳細には一次および/または二次の調整が可能な負荷追従運転 71 において 負荷分配器 14 の自動的付与後に 運行可能である。設備 1 またはタービン 42 は、このため、出力調整即ち絞られた弁による修正されたスライド圧力運転で以て、運行される。

【0168】

太陽熱発電所 1 では、達成可能な出力は、確認されたキャン出力 96、即ち発電所 1 の最大運行可能出力によって個々の出力が制限された機器（例えば運転中の給水ポンプ）の状態に依存して、制限される。

10

【0169】

「ロード・セッティング・モード」71 における発電所 1 の運行様式

図 2 は、出力追従運転/「ロード・セッティング・モード」71 または出力追従運転 b もしくは 71 のための、発電機 1 の相応する出力範囲 80 を、模式的に示している。

【0170】

設備 1 によって可能な出力追従運転 b もしくは 71 においては、設備 1 は、絞られた弁による修正スライド圧力運転で以て運行される。相応する出力曲線もしくは運転特性は、図 3 に詳細に示されている。

20

【0171】

まず、図 2 に示す如く、発電所 1 が自動化されて出力調整可能な状態にある、すなわち「ロード・セッティング・モード」71 にある、出力範囲（出力窓/「適合化範囲」）80 は、一定の制限を受けている。

【0172】

設備 1 の出力設定値（設定値）70 は、自動化されて出力調整可能であるためには、この出力窓 80 内になければならない。このため、出力窓 80 の境界としての限界線 90 は、出力設定値調整器（図示せず）に挿入されることとなる。

【0173】

出力窓 80 は、差し当たり、燃焼可能な最小限の天然ガス量 82 からの出力を加算して実際に供される一次エネルギー 81 からの出力により、下方に向かって境界付けられる。上方に向かっては、出力窓 80 は、差し当たり、燃焼可能な最小限の天然ガス量 83 からの出力を加算して実際に供される一次エネルギー 81 からの出力によって境界付けられる。

30

【0174】

更に、出力窓 80 の下側の限界線 90 には、最適な経済性 86 を達成するための天然ガス燃焼量が用意される。すなわち、出力窓 80 の下側の限界線 90 は、この 経済的なフレーム条件を考慮した 量だけ上方にシフトされる。

【0175】

自動化されて出力調整可能にするべく、更に出力窓 80 の限界線 90 には、下側の出力リザーブ 84 ならびに上側の出力リザーブ 85 が構築されることとなる。すなわち、出力窓 80 は、下側もしくは上側の出力リザーブ 84、85 の分だけそれぞれ（更に）減少される。

40

【0176】

これらの出力リザーブ 84、85 は、発電所 1 がこれらの“リザーブ限界線”91（「ロード・セッティング・モード」における出力範囲/窓の下限）、92（「ロード・セッティング・モード」における出力範囲/窓の上限）内で運行される限り、すなわち設定値がこれらの限界線 91、92 内に調整されている限り、発電所が出力調整可能であることを保証する。

【0177】

50

下側の出力リザーブ 84 は、出力急降における下方燃焼用リザーブ、「ダンピング」リザーブ、蒸気蓄積器の開放用リザーブおよび出力調整（「ロード・コントロール」）用リザーブ、ならびに、一次調整用リザーブから成り、上側の出力リザーブ 85 は、出力急昇における上方燃焼用リザーブ、「ダンピング」リザーブ、蒸気蓄積器の充填用リザーブおよび出力調整用リザーブ、ならびに、一次調整用リザーブから成る。

【0178】

「ロード・セッティング・モード」における設備の出力上昇または出力減少にそれぞれ応じて、蒸気圧力を上昇または減少する必要がある。そのためには、相応する十分な量のリザーブ出力が、それぞれの場合で運行すべき出力急昇に対応して提供されなければならない。

