(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017 年 7 月 27 日(27.07.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/126180 A1

(51) 国際特許分類:
F01D 17/00 (2006.01) *F01D 17/10* (2006.01)
F01D 17/06 (2006.01) *F02C 9/20* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/081764

(22) 国際出願日: 2016 年 10 月 26 日(26.10.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2016-007271 2016 年 1 月 18 日(18.01.2016) JP

(71) 出願人: 三菱重工コンプレッサ株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES COMPRESSOR CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080014 東京都港区芝五丁目３４番６号 Tokyo (JP). 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目１６番５号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 中川 陽介 (NAKAGAWA Yosuke); 〒1088215 東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 戸中 英樹 (TONAKA Hideki); 〒1088215 東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 森田 克明 (MORITA Katsuaki); 〒1088215 東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 片懸 誠 (KATAGAKE Makoto); 〒7338553 広島県広島市西区観音新町４丁目６番２２号 三菱重工コンプレッサ株式会社内 Hiroshima (JP).

(74) 代理人: 森 隆一郎, 外 (MORI Ryuichirou et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目９番２号 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

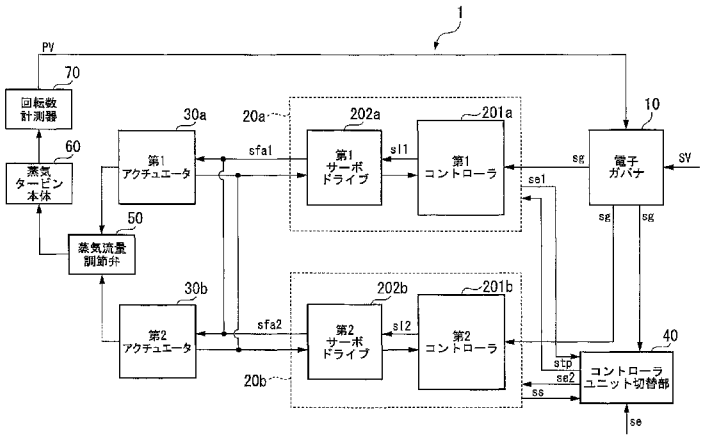
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) **Title**: TURBINE, CONTROL METHOD AND PROGRAM

(54) 発明の名称 : タービン、制御方法及びプログラム

[図1]



10 Electronic governor
30a First actuator
30b Second actuator
40 Controller unit switching unit
50 Steam flow rate adjusting valve
60 Steam turbine body
70 Rotational frequency measuring device
201a First controller
201b Second controller
202a First servo drive
202b Second servo drive

(57) **Abstract**: In the present invention, a first controller of a turbine generates a first lift command that instructs a valve opening degree on the basis of a governor command that indicates a valve opening degree of a flow rate control valve. The first controller holds the first lift command at a switching start time of switching from a first control unit to a second control unit. The first controller transmits the first lift command in a period between the switching start time and the activation of the second control unit. The second controller activates the second control unit at the switching start time. The second controller generates a second lift command that instructs a valve opening degree of such size that the change in the valve opening degree is equal to or less than a prescribed change.

(57) 要約: タービンの第１コントローラは、流量調節弁の弁開度を示すガバナ指令に基づいて、弁開度を指示する第１リフト指令を生成する。第１コントローラは、第１コントローラユニットから第２コントローラユニットへの切り替え開始時に、第１リフト指令を保持する。第１コントローラは、前記切り替え開始から第２コントローラユニットが起動するまでの間、第１リフト指令を送信する。第２コントローラは、前記切り替え開始時に、第２コントローラユニットを起動させる。第２コントローラは、弁開度の変化量が所定の変化量以下となるような弁開度を指示する第２リフト指令を生成する。

WO 2017/126180 A1

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： タービン、制御方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、タービン、制御方法及びプログラムに関する。

本願は、２０１６年０１月１８日に、日本に出願された特願２０１６－００７２７１号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] タービンは、一般的に、動作を開始すると長期間動作が継続する場合が多く、不具合に対する対策は重要である。

特許文献１、特許文献２には、関連する技術として、タービンを制御する予備の制御装置を備える技術が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開昭５３－５１３０８号公報

特許文献2：日本国特開２０１３－７２３４９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献１の技術では、タービンにおいて通常時に使用されている制御装置から予備の制御装置に切り替える詳細な方法が示されていない。また、特許文献２の技術は、タービンにおいて予備の制御装置に対して積分演算の初期値を準備するものである。

一般的に、タービンにおいて、通常時に使用されている制御装置から予備の制御装置に切り替える場合、予備の制御装置が起動を開始してから動作可能な状態になるまでの時間が短いことが望ましいが、予備の制御装置の起動に時間を要する場合、アクチュエータを制御する目標指令が示す目標値と、アクチュエータが結果として出力する実測値との差が大きくなる。そのため、タービンにおいて、通常時に使用されている制御装置と予備の制御装置の

接続を単純に切り替えると、その目標値と実測値との大きな差により、その制御装置の切り替え後のアクチュエータの動作が現在の動作と大きく異なることになる。そして、その制御装置の切り替え前後のアクチュエータの動作の違いにより、アクチュエータに破損などの不具合が生じる可能性がある。

そのため、タービンにおいて通常時に使用されている制御装置から予備の制御装置へよりスムーズに（バンプレスに）切り替えることのできる技術が求められていた。

[0005] 本発明は、上記の課題を解決することのできるタービン、制御方法及びプログラムを提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の第１の態様によれば、タービンは、第１コントローラと第２コントローラとを備えるタービンであって、前記第１コントローラは、タービンの回転数を調整する流量調節弁の弁開度を示すガバナ指令に基づいて、前記弁開度を指示する第１リフト指令を生成する第１リフト指令生成部と、第１コントローラユニットから第２コントローラユニットへの切り替え開始時に、前記第１リフト指令生成部が生成した前記第１リフト指令を保持する第１リフト指令保持部と、前記切り替え開始から前記第２コントローラユニットが起動するまでの間、前記第１リフト指令保持部が保持した第１リフト指令を送信する第１出力部と、を備え、前記第２コントローラは、前記切り替え開始時に、前記第２コントローラユニットを起動させる起動部と、前記弁開度の変化量が所定の変化量以下となるような弁開度を指示する第２リフト指令を生成する第２リフト指令生成部と、を備える。

[0007] 本発明の第２の態様によれば、第１の態様におけるタービンにおいて、前記第２コントローラは、一定のバイアスが示す弁開度と、前回の第２リフト指令が示す弁開度と、前記前回のガバナ指令が示す弁開度と今回のガバナ指令が示す弁開度との差とを加算した弁開度を示す第２リフト指令を生成してもよい。

[0008] 本発明の第３の態様によれば、第１の態様におけるタービンにおいて、前

記第２コントローラは、タービン本体の指示回転数とタービン本体の実回転数との差と、当該差に対応する変化レートとの関係を示す関数に基づいて前記変化量を設定する第２リフト指令を生成してもよい。

[0009] 本発明の第４の態様によれば、第１の態様におけるタービンにおいて、前記第２コントローラは、タービン本体の実回転数が前記切り替え開始の直前のタービン本体の実回転数を基準に設定した所定の弁開度の範囲内となってから前記ガバナ指令が示す弁開度と前記第２リフト指令が示す弁開度との差が所定の範囲内となるまでの間、タービン本体の指示回転数とタービン本体の実回転数との差に基づいて前記変化量を設定する第２リフト指令を生成してもよい。

[0010] 本発明の第５の態様によれば、第１の態様から第４の態様の何れかの態様におけるタービンは、前記切り替えが開始し前記第２コントローラユニットが動作可能な状態になると、前記第１コントローラユニットからアクチュエータへの制御信号の送信を停止させる第１コントローラユニット停止指示部と、前記切り替えが開始し前記第２コントローラユニットが動作可能な状態になると、前記ガバナ指令が示す弁開度と第２リフト指令が示す弁開度との差が所定の弁開度の範囲内となるまで、前記第２コントローラユニットに前記アクチュエータを制御させる第２コントローラユニット制御指示部と、を備えていてもよい。

[0011] 本発明の第６の態様によれば、タービンの制御方法は、タービンの回転数を調整する流量調節弁の弁開度を示すガバナ指令に基づいて、前記弁開度を指示する第１リフト指令を生成すること、第１コントローラユニットから第２コントローラユニットへの切り替え開始時に、前記第１リフト指令を保持すること、前記切り替え開始から前記第２コントローラユニットが起動するまでの間、前記第１リフト指令を送信すること、前記切り替え開始時に、前記第２コントローラユニットを起動させること、前記弁開度の変化量が所定の変化量以下となるような弁開度を指示する第２リフト指令を生成すること、を含む。

[0012] 本発明の第７の態様によれば、プログラムは、コンピュータに、タービンの回転数を調整する流量調節弁の弁開度を示すガバナ指令に基づいて、前記弁開度を指示する第１リフト指令を生成すること、第１コントローラユニットから第２コントローラユニットへの切り替え開始時に、前記第１リフト指令を保持すること、前記切り替え開始から前記第２コントローラユニットが起動するまでの間、前記第１リフト指令を送信すること、前記切り替え開始時に、前記第２コントローラユニットを起動させること、前記弁開度の変化量が所定の変化量以下となるような弁開度を指示する第２リフト指令を生成すること、を実行させる。

発明の効果

[0013] 上述のタービン、制御方法及びプログラムによれば、不具合が発生した制御装置から予備の制御装置へよりスムーズに切り替えることができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の第一の実施形態による蒸気タービンの構成を示す図である。

[図2]本実施形態による蒸気タービンの処理フローを示す図である。

[図3]本実施形態による蒸気タービンにおける第２リフト指令の生成の概要を示す図である。

[図4]本実施形態による蒸気タービンにおけるリフト指令の生成を説明するための図である。

[図5]本実施形態による蒸気タービンにおける第２リフト指令の生成の概要を示す図である。

[図6]本発明の第二の実施形態による蒸気タービンにおけるリフト指令の生成を説明するための図である。

[図7]本発明の第三の実施形態による蒸気タービンの構成を示す図である。

[図8]本発明の第四の実施形態による蒸気タービンの構成を示す図である。

[図9]本実施形態における関数を示す図である。

[図10]本実施形態による蒸気タービンの処理フローを示す図である。

[図11]本実施形態による蒸気タービンにおける第２リフト指令の生成の概要

を示す図である。

[図12]本実施形態による蒸気タービンにおけるリフト指令の生成を説明するための図である。

[図13]本実施形態による蒸気タービンの処理フローを示す図である。

[図14]本発明の第四の実施形態による蒸気タービンにおけるリフト指令の生成を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0015] ＜第一の実施形態＞

以下、図面を参照しながら実施形態について詳しく説明する。

本発明の第一の実施形態による蒸気タービン１の構成について説明する。

本実施形態による蒸気タービン１は、図１に示すように、電子ガバナ１０と、第１コントローラユニット２０ａと、第２コントローラユニット２０ｂと、第１アクチュエータ３０ａと、第２アクチュエータ３０ｂと、コントローラユニット切替部４０（第１コントローラユニット停止指示部、第２コントローラユニット制御指示部）と、蒸気流量調節弁５０と、蒸気タービン本体６０と、回転数計測器７０と、を備える。

蒸気タービン本体６０は、後述する弁開度に応じて開閉する蒸気流量調節弁５０からの蒸気の流量によって回転する。

[0016] 電子ガバナ１０は、入力信号ＳＶと入力信号ＰＶとに基づいて、ガバナ指令ｓｇを生成する。入力信号ＳＶは、制御対象である蒸気タービン本体６０の目標回転数である指示回転数Ｎｓを電子ガバナに指示する信号である。入力信号ＳＶは、図示していない操作盤などから入力される。入力信号ＰＶは、制御対象である蒸気タービン本体６０の実際の回転数である実回転数Ｎを示す信号である。ガバナ指令ｓｇは、制御対象である蒸気タービン本体６０の回転数を制御するための信号である。ガバナ指令ｓｇは、蒸気流量調節弁５０の弁開度（以下、「弁開度」と記載）を示す信号である。弁開度は、弁の開閉の度合いを示す。ガバナ指令ｓｇは、蒸気タービン本体６０の指示回転数Ｎｓと蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎとの差ｅｒｒに基づいて生成

される信号であり、蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎを指示回転数Ｎｓに近づける情報を含んでいる。

電子ガバナ１０は、第１コントローラユニット２０ａ、第２コントローラユニット２０ｂ、コントローラユニット切替部４０のそれぞれにガバナ指令ｓｇを送信する。

[0017] 第１コントローラユニット２０ａは、第２コントローラユニット２０ｂに優先して用いられるコントローラユニットである。

第２コントローラユニット２０ｂは、第１コントローラユニット２０ａに対する予備のコントローラユニットである。

第１コントローラユニット２０ａは、第１コントローラユニット２０ａ自身が正常に動作している場合に、制御対象である第１アクチュエータ３０ａ及び第２アクチュエータ３０ｂの少なくとも一方を制御する。また、第１コントローラユニット２０ａは、第１コントローラ２０１ａに不具合が発生した場合に、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になるまで、制御対象である第１アクチュエータ３０ａ及び第２アクチュエータ３０ｂの少なくとも一方を制御する。

第２コントローラユニット２０ｂは、第１コントローラユニット２０ａに不具合が発生した場合に、第１コントローラユニット２０ａの代わりに制御対象である第１アクチュエータ３０ａ及び第２アクチュエータ３０ｂの少なくとも一方を制御する。

[0018] 第１コントローラユニット２０ａは、第１コントローラ２０１ａ（第１リフト指令生成部、第１リフト指令保持部、第１出力部）と、第１サーボドライブ２０２ａと、を備える。

第１コントローラ２０１ａは、電子ガバナ１０からガバナ指令ｓｇを受信する。

第１コントローラ２０１ａは、ガバナ指令ｓｇを受信すると、ガバナ指令ｓｇに基づいて、第１リフト指令ｓｌ１を生成する。第１リフト指令ｓｌ１は、制御対象である第１アクチュエータ３０ａ及び第２アクチュエータ３０

ｂの少なくとも一方を制御するために第１サーボドライブ２０２ａに送信する信号である。第１リフト指令ｓｌ１は、弁開度を示す信号である。

第１コントローラ２０１ａは、第１コントローラ２０１ａ自身の不具合の発生を判定する機能を有している。

第１コントローラ２０１ａは、第１コントローラ２０１ａ自身が正常に動作していると判定した場合、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と同等の大きさの弁開度を示す第１リフト指令ｓｌ１を生成する。第１コントローラ２０１ａは、生成した第１リフト指令ｓｌ１を第１サーボドライブ２０２ａに送信する。

