(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
2014 年 2 月 13 日(13.02.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/024252 A1

(51) 国際特許分類:
H02P 9/04 (2006.01) *H02J 3/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2012/070056

(22) 国際出願日: 2012 年 8 月 7 日(07.08.2012)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 中国電力株式会社 (THE CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 Hiroshima (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 木河 修 (KIKAWA, Osamu) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 石通 孝行 (ISHIDOORI, Takayuki) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 山根 英二 (YAMANE, Eiji) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 槙野 智之 (MAKINO, Tomoyuki) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 木織 浩 (KIORI, Hiroshi) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 沖野 和幸 (OKINO, Kazuyuki) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 有馬 ゆかり (ARIMA, Yukari) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP).

(74) 代理人: 藤本昇 (FUJIMOTO, Noboru); 〒5420081 大阪府大阪市中央区南船場１丁目１５番１４号 堺筋稲畑ビル２階 Osaka (JP).

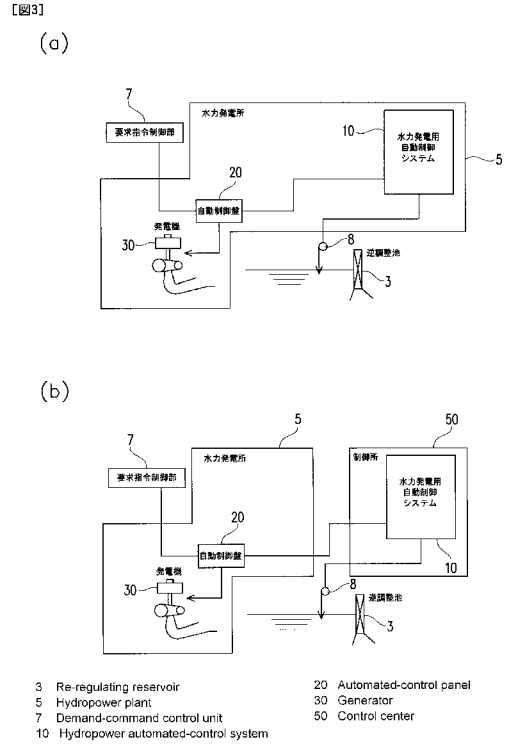
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,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

[続葉有]

(54) **Title**: HYDROPOWER AUTOMATED-CONTROL SYSTEM

(54) 発明の名称 : 水力発電用自動制御システム

[図3]



3 Re-regulating reservoir
5 Hydropower plant
7 Demand-command control unit
10 Hydropower automated-control system
20 Automated-control panel
30 Generator
50 Control center

(57) **Abstract**: Provided is a hydropower automated-control system capable of immediately responding to a fluctuation in a dam water level. A hydropower automated-control system for switching between demand-command control for controlling a generator according to a pre-set output for which there is demand at each point in time, and water-level control for controlling the generator according to the dam water level, the automated-control system being equipped with: a water-level information acquisition unit for acquiring the current dam water level as water-level information; a control switching unit for switching the generator control from the demand-command control to the water-level control when the dam water level expressed by the water-level information deviates outside a prescribed water-level range; and an adjustment/indication unit for adjusting and indicating the generator output during the water-level control according to the dam water level. Furthermore, the control switching unit switches the generator control from the water-level control to the demand-command control when the dam water level expressed by the water-level information returns to a level within the prescribed water-level range.

(57) 要約: ダム水位の変動に対して即時対応可能な水力発電用自動制御システムを提供する。時刻毎に要求される、予め定められた発電量に応じて発電機を制御する要求指令制御と、ダム水位に応じて発電機を制御する水位制御とを切り替える水力発電用自動制御システムであって、現在のダム水位を水位情報として取得する水位情報取得部と、水位情報により示されるダム水位が、所定の水位範囲から逸脱したときに、発電機の制御を要求指令制御から水位制御に切り替える制御切替部と、ダム水位に応じて、水位制御における発電機の発電量を調整指示する調整指示部とを備え、制御切替部は、水位情報に示されるダム水位が所定の水位範囲に復帰したときに、発電機の制御を水位制御から要求指令制御に切り替える。

WO 2014/024252 A1

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, 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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, 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 ： 水力発電用自動制御システム

技術分野

[0001] 本発明は、水力発電用自動制御システムに関し、特に、ダム水位に応じて制御内容を切り替える水力発電用自動制御システムに関する。

背景技術

[0002] 従来、水力発電所における発電量の制御において、電力需要やダムへの河川流入量の実績・予想を考慮し、発電機に対する制御パターンが事前に決定されている。制御パターンは、時間毎に決定され、発電機の自動運転装置に入力される。自動運転装置は、制御パターンに定められた発電量に応じて、発電機を制御している（例えば、特許文献１参照）。

[0003] 一方、制御パターンに沿った発電時において、降雨によるダムへの水流入量の変化や、制御パターン決定時の誤差等により、ダム水位が計画範囲を逸脱することがあり得る。ダム水位が計画範囲を逸脱すると、ダムの溢水又は水位異常低下が生じる恐れがある。このような事態を避けるべく、運転員が制御パターンを修正する必要がある。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特開昭５１－８７７３５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 運転員による制御パターンの修正は、複数の発電所を統括制御する制御所より行われることが多い。このとき、例えば、降雨時における系統事故等が発生すると、運転員の業務が煩雑となり、ダム水位への対応が遅延するおそれがある。

[0006] 本発明は、係る事情に鑑み、ダム水位の変動に対して即時対応可能な水力発電用自動制御システムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明は、時刻毎に要求される、予め定められた発電量に応じて発電機を制御する要求指令制御と、ダム水位に応じて発電機を制御する水位制御とを切り替える水力発電用自動制御システムであって、現在のダム水位を水位情報として取得する水位情報取得部と、水位情報により示されるダム水位が、所定の水位範囲から逸脱したときに、発電機の制御を要求指令制御から水位制御に切り替える制御切替部と、ダム水位に応じて、水位制御における発電機の発電量を調整指示する調整指示部とを備え、制御切替部は、水位情報に示されるダム水位が所定の水位範囲に復帰したときに、発電機の制御を水位制御から要求指令制御に切り替えることを特徴とする。

[0008] 係る構成によれば、通常、時刻毎に要求される、予め定められた発電量に応じて、要求指令制御により発電機が制御される。時刻毎に要求される発電量に応じて発電機が制御されるので、発電機に利用される水量は、時々刻々と変化する。これにより、ダム水位も、発電機に使用される水量に応じて変化する。ここで、水位情報取得部は、現在のダム水位を水位情報として取得する。制御切替部は、ダム水位が所定の水位範囲から逸脱したときに、発電機の制御を要求指令制御から水位制御に切り替える。要求指令制御から水位制御への切り替えにより、調整指示部は、ダム水位が所定の水位範囲より上昇したときに、それ以上水位が上がらないようなダム水位に応じた発電量の調整指示をすることができる。又、調整指示部は、ダム水位が所定の水位範囲より下降したときに、それ以上水位が下がらないようなダム水位に応じた発電量の調整指示をすることができる。

[0009] 水位情報に示されるダム水位が復帰したとき、すなわち、ダム水位が回復したときに、制御切替部は、発電機の制御を水位制御から要求指令制御に切り替える。これにより、制御切替部は、時刻毎に要求される発電量に、実際の発電機の発電量を復帰させることができる。

[0010] また、本発明において、調整指示部は、ダム水位を回復させるべく、ダム水位に応じて調整する調整水量を決定する調整水量決定部と、調整水量に応

じて、次の水量調整を可能にするまでの時間を制御不動時間として決定する制御不動時間決定部と、調整水量決定部により決定された調整水量に応じて発電機の発電量を調整するとともに、制御不動時間が経過するまで、次回の発電量の調整をせずに待機する発電量調整部とを有してもよい。

[0011] 係る構成によれば、調整水量決定部は、ダム水位を回復させるべく、現在のダム水位に対して調整が必要な水量を調整水量として決定する。制御不動時間決定部は、制御不動時間として、ダム水位の調整が開始された後、ダム水位が十分に変化するまでの時間を決定する。発電量調整部は、決定された調整水量に応じて発電機を調整して、発電量を変化させる。また、発電量調整部は、発電機の調整が開始された後、制御不動時間が経過するまで発電機の調整をせずに待機する。これにより、発電機の調整が開始されて、この調整による効果がダム水位に現れた後に、次の調整をすべきか否か決定することができる。

[0012] また、本発明において、制御不動時間決定部は、調整水量と、ダム及び発電機間の距離とを利用して制御不動時間を決定してもよい。

[0013] 係る構成によれば、ダム水位は、調整水量と、ダムへの調整水量の到達時間とに応じて変化する。そこで、ダム水位の変化が表れるまで発電量の調整をせずに待機すべく、制御不動時間は、調整水量と、ダム及び発電機間の距離とを利用して制御不動時間を決定する。これにより、最初に発電量の調整による効果がダム水位に表れる前に、さらに発電機の調整がされることを防止でき、ひいては、過調整となることを防止できる。

[0014] また、本発明において、ダムは、逆調整池であり、発電機の下流に設けられてもよい。

[0015] 係る構成によれば、ダムが発電機の下流に設けられる逆調整池であるので、ダム水位は、発電機による発電量の上昇と共に上昇する。逆に、ダム水位は、発電機による発電量の下降と共に下降する。したがって、発電機による発電量の調整により、ダム水位を調整することができる。

[0016] また、本発明において、ダムは、調整池であり、発電機の上流に設けられ

てもよい。

[0017] 係る構成によれば、ダムが発電機の上流に設けられる調整池であるので、ダム水位は、発電機による発電量の上昇と共に下降する。逆に、ダム水位は、発電機による発電量の下降と共に上昇する。したがって、発電機による発電量の調整により、ダム水位を調整することができる。

[0018] また、本発明において、調整水量決定部は、ダム水位に応じて決定される水量よりも、要求指令制御により発電に利用される水量が、ダム水位の回復に寄与するときに、要求指令制御により発電に利用される水量を調整水量としてもよい。

[0019] 係る構成によれば、要求指令制御により発電に利用される水量が、よりダム水位の回復に寄与するときに、調整水量決定部が、要求指令制御により利用される水量を調整水量とすることで、ダム水位の回復を早めることができる。また、本来、要求指令制御により要求されている発電量を得ながら、ダム水位の回復も見込めるので、より効率的な制御をすることができる。

[0020] また、本発明において、制御不動時間決定部は、要求指令制御による発電量の調整毎に制御不動時間を決定し、制御切替部は、水位情報により示されるダム水位が、予め定められた第１水位以上、又は予め定められた第２水位以下になった後、制御不動時間の経過後に発電機の制御を要求指令制御から水位制御に切り替えてもよい。

[0021] 係る発明によれば、制御不動時間決定部が、要求指令制御による発電量の調整においても制御不動時間を決定することにより、制御切替部は、発電量の調整によるダム水位の変化を確認した後に、水位制御に制御を移行できる。これにより、要求指令制御における発電量の調整によるダム水位変化の影響を排除した上で、ダム水位を復帰させる制御をすることができる。

[0022] また、本発明において、制御切替部は、水位情報により示されるダム水位が、予め定められた第３水位以下、並びに予め定められた第４水位以上になった後、制御不動時間の経過後に発電機の制御を水位制御から要求指令制御に切り替えてもよい。

[0023] 係る構成によれば、制御切替部は、水位制御による発電量の調整をした後、ダム水位の変化の影響を排除した上で、発電機の制御を水位制御から要求指令制御に切り替える。これにより、要求指令制御によるダム水位の変化のみを監視することができ、ダム水位を復帰させる制御をすることができる。

[0024] また、本発明において、発電量調整部は、複数の発電機を起動させて発電量を調整するときに、一の発電機の起動後、次の発電機を起動するまでの時間間隔を起動間隔時間として格納する起動間隔時間格納部をさらに有し、発電量調整部は、起動間隔時間又は制御不動時間のいずれか長い時間の経過後に、次の発電機を起動させてもよい。