10

【0179】

出力調整のためにも、タービン 42 の出力調整および二次調整から生じる一定の出力リザーブが、前もって準備されなければならない。

【0180】

この出力窓 80 は、その中に設備 1 の設定値 70 が入っていなければならない、ダイナミックなものである、すなわち、それは発電所 1 の運転中に自由に使用できる一次エネルギー 10、93 に依存して変動もしくは変化してシフトされる。一次エネルギー 10 が多くなる（太陽光入射の上昇）と、出力窓 80 は、上方にシフト 94 される。一次エネルギーが少なくなる（曇り）と、出力窓は下方にシフト 95 される。

20

【0181】

発電所 1 の達成可能な出力「運転範囲（range of operation）」100 は、上方に向かっては、確認されたキャン出力 96、すなわち個々の出力制限付き機器（例えば運転中の給水ポンプ）の状態に関連した発電所 1 の最大運行可能な出力によってのみ制限される。下方に向かっては、設備 1 の運行可能な出力は、設備 1 の安定運転に少なくとも必要な最大（最小）負荷 / 出力 97 によってのみ制限される。

【0182】

出力窓 80 もしくは確認された窓の大きさが、所定の最小範囲を下回ると、例えば一次熱供給 10 に基づく出力が既に最大設備出力もしくはキャン出力 96 に近づくことによって、初めて設備 1 は実際値に追従し、負荷分配器の影響もしくは一次 / 二次調整の影響が遮断される（実際運転 74）。

30

【0183】

図 1 に示すように、発電所 1 は、（出力の）設定値、MWe1、70 の付与 負荷分配器 14 側からの によって運行される。この付与された設定値 70 から、天然ガス燃焼制御 73 およびタービン制御 72 用の相応する設定値が確認される、そしてそれに対応して、設備 1 が調整もしくは運行される。

【0184】

現在の出力窓 80 の限界線 90 は、負荷分配器 14 にも参照されるべく報知される。

【0185】

図 3 は、実際運転 a、c もしくは 74 ならびに出力追従運転 b もしくは 71（「ロード・セッティング・モード」）における、太陽熱発電所 1 の出力範囲および運転 / 出力特性の曲線図である。

40

【0186】

この場合、図示の曲線はそれぞれ、正規化された曲線として、時間 t（軸 106）上の [%]（軸 105）で以て示されている。

【0187】

曲線 101 は、一次熱源 / 供給 10 によって提供される出力の経過を示す。曲線 104 は、設備 1 の（出力）設定値の経過を示す。そして、曲線 107 は、設備 1 が提供した実際出力を示す。

【0188】

設備 1 の運転段階 a と c との間においては、太陽熱発電所 1 は、通常の実際運転 74 で

50

以て オペレータの手動により 運行される。一次熱源 / 供給 10 から得られた出力に従って設備 1 の設定値 70 が調整される、すなわち、設定値 70 は一次エネルギー 10 の経過 101 に追従する。

【0189】

時点 A で、発電所 1 は、出力追従運転 b もしくは 71 に移行し、そこで設備は時点 B まで運行される。

【0190】

出力追従運転 71 が開始される時点 A で、図 3 に示した出力窓下限 102 もしくは 91 にて、および、出力窓上限 103 もしくは 92 にて、出力窓 80 が「開く」。その設定値は、時点 A において出力窓 80 のほぼ中央で運行される。

10

【0191】

図 3 に更に示すように、それぞれ実際に得られる「一次エネルギー」10、101 の変化に伴って、出力窓 80 は、設定値 70 がその中に留まる必要があり（経過 C）太陽熱発電所 1 における出力調整 71 を保証するため 上方もしくは下方に向かってシフトされる。

【0192】

これに関連して設定値調整器の可能調整範囲の自動的な適合化が行われる。

【0193】

図 3 に示すように、現在の設定値 70 は、一次エネルギー 10 が減少した結果、今や突然に出力窓 80 の上限 103、92 を超えなるとするところ（点 G）、設定値調整器によって相応に適合化される、すなわち、上限 103 の降下に伴って自動的に下方へと移行することとなる（経過 / 位相 e）。