第１コントローラ２０１ａは、第１コントローラ２０１ａ自身に不具合が発生したと判定した場合、その不具合が発生する直前に第１サーボドライブ２０２ａに送信した第１リフト指令ｓｌ１を保持する。第１コントローラ２０１ａは、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になるまで、保持した第１リフト指令ｓｌ１を第１サーボドライブ２０２ａに送信する。第１コントローラユニット２０ａは、切替指示信号ｓｅ１をコントローラユニット切替部４０に送信する。切替指示信号ｓｅ１は、第１コントローラユニット２０ａから第２コントローラユニット２０ｂへの切替を指示する信号である。

[0019] 第１サーボドライブ２０２ａは、第１コントローラ２０１ａから第１リフト指令ｓｌ１を受信する。

第１サーボドライブ２０２ａは、第１リフト指令ｓｌ１を受信すると、第１リフト指令ｓｌ１に基づいて、第１アクチュエータ制御信号ｓｆａ１を生成する。第１アクチュエータ制御信号ｓｆａ１は、第１リフト指令ｓｌ１を、制御対象である第１アクチュエータ３０ａ及び第２アクチュエータ３０ｂの少なくとも一方を制御可能な振幅まで増幅した信号である。

第１サーボドライブ２０２ａは、制御対象である第１アクチュエータ３０ａ及び第２アクチュエータ３０ｂの少なくとも一方に第１アクチュエータ制御信号ｓｆａ１を送信する。

[0020] コントローラユニット切替部４０は、第１コントローラ２０１ａに不具合が発生した場合に、第１コントローラユニット２０ａを第２コントローラユニット２０ｂに切り替える制御を行う。具体的には、コントローラユニット切替部４０は、第１コントローラユニット２０ａから切替指示信号ｓｅ１を受信する。コントローラユニット切替部４０は、切替指示信号ｓｅ１を受信すると、第２コントローラユニット２０ｂに切替報知信号ｓｅ２を送信する。切替報知信号ｓｅ２は、第２コントローラユニット２０ｂが待機状態から起動させ動作可能な状態になることを指示する信号である。

コントローラユニット切替部４０は、電子ガバナ１０からガバナ指令ｓｇを受信する。

コントローラユニット切替部４０は、起動完了信号ｓｓを第２コントローラユニット２０ｂから受信すると、動作停止信号ｓｔｐを第１コントローラユニット２０ａに送信する。起動完了信号ｓｓは、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になったことを報知する信号である。動作停止信号ｓｔｐは、送信先の機能部に信号の送信を停止させる信号である。

[0021] 第２コントローラユニット２０ｂは、第２コントローラ２０１ｂ（起動部、第２リフト指令生成部）と、第２サーボドライブ２０２ｂと、を備える。

第２コントローラユニット２０ｂは、コントローラユニット切替部４０から切替報知信号ｓｅ２を受信する。

第２コントローラユニット２０ｂは、切替報知信号ｓｅ２を受信すると、待機状態から起動し動作可能な状態になる。

第２コントローラユニット２０ｂは、動作可能な状態になると、起動完了信号ｓｓをコントローラユニット切替部４０に送信する。

[0022] 第２コントローラ２０１ｂは、電子ガバナ１０からガバナ指令ｓｇを受信する。

第２コントローラ２０１ｂは、予め定めた一定レートに基づいて、第２リフト指令ｓｌ２を生成する。第２リフト指令ｓｌ２は、制御対象である第１アクチュエータ３０ａ及び第２アクチュエータ３０ｂの少なくとも一方を制

御するために第２サーボドライブ２０２ｂに送信する信号である。第２リフト指令ｓｌ２は、弁開度を示す信号である。

第２コントローラ２０１ｂは、第２リフト指令ｓｌ２を第２サーボドライブ２０２ｂに送信する。

[0023] 第２サーボドライブ２０２ｂは、第２コントローラ２０１ｂから第２リフト指令ｓｌ２を受信する。第２サーボドライブ２０２ｂは、第２リフト指令ｓｌ２を受信すると、第２リフト指令ｓｌ２に基づいて、第２アクチュエータ制御信号ｓｆａ２を生成する。第２アクチュエータ制御信号ｓｆａ２は、第２リフト指令ｓｌ２を、制御対象である第１アクチュエータ３０ａ及び第２アクチュエータ３０ｂの少なくとも一方を制御可能な振幅まで増幅した信号である。

第２サーボドライブ２０２ｂは、制御対象である第１アクチュエータ３０ａ及び第２アクチュエータ３０ｂの少なくとも一方に第２アクチュエータ制御信号ｓｆａ２を送信する。

[0024] 第１アクチュエータ３０ａは、第２アクチュエータ３０ｂに優先して用いられるアクチュエータである。

第１アクチュエータ３０ａは、第１サーボドライブ２０２ａから第１アクチュエータ制御信号ｓｆａ１を、または、第２サーボドライブ２０２ｂから第２アクチュエータ制御信号ｓｆａ２を受信する。

第１アクチュエータ３０ａは、そのときに受信した第１アクチュエータ制御信号ｓｆａ１または第２アクチュエータ制御信号ｓｆａ２に応じて動作する。

[0025] 第２アクチュエータ３０ｂは、第１アクチュエータ３０ａに対する予備のアクチュエータである。第２アクチュエータ３０ｂは、第１アクチュエータ３０ａに不具合が発生した場合に、第１アクチュエータ３０ａの代わりに用いられる。

第２アクチュエータ３０ｂは、第１サーボドライブ２０２ａから第１アクチュエータ制御信号ｓｆａ１を、または、第２サーボドライブ２０２ｂから

第２アクチュエータ制御信号ｓｆａ２を受信する。

第２アクチュエータ３０ｂは、そのときに受信した第１アクチュエータ制御信号ｓｆａ１または第２アクチュエータ制御信号ｓｆａ２に応じて動作する。

[0026] 蒸気流量調節弁５０は、第１アクチュエータ３０ａの動作、または、第２アクチュエータ３０ｂの動作に応じた開閉の度合いで開閉する。蒸気流量調節弁５０は、開閉の度合いに応じて、蒸気タービン本体６０に供給する蒸気の流量を調整する。

[0027] 蒸気タービン本体６０は、蒸気の流量に応じて回転する。

[0028] 回転数計測器７０は、蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎを計測する。回転数計測器７０は、入力信号ＰＶを電子ガバナ１０に送信する。入力信号ＰＶは、回転数計測器７０が計測した蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎを示す情報を含んでいる。

[0029] 次に、本実施形態による蒸気タービン１が行う処理について説明する。

図２に示す蒸気タービン１の処理フローについて説明する。図２に示す蒸気タービン１の処理フローは、第１コントローラ２０１ａに不具合が発生した場合の処理フローである。なお、蒸気タービン１の処理の開始時において、第１アクチュエータ３０ａは正常に動作しており、予備のアクチュエータである第２アクチュエータ３０ｂは待機状態であるものとして蒸気タービン１の処理について説明する。

[0030] 第１コントローラ２０１ａは、第１コントローラ２０１ａ自身の不具合の発生を判定する機能を有している。第１コントローラ２０１ａは、動作中、第１コントローラ２０１ａ自身に不具合が発生したか否かを判定している。

第１コントローラ２０１ａは、第１コントローラ２０１ａ自身が正常に動作していると判定した場合、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と同等の大きさの弁開度を示す第１リフト指令ｓｌ１を生成する。第１コントローラ２０１ａは、生成した第１リフト指令ｓｌ１を第１サーボドライブ２０２ａに送信する。そして、第１コントローラ２０１ａは、第１コントローラ２０１ａ自身

に不具合が発生したか否かを再度判定する。

また、第１コントローラ２０１ａは、第１コントローラ２０１ａ自身に不具合が発生したと判定した場合、その不具合が発生する直前に第１サーボドライブ２０２ａに送信した第１リフト指令ｓｌ１を保持する。第１コントローラ２０１ａは、保持した第１リフト指令ｓｌ１を第１サーボドライブ２０２ａに送信する。第１コントローラユニット２０ａは、切替指示信号ｓｅ１をコントローラユニット切替部４０に送信する。

[0031] コントローラユニット切替部４０は、蒸気タービン１が起動すると、所定の時間間隔で（例えば、１００ｍｓ毎に）、第１コントローラユニット２０ａから切替指示信号ｓｅ１を受信したか否かを判定している（ステップＳ１）。

コントローラユニット切替部４０は、第１コントローラユニット２０ａから切替指示信号ｓｅ１を受信していないと判定した場合（ステップＳ１においてＮＯ）、ステップＳ１の処理に戻す。

また、コントローラユニット切替部４０は、第１コントローラユニット２０ａから切替指示信号ｓｅ１を受信したと判定した場合（ステップＳ１においてＹＥＳ）、第１コントローラユニット２０ａを第２コントローラユニット２０ｂに切り替える制御を開始する（ステップＳ２）。

具体的には、コントローラユニット切替部４０は、第１コントローラユニット２０ａから切替指示信号ｓｅ１を受信すると、切替報知信号ｓｅ２を第２コントローラユニット２０ｂに送信する（ステップＳ３）。

[0032] 第２コントローラユニット２０ｂは、コントローラユニット切替部４０から切替報知信号ｓｅ２を受信する。第２コントローラユニット２０ｂは、切替報知信号ｓｅ２を受信すると、待機状態から起動し動作可能な状態になる制御を開始する。

[0033] 第２コントローラユニット２０ｂは、起動が完了し、動作可能な状態になると、起動完了信号ｓｓをコントローラユニット切替部４０に送信する。

[0034] コントローラユニット切替部４０は、ステップＳ３の処理を行って以降、

第２コントローラユニット２０ｂから起動完了信号ｓｓを受信したか否かに基づいて、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態であるか否かを常時判定している（ステップＳ４）。

具体的には、コントローラユニット切替部４０は、第２コントローラユニット２０ｂから起動完了信号ｓｓを受信しない場合に、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態ではないと判定する。また、コントローラユニット切替部４０は、第２コントローラユニット２０ｂから起動完了信号ｓｓを受信した場合に、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態であると判定する。

[0035] コントローラユニット切替部４０が第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態ではないと判定した場合（ステップＳ４においてＮＯ）、第１コントローラ２０１ａは、保持した第１リフト指令ｓｌ１を第１サーボドライブ２０２ａに送信することを継続し、ステップＳ４の処理を行う。

[0036] また、コントローラユニット切替部４０は、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態であると判定した場合（ステップＳ４においてＹＥＳ）、動作停止信号ｓｔｐを第１コントローラユニット２０ａに送信する（ステップＳ５）。

[0037] 第１コントローラユニット２０ａは、コントローラユニット切替部４０から動作停止信号ｓｔｐを受信する。第１コントローラユニット２０ａが動作停止信号ｓｔｐを受信すると、第１コントローラ２０１ａは、第１リフト指令ｓｌ１の第１サーボドライブ２０２ａへの送信を停止する。

第１コントローラユニット２０ａが動作停止信号ｓｔｐを受信すると、第１サーボドライブ２０２ａは、第１アクチュエータ制御信号ｓｆａ１の第１アクチュエータ３０ａへの送信を停止する。

このとき、第１コントローラ２０１ａは、他の機能部に悪影響を及ぼさなければ、動作していてもよい。また、第１コントローラ２０１ａは、シャットダウンしてもよい。

また、このとき、第１サーボドライブ２０２ａは、他の機能部に悪影響を

及ぼさなければ、第１アクチュエータ制御信号ｓｆａ１を第１アクチュエータ３０ａに送信せずに動作していてもよい。また、第１サーボドライブ２０２ａは、シャットダウンしてもよい。

[0038] 第２コントローラ２０１ｂは、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になると、電子ガバナ１０からガバナ指令ｓｇを受信する。

第２コントローラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇを受信すると、ガバナ指令ｓｇに基づいて、第２リフト指令ｓｌ２を生成する。

具体的には、第２コントローラ２０１ｂは、前回の第２リフト指令ｓｌ２と今回の第２リフト指令ｓｌ２との差が規定値よりも小さく、かつ、第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度とガバナ指令ｓｇが示す弁開度とが近づく第２リフト指令ｓｌ２を生成する（ステップＳ６）。

具体例として、図３に示す蒸気タービン１におけるリフト指令ｓｌ２の生成の概要を示す図を用いてリフト指令ｓｌ２の生成について説明する。図３に示す蒸気タービン１におけるリフト指令ｓｌ２の生成の概要を示す図は、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になった後の第２コントローラ２０１ｂを模式的に表している。図３に示す第２コントローラ２０１ｂは、スイッチＳＷ１と、第２リフト指令生成部５０１と、を備える。第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になったとき、スイッチＳＷ１は「ａ１」側にある。また、第２リフト指令生成部５０１は、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になった後に、前回の第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度と今回のガバナ指令ｓｇが示す弁開度との差が示す変化量Δ２よりも変化量が小さい予め定めた一定レートに基づいて、第２リフト指令ｓｌ２を生成する。この第２リフト指令ｓｌ２は、変化量Δ２よりも変化量が小さく、かつ、第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度とガバナ指令ｓｇが示す弁開度とを近づける指令である。

[0039] なお、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になってからガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内となるまでの間の第２リフト指令ｓｌ２は、蒸気タービン本体６

０の実回転数Ｎの変化を抑制する信号である。例えば、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になってからガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内となるまでの間の第２リフト指令ｓｌ２は、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になったときの指示回転数Ｎｓに比べて蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎが増加している場合、弁開度を小さくする指令である。また、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になってからガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内となるまでの間の第２リフト指令ｓｌ２は、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になったときの指示回転数Ｎｓに比べて蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎが減少している場合、弁開度を大きくする指令である。

ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内となると、スイッチＳＷ１は「ｂ１」側になる。

こうすることにより、第２コントローラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内となるまでの間、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度とを近づけ、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度とが急激に変化しないようにすることができる。

第２コントローラ２０１ｂは、第２リフト指令ｓｌ２を第２サーボドライブ２０２ｂに送信する（ステップＳ７）。

[0040] なお、第２コントローラ２０１ｂは、第２リフト指令ｓｌ２を生成する度に、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と、第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内であるか否かを判定している（ステップＳ８）。

[0041] 第２コントローラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と、第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内であると判定した場合（ステップＳ８においてＹＥＳ）、電子ガバナ１０から受信したガバナ指令ｓｇに基づいて、通常時の制御に戻す。