[0025] 係る構成によれば、複数の発電機が起動されて発電に利用される水量が増加する。このとき、一の発電機の起動後、所定の起動間隔時間又は制御不動時間のいずれか長い時間の経過後に、発電量調整部が次の発電機を起動させるので、急激に水量が増加することを防止できる。これにより、流量が急激に変化することで発生するウォーターハンマから水路を保護できるとともに、発電機の下流における急激な水位変動を防止できる。また、発電機の起動によるダム水位への効果を検討した後に、次の発電機を起動するか否かを判断することができる。

発明の効果

[0026] 以上の如く、本発明の水力発電用自動制御システムによれば、ダム水位の変動に対して即時対応可能になるというすぐれた効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]本発明の第１及び第２の実施形態に係るダム及び水力発電所の配置図を示す。

[図2]同実施形態に係るダム水位の変化の概略図を示す。

[図3]本発明の第１の実施形態に係る水力発電所と逆調整池との概略ブロック図を示し、図３（ａ）は、水力発電所内に水力発電用自動制御システムを有する際の概略ブロック図を示し、図３（ｂ）は、制御所内に水力発電用自動制御システムを有する際の概略ブロック図を示す。

[図4]同実施形態に係る水力発電用自動制御システムのブロック図を示す。

[図5]同実施形態に係る調整指示部のブロック図を示す。

[図6]同実施形態に係る累進調整水量のテーブルを示し、図６（ａ）は、水位を上昇させる際のテーブル、図６（ｂ）は、水位を下降させる際のテーブルを示す。

[図7]同実施形態に係る要求指令制御での制御量と、調整水量との関係を示す。

[図8]同実施形態に係る最大調整水量のテーブルを示す。

[図9]同実施形態に係る制御不動時間のテーブルを示す。

[図10]同実施形態に係る水位制御のフローチャートを示す。

[図11]同実施形態に係る調整水量を決定するフローチャートを示す。

[図12]同実施形態に係る発電機の起動又は停止に係るフローチャートを示す。

[図13]同実施形態に係る起動間隔時間と制御不動時間との関係を示し、図１３（ａ）は、起動間隔時間が制御不動時間よりも長い場合を示し、図１３（ｂ）は、制御不動時間が起動間隔時間よりも長い場合を示す。

[図14]同実施形態に係る制御不動時間を決定するフローチャートを示す。

[図15]本発明の第２の実施形態に係る水力発電所と逆調整池との概略ブロック図を示し、図１５（ａ）は、水力発電所内に水力発電用自動制御システムを有する際の概略ブロック図を示し、図１５（ｂ）は、制御所内に水力発電用自動制御システムを有する際の概略ブロック図を示す。

[図16]本発明の第３の実施形態に係るダム及び水力発電所の配置図を示す。

[図17]同実施形態に係る水力発電所と調整池との概略ブロック図を示し、図１７（ａ）は、水力発電所内に水力発電用自動制御システムを有する際の概略ブロック図を示し、図１７（ｂ）は、制御所内に水力発電用自動制御システムを有する際の概略ブロック図を示す。

[図18]本発明の変形例に係る制御不動時間の決定についての概念図を示す。

[図19]本発明の変形例に係る制御不動時間の決定についての概念図を示す。

発明を実施するための形態

[0028] ＜第１の実施形態＞

以下、本発明に係る水力発電用自動制御システムにおける第１の実施形態について、図１～図１４を参酌して説明する。

[0029] まず、図１を利用して、本実施形態に係るダム及び水力発電所５の配置について説明する。河川１には、ダムとして、上流ダム２と下流ダム３とが設けられる。本実施形態において、上流ダム２は、十分な貯水量を有するものとする。下流ダム３は、水力発電所５の逆調整池として機能する。

[0030] 取水路４は、上流ダム２を起点に、河川１から分離して設けられ、水力発電所５を経由して、上流ダム２と下流ダム３との間の河川１に合流する。水力発電所５は、取水路４の下流側に設けられ、取水路４に流入する水を利用して発電する。下流ダム３の水位は、上流ダム２からの放水量、取水路４の流量（発電量）、支流６の流量、及び河川１への降雨等により、大きく変化する。以下、本実施形態において、下流ダム３は、逆調整池３として説明される。

[0031] 次に、逆調整池３における水位について、図２を利用して説明する。図２は、時間経過とともに変化する逆調整池３の水位を示したものである。逆調整池３には、水位の指針として、正常水位、復帰水位Ｈ１，Ｌ１、調整開始水位Ｈ２，Ｌ２、及び起動水位Ｌ３、停止水位Ｈ３が設けられる。逆調整池３の水位が正常水位にある場合、水力発電所５は、要求指令制御による制御により発電機の発電量を調整する。ここで、要求指令制御とは、時刻毎に要求される、予め定められた発電量に応じて発電機を制御することをいう。

[0032] その後、逆調整池３の水位が復帰水位Ｈ１を上回り、調整開始水位Ｈ２になったとき（すなわち、ａ点になったとき）、水力発電所５は、要求指令制御から水位制御による制御に切り替えられて発電量を調整する。ここで、水位制御とは、ダム水位（逆調整池３の水位）に応じて発電機の発電量を制御することをいう。この場合、水力発電所５は、逆調整池３の水位を低下する制御、すなわち、発電機の発電量を低下させる。

[0033] さらに逆調整池３の水位が上昇して、起動・停止水位Ｈ３を上回ったとき（すなわち、ｂ点になったとき）、水力発電所５は、発電機を停止することで発電量を調整する。その後、逆調整池３の水位が下降して、復帰水位Ｈ１を下回ったとき（すなわち、ｃ点になったとき）、水力発電所５は、要求指令制御による制御に戻されて発電量を調整する。

[0034] 逆に、逆調整池３の水位が復帰水位Ｌ１を下回り、調整開始水位Ｌ２になったとき（すなわち、ｄ点になったとき）、水力発電所５は、水位制御による制御に切り替えられて発電量を調整する。この場合、水力発電所５は、逆調整池３の水位を上昇する制御、すなわち、発電機の発電量を増加させる。さらに逆調整池３の水位が下降して、起動・停止水位Ｌ３を下回ったとき（すなわち、ｅ点になったとき）、水力発電所５は、停止している発電機があれば、その発電機を起動することで発電量を調整する。その後、逆調整池３の水位が上昇して、復帰水位Ｌ１を上回ったとき（すなわち、ｆ点になったとき）、水力発電所５は、要求指令制御による制御に戻されて発電量を調整する。

[0035] このような制御をすべく、本実施形態に係る水力発電用自動制御システム１０は、図３(ａ)に示すように、水力発電所５内に設けられる。水力発電所５は、１又は複数の発電機３０と、発電機３０を制御する自動制御部２０と、逆調整池３の水位に応じて、自動制御部２０に対して発電量の制御をする水力発電用自動制御システム１０とを備える。また、水力発電所５の外部にある制御所には、水力発電所５の外部から要求指令運転による発電機３０の制御をするための要求指令制御部７が設けられる。なお、水力発電用自動制御システム１０は、図３（ｂ）に示すように、水力発電所５を統括制御する制御所５０内に設けられていてもよい。また、水力発電用自動制御システム１０は、逆調整池３に設けられる水位計から、逆調整池３の水位を水位情報として取得している。

[0036] 発電機３０は、取水路４を流下する水量に応じて、その発電量を変更可能に構成されている。発電機３０は、自動制御部２０に接続され、自動制御部

２０からの発電量の指示に応じて発電量を変更する。また、複数の発電機３０は、自動制御部２０からの指示に応じて、それぞれが個別に起動又は停止可能に構成されている。

[0037] 自動制御部２０は、発電機３０に対して発電量を指示するために設けられる。自動制御部２０は、１又は複数の発電機３０と、外部に設けられる要求指令制御部７と、水力発電用自動制御システム１０とに接続される。自動制御部２０は、通常、要求指令制御部７から送信される要求指令制御に基づいて、発電機３０の発電量を制御する。自動制御部２０は、水力発電用自動制御システム１０からの調整指示（水位制御）を受信すると、要求指令制御部７からの要求指令制御による制御に割り込みをかけて、水位制御による制御に切替可能に構成されている。

[0038] 水力発電用自動制御システム１０は、逆調整池３の水位を計測する水位計８からもたらされる、逆調整池３の水位情報に基づいて、発電機３０を水位制御すべく設けられる。水力発電用自動制御システム１０は、水位情報で示される逆調整池３の水位の異常を検出すると、自動制御部２０に対して要求指令制御から水位制御に制御を切り替えさせる。また、水力発電用自動制御システム１０は、水位情報で示される逆調整池３の水位の復帰を検出すると、自動制御部２０に対して水位制御から要求指令制御に制御を切り替えさせる。

[0039] 図４に示すように、水力発電用自動制御システム１０は、ダム水位である逆調整池３の水位を水位情報として取得する水位情報取得部１１と、取得した水位情報を格納する水位情報格納部１２と、水位情報により示される逆調整池３の水位が、所定の水位範囲から逸脱又は所定の水位範囲に復帰したときに、発電機３０の制御を切り替える制御切替部１３と、時間を計測するとともに時刻を呼出可能な時間計測部１５と、外部に対して警報を発令する警報発令部１４と、逆調整池３の水位に応じて、水位制御における発電機３０の発電量を調整指示する調整指示部１７と、発電量の入力を受け付ける入力部１６とを有する。

[0040] 水位情報取得部１１は、水位計８から、常時又は間歇的に水位情報として逆調整池３の水位を取得する。水位情報取得部１１は、水位情報格納部１２に接続され、取得した水位情報を水位情報格納部１２に格納する。また、水位情報取得部１１は、取得した水位情報を制御切替部１３に送る。

[0041] 水位情報格納部１２は、例えば、ハードディスクなどの副記憶装置である。水位情報格納部１２は、水位情報取得部１１から送信された水位情報を、時間的に連続して累積的に格納する。

[0042] 制御切替部１３は、調整指示部１７及び自動制御部２０に接続される。制御切替部１３は、水位情報取得部１１から送信された水位情報によって示される逆調整池３の水位について、水位異常であるか否かを判断する。より具体的に、制御切替部１３は、逆調整池３の水位について、要求指令制御による制御の上限である、予め定められた第１水位（調整開始水位Ｈ２）を上回っているか否かを判断する。また、制御切替部１３は、逆調整池３の水位について、要求指令制御による制御の下限である、予め定められた第２水位（調整開始水位Ｌ２）を下回っているか否かを判断する。制御切替部１３は、判断の結果、逆調整池３の水位について異常を認めたときに、調整指示部１７及び自動制御部２０に対して水位制御を開始する旨の信号を送信する。

[0043] また、制御切替部１３は、水位情報に示される逆調整池３の水位について、正常水位に復帰したか否かを判断する。より具体的に、制御切替部１３は、逆調整池３の水位について、水位制御の下限である、予め定められた第３水位（復帰水位Ｈ１）を下回っているか否かを判断する。また、制御切替部１３は、逆調整池３の水位について、水位制御の上限である、予め定められた第４水位（復帰水位Ｌ１）を上回っているか否かを判断する。制御切替部１３は、判断の結果、逆調整池３の水位について復帰を認めたときに、調整指示部１７及び自動制御部２０に対して水位制御から要求指令制御に戻す旨の信号を送信する。なお、第１水位及び第３水位は同一の水位であってもよく、第２水位及び第４水位は同一の水位であってもよい。

[0044] 時間計測部１５は、いわゆるタイマであり、制御切替部１３及び調整指示

部１７に接続されている。時間計測部１５は、発電機３０に対する発電量の調整から経過した時間を計測すべく設けられる。

[0045] 警報発令部１４は、逆調整池３の水位について、水力発電用自動制御システム１０の外部に緊急を知らせるべく設けられる。例えば、警報発令部１４は、図示しない表示部に対して文字を表示させることで警告を発令してもよい。また、警報発令部１４は、図示しない音声再生部に対して、サイレン音，音声警告を再生させることで警告を発令してもよい。さらには、警報発令部１４は、外部のシステム（例えば、制御所に存する集中管理システム）に対して、警報を発令する旨の信号を送信してもよい。