20

【0194】

一次エネルギー 10 の変化もしくは上昇に基づいて、直ちに上限 103 が再び上方にシフトすると（点 H）、設定値は、新しい現在の設定値 70 が与えられるまでは（点 D）、差し当たり点 H のレベル上に留まり続ける。

【0195】

同様なことは、出力窓 80 の下限 102 よりも突然に低くなった現在の設定値 70 に対しても、あてはまる。

【0196】

ここで、図 3 に示すように、現在の設定値 70 は、一次エネルギー 10 が上昇した結果、出力窓 80 の下限 102、91 の下側に今や突然に降下せんとするところ（点 E）、設定値調整器によって相応に適合化される、すなわち、設定値は下限 102 の上昇に伴って自動的に上方へと移行することとなる（経過 / 位相 d）。

30

【0197】

一次エネルギー 10 の変化もしくは減少に基づいて、直ちに下限 102 が再び下方へとシフトすると（点 F）、設定値 70 は、新しい現在の設定値 70 が与えられるまで（点 D）、差し当たり点 F のレベル上に留まり続ける。

【0198】

時点 B で、設備 1 は出力追従運転 b を脱して、再び実際運転 c もしくは 74 へと移行する。出力窓 80 は自らを「閉じる」。設定値 70 は、再び一次エネルギー 10 に直接的に追従する。

40

【0199】

本発明の詳細を有利な実施例によって詳細に図示および説明したが、本発明は開示された例に限定されるものでなく、様々なヴァリエーションは本発明の保護範囲を逸脱することなく当業者によって導出可能である。

【符号の説明】

【0200】

- 1 太陽熱蒸気発電所
- 2 一次循環路（ソーラー循環路）

50

3	二次循環路（水・蒸気循環路）	
1 0	一次熱源	
1 1	ソーラーフィールド	
1 2	ソーラーコレクター	
1 3	熱媒油	
1 4	負荷分配器	
2 0	補助熱源	
2 1	天然ガスボイラ（天然ガス燃焼）	
2 2	天然ガス流	
2 3	供給ポンプ	10
3 0	出力	
3 1	電力	
3 2	系統周波数	
3 3	送電系統	
3 4	運転状態	
3 5	絞りの状態	
4 1	給水（水蒸気）	
4 2	蒸気タービン	
4 3	導管	
4 4	発電機	20
4 5	給電	
4 6	凝縮器	
4 7	高圧タービン調節弁絞り	
6 2	導線	
6 3	熱蓄積器	
7 0	所定の現在の設定値	
7 4	実際運転	
8 0	現在の出力範囲	
8 1	一次エネルギー（一次熱源）	
8 2	補助エネルギー（補助熱源）	30
8 3	補助熱源からの出力範囲	
8 4	下側の出力リザーブ	
8 5	上側の出力リザーブ	
8 6	最適な経済性（の範囲）	
9 0	出力窓の限界線	
9 1	調整範囲下限	
9 2	調整範囲上限	
9 3	一次エネルギー	
9 6	キャン出力	
9 7	最大（最小）負荷 / 出力	40
1 0 0	発電所の達成可能な出力運転範囲	
1 0 1	一次エネルギーの出力の経過	
1 0 3	出力窓上限	
1 0 4	設備の出力設定値の経過	
1 0 7	設備の実際出力の経過	