[0042] また、第２コントローラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と、第

２リフト指令ｓＩ２が示す弁開度との差が所定の範囲の外であると判定した場合（ステップＳ８においてＮＯ）、ステップＳ６の処理に戻す。

[0043] なお、第１アクチュエータ３０ａに不具合が発生した場合、第２アクチュエータ３０ｂが第１アクチュエータ３０ａに代わり蒸気流量調節弁５０を開閉させる。

[0044] 第２リフト指令ｓＩ２を生成する具体例として、第１コントローラ２０１ａに不具合が発生した場合の第２コントローラ２０１ｂによる第２リフト指令ｓＩ２の生成について図４を用いて説明する。図４において、リフト指令ｓＩは、時刻ｔ１～時刻ｔ２の間には第１リフト指令ｓＩ１を示す。また、図４において、リフト指令ｓＩは、時刻ｔ２～時刻ｔ３の間には第２リフト指令ｓＩ２を示す。この例では、図４に示す時刻ｔ１に第１コントローラ２０１ａに不具合が発生したとする。第１コントローラ２０１ａは、第１コントローラ２０１ａ自身に不具合が発生したと判定する。第１コントローラ２０１ａが第１コントローラ２０１ａ自身に不具合が発生したと判定すると、第１コントローラユニット２０ａは、切替指示信号ｓｅ１をコントローラユニット切替部４０に送信する。コントローラユニット切替部４０は、第１コントローラユニット２０ａから切替指示信号ｓｅ１を受信する。コントローラユニット切替部４０は、切替指示信号ｓｅ１を受信すると、切替報知信号ｓｅ２を第２コントローラユニット２０ｂに送信する。第２コントローラユニット２０ｂは、コントローラユニット切替部４０から切替報知信号ｓｅ２を受信する。第２コントローラユニット２０ｂは、切替報知信号ｓｅを受信すると、待機状態から起動を開始する。第２コントローラユニット２０ｂは、図４に示す時刻ｔ２に起動が完了し動作可能な状態になる。第２コントローラ２０１ｂは、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になると、電子ガバナ１０からガバナ指令ｓｇを受信する。第２コントローラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓＩ２が示す弁開度との差が所定の範囲内となるまでの間（図４に示す時刻ｔ２～時刻ｔ３の間）、予め定めた一定レートに基づいて、第２リフト指令ｓＩ２を生成する。

この第２リフト指令ｓｌ２は、前回の第２リフト指令ｓｌ２と今回の第２リフト指令ｓｌ２との差が規定値よりも小さく、かつ、第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度とガバナ指令ｓｇが示す弁開度とを近づける指令である。

[0045] なお、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になってからガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内となるまでの間の第２リフト指令ｓｌ２は、蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎの変化（例えば、変化量、変化率など）を抑制する信号である。例えば、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になってからガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内となるまでの間の第２リフト指令ｓｌ２は、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になったときに蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎが増加している場合、弁開度を小さくする指令である。また、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になってからガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内となるまでの間の第２リフト指令ｓｌ２は、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になったときに蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎが減少している場合、弁開度を大きくする指令である。こうすることにより、第２コントローラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内となるまでの間、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度とを近づけることができる。

第２コントローラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内となった時刻ｔ３以降は、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と同等の大きさの弁開度を示す第２リフト指令ｓｌ２を生成する。

[0046] 以上、本発明の第一の実施形態による蒸気タービン１の処理フローについて説明した。蒸気タービン１（タービン）は、第１コントローラ２０１ａと第２コントローラ２０１ｂとを備える。第１コントローラ２０１ａ（第１リ

フト指令生成部）は、蒸気タービン１の回転数を調整する蒸気流量調節弁５０（流量調節弁）の弁開度を示すガバナ指令に基づいて、弁開度を指示する第１リフト指令ｓｌ１を生成する。第１コントローラ２０１ａ（第１リフト指令保持部）は、第１コントローラユニット２０ａから第２コントローラユニット２０ｂへの切り替え開始時に、第１コントローラ２０１ａ（第１リフト指令生成部）が生成した第１リフト指令ｓｌ１を保持する。第１コントローラ２０１ａ（第１出力部）は、第１コントローラユニット２０ａから第２コントローラユニット２０ｂへの切り替え開始から第２コントローラユニット２０ｂが起動するまでの間、第１コントローラ２０１ａ（第１リフト指令保持部）が保持した第１リフト指令ｓｌ１を送信する。第２コントローラ２０１ｂ（起動部）は、第１コントローラユニット２０ａから第２コントローラユニット２０ｂへの切り替え開始時に、第２コントローラユニット２０ｂを起動させる。第２コントローラ２０１ｂ（第２リフト指令生成部）は、弁開度の変化量が所定の変化量以下となるような弁開度を指示する第２リフト指令ｓｌ２を生成する。

このようにすれば、蒸気タービン１は、不具合が発生した第１コントローラユニット２０ａから予備の第２コントローラユニット２０ｂによりスムーズに（バンプレスに）切り替えることができる。

また、蒸気タービン１は、不具合が発生した第１コントローラユニット２０ａから予備の第２コントローラユニット２０ｂに切り替えるまでの間、第２リフト指令ｓｌ２を急激に変化させないことにより、蒸気タービン１の各機能部の急激な負荷の変動を抑制することができる。その結果、蒸気タービン１は、不具合が発生した第１コントローラユニット２０ａから予備の第２コントローラユニット２０ｂに切り替える際に生じる可能性のあるアンダーシュート、オーバーシュートを抑制し、各機能部の故障を抑えることができる。

[0047] ＜第二の実施形態＞

本発明の第二の実施形態による蒸気タービン１の構成について説明する。

本実施形態による蒸気タービン１は、第一の実施形態による蒸気タービン１と同様に、電子ガバナ１０と、第１コントローラユニット２０ａと、第２コントローラユニット２０ｂと、第１アクチュエータ３０ａと、第２アクチュエータ３０ｂと、コントローラユニット切替部４０と、蒸気流量調節弁５０と、蒸気タービン本体６０と、回転数計測器７０と、を備える。

[0048] 本実施形態による第１コントローラユニット２０ａは、第１コントローラ２０１ａと、第１サーボドライブ２０２ａと、を備える。

本実施形態による第２コントローラユニット２０ｂは、第２コントローラ２０１ｂと、第２サーボドライブ２０２ｂと、を備える。

[0049] 第２コントローラ２０１ｂは、電子ガバナ１０からガバナ指令ｓｇを受信する。

第２コントローラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇを受信すると、ガバナ指令ｓｇに基づいて、第２リフト指令ｓｌ２を生成する。

[0050] 次に、本実施形態による蒸気タービン１が行う処理について説明する。

本実施形態による蒸気タービン１の処理フローは、図２で示した第一の実施形態による蒸気タービン１の処理フローと同様である。本実施形態による蒸気タービン１の処理は、図２で示した第一の実施形態による蒸気タービン１の処理フローにおけるステップＳ６の具体的な処理が異なる。

[0051] 本実施形態による蒸気タービン１は、第一の実施形態による蒸気タービン１と同様に、ステップＳ１～ステップＳ５の処理を行う。

[0052] 第２コントローラ２０１ｂは、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になると、電子ガバナ１０からガバナ指令ｓｇを受信する。

第２コントローラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇを受信すると、ガバナ指令ｓｇに基づいて、第２リフト指令ｓｌ２を生成する（ステップＳ６）。

具体例として、図５に示す蒸気タービン１におけるリフト指令ｓｌ２の生成の概要を示す図を用いてリフト指令ｓｌ２の生成について説明する。図５に示す蒸気タービン１におけるリフト指令ｓｌ２の生成の概要を示す図は、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になった後の第２コント

ローラ２０１ｂを模式的に表している。図５に示す第２コントローラ２０１ｂは、スイッチＳＷ２と、スイッチＳＷ３と、遅延部５０２と、エラー演算部５０３と、第１加算部５０４と、第２加算部５０５と、を備える。図６に示す時刻ｔ１に第１コントローラ２０１ａに不具合が発生すると、第２コントローラ２０１ｂは、待機状態から起動を開始する。第２コントローラユニット２０ｂは、図６に示す時刻ｔ２に起動が完了し動作可能な状態になる。第２コントローラ２０１ｂは、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になると、電子ガバナ１０からガバナ指令ｓｇを受信する。このとき、図５におけるスイッチＳＷ２は、「ｂ２」側から「ａ２」側に切り替わる。第２コントローラユニット２０ｂが起動したとき、スイッチＳＷ２は「ｂ２」側にある。また、第２コントローラユニット２０ｂが起動したとき、スイッチＳＷ３は「ａ３」側にある。第２コントローラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度の変化が減少方向か増加方向か（図６においては増加方向）を検知する。

例えば、第２コントローラ２０１ｂは、第１コントローラユニット２０ａから第２コントローラユニット２０ｂの切り替わり時（図６における時刻ｔ１）から、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能になるまで（図６における時刻ｔ２）、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が正値である場合、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度の変化が増加方向であると判定する。また、第２コントローラ２０１ｂは、第１コントローラユニット２０ａから第２コントローラユニット２０ｂの切り替わり時（図６における時刻ｔ１）から、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能になるまで（図６における時刻ｔ２）、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が負値である場合、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度の変化が減少方向であると判定する。

第２コントローラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内となるまでの間（図６における時刻ｔ２～時刻ｔ３の間）、一定のバイアスｂｓを算出する。このバイア

スｂｓの絶対値は予め定められており、そのバイアスｂｓのプラス／マイナスの符号はガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差によって決定される。なお、第２コントローラ２０１ｂは、この一定のバイアスｂｓを用いることにより、前回の第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度と今回のガバナ指令ｓｇが示す弁開度との差よりも変化が小さくなる第２リフト指令ｓｌ２を生成することができる。

例えば、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が正値である場合、バイアスｂｓの符号はプラスとなる。また、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が負値である場合、バイアスｂｓの符号はマイナスとなる。

第２コントローラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内となるまでの間、所定の短い時間間隔で（例えば、１００ｍｓ毎に）第２リフト指令ｓｌ２を算出する。

エラー演算部５０３は、遅延部５０２が出力する前回のガバナ指令ｓｇが示す弁開度（図５において「ｙ（ｔ－１）」と記載）に、電子ガバナ１０から受信した今回のガバナ指令ｓｇが示す弁開度（図５において「ｙ（ｔ）」と記載）との差（図５において「ｄｙ（ｔ）」と記載）を算出する。第１加算部５０４は、エラー演算部５０３が算出した差に一定のバイアスｂｓを加算する。第２加算部５０５は、エラー演算部５０３が算出した差に一定のバイアスｂｓを加算した値と、前回算出した第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度とを加算した弁開度を示す第２リフト指令ｓｌ２を生成する。なお、第２コントローラ２０１ｂは、初回の第２リフト指令ｓｌ２を生成する場合、切替直前に第１コントローラ２０１ａが保持した第１リフト指令ｓｌ１、または、第１アクチュエータ３０ａからの実開度信号を用いる。

ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内となると、スイッチＳＷ３は「ｂ３」側になる。

こうすることにより、第２コントローラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内となる

までの間、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度とを近づけ、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度とが急激に変化しないようにすることができる。

そして、本実施形態による蒸気タービン１は、第一の実施形態による蒸気タービン１と同様に、ステップＳ７～ステップＳ８の処理を行う。

[0053] 第２リフト指令ｓｌ２を生成する具体例として、第１コントローラ２０１ａに不具合が発生した場合の第２コントローラ２０１ｂによる第２リフト指令ｓｌ２の生成について図６を用いて説明する。図６において、リフト指令ｓｌは、時刻ｔ１～時刻ｔ２の間には第１リフト指令ｓｌ１を示す。また、図６において、リフト指令ｓｌは、時刻ｔ２～時刻ｔ３の間には第２リフト指令ｓｌ２を示す。この例では、図６に示す時刻ｔ１に第１コントローラ２０１ａに不具合が発生したとする。第１コントローラ２０１ａは、第１コントローラ２０１ａ自身に不具合が発生したと判定する。第１コントローラ２０１ａが第１コントローラ２０１ａ自身に不具合が発生したと判定すると、第１コントローラユニット２０ａは、切替指示信号ｓｅ１をコントローラユニット切替部４０に送信する。コントローラユニット切替部４０は、第１コントローラユニット２０ａから切替指示信号ｓｅ１を受信する。コントローラユニット切替部４０は、切替指示信号ｓｅ１を受信すると、切替報知信号ｓｅ２を第２コントローラユニット２０ｂに送信する。第２コントローラユニット２０ｂは、コントローラユニット切替部４０から切替報知信号ｓｅ２を受信する。第２コントローラユニット２０ｂは、切替報知信号ｓｅ２を受信すると、待機状態から起動を開始する。第２コントローラユニット２０ｂは、図６に示す時刻ｔ２に起動が完了し動作可能な状態になる。第２コントローラ２０１ｂは、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になると、電子ガバナ１０からガバナ指令ｓｇを受信する。第２コントローラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇを受信すると、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になったときに受信したガバナ指令ｓｇが示す弁開度が減少方向か増加方向か（図６においては増加方向）を検知する。第２コントロ

ーラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内となるまでの間（図６における時刻ｔ２～時刻ｔ３の間）一定のバイアスｂｓ（例えば、第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度の０．１パーセント～０．２パーセント）を算出する。このバイアスｂｓの絶対値は予め定められており、そのバイアスｂｓのプラス／マイナスの符号はガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差によって決定される。例えば、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が正値である場合（すなわち、ガバナ指令ｓｇの示す弁開度が第２リフト指令ｓｌ２の示す弁開度よりも大きい場合）、バイアスｂｓの符号はプラスとなる。また、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が負値である場合（すなわち、ガバナ指令ｓｇの示す弁開度が第２リフト指令ｓｌ２の示す弁開度よりも小さい場合）、バイアスｂｓの符号はマイナスとなる。なお、第２コントローラ２０１ｂは、この一定のバイアスｂｓを用いることにより、前回の第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度と今回のガバナ指令ｓｇが示す弁開度との差よりも変化が小さくなる第２リフト指令ｓｌ２を生成することができる。

第２コントローラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内となるまでの間、所定の短い時間間隔で（例えば、１００ｍｓ毎に）第２リフト指令ｓｌ２を算出する。第２コントローラ２０１ｂは、電子ガバナ１０から受信した前回のガバナ指令ｓｇが示す弁開度と電子ガバナ１０から受信した今回のガバナ指令ｓｇが示す弁開度との差を算出する。第２コントローラ２０１ｂは、電子ガバナ１０から受信した前回のガバナ指令ｓｇが示す弁開度と電子ガバナ１０から受信した今回のガバナ指令ｓｇが示す弁開度との差に一定のバイアスｂｓを加算する。第２コントローラ２０１ｂは、電子ガバナ１０から受信した前回のガバナ指令ｓｇが示す弁開度と電子ガバナ１０から受信した今回のガバナ指令ｓｇが示す弁開度との差に一定のバイアスｂｓを加算した値に前回算出した第２リフト指令ｓｌ２を加算して第２リフト指令ｓｌ２を生成する。