[0046] 入力部１６は、例えば、キーボードやタッチパネルなどの外部入力装置であり、発電機３０の発電量を直接指定可能に設けられる。入力部１６は、調整指示部１７に接続されて、入力された発電量を調整指示部１７に送る。

[0047] 調整指示部１７は、自動制御部２０に接続されて、水位制御による発電機３０の調整に係る指示を自動制御部２０に送信する。調整指示部１７は、図５に示すように、発電機３０の調整に係る情報を格納する情報格納部１００と、逆調整池３の水位に応じて調整する調整水量を決定する調整水量決定部２００と、一度の調整により調整可能な水量を決定する最大調整水量決定部３００と、調整水量に応じて、次の調整を可能にするまでの時間を制御不動時間として決定する制御不動時間決定部４００と、調整水量決定部２００により決定された調整水量に応じて発電機３０の発電量を調整するとともに、制御不動時間が経過するまで、次回の発電量の調整をせずに待機する発電量調整部５００とを有する。

[0048] 情報格納部１００は、発電量調整部５００により発電機３０の調整をされた時刻を格納する調整時刻格納部１１０と、発電機３０を起動又は停止した際の逆調整池３の水位に対する効果を判断するまでの時間を格納する効果確認時間格納部１２０と、水位を回復させるために調整すべき水量に係る調整水量テーブルを格納する調整水量格納部１３０と、逆調整池３の水位に応じた貯水量を格納する貯水量格納部１４０と、発電量調整部５００による調整

により、調整された機器が設定値になる時間を格納する制御有効時間格納部１６０と、制御不動時間に係る制御不動時間テーブルを格納する制御不動時間格納部１７０と、一度の調整で可能な最大調整水量に係る最大調整水量テーブルを格納する最大調整水量格納部１８０とを有する。

[0049] 調整時刻格納部１１０は、発電量調整部５００が発電機３０の発電量を調整したとき、すなわち、発電量を変更したときに、その調整時刻を格納する。調整時刻格納部１１０は、発電量調整部５００から送信された調整時刻を受信することで、その内容を新たな調整時刻に更新して格納する。

[0050] 効果確認時間格納部１２０は、発電量調整部５００による発電機３０の起動又は停止制御の後、起動又は停止による逆調整池３の水位への影響の現出するまでの時間を格納している。ここで、効果確認時間は、水力発電所５から逆調整池３までの距離、及び発電使用水量の水位への影響度合いに基づいて決められている。効果確認時間は、逆調整池３まで調整した水量の到達により、逆調整池３の水位の変化として読み取れるまでの時間として決められ、効果確認時間格納部１２０に格納されている。

[0051] 調整水量格納部１３０は、図６（ａ）及び（ｂ）に示すように、逆調整池３における、所定の時刻間の水位差に応じて調整すべき累進調整水量を決定するための調整水量テーブルを格納している。ここで、水位差とは、所定の時刻間において、上昇又は下降した逆調整池３の水位の差をいう。累進調整水量は、水位差が大きければ大きいほど、より多くの水量調整をすべく累進的に決められる水量をいう。なお、図６（ａ）に係る調整水量格納部１３０は、逆調整池３の水位について、所定の水位を下回るときに利用される。また、図６（ｂ）に係る調整水量格納部１３０は、逆調整池３の水位について、所定の水位を上回るときに利用される。

[0052] 貯水量格納部１４０は、逆調整池３の水位に応じて、逆調整池３の貯水量に係る情報を格納する。貯水量格納部１４０は、水位の変化に必要な貯水量を算出すべく利用される。

[0053] 起動間隔時間格納部１５０は、複数の発電機３０を起動させて発電量を調

整するときに、一の発電機３０の起動後、次の発電機３０を起動するまでの時間間隔を起動間隔時間テーブルとして格納する。制御有効時間格納部１６０は、発電機３０の調整により発電機３０が調整された値まで発電量を増加又は減少させる時間を制御有効時間として格納する。なお、制御有効時間格納部１６０は、自動制御部２０による発電機の制御の実施による逆調整池３の水位への影響について、全て現出するまでの時間を制御量計算時間として格納してもよい。

[0054] 制御不動時間格納部１７０は、図７に示すように、調整水量に応じて、制御をせずに待機する時間を制御不動時間として決定する制御不動時間テーブルを格納している。制御不動時間格納部１７０は、発電量の調整をするための調整水量について、逆調整池３の水位を変化させて、水位の安定（水面の揺れの安定）を得られるまでの時間を制御不動時間として格納する。

[0055] 最大調整水量格納部１８０は、図８に示すように、前回の調整からの経過時間に応じて、調整可能な最大調整水量を決定する最大調整水量テーブルを格納している。ここで、最大調整水量とは、一度の調整において調整可能な最大水量をいう。最大調整水量は、河川１への流出量を制限することで、河川１の流量の急増を防止することを目的として設けられる。

[0056] 調整水量決定部２００は、制御切替部１３から、要求指令制御から水位制御に切り替える旨の信号を受信する。また、調整水量決定部２００は、制御切替部１３から、水位制御から要求指令制御に切り替える旨の信号を受信する。調整水量決定部２００は、制御を切り替える旨の信号を受信すると、水位制御による発電量の制御を開始する。なお、調整水量決定部２００は、入力部１６に発電量を調整する入力を取得することで、水位制御による発電量の制御を開始してもよい。

[0057] 調整水量決定部２００は、水位情報格納部１２に格納されている、現在の逆調整池３の水位が所定の水位範囲を上回っているか、又は下回っているかのいずれかを判断する。調整水量決定部２００は、判断の結果、現在の逆調整池３の水位について、所定の水位範囲を上回っていると判断すると、調整

水量格納部１３０から、図６（ｂ）に示す最大調整水量テーブルを読み出す。また、調整水量決定部２００は、判断の結果、現在の逆調整池３の水位について、所定の水位範囲を下回っていると判断すると、調整水量格納部１３０から、図６（ａ）に示す最大調整水量テーブルを読み出す。

[0058] 調整水量決定部２００は、貯水量格納部１４０を参照して、現在の逆調整池３の水位から、現在の逆調整池３の貯水量を算出する。また、調整水量決定部２００は、所定の時間前の逆調整池３の水位から、所定の時間前の逆調整池３の貯水量を算出する。そして、調整水量決定部２００は、所定の時間前から現在までの貯水量の変化率を算出する。ここで、所定の時間について、調整水量決定部２００は、前回の制御における制御不動時間に加え、制御有効時間格納部１６０に格納されている制御有効時間を加味して決定する。

[0059] 例えば、調整水量決定部２００は、制御不動時間及び制御有効時間の和を所定の時間と決定してよい。また、調整水量決定部２００は、制御不動時間及び制御有効時間の経過後に発電量の調整をするときは、制御有効時間格納部１６０より制御量計算時間を読み出して、所定の時間としてもよい。

[0060] 調整水量決定部２００は、貯水量の変化率から、逆調整池３の水位について、上昇傾向にあるか、下降傾向にあるかを判断する。調整水量決定部２００は、現在の逆調整池３の水位と、上昇傾向及び下降傾向の判断とに基づいて、制御の要否を判断する。具体的に、調整水量決定部２００は、現在の逆調整池３の水位について、所定の水位範囲を上回っており、水位について上昇傾向と判断すると、発電量の調整に移行する。調整水量決定部２００は、現在の逆調整池３の水位について、所定の水位範囲を上回っており、水位について下降傾向と判断すると、制御をせずに待機する。逆に、調整水量決定部２００は、現在の逆調整池３の水位について、所定の水位範囲を下回っており、水位について下降傾向と判断すると、発電量の調整に移行する。調整水量決定部２００は、現在の逆調整池３の水位について、所定の水位範囲を下回っており、水位について上昇傾向と判断すると、制御をせずに待機する。

[0061] 調整水量決定部２００は、発電量の調整に移行すると、現在の逆調整池３の水位と、所定の時間前の逆調整池３の水位との水位差を算出する。そして、調整水量決定部２００は、調整水量格納部１３０から読み出した調整水量テーブルを参照して、水位差に基づいて決められる累進調整水量を決定する。そして、調整水量決定部２００は、上記貯水量の変化率と累進調整水量との差を算出することで、発電機３０を調整する調整水量を決定する。なお、調整水量決定部２００は、図７に示すように、決定された調整水量よりも要求指令制御により利用される水量の方が、水位を復帰すると判断するときは、要求指令制御により利用される水量の値を調整水量として決定する。また、調整水量決定部２００は、図７に示すように、決定した調整水量について、最大調整水量決定部３００より送られる最大調整水量を超えているときは、最大調整水量を調整水量として決定する。

[0062] また、調整水量決定部２００は、水位情報格納部１２に格納されている現在の水位情報について、発電機３０を停止する、予め定められた第５水位（停止水位Ｈ３）を上回っているか否かを判断する。調整水量決定部２００は、逆調整池３の水位について、停止水位Ｈ３を上回っていると判断したときは、発電機３０を停止することを決定する。調整水量決定部２００は、発電機３０の停止の指示を発電量調整部５００に送る。

[0063] また、調整水量決定部２００は、水位情報格納部１２に格納されている現在の水位情報について、発電機３０を起動する、予め定められた第６水位（起動水位Ｌ３）を下回っているか否かを判断する。調整水量決定部２００は、逆調整池３の水位について、起動水位Ｌ３を下回っていると判断したときは、発電機３０を起動することを決定する。調整水量決定部２００は、発電機３０の起動をすることを決定したとき、複数の発電機３０を起動する場合には、起動間隔時間格納部１５０から起動間隔時間を読み出して、各発電機３０の起動間隔時間を決定する。調整水量決定部２００は、起動間隔時間とともに、発電機３０の起動又は停止の指示を発電量調整部５００に送る。

[0064] 最大調整水量決定部３００は、前回の調整からの経過時間に基づいて、河

川１及び取水路４の下流側の安全を考慮すべく設けられる。最大調整水量決定部３００は、調整時刻格納部１１０に記憶されている前回の調整時間を読み出す。最大調整水量決定部３００は、最大調整水量格納部１８０から、図８に示す最大調整水量テーブルを読み出す。最大調整水量決定部３００は、読み出した前回の調整時間と、読み出した最大調整水量テーブルとに基づいて、最大調整水量を決定する。最大調整水量決定部３００は、決定した最大調整水量を調整水量決定部２００に送る。

[0065] 制御不動時間決定部４００は、発電量の調整の効果により、ダム水位の変位を十分に得られる時間を決定すべく設けられる。制御不動時間決定部４００は、制御不動時間格納部１７０から、図８に示す制御不動時間テーブルを読み出す。制御不動時間決定部４００は、決定された調整水量を調整水量決定部２００から受け取る。制御不動時間決定部４００は、決定された調整水量と制御不動時間テーブルとに基づいて、制御不動時間を決定する。制御不動時間決定部４００は、決定した制御不動時間を発電量調整部５００に送る。

[0066] 発電量調整部５００は、調整水量決定部２００から送られた調整水量に基づいて、発電機３０の発電量を調整する指示を自動制御部２０に送信する。また、発電量調整部５００は、制御不動時間決定部４００から送信された制御不動時間に基づいて、自動制御部２０に送信した指示の後、制御不動時間の間、他から入力された調整指示を無効にする。例えば、発電量調整部５００は、入力部１６から調整指示が入力されたとしても、制御不動時間の経過までは、入力された調整入力を無効にする。また、発電量調整部５００は、発電量を調整した時刻を調整時刻格納部１１０に格納する。

[0067] 本実施形態に係る水力発電用自動制御システム１０の構成については以上の通りであり、次に、本実施形態に係る水力発電用自動制御システム１０の作用について図１０～１４を参照して説明する。