【 図 1 】

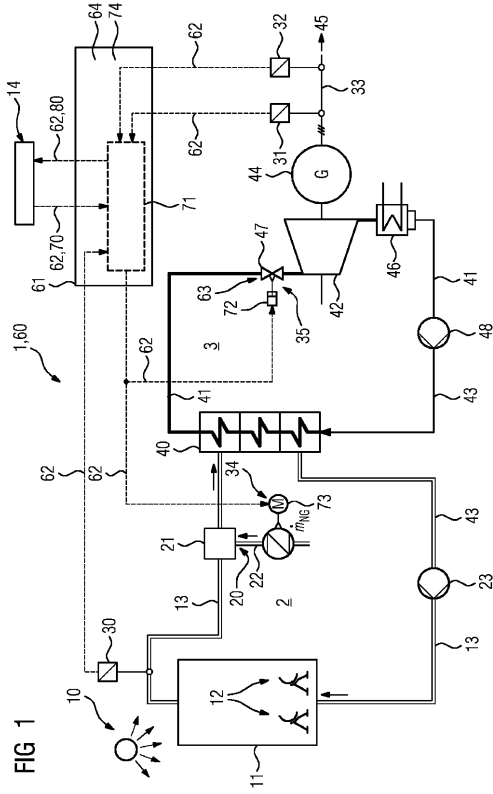


FIG 1

【 図 2 】

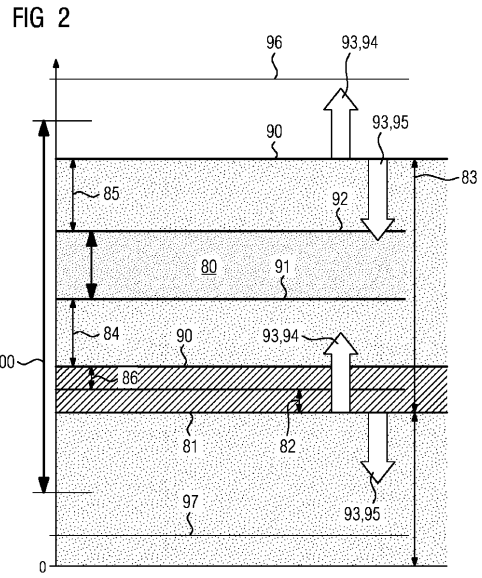


FIG 2

【 図 3 】

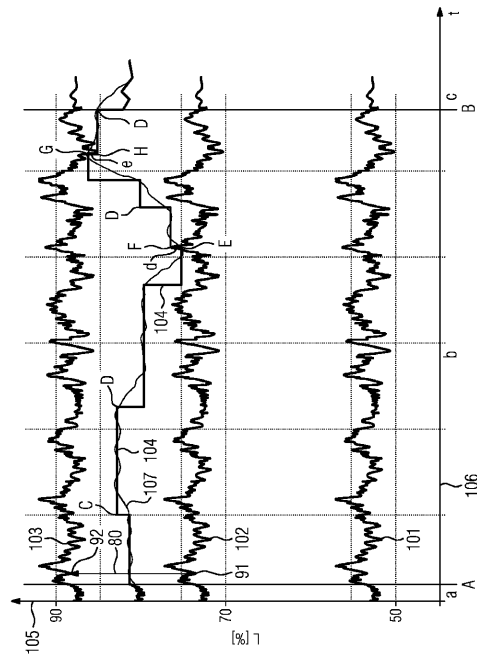


FIG 3

フロントページの続き

- (72)発明者 ブッゲルト、マティーアス
ドイツ連邦共和国 91054 エアランゲン、リッツァーシュトラッセ 43
- (72)発明者 ヴィーゼンミュラー、ヴォルフガング
ドイツ連邦共和国 90762 フュルト、ゲーテシュトラッセ 16

審査官 杉山 豊博

- (56)参考文献 特開昭58-206886(JP,A)
特開昭63-235649(JP,A)
特開2005-077050(JP,A)
特開2010-270756(JP,A)
特開2008-280987(JP,A)
特開2002-155705(JP,A)
米国特許出願公開第2006/0230760(US,A1)
米国特許出願公開第2012/0117969(US,A1)
米国特許出願公開第2011/0304159(US,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| F24J | 2/42 |
| F01K | 27/00 |
| F03G | 6/00 |