[0054] 以上、本発明の第二の実施形態による蒸気タービン１の処理フローについて説明した。蒸気タービン１（タービン）は、第１コントローラ２０１ａと第２コントローラ２０１ｂとを備える。第１コントローラ２０１ａ（第１リフト指令生成部）は、蒸気タービン１の回転数を調整する蒸気流量調節弁５０（流量調節弁）の弁開度を示すガバナ指令に基づいて、弁開度を指示する第１リフト指令ｓｌ１を生成する。第１コントローラ２０１ａ（第１リフト指令保持部）は、第１コントローラユニット２０ａから第２コントローラユニット２０ｂへの切り替え開始時に、第１コントローラ２０１ａ（第１リフト指令生成部）が生成した第１リフト指令ｓｌ１を保持する。第１コントローラ２０１ａ（第１出力部）は、第１コントローラユニット２０ａから第２コントローラユニット２０ｂへの切り替え開始から第２コントローラユニット２０ｂが起動するまでの間、第１コントローラ２０１ａ（第１リフト指令保持部）が保持した第１リフト指令ｓｌ１を送信する。第２コントローラ２０１ｂ（起動部）は、第１コントローラユニット２０ａから第２コントローラユニット２０ｂへの切り替え開始時に、第２コントローラユニット２０ｂを起動させる。第２コントローラ２０１ｂ（第２リフト指令生成部）は、弁開度の変化量が所定の変化量以下となるような弁開度を指示する第２リフト指令ｓｌ２を生成する。

例えば、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が正値である場合、バイアスｂｓの符号はプラスとなる。また、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が負値である場合、バイアスｂｓの符号はマイナスとなる。第２コントローラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内となるまでの間、所定の短い時間間隔で第２リフト指令ｓｌ２を算出する。第２コントローラ２０１ｂは、電子ガバナ１０から受信した前回のガバナ指令ｓｇが示す弁開度と電子ガバナ１０から受信した今回のガバナ指令ｓｇが示す弁開度との差を算出する。第２コントローラ２０１ｂは、電子ガバナ１０から受信した前回のガバナ指令ｓｇが示す弁開度

と電子ガバナ１０から受信した今回のガバナ指令ｓｇが示す弁開度との差に一定のバイアスｂｓを加算する。第２コントローラ２０１ｂは、電子ガバナ１０から受信した前回のガバナ指令ｓｇが示す弁開度と電子ガバナ１０から受信した今回のガバナ指令ｓｇが示す弁開度との差に一定のバイアスｂｓを加算した値と、前回算出した第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度とを加算した弁開度を示す第２リフト指令ｓｌ２を生成する。

このようにすれば、蒸気タービン１は、不具合が発生した第１コントローラユニット２０ａから予備の第２コントローラユニット２０ｂによりスムーズに（バンプレスに）切り替えることができる。

また、蒸気タービン１は、不具合が発生した第１コントローラユニット２０ａから予備の第２コントローラユニット２０ｂに切り替えるまでの間、蒸気流量調節弁５０の開閉方向を電子ガバナ１０のガバナ指令ｓｇが示す弁の開閉方向と同等にさせることで、蒸気タービン１の各機能部の急激な負荷の変動を抑制することができる。その結果、蒸気タービン１は、不具合が発生した第１コントローラユニット２０ａから予備の第２コントローラユニット２０ｂに切り替える際に生じる可能性のあるアンダーシュート、オーバーシュートを抑制し、各機能部の故障を抑えることができる。

[0055] ＜第三の実施形態＞

本発明の第三の実施形態による蒸気タービン１の構成について説明する。

本実施形態による蒸気タービン１は、図７に示すように、第一の実施形態による蒸気タービン１と同様に、電子ガバナ１０と、第１コントローラユニット２０ａと、第２コントローラユニット２０ｂと、第１アクチュエータ３０ａと、第２アクチュエータ３０ｂと、コントローラユニット切替部４０と、蒸気流量調節弁５０と、蒸気タービン本体６０と、回転数計測器７０と、を備え、更に、差演算部８０を備える。

[0056] 本実施形態による第１コントローラユニット２０ａは、第１コントローラ２０１ａと、第１サーボドライブ２０２ａと、を備える。

本実施形態による第２コントローラユニット２０ｂは、第２コントローラ

２０１ｂと、第２サーボドライブ２０２ｂと、を備える。

[0057] 差演算部８０は、入力信号ＳＶが示す蒸気タービン本体６０の指示回転数Ｎｓと入力信号ＰＶが示す蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎとの差ｅｒｒを算出する。差演算部８０は、差ｅｒｒを第２コントローラ２０１ｂに送信する。なお、差ｅｒｒは、例えば、図９に示すように、単調非減少する関数Ｆｘによって変化レートＲｔと関連付けられている。図９に示す関数Ｆｘは、差ｅｒｒが小さく変化レートＲｔが小さい領域Ａと、差ｅｒｒが大きく変化レートＲｔが大きい領域Ｃと、領域Ａと領域Ｃとの間のＦｘをつなぐ領域Ｂの３つの領域を有する。変化レートＲｔは、蒸気流量調節弁５０の弁開度の変化のさせ方を規定するレートである。

[0058] 第２コントローラ２０１ｂは、差演算部８０から差ｅｒｒを受信する。

第２コントローラ２０１ｂは、差ｅｒｒを受信すると、ガバナ指令ｓｇおよび関数Ｆｘに基づいて、第２リフト指令ｓｌ２を生成する。

具体的には、第２コントローラ２０１ｂは、図９で示した関数Ｆｘにおいて、差ｅｒｒに対応する変化レートＲｔと特定する。第２コントローラ２０１ｂは、特定した変化レートＲｔに基づき第２リフト指令ｓｌ２を変化させる。

[0059] 次に、本実施形態による蒸気タービン１が行う処理について説明する。

本実施形態による蒸気タービン１の処理フローは、図１０に示す本実施形態による蒸気タービン１の処理フローである。

[0060] 本実施形態による蒸気タービン１は、第一の実施形態による蒸気タービン１と同様に、ステップＳ１～ステップＳ５の処理を行う。

[0061] 差演算部８０は、差演算部８０自身が起動し動作可能になって以降、入力信号ＳＶが示す蒸気タービン本体６０の指示回転数Ｎｓと入力信号ＰＶが示す蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎとの差ｅｒｒを算出し、差ｅｒｒを第２コントローラ２０１ｂに送信している（ステップＳ９）。

[0062] 第２コントローラ２０１ｂは、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になると、差演算部８０から差ｅｒｒを受信する。

第２コントローラ２０１ｂは、差ｅｒｒを受信すると、ガバナ指令ｓｇおよび関数Ｆｘに基づいて、第２リフト指令ｓｌ２を生成する（ステップＳ６）。

具体例として、図１１に示す蒸気タービン１におけるリフト指令ｓｌ２の生成の概要を示す図を用いてリフト指令ｓｌ２の生成について説明する。図１１に示す蒸気タービン１におけるリフト指令ｓｌ２の生成の概要を示す図は、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になった後の電子ガバナ１０と、差演算部８０と、第２コントローラ２０１ｂとを模式的に表している。図１１に示す第２コントローラ２０１ｂは、スイッチＳＷ４と、関数演算部５０６と、第２リフト指令生成部５０７と、を備える。第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になったとき、スイッチＳＷ４は「ｂ４」側にある。例えば、関数演算部５０６は、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になった後に、差演算部８０から差ｅｒｒを受信する。関数演算部５０６は、差ｅｒｒを受信すると、図９で示した関数Ｆｘにおいて、差ｅｒｒに対応する変化レートＲｔと特定する。関数演算部５０６は、特定した変化レートＲｔを第２リフト指令生成部５０７に送信する。第２リフト指令生成部５０７は、関数演算部５０６から変化レートＲｔを受信する。第２リフト指令生成部５０７は、変化レートＲｔを受信すると、受信した変化レートＲｔに基づき第２リフト指令ｓｌ２を変化させる。

第２コントローラ２０１ｂは、第２リフト指令ｓｌ２を第２サーボドライブ２０２ｂに送信する。

こうすることにより、第２コントローラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内となるまでの間、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度とを近づけ、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度とが急激に変化しないようにすることができる。

そして、本実施形態による蒸気タービン１は、第一の実施形態による蒸気タービン１と同様に、ステップＳ７～ステップＳ８の処理を行う。

[0063] なお、電子ガバナ１０が差演算部８０の機能を有し、電子ガバナ１０が差演算部８０の機能を用いて算出した差ｅｒｒを外部に送信している場合、第２コントローラ２０１ｂは、電子ガバナ１０から差ｅｒｒを受信し、受信した差ｅｒｒを用いて第２リフト指令ｓｌ２を生成してもよい。その場合、蒸気タービン１は、差演算部８０を備えなくてもよい。

[0064] 第２リフト指令ｓｌ２の具体例を説明する。第２コントローラ２０１ｂがデータテーブルＴＢＬ１に基づいて生成した変化レートＲｔに対応する第２リフト指令ｓｌ２は、例えば、図１２に示す時刻ｔ２～時刻ｔ３のリフト指令ｓｌである。なお、図１２において、リフト指令ｓｌは、時刻ｔ１～時刻ｔ２の間には第１リフト指令ｓｌ１を示す。また、図１２において、リフト指令ｓｌは、時刻ｔ２～時刻ｔ４の間には第２リフト指令ｓｌ２を示す。この例では、図１２に示す時刻ｔ２～時刻ｔ４の間のリフト指令ｓｌ２の傾きは、図９で示した差ｅｒｒの領域Ｃにおける傾きであり、変化レートＲｔが大きい場合の傾きである。また、時刻ｔ４～時刻ｔ３の間のリフト指令ｓｌ２の傾きは、図９で示した領域Ｃにおいて差ｅｒｒが小さくなり、領域Ｃから領域Ｂに移り、差ｅｒｒが徐々に小さくなる場合の変化レートＲｔの傾きである。

第２コントローラ２０１ｂは、第２リフト指令ｓｌ２を第２サーボドライブ２０２ｂに送信する。

[0065] 以上、本発明の第三の実施形態による蒸気タービン１の処理フローについて説明した。蒸気タービン１（タービン）は、第１コントローラ２０１ａと第２コントローラ２０１ｂとを備える。第１コントローラ２０１ａ（第１リフト指令生成部）は、蒸気タービン１の回転数を調整する蒸気流量調節弁５０（流量調節弁）の弁開度を示すガバナ指令に基づいて、弁開度を指示する第１リフト指令ｓｌ１を生成する。第１コントローラ２０１ａ（第１リフト指令保持部）は、第１コントローラユニット２０ａから第２コントローラユニット２０ｂへの切り替え開始時に、第１コントローラ２０１ａ（第１リフト指令生成部）が生成した第１リフト指令ｓｌ１を保持する。第１コントロ

ーラ２０１ａ（第１出力部）は、第１コントローラユニット２０ａから第２コントローラユニット２０ｂへの切り替え開始から第２コントローラユニット２０ｂが起動するまでの間、第１コントローラ２０１ａ（第１リフト指令保持部）が保持した第１リフト指令ｓｌ１を送信する。第２コントローラ２０１ｂ（起動部）は、第１コントローラユニット２０ａから第２コントローラユニット２０ｂへの切り替え開始時に、第２コントローラユニット２０ｂを起動させる。第２コントローラ２０１ｂ（第２リフト指令生成部）は、弁開度の変化量が所定の変化量以下となるような弁開度を指示する第２リフト指令ｓｌ２を生成する。

具体的には、差演算部８０は、差演算部８０自身が起動し動作可能になって以降、入力信号ＳＶが示す蒸気タービン本体６０の指示回転数Ｎｓと入力信号ＰＶが示す蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎとの差ｅｒｒを算出し、差ｅｒｒを第２コントローラ２０１ｂに送信している。第２コントローラ２０１ｂは、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になった後に、差演算部８０から差ｅｒｒを受信する。第２コントローラ２０１ｂは、差ｅｒｒを受信すると、ガバナ指令ｓｇおよび関数Ｆｘに基づいて、第２リフト指令ｓｌ２を生成する。第２コントローラ２０１ｂは、第２リフト指令ｓｌ２を第２サーボドライブ２０２ｂに送信する。

このようにすれば、蒸気タービン１は、不具合が発生した第１コントローラユニット２０ａから予備の第２コントローラユニット２０ｂによりスムーズに（バンプレスに）切り替えることができる。

また、蒸気タービン１は、不具合が発生した第１コントローラユニット２０ａから予備の第２コントローラユニット２０ｂに切り替えるまでの間、第２リフト指令ｓｌ２を急激に変化させないことにより、蒸気タービン１の各機能部の急激な負荷の変動を抑制することができる。その結果、蒸気タービン１は、不具合が発生した第１コントローラユニット２０ａから予備の第２コントローラユニット２０ｂに切り替える際に生じる可能性のあるアンダーシュート、オーバーシュートを抑制し、各機能部の故障を抑えることができ

る。

[0066] ＜第四の実施形態＞

本発明の第四の実施形態による蒸気タービン１の構成について説明する。

本実施形態による蒸気タービン１は、図８に示すように、電子ガバナ１０と、第１コントローラユニット２０ａと、第２コントローラユニット２０ｂと、第１アクチュエータ３０ａと、第２アクチュエータ３０ｂと、コントローラユニット切替部４０と、蒸気流量調節弁５０と、蒸気タービン本体６０と、回転数計測器７０と、差演算部８０と、を備える。

[0067] 本実施形態による第１コントローラユニット２０ａは、第１コントローラ２０１ａと、第１サーボドライブ２０２ａと、を備える。

本実施形態による第２コントローラユニット２０ｂは、第２コントローラ２０１ｂと、第２サーボドライブ２０２ｂと、を備える。

[0068] 電子ガバナ１０は、第１コントローラ２０１ａに不具合が発生した後、入力信号ＰＶが示す蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎが、第１コントローラ２０１ａに不具合が発生する直前の蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎを基準に設定した所定の回転数の範囲内であるか否かを判定する。第１コントローラ２０１ａに不具合が発生する直前の蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎを基準に設定した所定の回転数の上限から下限までの範囲は、例えば、第１コントローラ２０１ａに不具合が発生する直前の蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎの±５パーセント以内の範囲である。

電子ガバナ１０は、入力信号ＰＶが示す蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎが、第１コントローラ２０１ａに不具合が発生する直前の蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎを基準に設定した所定の回転数の範囲内であると判定した場合、報知信号ｓｉを第２コントローラ２０１ｂに送信する。報知信号ｓｉは、入力信号ＰＶが示す蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎが、第１コントローラ２０１ａに不具合が発生する直前の蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎを基準に設定した所定の回転数の範囲内であることを報知する信号である。電子ガバナ１０は、ガバナ指令ｓｇを第２コントローラ２０１ｂに送信