[0068] 図１０に示すように、水位情報取得部１１は、水位計８から逆調整池３の水位を含む水位情報を取得する（ステップＳ１）。水位情報取得部１１は、

取得した水位情報を水位情報格納部１２に格納する。また、水位情報取得部１１は、取得した水位情報を制御切替部１３に送る。

[0069] 制御切替部１３は、送られた水位情報を参照して、逆調整池３の水位に異常があるか否かを判断する（ステップＳ２）。制御切替部１３は、逆調整池３の水位に異常を発見すると（ステップＳ２　ＹＥＳ）、要求指令制御から水位制御に制御を切り替える旨の指示を調整指示部１７及び自動制御部２０に送信する（ステップＳ３）。すなわち、制御切替部１３は、逆調整池３の水位について、調整開始水位Ｈ２を上回る、又は調整開始水位Ｌ２を下回ることを発見すると、要求指令制御から水位制御に制御を切り替える旨の指示を調整指示部１７及び自動制御部２０に送信する。制御切替部１３は、逆調整池３の水位に異常を発見しない場合（ステップＳ２　ＮＯ）には、次に受信した水位情報を参照する。

[0070] 調整水量決定部２００は、逆調整池３の水位の変化率に基づいて調整水量を決定する（ステップＳ４）。制御不動時間決定部４００は、決定された調整水量に応じて、制御不動時間を決定する。制御不動時間決定部４００は、決定した制御不動時間を調整水量決定部２００に送る。調整水量決定部２００は、決定した調整水量を発電量調整部５００に送る。調整水量決定部２００は、要求指令制御における制御不動時間を経過していないと判断すると、制御不動時間の経過まで待機した後、調整水量を決定して発電量調整部５００に送る。また、制御不動時間決定部４００は、同様に、待機した後の調整水量について、制御不動時間を決定して調整水量決定部２００に送る。

[0071] ここで、図１１を参照して、調整水量を決定する流れを説明する。調整水量決定部２００は、発電量の調整をするか否かを判断する（ステップＳ４１）。具体的に、逆調整池３の水位が所定の水位範囲を上回っており、水位が下降傾向であれば、調整水量決定部２００は、発電量の調整をせずに待機する。また、逆調整池３の水位が所定の水位範囲を下回っており、水位が上昇傾向であれば、調整水量決定部２００は、発電量の調整をせずに待機する。

[0072] 一方、逆調整池３の水位が所定の水位範囲を上回っており、水位が上昇傾

向であれば、調整水量決定部２００は、発電量の調整を開始する。また、逆調整池３の水位が所定の水位範囲を下回っており、水位が下降傾向であれば、調整水量決定部２００は、発電量の調整を開始する。

[0073] 調整水量決定部２００は、水位情報格納部１２に格納されている水位情報から、仮調整水量として発電機３０の発電量を調整する水量を決定する（ステップＳ４２）。次に、調整水量決定部２００は、現時点における要求指令制御で示される発電量（利用水量）を参照して、決定された仮調整水量よりも水位を復帰させる水量であるか否かを判断する（ステップＳ４３）。調整水量決定部２００は、要求指令制御による利用水量について、決定された仮調整水量よりも水位を復帰させると判断すると（ステップＳ４３　ＹＥＳ）、要求指令制御による利用水量を仮調整水量とする（ステップＳ４４）。調整水量決定部２００は、要求指令制御による利用水量について、決定された仮調整水量よりも水位を復帰させないと判断すると（ステップＳ４３　ＮＯ）、決定された仮調整水量をそのまま、仮調整水量とする。

[0074] 最大調整水量決定部３００は、調整時間格納部１１０を参照して、直近の発電量の調整時間を取得する。最大調整水量決定部３００は、直近の発電量の調整時間からの経過時間を算出する。最大調整水量決定部３００は、最大調整水量格納部１８０を参照して、算出した経過時間を基に、最大調整水量を決定する（ステップＳ４５）。

[0075] 調整水量決定部２００は、仮調整水量について、最大調整水量を超えているか否かを判断する（ステップＳ４６）。調整水量決定部２００は、仮調整水量について、最大調整水量を超えていると判断すると（ステップＳ４６　ＮＯ）、最大調整水量を調整水量として決定する（ステップＳ４７）。逆に、調整水量決定部２００は、仮調整水量について、最大調整水量を超えていないと判断すると（ステップＳ４６　ＹＥＳ）、仮調整水量を調整水量として決定する（ステップＳ４８）。

[0076] 制御不動時間決定部４００は、制御不動時間格納部１７０を参照する。制御不動時間決定部４００は、決定された調整水量に基づいて、制御不動時間

テーブルを参照して、制御不動時間を決定する（ステップＳ４９）。制御不動時間決定部４００は、調整水量の多さに応じて、より長い制御不動時間を決定する。

[0077] 図１０を参照して、その後の流れを説明する。発電量調整部５００は、送られた調整水量に応じて、自動制御部２０に調整水量を指示することで、発電機３０の発電量を調整する（ステップＳ５）。また、発電量調整部５００は、発電機３０の発電量を調整した時間を時間計測部１５を利用して取得して、調整時刻格納部１１０に格納する。その後、発電量調整部５００は、調整水量決定部２００から送られた制御不動時間に応じて、発電量の調整をせずに待機する（ステップＳ６）。例えば、発電量調整部５００は、入力部１６から調整水量決定部２００に対して発電量の調整入力がある場合であっても、自動制御部２０への発電量の調整指示をせずに待機する。

[0078] 調整水量決定部２００は、制御不動時間の経過後、水位情報格納部１２に格納されている水位情報に示される逆調整池３の水位について、起動・停止水位Ｈ３を上回ったか、又は起動・停止水位Ｌ３を下回ったか否か判断する（ステップＳ７）。調整水量決定部２００は、起動・停止水位Ｈ３を上回っていない、又は起動・停止水位Ｌ３を下回っていないと判断するときは（ステップＳ７　ＮＯ）、発電量の調整を継続する（ステップＳ８　ＮＯ）。その後、制御切替部１３は、逆調整池３の水位について、復帰したと判断したときは（ステップＳ８　ＹＥＳ）、水量調整部及び自動制御部２０に、水位制御から要求指令制御に切り替える信号を出すことで、水位制御を終了する。

[0079] 調整水量決定部２００は、水位情報に示される逆調整池３の水位について、起動・停止水位Ｈ３を上回ったと判断したとき（ステップＳ７　ＹＥＳ）、発電機３０を停止する信号を発電量調整部５００に送る。発電量調整部５００は、発電機３０を停止する旨の信号を受信すると、発電機３０を停止する信号を自動制御部２０に送信することで、発電機３０を停止する（ステップＳ９）。

[0080] 調整水量決定部２００は、水位情報雄に示される逆調整池３の水位について、起動・停止水位Ｌ３を下回ったと判断したとき、発電機３０を起動する信号を発電量調整部５００に送る。発電量調整部５００は、発電機３０を起動する旨の信号を受信すると、発電機３０を起動する信号を自動制御部２０に送信することで、発電機３０を起動する（ステップＳ９）。

[0081] ここで、図１２を参照して、発電機３０を起動又は停止する流れを説明する。調整水量決定部２００は、発電機３０を起動させるか停止させるかを判断する（ステップＳ９１）。調整水量決定部２００は、発電機３０を停止させる場合（ステップＳ９１　ＮＯ）、制御不動時間決定部４００に、１つの発電機３０を停止した後の制御不動時間を決定させる。制御不動時間決定部４００は、調整水量決定部２００から制御不動時間を決定する旨の信号を受けると、制御不動時間格納部１７０を参照する。制御不動時間決定部４００は、制御不動時間格納部１７０に格納されている制御不動時間テーブルを参照して、停止する発電機３０により変化する水量に基づいて、制御不動時間を決定する（ステップＳ９２）。制御不動時間決定部４００は、決定した制御不動時間を、調整水量決定部２００に送る。

[0082] また、調整水量決定部２００は、効果確認時間格納部１２０から、効果確認時間を読み出す（ステップＳ９３）。そして、調整水量決定部２００は、１つの発電機３０を停止する旨の信号と、制御不動時間とを発電量調整部５００に送る。発電量調整部５００は、１つの発電機３０を停止する旨の信号を自動制御部２０に送る（ステップＳ９４）。

[0083] 調整水量決定部２００は、時間計測部１５を参照して、効果確認時間を経過したか否かを判断する（ステップＳ９５）。調整水量決定部２００は、効果確認時間を経過した後に、水位情報格納部１２に格納されている水位情報を参照して、逆調整池３の水位について、水位回復傾向にあるか否かを判断する（ステップＳ９６）。調整水量決定部２００は、逆調整池３の水位について、水位回復傾向にある場合には、他の発電機３０の停止を終了する（ステップＳ９６　ＹＥＳ）。

[0084] 調整水量決定部２００は、逆調整池３の水位について、水位回復傾向にない場合、次の発電機３０を停止するか否かを判断する（ステップＳ９７）。調整水量決定部２００は、次の発電機３０を停止しない場合（例えば、既に全ての発電機３０が停止している場合）、発電機３０の停止を終了する（ステップＳ９７　ＮＯ）。

[0085] 発電量調整部５００は、次の発電機３０を停止する場合、制御不動時間決定部４００により決定された制御不動時間を経過したか否かを判断する（ステップＳ９８）。発電量調整部５００は、制御不動時間を経過していないと判断すると、制御不動時間の経過まで待機する（ステップＳ９８　ＮＯ）。調整水量決定部２００は、制御不動時間の経過後、ステップＳ９２に戻って、次の発電機３０を停止させる（ステップＳ９８　ＹＥＳ）。

[0086] 一方、調整水量決定部２００は、発電機３０を起動させる判断をすると（ステップＳ９１　ＹＥＳ）、起動間隔時間格納部１５０を参照して、起動間隔時間を取得する（ステップＳ９９）。また、発電量調整部５００は、発電機３０を起動させた後の制御不動時間を、制御不動時間決定部４００に決定させる。

[0087] 制御不動時間決定部４００は、調整水量決定部２００から制御不動時間を決定する旨の信号を受けると、制御不動時間格納部１７０を参照する。制御不動時間決定部４００は、制御不動時間格納部１７０に格納されている制御不動時間テーブルを参照して、起動する発電機３０により変化する水量に基づいて、制御不動時間を決定する（ステップＳ１００）。制御不動時間決定部４００は、決定した制御不動時間を、調整水量決定部２００に送る。

[0088] また、調整水量決定部２００は、効果確認時間格納部１２０から、効果確認時間を読み出す（ステップＳ１０１）。そして、調整水量決定部２００は、１つの発電機３０を起動する旨の信号と、起動間隔時間と、制御不動時間とを発電量調整部５００に送る。発電量調整部５００は、１つの発電機３０を起動する旨の信号を自動制御部２０に送る（ステップＳ１０２）。

[0089] 調整水量決定部２００は、時間計測部１５を参照して、効果確認時間を経

過したか否かを判断する（ステップＳ１０３）。調整水量決定部２００は、効果確認時間を経過した後に、水位情報格納部１２に格納されている水位情報を参照して、逆調整池３の水位について、水位回復傾向にあるか否かを判断する（ステップＳ１０４）。調整水量決定部２００は、逆調整池３の水位について、水位回復傾向にある場合には、他の発電機３０の起動を終了する（ステップＳ１０４　ＹＥＳ）。

[0090] 調整水量決定部２００は、逆調整池３の水位について、水位回復傾向にない場合、次の発電機３０を起動するか否かを判断する（ステップＳ１０５）。調整水量決定部２００は、次の発電機３０を起動しない場合（例えば、既に全ての発電機３０が起動している場合）、発電機３０の起動を終了する（ステップＳ１０５　ＮＯ）。