する。

差演算部８０は、差ｅｒｒを第２コントローラ２０１ｂに送信する。

[0069] 第２コントローラ２０１ｂは、差演算部８０から差ｅｒｒを受信する。第２コントローラ２０１ｂは、差ｅｒｒを受信すると、差ｅｒｒと関数Ｆｘに基づいて、第２リフト指令ｓｌ２を生成する。なお、第２コントローラ２０１ｂは、電子ガバナ１０から報知信号ｓｉを受信したか否かを判定している。第２コントローラ２０１ｂは、電子ガバナ１０から報知信号ｓｉを受信したと判定すると、第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度の範囲を、第１コントローラ２０１ａに不具合が発生する直前の蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎを基準に設定した所定の回転数を設定する弁開度の範囲内に制限する。また、第２コントローラ２０１ｂは、電子ガバナ１０から報知信号ｓｉを受信しないと判定すると、第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度の範囲を制限しない。

第２コントローラ２０１ｂは、電子ガバナ１０からガバナ指令ｓｇを受信する。

第２コントローラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇを受信すると、ガバナ指令ｓｇに基づいて、第２リフト指令ｓｌ２を生成する。

[0070] 次に、本実施形態による蒸気タービン１が行う処理について説明する。

本実施形態による蒸気タービン１の処理フローは、図１３に示す本実施形態による蒸気タービン１の処理フローである。

[0071] 本実施形態による蒸気タービン１は、第一の実施形態による蒸気タービン１と同様に、ステップＳ１～ステップＳ５、ステップＳ９の処理を行う。

[0072] 第２コントローラ２０１ｂは、電子ガバナ１０から差ｅｒｒを受信する。

第２コントローラ２０１ｂは、差ｅｒｒを受信すると、第２リフト指令ｓｌ２を生成する（ステップＳ６）。

具体例として、図１１で示した蒸気タービン１におけるリフト指令ｓｌ２の生成の概要を示す図を用いてリフト指令ｓｌ２の生成について説明する。図１１で示した蒸気タービン１におけるリフト指令ｓｌ２の生成の概要を示

す図は、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になった後の電子ガバナ１０と、差演算部８０と、第２コントローラ２０１ｂとを模式的に表している。図１１で示した第２コントローラ２０１ｂは、スイッチＳＷ４と、関数演算部５０６と、第２リフト指令生成部５０７と、を備える。第２コントローラユニット２０ｂが起動したとき、スイッチＳＷ４は「ｂ４」側にある。例えば、関数演算部５０６は、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になった後に、差演算部８０から差ｅｒｒを受信する。関数演算部５０６は、差ｅｒｒを受信すると、図９で示した関数Ｆｘにおいて、差ｅｒｒに対応する変化レートＲｔと特定する。関数演算部５０６は、特定した変化レートＲｔを第２リフト指令生成部５０７に送信する。第２リフト指令生成部５０７は、関数演算部５０６から変化レートＲｔを受信する。第２リフト指令生成部５０７は、変化レートＲｔを受信すると、受信した変化レートＲｔに基づき第２リフト指令ｓｌ２を変化させる。

[0073] 電子ガバナ１０は、第１コントローラ２０１ａに不具合が発生した後、入力信号ＰＶが示す蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎが、第１コントローラ２０１ａに不具合が発生する直前の蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎを基準に設定した所定の回転数の範囲内であるか否かを判定する。第１コントローラ２０１ａに不具合が発生する直前の蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎを基準に設定した所定の回転数の上限から下限までの範囲は、例えば、第１コントローラ２０１ａに不具合が発生する直前の蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎの±５パーセント以内の範囲である。電子ガバナ１０は、入力信号ＰＶが示す蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎが、第１コントローラ２０１ａに不具合が発生する直前の蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎを基準に設定した所定の回転数の範囲内であると判定した場合、報知信号ｓｉを第２コントローラ２０１ｂに送信する。

第２コントローラ２０１ｂは、電子ガバナ１０から報知信号ｓｉを受信したか否かを判定している（ステップＳ１０）。第２コントローラ２０１ｂは、電子ガバナ１０から報知信号ｓｉを受信したと判定すると（ステップＳ１

０においてＹＥＳ）、第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度の範囲を、第１コントローラ２０１ａに不具合が発生する直前の蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎを基準に設定した所定の回転数を設定する弁開度の範囲内に制限する（ステップＳ１１）。また、第２コントローラ２０１ｂは、電子ガバナ１０から報知信号ｓｉを受信しないと判定すると（ステップＳ１０においてＮＯ）、第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度の範囲を制限しない。

[0074] こうすることにより、第２コントローラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の弁開度の範囲内となるまでの間、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度とを近づけ、ガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度とが急激に変化しないようにすることができる。

そして、本実施形態による蒸気タービン１は、第一の実施形態による蒸気タービン１と同様に、ステップＳ７～ステップＳ８の処理を行う。

[0075] 第２リフト指令ｓｌ２を生成する具体例として、第１コントローラ２０１ａに不具合が発生した場合の第２コントローラ２０１ｂによる第２リフト指令ｓｌ２の生成について図１４を用いて説明する。図１４において、リフト指令ｓｌは、時刻ｔ１～時刻ｔ２の間には第１リフト指令ｓｌ１を示す。また、図１４において、リフト指令ｓｌは、時刻ｔ２～時刻ｔ３の間には第２リフト指令ｓｌ２を示す。この例では、時刻ｔ１に第１コントローラ２０１ａに不具合が発生したとする。第１コントローラ２０１ａは、第１コントローラ２０１ａ自身に不具合が発生したと判定する。第１コントローラ２０１ａが第１コントローラ２０１ａ自身に不具合が発生したと判定すると、第１コントローラユニット２０ａは、切替指示信号ｓｅ１をコントローラユニット切替部４０に送信する。コントローラユニット切替部４０は、第１コントローラユニット２０ａから切替指示信号ｓｅ１を受信する。コントローラユニット切替部４０は、切替指示信号ｓｅ１を受信すると、切替報知信号ｓｅ２を第２コントローラユニット２０ｂに送信する。第２コントローラユニット２０ｂは、コントローラユニット切替部４０から切替報知信号ｓｅ２を受

信する。第２コントローラユニット２０ｂは、切替報知信号ｓｅ２を受信すると、待機状態から起動を開始する。第２コントローラユニット２０ｂは、図１４に示す時刻ｔ２に起動が完了し動作可能な状態になる。第２コントローラ２０１ｂは、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になると、第２コントローラユニット２０ｂが動作可能な状態になってから報知信号ｓｉを受信するまでの間（図１４に示す時刻ｔ２～時刻ｔ４の間）、差演算部８０から差ｅｒｒに対応する変化レートＲｔを受信する。第２コントローラ２０１ｂは、変化レートＲｔに基づいて、第２リフト指令ｓｌ２を生成する。第２コントローラ２０１ｂは、第２リフト指令ｓｌ２を第２サーボドライブ２０２ｂに送信する。

第２コントローラ２０１ｂは、電子ガバナ１０から報知信号ｓｉを受信する報知信号ｓｉを受信すると、入力信号ＳＶが示す蒸気タービン本体６０の指示回転数Ｎｓと入力信号ＰＶが示す蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎとの差よりも変化が小さい回転数を設定する弁開度を示すガバナ指令ｓｇを電子ガバナ１０から受信する。第２コントローラ２０１ｂは、ガバナ指令ｓｇに基づいて、蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎが、第１コントローラ２０１ａに不具合が発生する直前の蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎを基準に設定した所定の回転数を設定する弁開度の上限から下限までの範囲内となる弁開度を示す第２リフト指令ｓｌ２を生成する。第２コントローラ２０１ｂは、第２リフト指令ｓｌ２を第２サーボドライブ２０２ｂに送信する。

[0076] 以上、本発明の第四の実施形態による蒸気タービン１の処理フローについて説明した。蒸気タービン１（タービン）は、第１コントローラ２０１ａと第２コントローラ２０１ｂとを備える。第１コントローラ２０１ａ（第１リフト指令生成部）は、蒸気タービン１の回転数を調整する蒸気流量調節弁５０（流量調節弁）の弁開度を示すガバナ指令に基づいて、弁開度を指示する第１リフト指令ｓｌ１を生成する。第１コントローラ２０１ａ（第１リフト指令保持部）は、第１コントローラユニット２０ａから第２コントローラユニット２０ｂへの切り替え開始時に、第１コントローラ２０１ａ（第１リフ

ト指令生成部）が生成した第１リフト指令を保持する。第１コントローラ２０１ａ（第１出力部）は、第１コントローラユニット２０ａから第２コントローラユニット２０ｂへの切り替え開始から第２コントローラユニット２０ｂが起動するまでの間、第１コントローラ２０１ａ（第１リフト指令保持部）が保持した第１リフト指令ｓｌ１を送信する。第２コントローラ２０１ｂ（起動部）は、第１コントローラユニット２０ａから第２コントローラユニット２０ｂへの切り替え開始時に、第２コントローラユニット２０ｂを起動させる。第２コントローラ２０１ｂ（第２リフト指令生成部）は、弁開度の変化量が所定の変化量以下となるような弁開度を指示する第２リフト指令ｓｌ２を生成する。

具体的には、第２コントローラ２０１ｂは、蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎが第１コントローラ２０１ａに不具合が発生する直前の蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎを基準に設定した所定の回転数を設定する弁開度の範囲内となるまでの間、蒸気タービン本体６０の指示回転数Ｎｓと蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎとの差に基づいて、第２リフト指令ｓｌ２を生成する。また、第２コントローラ２０１ｂは、蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎが第１コントローラ２０１ａに不具合が発生する直前の蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎを基準に設定した所定の回転数を設定する弁開度の範囲内となってからガバナ指令ｓｇが示す弁開度と第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度との差が所定の範囲内となるまでの間、蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎを第１コントローラ２０１ａに不具合が発生する直前の蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎを、第１コントローラ２０１ａに不具合が発生する直前の蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎを基準に設定した所定の回転数を設定する弁開度の範囲内とする制限を設けて、第２リフト指令ｓｌ２を生成する。第２コントローラユニット２０ｂは、第２リフト指令ｓｌ２を制御対象であるアクチュエータへ送信する。

このようにすれば、蒸気タービン１は、不具合が発生した第１コントローラユニット２０ａから予備の第２コントローラユニット２０ｂによりスムー

ズに（バンプレスに）切り替えることができる。

また、蒸気タービン１は、不具合が発生した第１コントローラユニット２０ａから予備の第２コントローラユニット２０ｂに切り替えるまでの間、第２リフト指令ｓｌ２を急激に変化させないことにより、蒸気タービン１の各機能部の急激な負荷の変動を抑制することができる。その結果、蒸気タービン１は、不具合が発生した第１コントローラユニット２０ａから予備の第２コントローラユニット２０ｂに切り替える際に生じる可能性のあるアンダーシュート、オーバーシュートを抑制し、各機能部の故障を抑えることができる。

[0077] 上述の実施形態による蒸気タービン１では、コントローラユニット切替部４０は、第１コントローラ２０１ａから切替指示信号ｓｅ１を受信するものとして説明した。しかしながら、本発明の実施形態によるコントローラユニット切替部４０は、それに限定しない。例えば、コントローラユニット切替部４０は、蒸気タービン１のメンテナンスなどを行うときに、メンテナンスの作業者による操作により直接コントローラユニット切替部４０が切替指示信号ｓｅ１を受信するものであってもよい。

[0078] 上述の本発明の実施形態では蒸気タービン本体６０の実回転数Ｎを制御する例について説明した。しかしながら、本発明の実施形態によるタービンは蒸気タービンに限定しない。例えば、本発明の実施形態ではガスタービンにおけるガスの流量を制御することによりガスタービンの実回転数Ｎを制御してもよい。

[0079] 上述の本発明の第一の実施形態において、第２コントローラ２０１ｂは、予め定めた一定レートに基づいて第２リフト指令ｓｌ２を生成するものとして説明した。しかしながら、第２コントローラ２０１ｂは、それに限定しない。

[0080] なお、上述の本発明の第四の実施形態において、第２コントローラ２０１ｂは、第２リフト指令ｓｌ２が示す弁開度を所定の弁開度の範囲内となるように制限を設けるものとして説明した。しかしながら、第２リフト指令ｓｌ

２が示す弁開度を所定の弁開度の範囲内となるように制限を設けるものは、第四の実施形態以外のタービンにおける第２リフト指令ｓｌ２であってもよい。

[0081] 本発明の実施形態における処理フローは、適切な処理が行われる範囲において、処理の順番が入れ替わってもよい。

[0082] 本発明における第１コントローラ２０１ａが備える記憶部、その他の記憶部のそれぞれは、適切な情報の送受信が行われる範囲においてどこに備えられていてもよい。また、第１コントローラ２０１ａが備える記憶部、その他の記憶部のそれぞれは、適切な情報の送受信が行われる範囲において複数存在しデータを分散して記憶していてもよい。

[0083] 本発明の実施形態について説明したが、上述の蒸気タービン１は内部に、コンピュータシステムを有していてもよい。そして、上述した処理の過程は、プログラムの形式でコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記憶されており、このプログラムをコンピュータが読み出して実行することによって、上記処理が行われる。ここでコンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、磁気ディスク、光磁気ディスク、ＣＤ－ＲＯＭ、ＤＶＤ－ＲＯＭ、半導体メモリ等をいう。また、このコンピュータプログラムを通信回線によってコンピュータに配信し、この配信を受けたコンピュータがそのプログラムを実行するようにしてもよい。

[0084] 上記プログラムは、前述した機能の一部を実現してもよい。さらに、上記プログラムは、前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるファイル、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。

[0085] 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例であり、発明の範囲を限定しない。これらの実施形態は、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行ってよい。

産業上の利用可能性

[0086] 上述のタービン、制御方法及びプログラムによれば、不具合が発生した制

御装置から予備の制御装置へよりスムーズに切り替えることができる。

符号の説明

[0087] １　蒸気タービン

１０　電子ガバナ

２０ａ　第１コントローラユニット

２０ｂ　第２コントローラユニット

３０ａ　第１アクチュエータ

３０ｂ　第２アクチュエータ

４０　コントローラユニット切替部

５０　蒸気流量調節弁

６０　蒸気タービン本体

７０　回転数計測器

８０　差演算部

２０１ａ　第１コントローラ

２０１ｂ　第２コントローラ

２０２ａ　第１サーボドライブ

２０２ｂ　第２サーボドライブ

５０１、５０７　第２リフト指令生成部

５０２　遅延部

５０３　エラー演算部

５０４　第１加算部

５０５　第２加算部

５０６　関数演算部

請求の範囲

[請求項1] 第１コントローラと第２コントローラとを備えるタービンであって、

前記第１コントローラは、

タービンの回転数を調整する流量調節弁の弁開度を示すガバナ指令に基づいて、前記弁開度を指示する第１リフト指令を生成する第１リフト指令生成部と、

第１コントローラユニットから第２コントローラユニットへの切り替え開始時に、前記第１リフト指令生成部が生成した前記第１リフト指令を保持する第１リフト指令保持部と、

前記切り替え開始から前記第２コントローラユニットが起動するまでの間、前記第１リフト指令保持部が保持した第１リフト指令を送信する第１出力部と、

を備え、

前記第２コントローラは、

前記切り替え開始時に、前記第２コントローラユニットを起動させる起動部と、

前記弁開度の変化量が所定の変化量以下となるような弁開度を指示する第２リフト指令を生成する第２リフト指令生成部と、

を備えるタービン。

[請求項2] 前記第２コントローラは、

一定のバイアスが示す弁開度と、前回の第２リフト指令が示す弁開度と、前記前回のガバナ指令が示す弁開度と今回のガバナ指令が示す弁開度との差とを加算した弁開度を示す第２リフト指令を生成する、

請求項１に記載のタービン。

[請求項3] 前記第２コントローラは、

タービン本体の指示回転数とタービン本体の実回転数との差と、当該差に対応する変化レートとの関係を示す関数に基づいて前記変化量

を設定する第２リフト指令を生成する、

請求項１に記載のタービン。

[請求項4] 前記第２コントローラは、

タービン本体の実回転数が前記切り替え開始の直前のタービン本体の実回転数を基準に設定した所定の弁開度の範囲内となってから前記ガバナ指令が示す弁開度と前記第２リフト指令が示す弁開度との差が所定の範囲内となるまでの間、タービン本体の指示回転数とタービン本体の実回転数との差に基づいて前記変化量を設定する第２リフト指令を生成する、

請求項１に記載のタービン。

[請求項5] 前記切り替えが開始し前記第２コントローラユニットが動作可能な状態になると、前記第１コントローラユニットからアクチュエータへの制御信号の送信を停止させる第１コントローラユニット停止指示部と、

前記切り替えが開始し前記第２コントローラユニットが動作可能な状態になると、前記ガバナ指令が示す弁開度と第２リフト指令が示す弁開度との差が所定の弁開度の範囲内となるまで、前記第２コントローラユニットに前記アクチュエータを制御させる第２コントローラユニット制御指示部と、

を備える請求項１から請求項４の何れか一項に記載のタービン。

[請求項6] タービンの回転数を調整する流量調節弁の弁開度を示すガバナ指令に基づいて、前記弁開度を指示する第１リフト指令を生成すること、

第１コントローラユニットから第２コントローラユニットへの切り替え開始時に、前記第１リフト指令を保持すること、

前記切り替え開始から前記第２コントローラユニットが起動するまでの間、前記第１リフト指令を送信すること、

前記切り替え開始時に、前記第２コントローラユニットを起動させること、

前記弁開度の変化量が所定の変化量以下となるような弁開度を指示する第２リフト指令を生成すること、

を含むタービンの制御方法。

[請求項7] コンピュータに、

タービンの回転数を調整する流量調節弁の弁開度を示すガバナ指令に基づいて、前記弁開度を指示する第１リフト指令を生成すること、

第１コントローラユニットから第２コントローラユニットへの切り替え開始時に、前記第１リフト指令を保持すること、

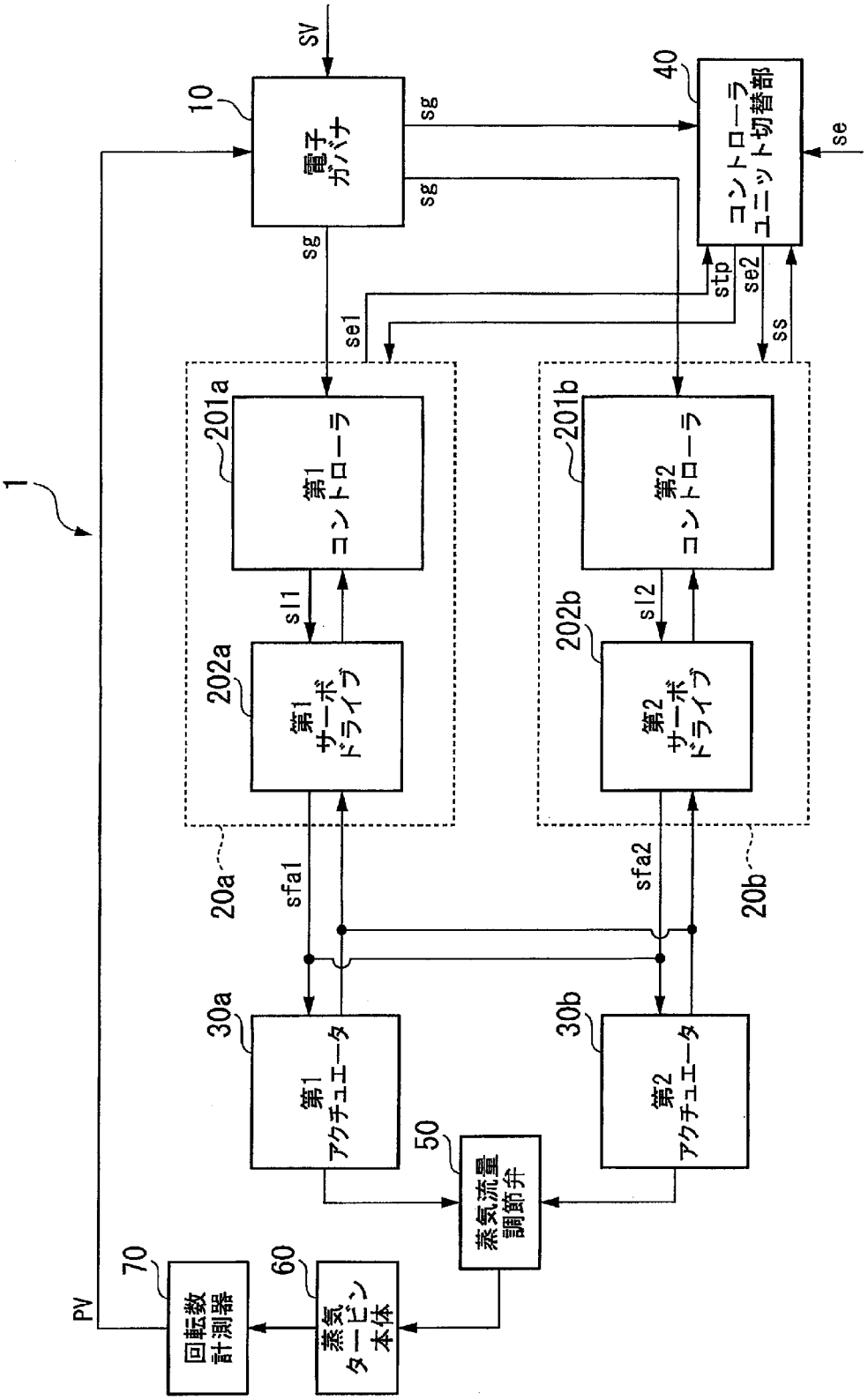
前記切り替え開始から前記第２コントローラユニットが起動するまでの間、前記第１リフト指令を送信すること、

前記切り替え開始時に、前記第２コントローラユニットを起動させること、

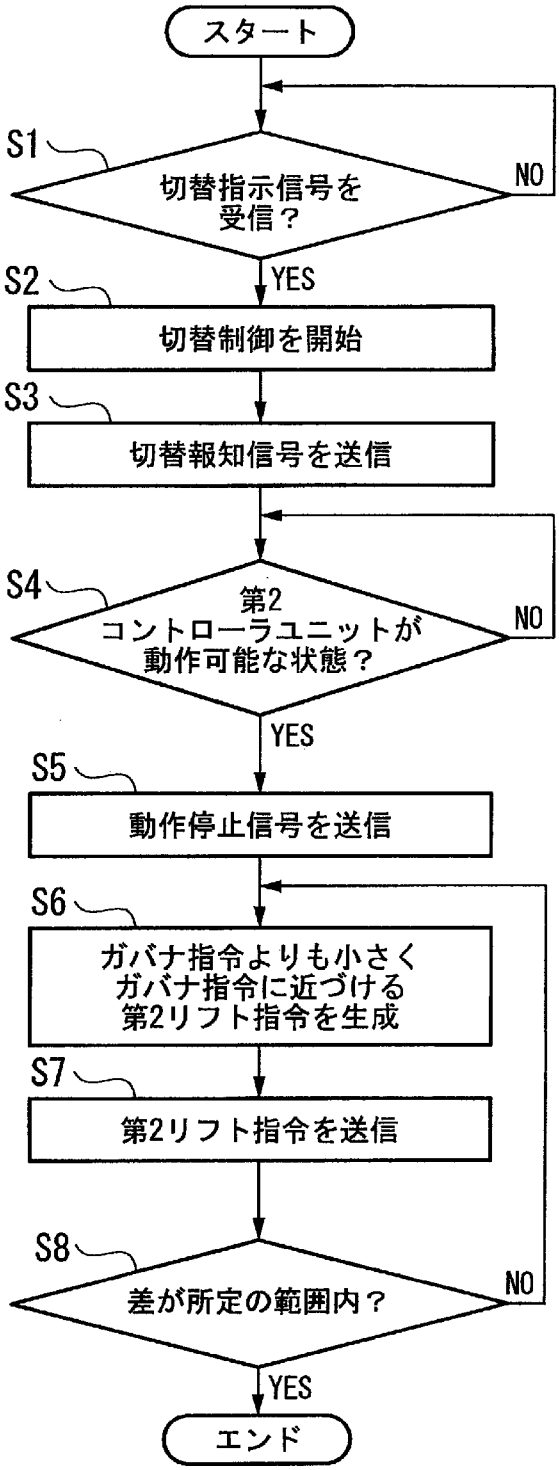
前記弁開度の変化量が所定の変化量以下となるような弁開度を指示する第２リフト指令を生成すること、

を実行させるプログラム。

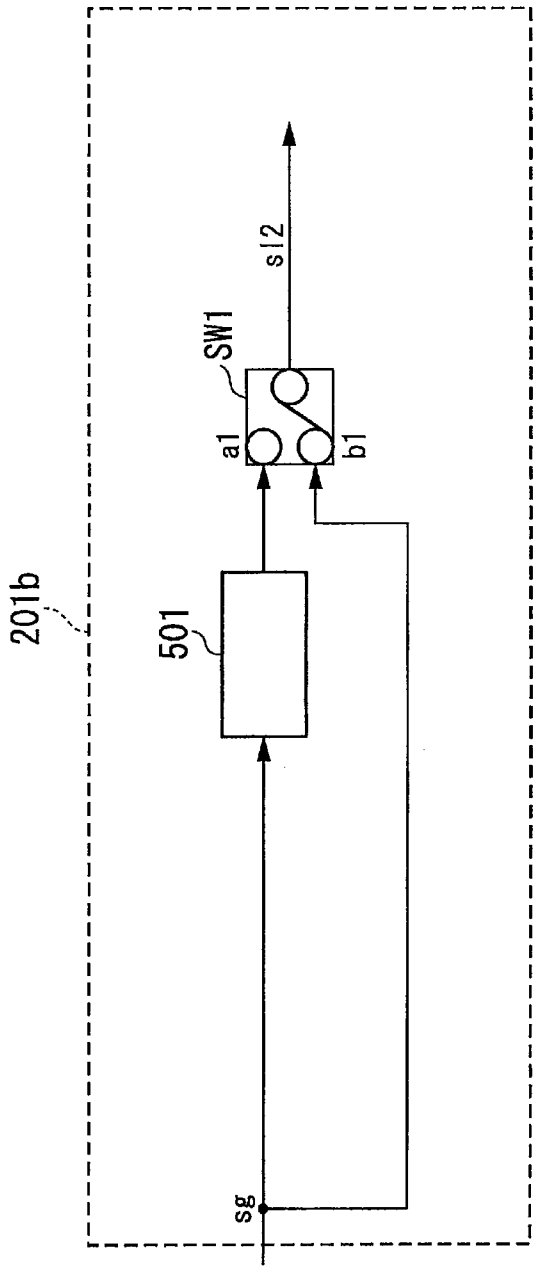
[図1]


SV
10
電子ガバナ
sg
sg
sg
40
コントローラ
ユニット切替部
se
stp
se2
ss
se1
1
201a
第1
コントローラ
201b
第2
コントローラ
sl1
sl2
202a
第1
サーボ
ドライブ
202b
第2
サーボ
ドライブ
20a
20b
sfa1
sfa2
30a
第1
アクチュエータ
30b
第2
アクチュエータ
50
蒸気流量
調節弁
70
回転数
計測器
60
蒸気
タービン
本体
PV

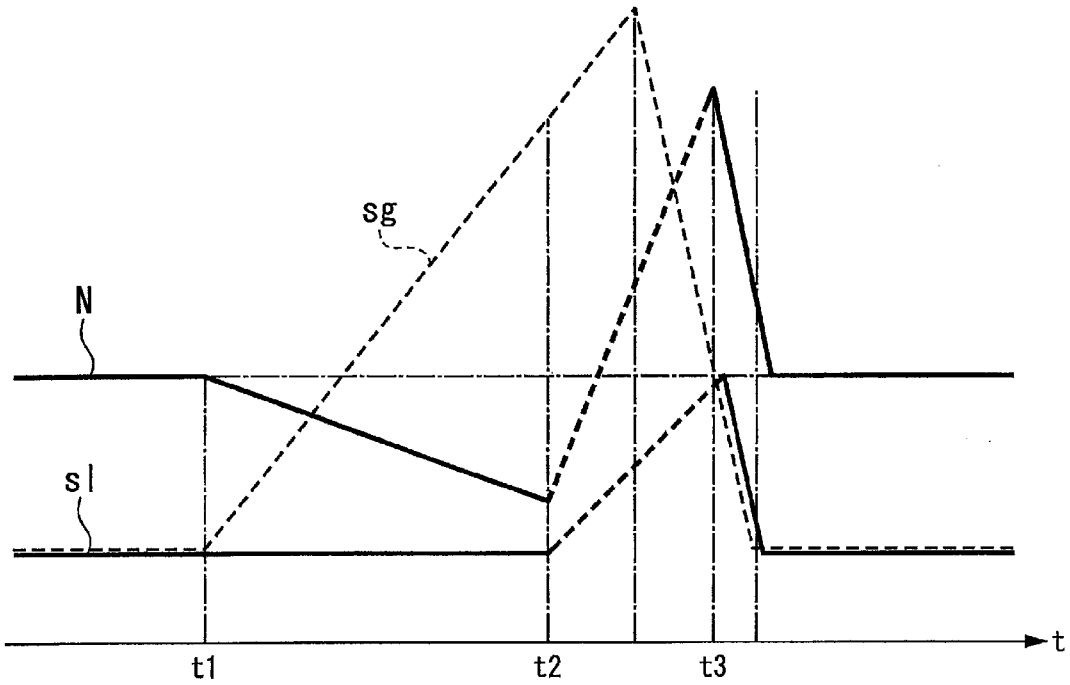
[図2]