[0091] 発電量調整部５００は、次の発電機３０を起動する場合、起動間隔時間と、制御不動時間決定部４００により決定された制御不動時間とを経過したか否かを判断する（ステップＳ１０６）。発電量調整部５００は、起動間隔時間及び制御不動時間を経過していないと判断すると、図１３（ａ）及び（ｂ）に示すように、起動間隔時間又は制御不動時間のいずれか長い時間の間、次の調整をせずに待機する（ステップＳ１０７）。調整水量決定部２００は、起動間隔時間又は制御不動時間のいずれか長い時間の経過後、ステップＳ９９に戻って、次の発電機３０を起動させる。

[0092] 図１０を参照して、その後の流れを説明する。調整水量決定部２００は、現在の逆調整池３の水位について、起動・停止水位Ｈ３を下回っていない、又は起動・停止水位Ｌ３を上回っていないと判断したとき（ステップＳ１０　ＮＯ）、制御切替部１３にその旨の信号を送る。制御切替部１３は、調整水量決定部２００からの信号を受けて、警報発令部１４に警報を発令させる（ステップＳ１１）。一方、調整水量決定部２００は、現在の逆調整池３の水位について、起動・停止水位Ｈ３を下回っている、又は起動・停止水位Ｌ３を上回っていると判断したときは（ステップＳ１０　ＹＥＳ）、発電量の調整を続行する。

[0093] 次に、図１４を参照して、制御不動時間を決定する流れについて説明する。調整水量決定部２００は、発電量の調整、すなわち水量の調整について、その有無を判断する（ステップＳ５１）。調整水量決定部２００は、水量の調整なしと判断した場合、その判断を続けて実行する（ステップＳ５１　ＮＯ）。

[0094] 調整水量決定部２００は、水量調整有りと判断した場合（ステップＳ５１　ＹＥＳ）、調整水量を制御不動時間決定部４００に送る（ステップＳ５２）。制御不動時間決定部４００は、制御不動時間格納部１７０に格納されている制御不動時間テーブルを参照して、調整水量に応じた制御不動時間を決定する（ステップＳ５３）。制御不動時間決定部４００は、決定した制御不動時間を調整水量決定部２００に送る。

[0095] 以上より、本実施形態に係る水力発電用自動制御システム１０は、逆調整池３の水位に異常が見られない状態では、要求指令制御に基づく必要発電量に基づく発電機３０の制御をすることができる。そして、水力発電用自動制御システム１０は、逆調整池３の水位について異常であると判断したときに、水位制御に移行することができる。これにより、逆調整池３の溢水又は水位異常低下に起因する計画放流量の不足を防止でき、逆調整池３の周囲施設の損壊や、水力発電所５のさらに下流に設けられている他の水力発電所の水量不足を効果的に防止できる。

[0096] また、本実施形態に係る水力発電用自動制御システム１０では、発電量の調整毎に、制御不動時間を設けているので、水力発電所５よりもさらに下流にある逆調整池３の水位に調整水量による効果が得られた後に、次の発電量の調整をすることができる。これにより、逆調整池３の水位に対する過剰な制御を防止でき、ひいては、過剰な制御による逆調整池３の溢水又は水位異常低下を防止できる。

[0097] また、本発明に係る水力発電用自動制御システム１０では、最大調整水量を決定しているので、発電量の調整に応じた水力発電所５の下流の河川１の急激な増水を防止できる。また、複数の発電機３０を起動する場合には、１

つの発電機３０の起動毎に起動間隔時間を決定しているので、いっせいに発電機３０を起動することに起因するウォーターハンマによる水路の損壊を防止できる。また、発電所下流の河川１の水量は、徐々に増加することになるので、河川周辺に位置する人への警告を兼ねることができる。

[0098] また、要求指令制御による調整水量が、決定された調整水量よりも水位を復帰させる場合には、要求指令制御による調整水量で発電量を調整するので、本来要求される発電量を担保したまま、逆調整池３の水量を復帰させることができる。

[0099] ＜第２の実施形態＞

次に、本発明の第２の実施形態について、図１５（ａ）及び図１５（ｂ）を参照して説明する。

[0100] 第２の実施形態に係る水力発電用自動制御システム１０では、図１５（ａ）及び図１５（ｂ）に示すように、第１の実施形態に係る要求指令制御部７が、水力発電用自動制御システム１０に備えられている点で、第１の実施形態と異なる。また、第１の実施形態に係る水力発電用自動制御システム１０の構成が、水位制御部９として水力発電用自動制御システム１０内に設けられている点で、第１の実施形態と異なる。制御切替部１３は、論理回路又は電気回路により、要求指令制御部７による制御と水位制御部９による制御とを切り替える。その他の点については、第１の実施形態と同様の構成及び作用であるので、本実施形態での説明を省略する。

[0101] 以上より、本実施形態に係る水力発電用自動制御システム１０は、要求指令制御部７が水力発電用自動制御システム１０内に備えられていたとしても、第１の実施形態と同様に制御することができる。

[0102] ＜第３の実施形態＞

次に第３の実施形態について、図１６、図１７（ａ）、及び図１７（ｂ）を参照して説明する。

[0103] 本実施形態では、図１６に示すように、発電所上流に位置する上流ダム２（以下、調整池２とする）の貯水可能容量が少なく、発電所下流に位置する

下流ダム３の貯水可能容量が十分にあるときに適用される。したがって、本実施形態に係る水力発電用自動制御システム１０は、上記実施形態に係る逆調整池３の水位に変えて、調整池２の水位に応じて要求指令制御と水位制御を切り替える点で、上記実施形態と異なる。

[0104] 本実施形態では、図２に係る水位について、調整開始水位Ｈ２を上回ったとき（すなわち、ａ点になったとき）に、水力発電用自動制御システム１０は、発電機３０の制御を要求指令制御から水位制御に移行させて、発電量を増加させる。そして、調整池２の水位が起動・停止水位Ｈ３を上回ったとき（すなわち、ｂ点になったとき）に、水力発電用自動制御システム１０は、発電機３０を起動する。複数の発電機が対象の場合、第１の実施形態同様に発電機を起動する。調整池２の水位が復帰水位Ｈ１を下回ったとき（すなわち、ｃ点になったとき）に、水力発電用自動制御システム１０は、発電機３０の制御を水位制御から要求指令制御に移行する。

[0105] 次に、調整池２の水位が低下して、調整開始水位Ｌ２を下回ったとき（すなわち、ｄ点になったとき）に、水力発電用自動制御システム１０は、発電機３０の制御を要求指令制御から水位制御に移行させて、発電量を絞る。そして、調整池２の水位が起動・停止水位Ｌ３を下回ったとき（すなわち、ｅ点になったとき）に、水力発電用自動制御システム１０は、発電機３０を第１の実施形態１と同様の手順で停止する。調整池２の水位が復帰水位Ｌ１を上回ったとき（すなわち、ｆ点になったとき）に、水力発電用自動制御システム１０は、発電機３０の制御を水位制御から要求指令制御に移行する。

[0106] 本実施形態に係る水力発電用自動制御システム１０に係る構成は、図１７（ａ）及び図１７（ｂ）に示すように、上記第２の実施形態と同一であり、各構成による調整池２の水位の調整、すなわち発電量の調整を逆にすることで、調整池２の水位制御に適用できる。したがって、本実施形態における各構成及び作用の説明を省略する。

[0107] なお、本発明に係る防護管１は、上記した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ること

は勿論である。また、上記した複数の実施形態の構成や方法等を任意に採用して組み合わせてもよく（１つの実施形態に係る構成や方法等を他の実施形態に係る構成や方法等に適用してもよく）、さらに、下記する各種の変更例に係る構成や方法等を任意に選択して、上記した実施形態に係る構成や方法等に採用してもよいことは勿論である。

[0108] 例えば、上記実施形態に係る水力発電用システムにおいて、図１８に示すように、制御不動時間決定部４００は、要求指令制御における発電量の調整のそれぞれに対しても、制御不動時間を決定してもよい。制御切替部１３が要求指令制御から水位制御に制御を切り替えた後、調整水量決定部２００は、要求指令制御による直近の発電量の調整の後、該調整に対して決定された制御不動時間の経過後、調整水量を決定してもよい。これにより、調整水量決定部２００は、要求指令制御による、直近の発電量の調整による水位への影響を考慮した上で、調整水量を決定することができる。

[0109] また、図１９に示すように、制御切替部１３は、水位制御による直近の発電量の調整の後、該調整に対して決定された制御不動時間の経過後、発電機３０の制御を水位制御から要求指令制御に切り替えてもよい。これにより、制御切替部１３は、水位制御による、直近の発電量の調整による水位への影響を考慮した上で、水位制御から要求指令制御へと制御を切り替えることができる。

[0110] また、上記実施形態に係る水力発電用自動制御システム１０において、複数の発電機３０を停止するに際して、起動間隔決定部は、それぞれの発電機３０の停止時間を決定してもよい。調整水量決定部２００は、起動間隔時間又は制御不動時間のいずれか長い時間の経過後に、次の発電機３０を停止する指示をしてもよい。これにより、発電機３０を停止する場合においても、ウォーターハンマによる水路の破損を防止できる。

[0111] また、上記実施形態に係る水力発電用自動制御システム１０において、発電量調整部５００が制御不動時間の間、発電機３０の調整を無効又は待機しているが、調整水量決定部２００が、発電量調整部５００に対する制御指示

を無効又は待機する構成としてもよい。

符号の説明

[0112] １　河川

２　上流ダム（調整池）

３　下流ダム（逆調整池）

４　取水路

５　水力発電所

６　支流

７　要求指令制御部

８　水位計

９　水位制御部

１０　水力発電用自動制御システム

１１　水位情報取得部

１２　水位情報格納部

１３　制御切替部

１４　警報発令部

１５　時間計測部

１６　入力部

１７　調整指示部

２０　自動制御部

３０　発電機

５０　制御所

１００　情報格納部

１１０　調整時刻格納部

１２０　効果確認時間格納部

１３０　調整水量格納部

１４０　貯水量格納部

１５０　起動間隔時間格納部

１６０　制御有効時間格納部

１７０　制御不動時間格納部

１８０　最大調整水量格納部

２００　調整水量決定部

３００　最大調整水量決定部

４００　制御不動時間決定部

５００　発電量調整部

請求の範囲

[請求項1] 時刻毎に要求される、予め定められた発電量に応じて発電機を制御する要求指令制御と、ダム水位に応じて発電機を制御する水位制御とを切り替える水力発電用自動制御システムであって、

現在のダム水位を水位情報として取得する水位情報取得部と、

水位情報により示されるダム水位が、所定の水位範囲から逸脱したときに、発電機の制御を要求指令制御から水位制御に切り替える制御切替部と、

ダム水位に応じて、水位制御における発電機の発電量を調整指示する調整指示部と

を備え、

制御切替部は、水位情報に示されるダム水位が所定の水位範囲に復帰したときに、発電機の制御を水位制御から要求指令制御に切り替えることを特徴とする水力発電用自動制御システム。

[請求項2] 調整指示部は、ダム水位を回復させるべく、ダム水位に応じて調整する調整水量を決定する調整水量決定部と、

調整水量に応じて、次の水量調整を可能にするまでの時間を制御不動時間として決定する制御不動時間決定部と、

調整水量決定部により決定された調整水量に応じて発電機の発電量を調整するとともに、制御不動時間が経過するまで、次回の発電量の調整をせずに待機する発電量調整部と

を有することを特徴とする請求項１に記載の水力発電用自動制御システム。

[請求項3] 制御不動時間決定部は、調整水量と、ダム及び発電機間の距離とを利用して制御不動時間を決定することを特徴とする請求項２に記載の水力発電用自動制御システム。

[請求項4] ダムは、逆調整池であり、発電機の下流に設けられることを特徴とする請求項２又は３に記載の水力発電用自動制御システム。

［請求項5］ ダムは、調整池であり、発電機の上流に設けられることを特徴とする請求項２又は３に記載の水力発電用自動制御システム。

［請求項6］ 調整水量決定部は、ダム水位に応じて決定される水量よりも、要求指令制御により発電に利用される水量が、ダム水位の回復に寄与するときに、要求指令制御により発電に利用される水量を調整水量とすることを特徴とする請求項２乃至５のいずれか一項に記載の水力発電用自動制御システム。