スタート
S1
切替指示信号を
受信？
NO
YES
S2
切替制御を開始
S3
切替報知信号を送信
S4
第2
コントローラユニットが
動作可能な状態？
NO
YES
S5
動作停止信号を送信
S6
ガバナ指令よりも小さく
ガバナ指令に近づける
第2リフト指令を生成
S7
第2リフト指令を送信
S8
差が所定の範囲内？
NO
YES
エンド

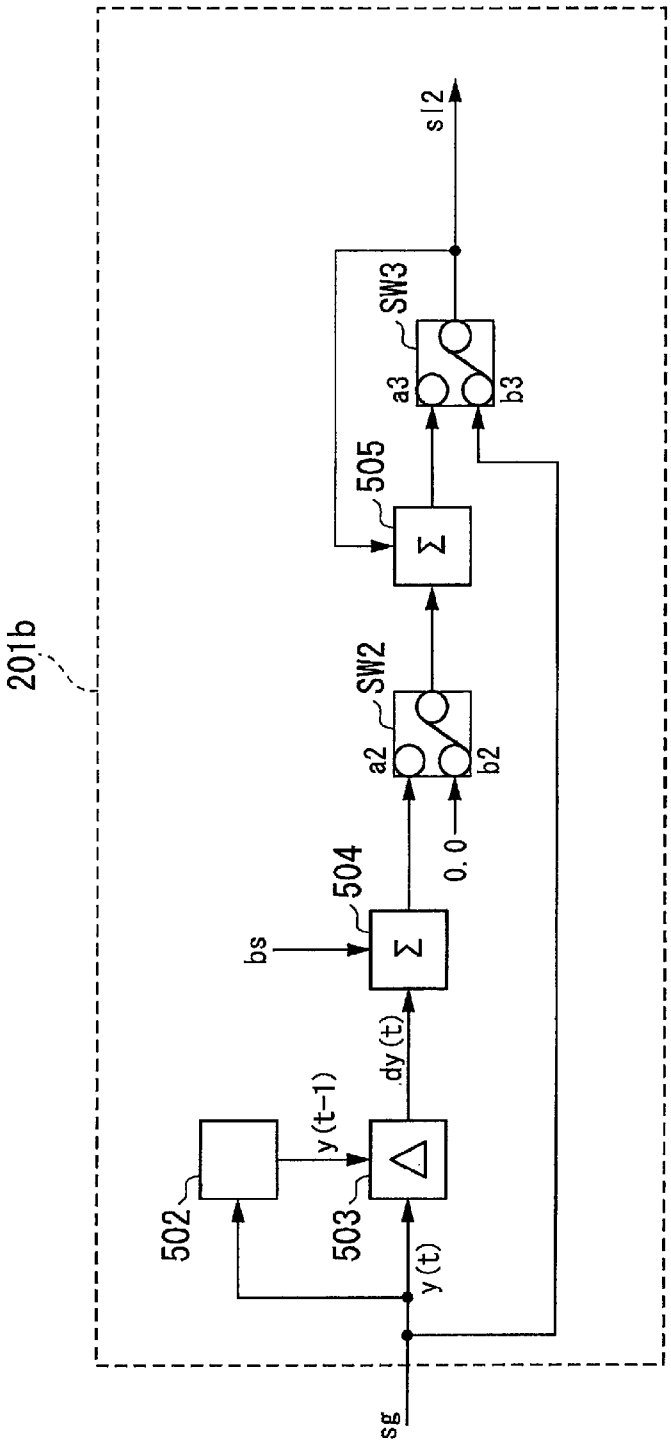
[図3]



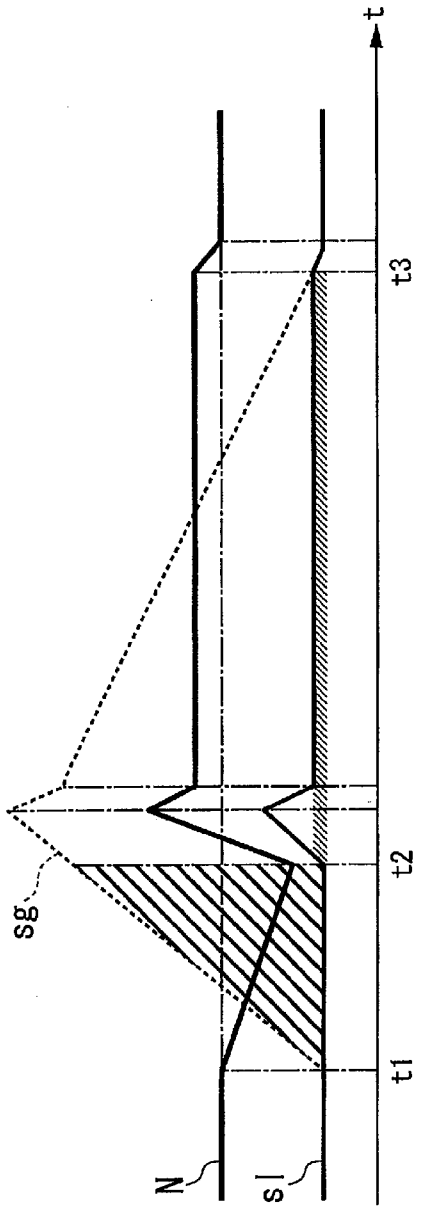
[図4]



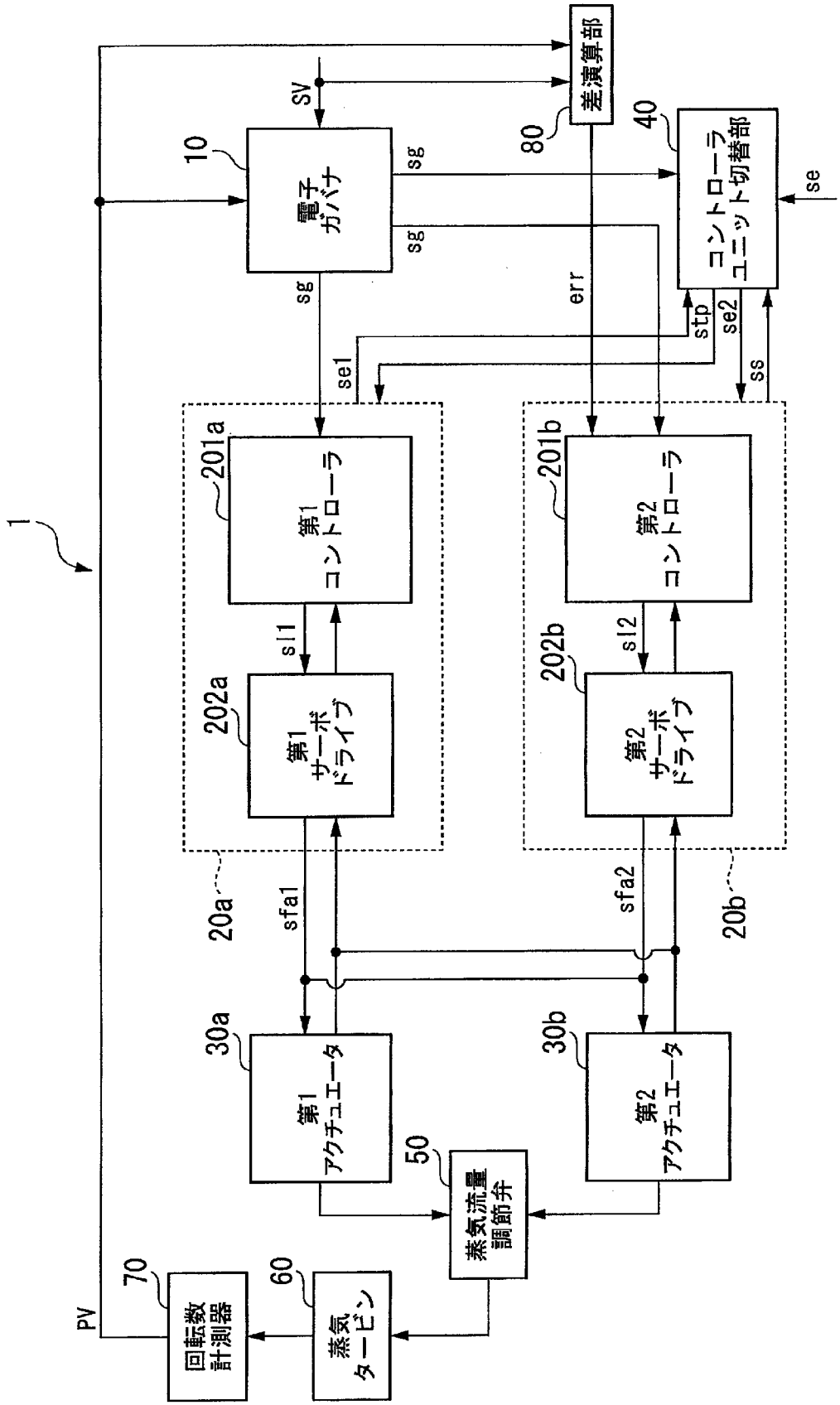
[図5]



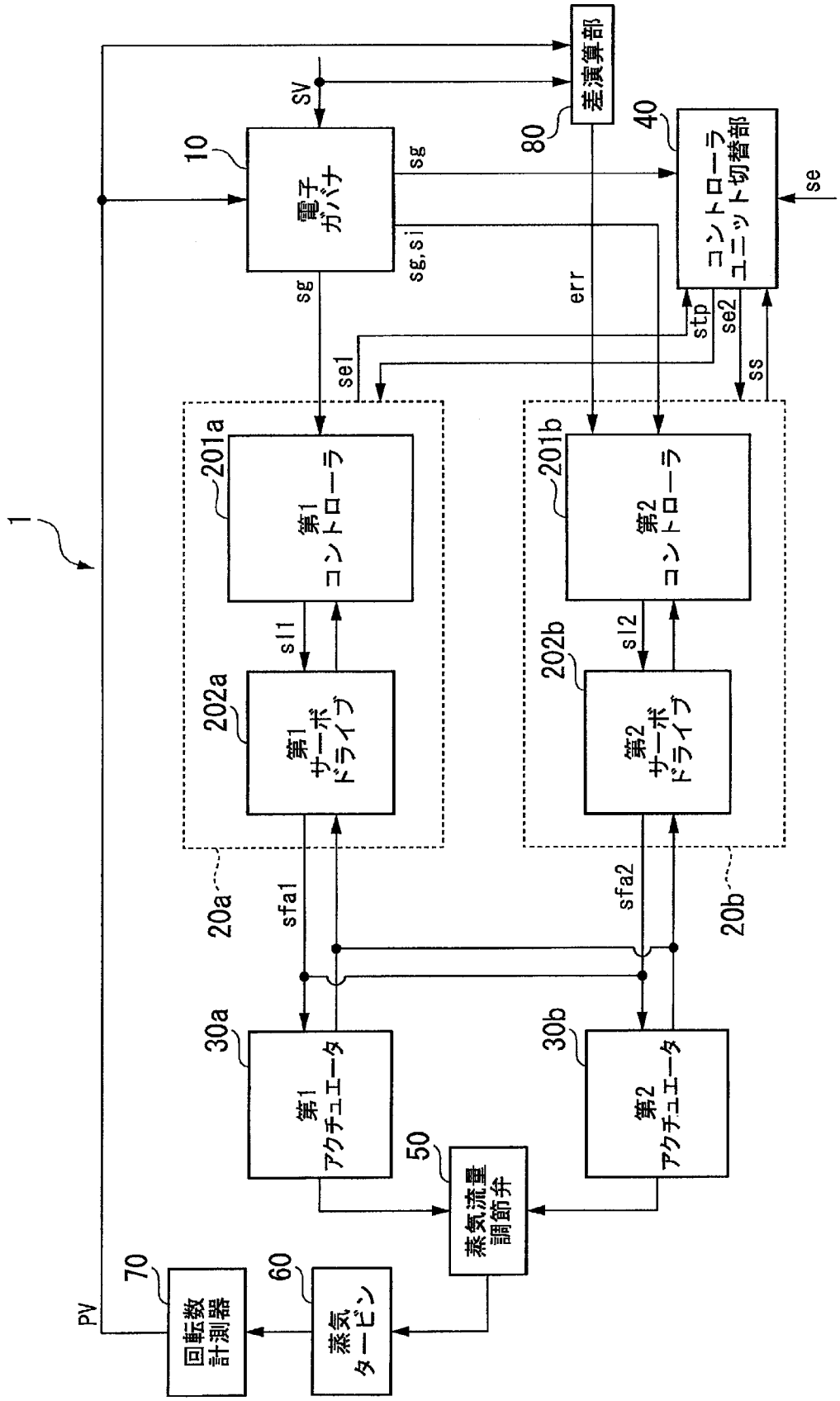
[図6]



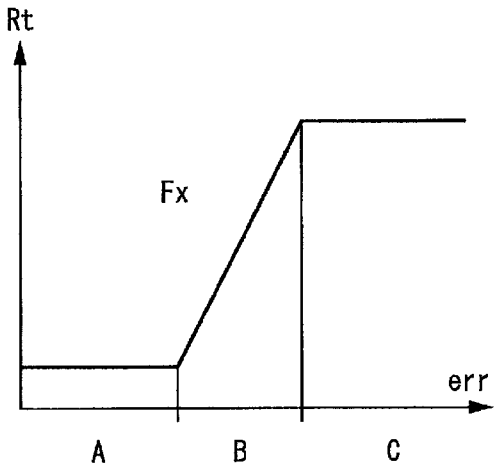
[図7]


1
差演算部
80
SV
10
電子ガバナ
sg
sg
sg
40
コントローラユニット切替部
se
err
stp
se2
ss
se1
201a
第1コントローラ
201b
第2コントローラ
sl1
sl2
202a
第1サーボドライブ
202b
第2サーボドライブ
20a
20b
sfa1
sfa2
30a
第1アクチュエータ
30b
第2アクチュエータ
50
蒸気流量調節弁
70
回転数計測器
60
蒸気タービン
PV