［請求項7］ 制御不動時間決定部は、要求指令制御による発電量の調整毎に制御不動時間を決定し、

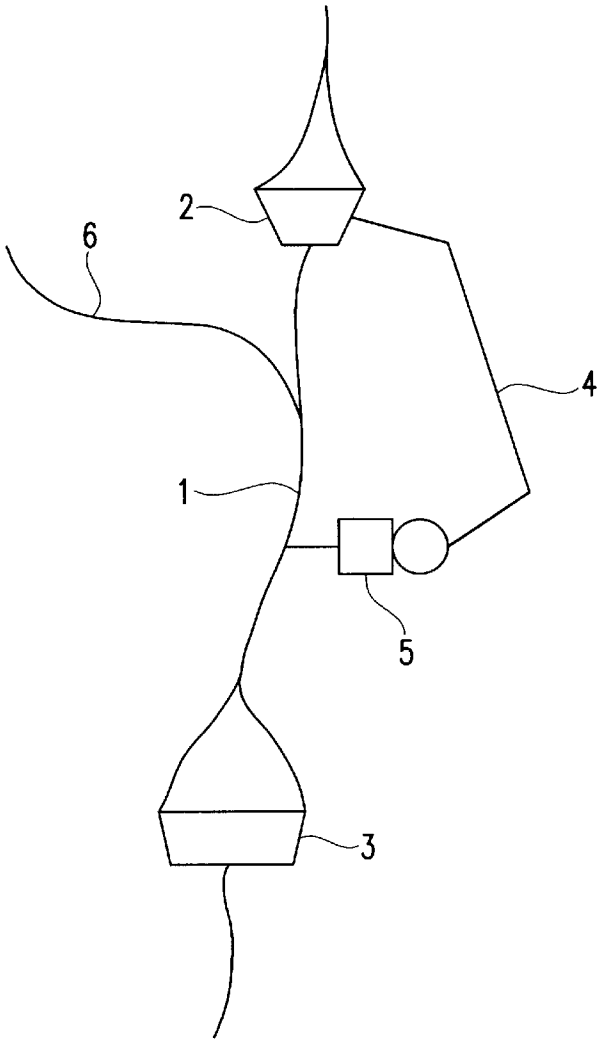
制御切替部は、水位情報により示されるダム水位が、予め定められた第１水位以上、又は予め定められた第２水位以下になった後、制御不動時間の経過後に発電機の制御を要求指令制御から水位制御に切り替えることを特徴とする請求項２乃至６のいずれか一項に記載の水力発電用自動制御システム。

［請求項8］ 制御切替部は、水位情報により示されるダム水位が、予め定められた第３水位以下、並びに予め定められた第４水位以上になった後、制御不動時間の経過後に発電機の制御を水位制御から要求指令制御に切り替えることを特徴とする請求項２乃至７のいずれか一項に記載の水力発電用自動制御システム。

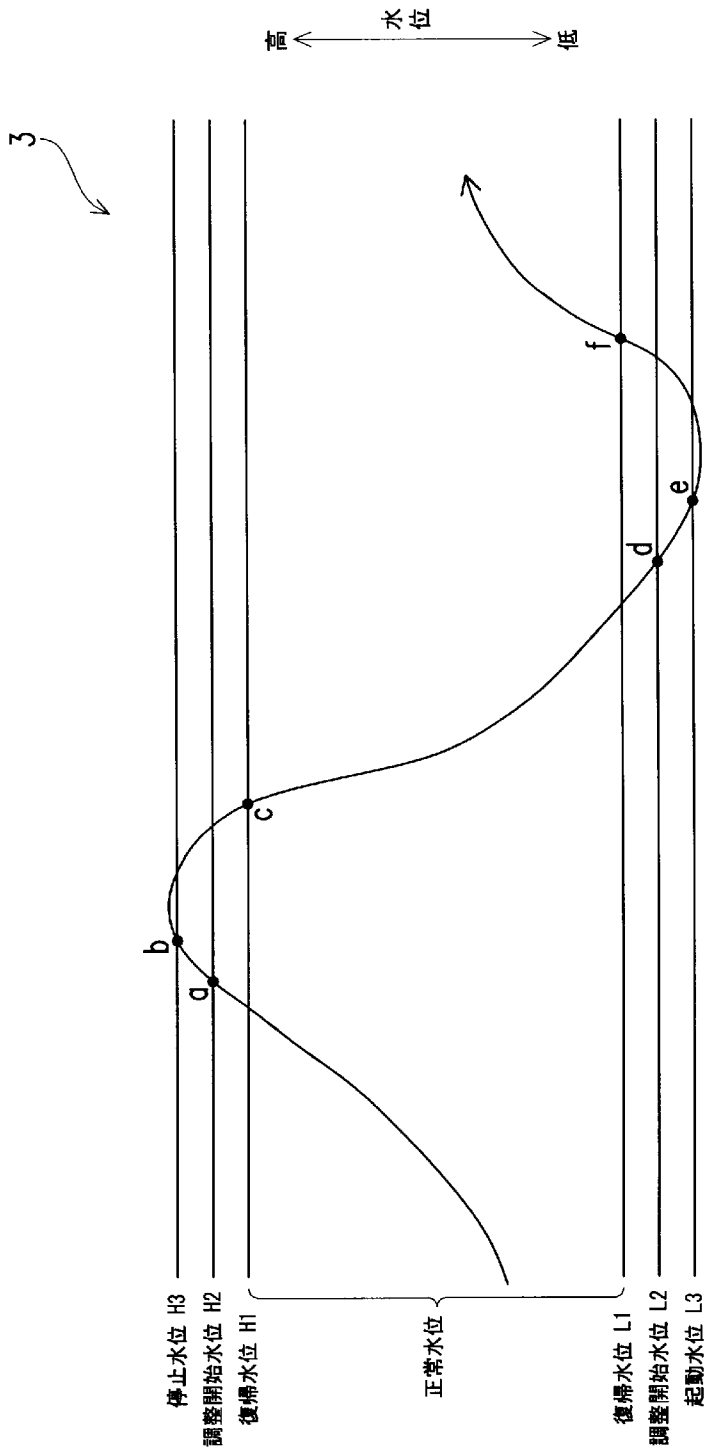
［請求項9］ 発電量調整部は、複数の発電機を起動させて発電量を調整するときに、一の発電機の起動後、次の発電機を起動するまでの時間間隔を起動間隔時間として格納する起動間隔時間格納部をさらに有し、

発電量調整部は、起動間隔時間又は制御不動時間のいずれか長い時間の経過後に、次の発電機を起動させることを特徴とする請求項２乃至８のいずれか一項に記載の水力発電用自動制御システム。

[図1]

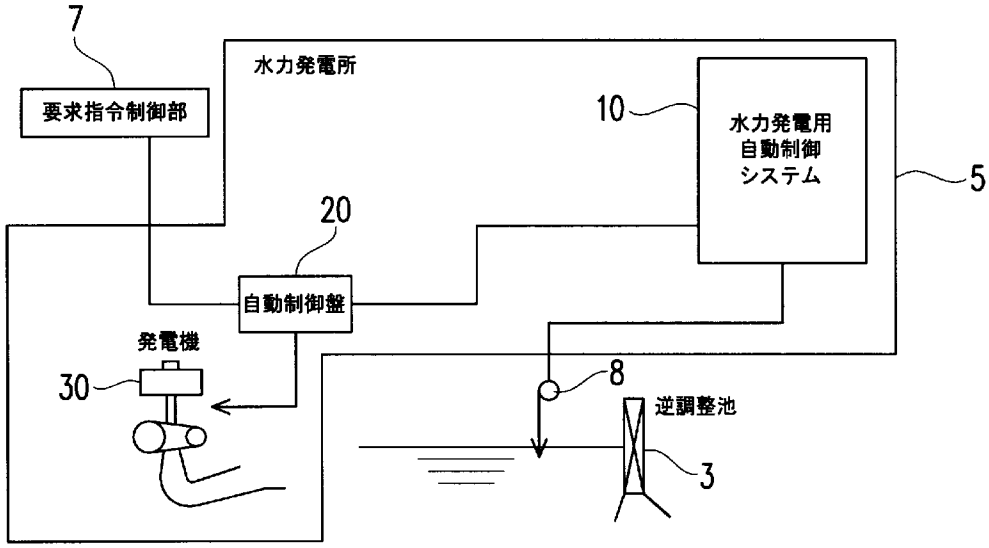


[図2]

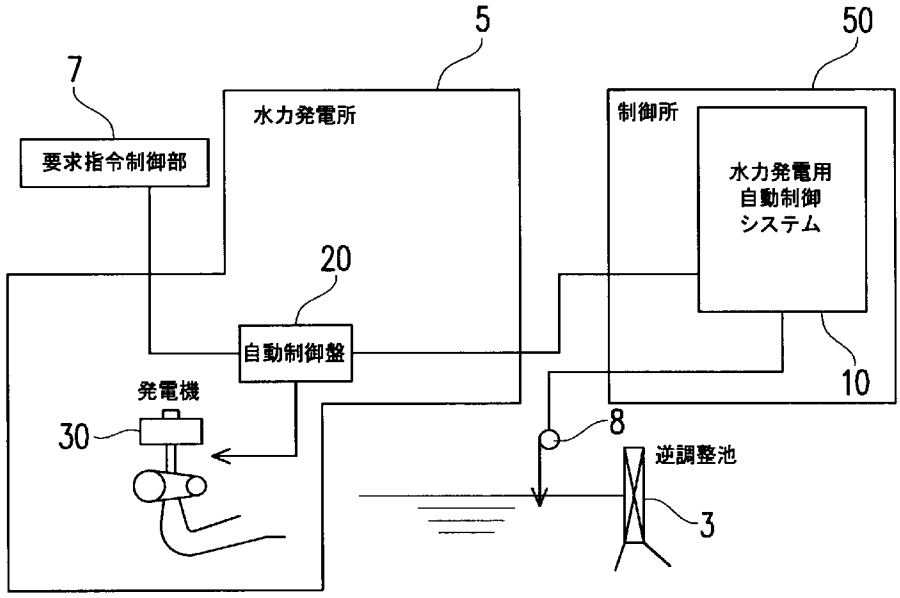

高
水位
低
3
停止水位 H3
調整開始水位 H2
復帰水位 H1
正常水位
復帰水位 L1
調整開始水位 L2
起動水位 L3
a
b
c
d
e
f

[図3]