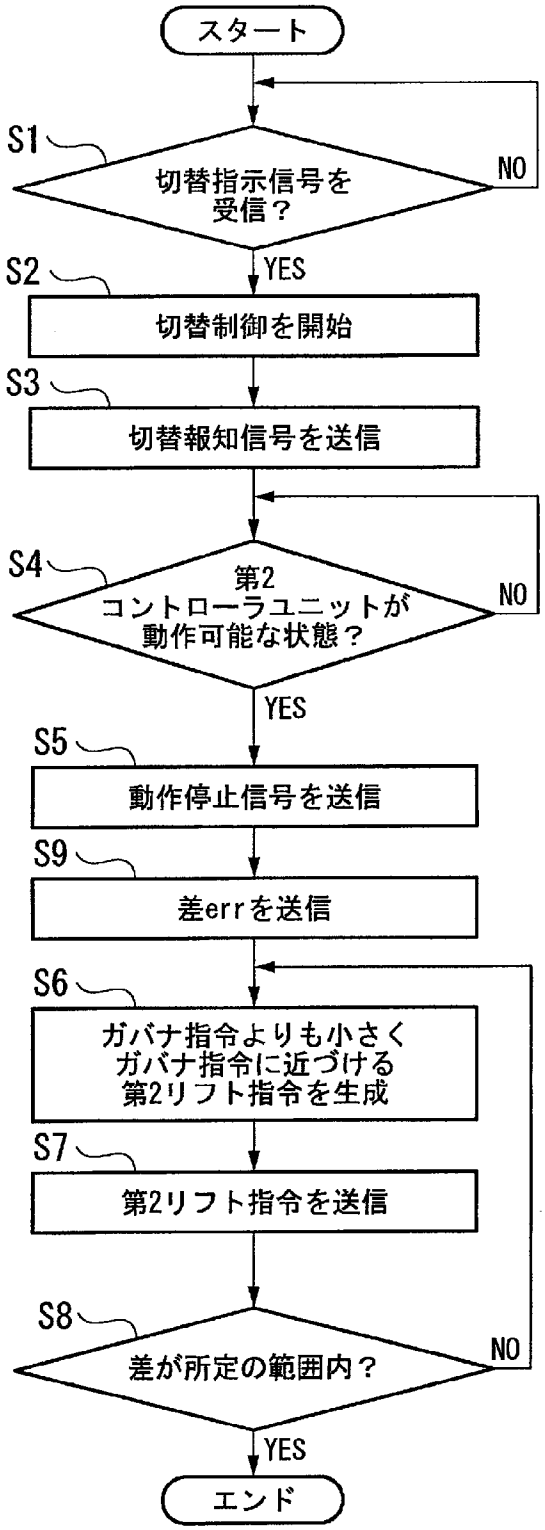
[図8]


1
差演算部
80
SV
10
電子ガバナ
sg
sg.si
40
コントローラユニット切替部
se
sg
err
stp
se2
ss
se1
201a
第1コントローラ
201b
第2コントローラ
sl1
sl2
202a
第1サーボドライブ
202b
第2サーボドライブ
20a
20b
sfa1
sfa2
30a
第1アクチュエータ
30b
第2アクチュエータ
50
蒸気流量調節弁
70
回転数計測器
60
蒸気タービン
PV

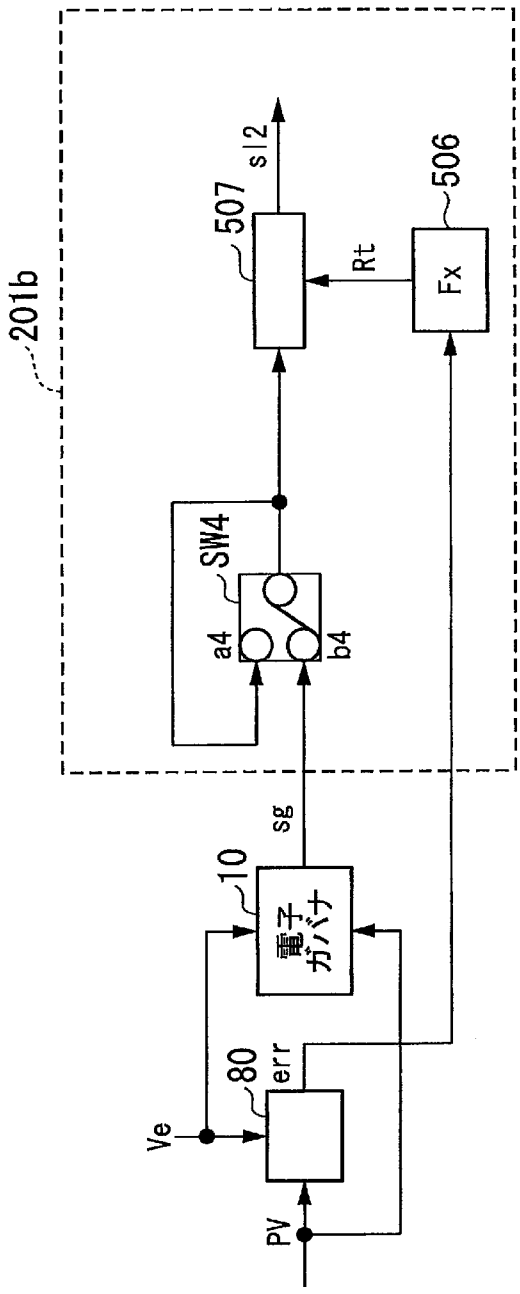
[図9]



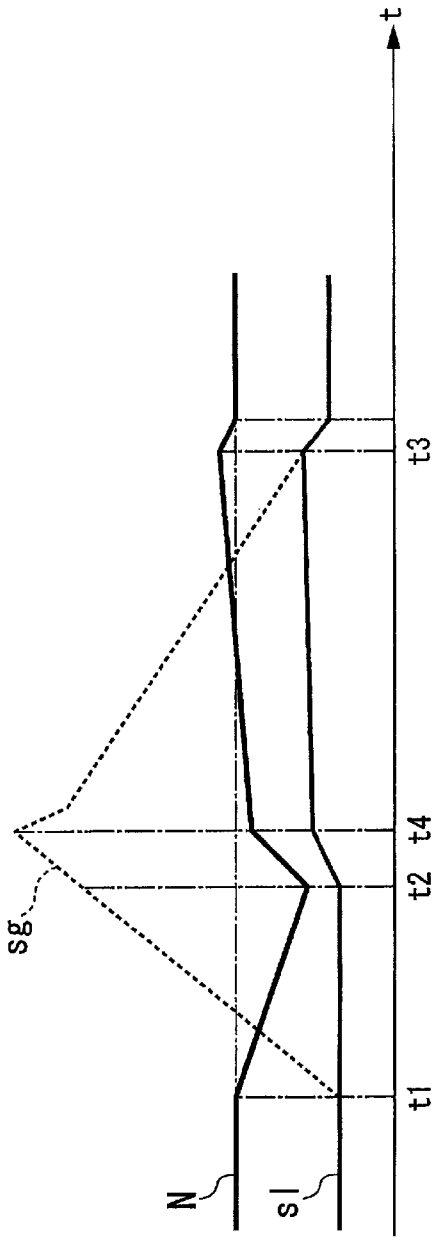
[図10]


スタート
S1
切替指示信号を
受信？
NO
YES
S2
切替制御を開始
S3
切替報知信号を送信
S4
第2
コントローラユニットが
動作可能な状態？
NO
YES
S5
動作停止信号を送信
S9
差errを送信
S6
ガバナ指令よりも小さく
ガバナ指令に近づける
第2リフト指令を生成
S7
第2リフト指令を送信
S8
差が所定の範囲内？
NO
YES
エンド

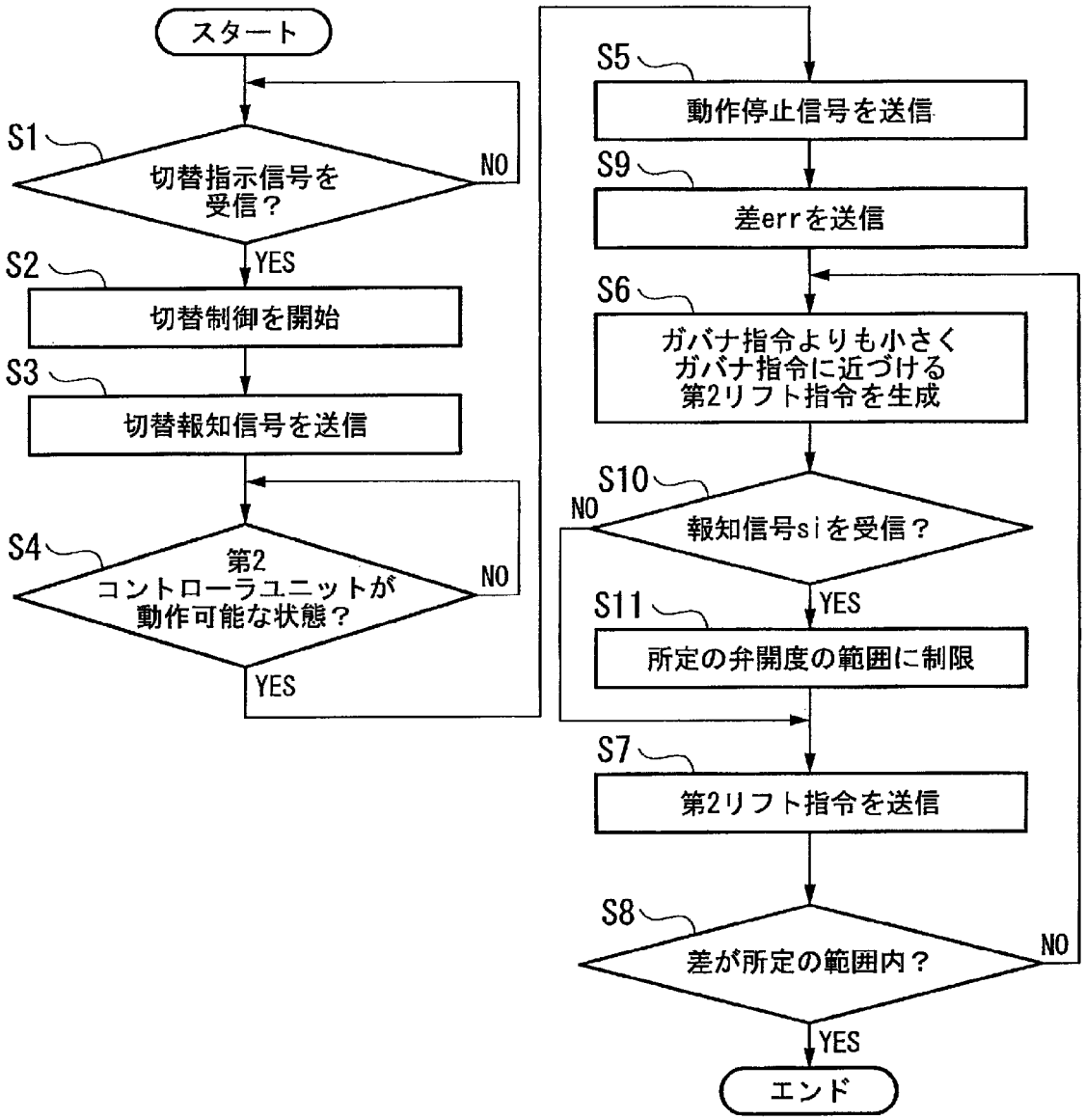
[図11]



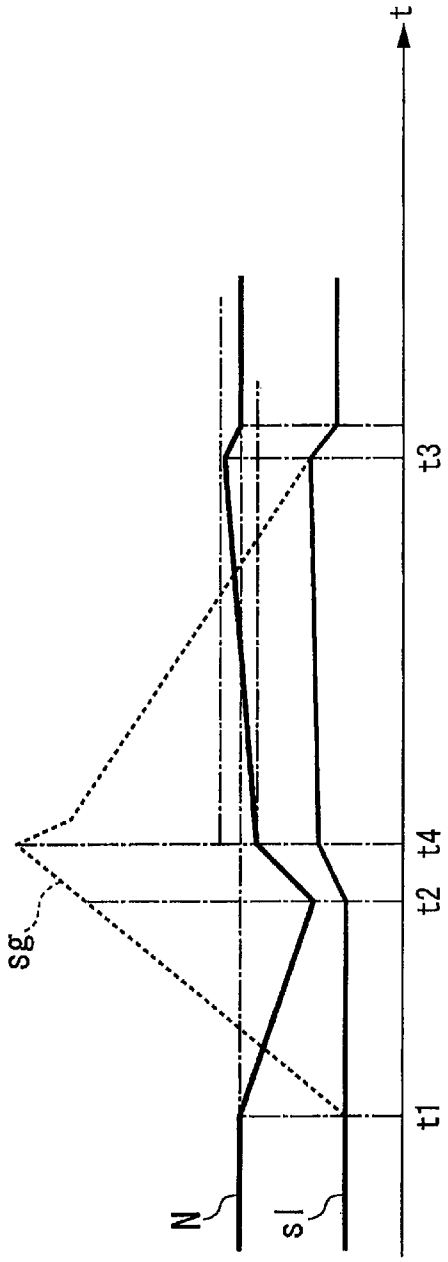
[図12]



[図13]


スタート
S1
切替指示信号を受信？
NO
YES
S2
切替制御を開始
S3
切替報知信号を送信
S4
第2コントローラユニットが動作可能な状態？
NO
YES
S5
動作停止信号を送信
S9
差errを送信
S6
ガバナ指令よりも小さくガバナ指令に近づける第2リフト指令を生成
S10
報知信号siを受信？
NO
YES
S11
所定の弁開度の範囲に制限
S7
第2リフト指令を送信
S8
差が所定の範囲内？
NO
YES
エンド

[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/081764

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F01D17/00(2006.01)i, *F01D17/06*(2006.01)i, *F01D17/10*(2006.01)i, *F02C9/20*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F01D17/00, F01D17/06, F01D17/10, F02C9/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
DWPI(Thomson Innovation)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 2002/0066271 A1 (JUNK,Rainer), 06 June 2002 (06.06.2002), paragraphs [0005], [0018] to [0021], [0047] to [0050]; fig. 7 & WO 2000/060227 A1 & CN 1348529 A	1,5-7 2-4
A	JP 2000-161010 A (Toshiba Corp.), 13 June 2000 (13.06.2000), entire text; drawings (Family: none)	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
27 December 2016 (27.12.16)	10 January 2017 (10.01.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/081764

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-048742 A (Mitsubishi Heavy Industries Compressor Corp.), 16 March 2015 (16.03.2015), entire text; drawings & US 2016/0160691 A entire text; drawings & WO 2015/029513 A1 & EP 2993308 A & CN 105264180 A	1-7

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０８１７６４

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F01D17/00(2006.01)i, F01D17/06(2006.01)i, F01D17/10(2006.01)i, F02C9/20(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F01D17/00, F01D17/06, F01D17/10, F02C9/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

DWPI (Thomson Innovation)

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	US 2002/0066271 A1 (JUNK,Rainer)	1,5-7
A	2002.06.06, 段落０００５、００１８－００２１、００４７－００５０、図７ & WO 2000/060227 A1 & CN 1348529 A	2-4
A	JP 2000-161010 A (株式会社東芝) 2000.06.13, 全文及び図面（ファミリーなし）	1-7
A	JP 2015-048742 A (三菱重工コンプレッサ株式会社) 2015.03.16, 全文及び図面 & US 2016/0160691 A, 全文及び図面 & WO 2015/029513 A1 & EP 2993308 A & CN 105264180 A	1-7

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
２７．１２．２０１６	１０．０１．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｓ　４０２５
山崎　孔徳

電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３９１