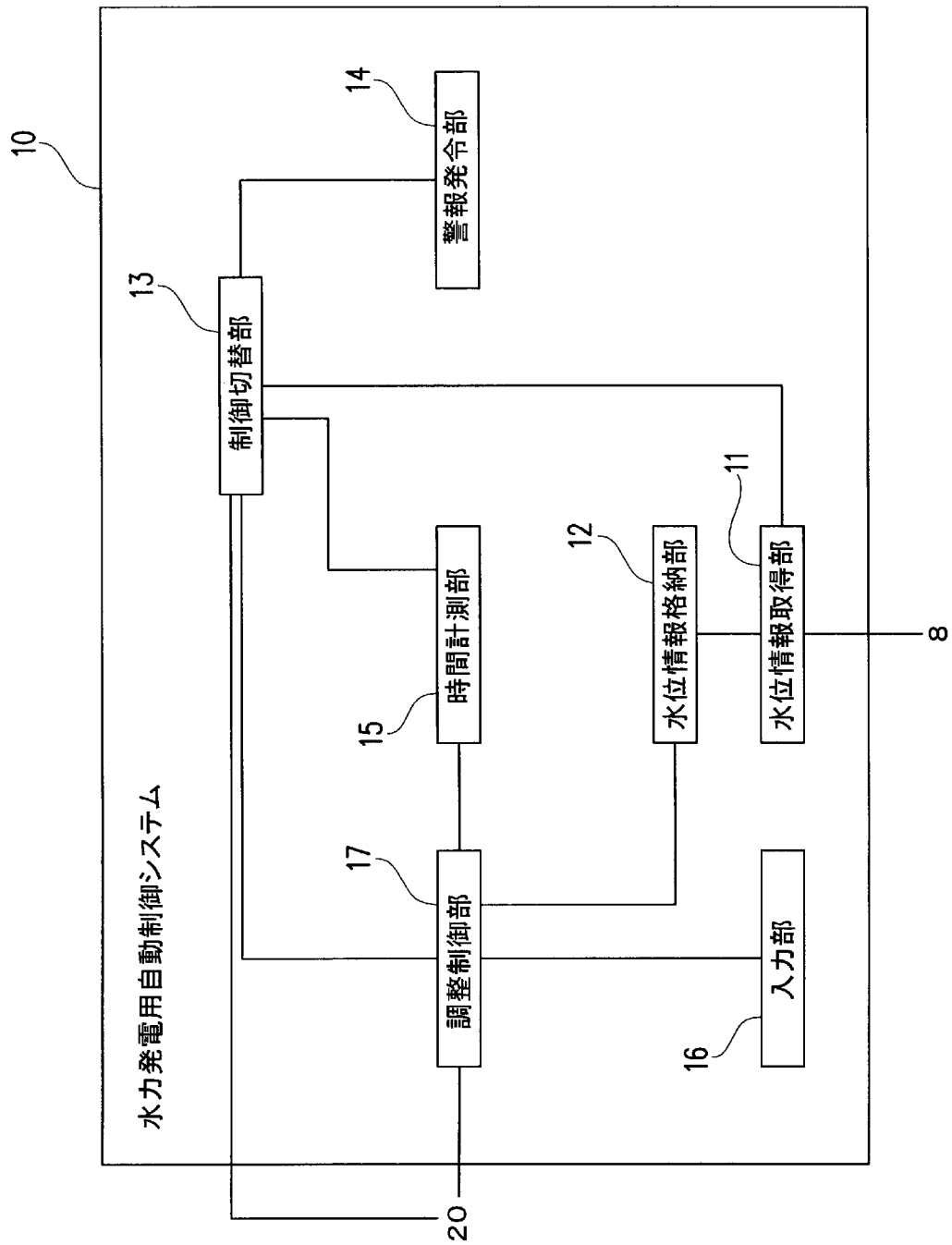
(a)


7
水力発電所
要求指令制御部
10
水力発電用
自動制御
システム
5
20
自動制御盤
発電機
30
8
逆調整池
3

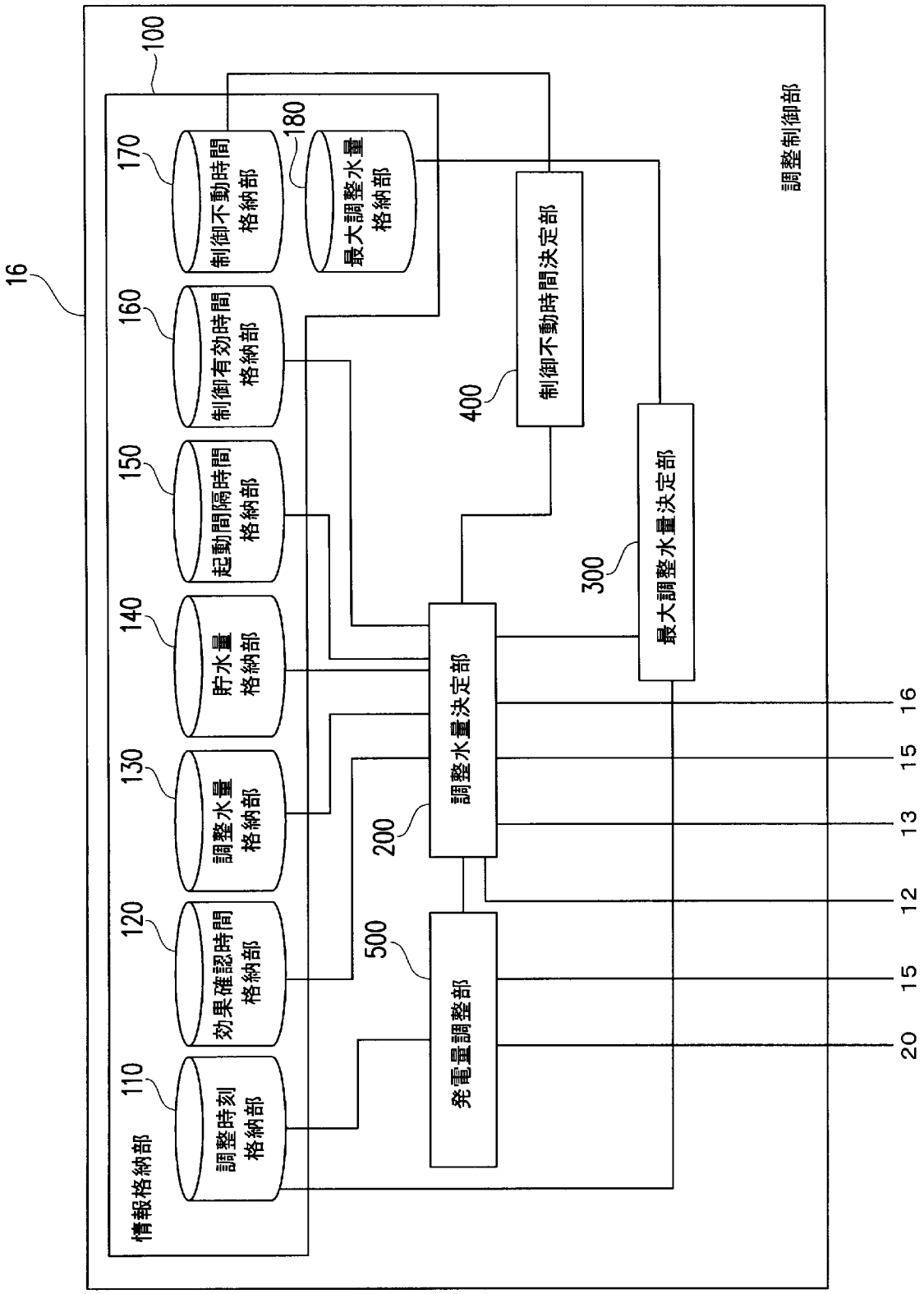
(b)


5
50
7
水力発電所
制御所
要求指令制御部
水力発電用
自動制御
システム
20
自動制御盤
10
発電機
30
8
逆調整池
3

[図4]

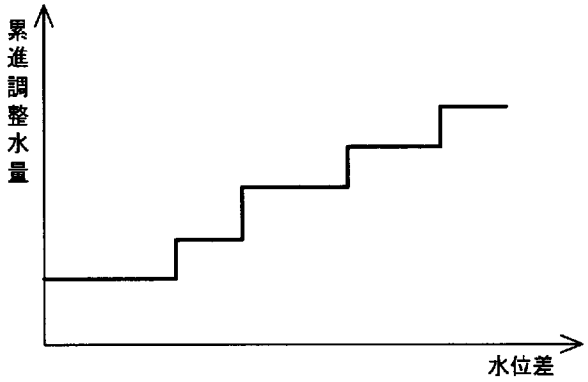

10
水力発電用自動制御システム
14
警報発令部
13
制御切替部
15
時間計測部
12
水位情報格納部
11
水位情報取得部
8
17
調整制御部
16
入力部
20

[図5]

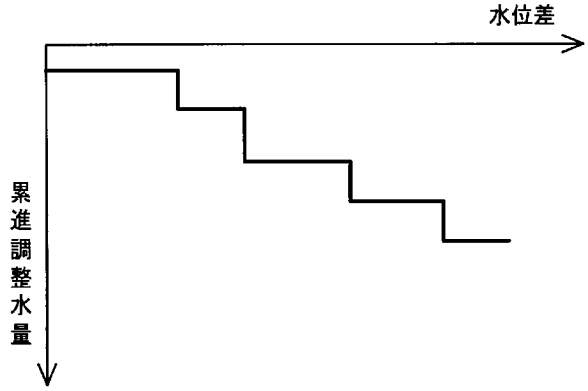

16
100
調整制御部
情報格納部
110
調整時刻格納部
120
効果確認時間格納部
130
調整水量格納部
140
貯水量格納部
150
起動間隔時間格納部
160
制御有効時間格納部
170
制御不動時間格納部
180
最大調整水量格納部
200
調整水量決定部
300
最大調整水量決定部
400
制御不動時間決定部
500
発電量調整部
16
15
13
12
15
20

[図6]

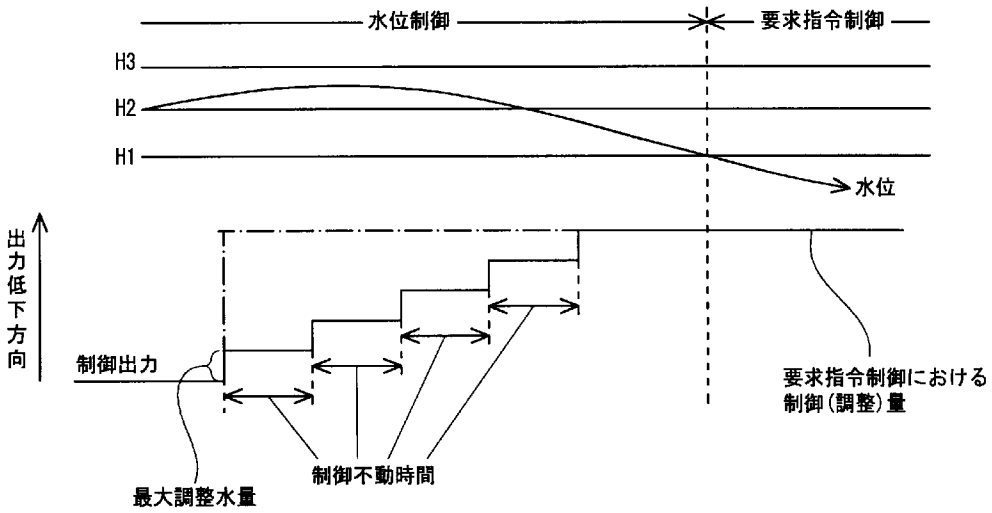
(a)



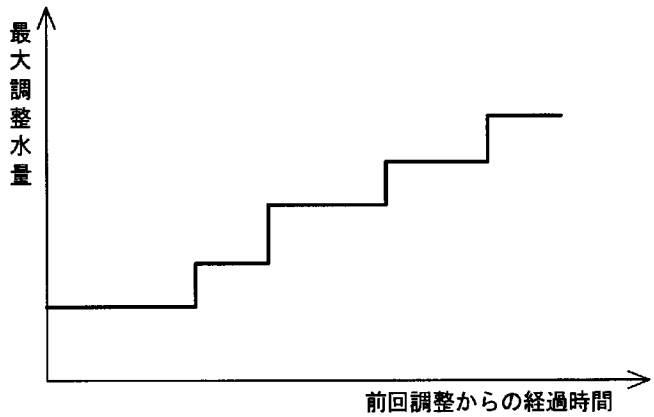
(b)



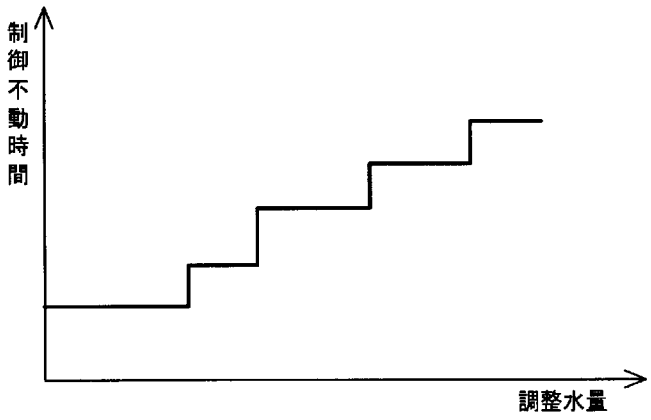
[図7]


水位制御
要求指令制御
H3
H2
H1
水位
出力低下方向
制御出力
要求指令制御における
制御(調整)量
最大調整水量
制御不動時間

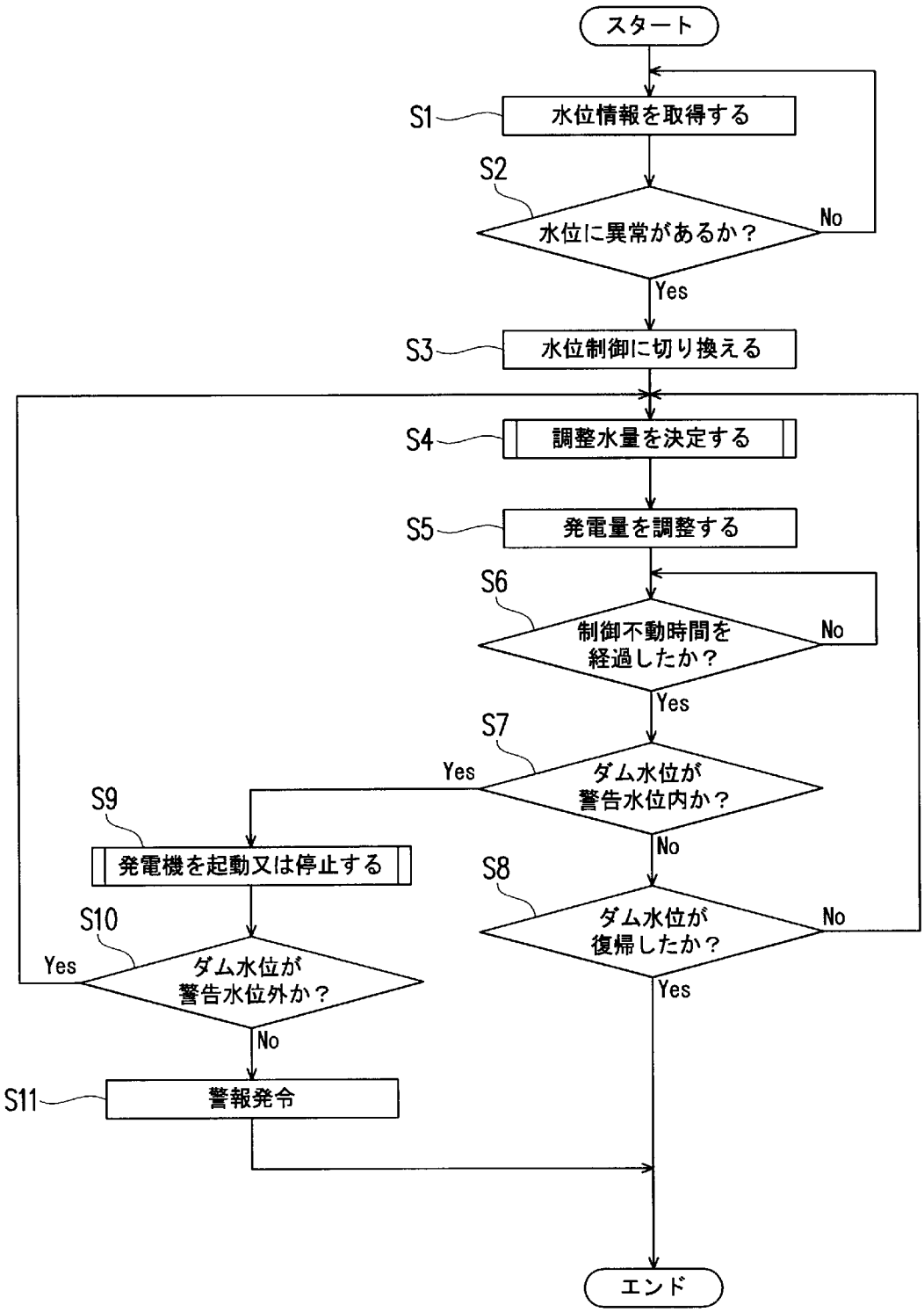
[図8]


最大調整水量
前回調整からの経過時間

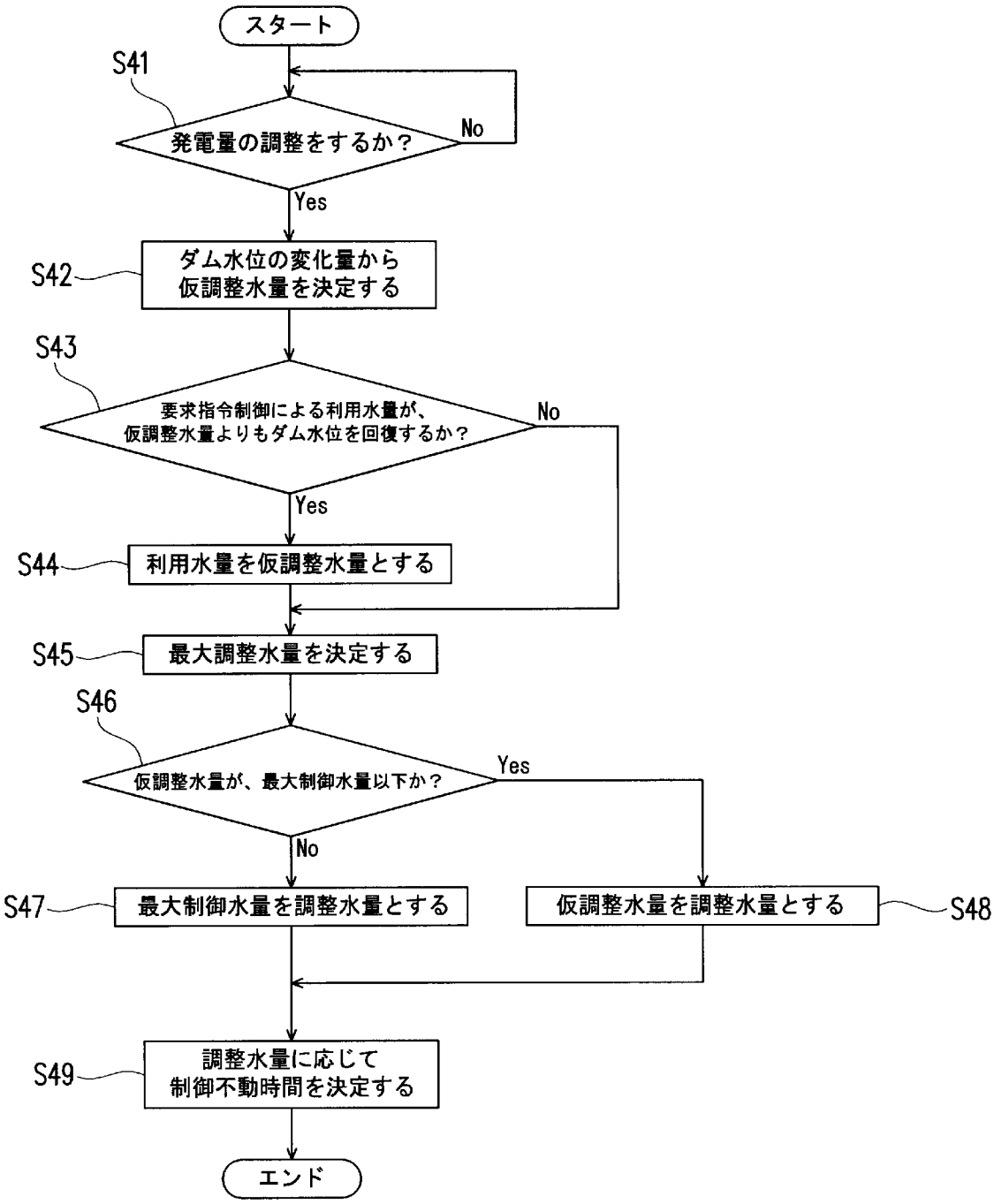
[図9]



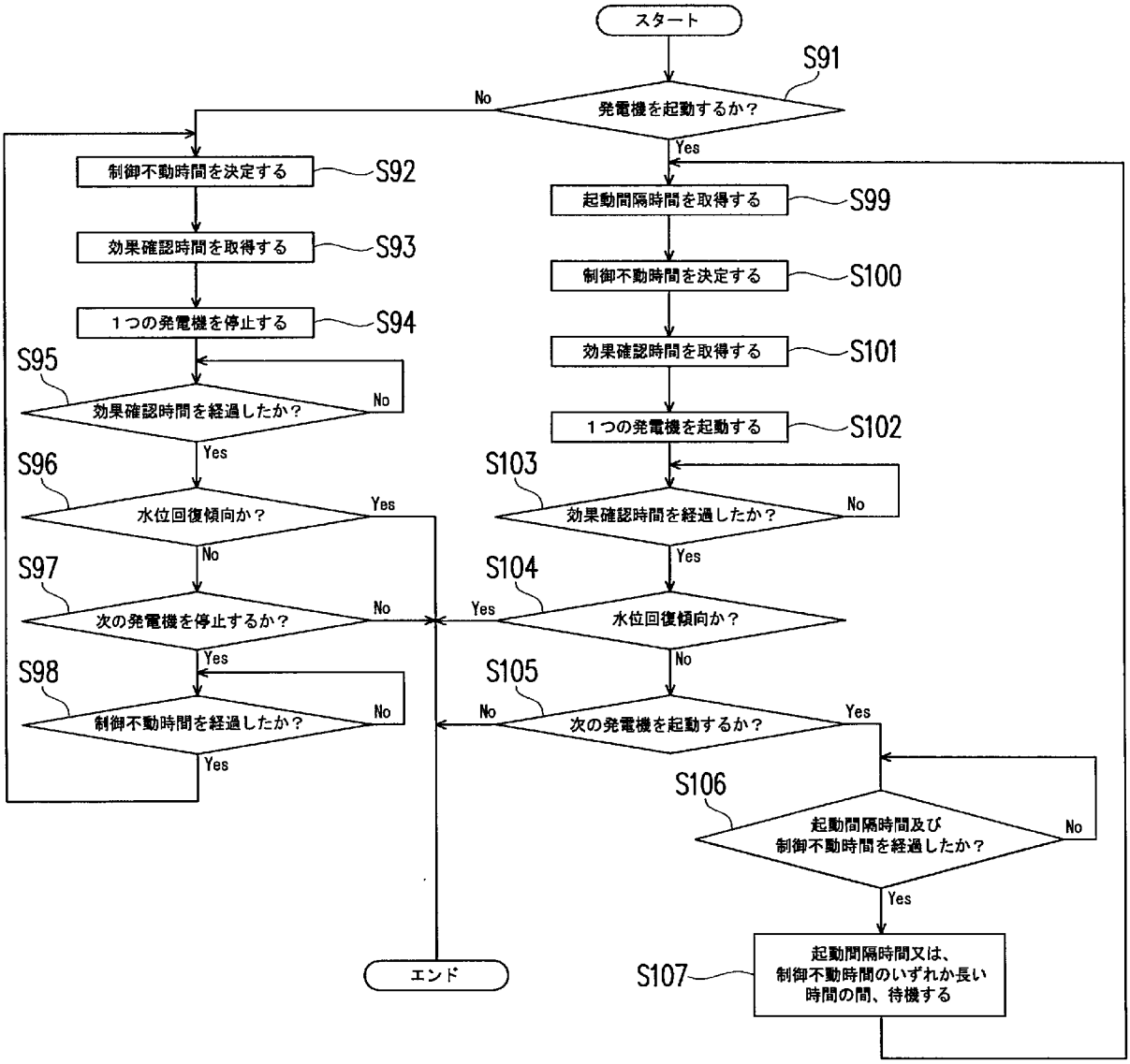
[図10]


スタート
S1
水位情報を取得する
S2
水位に異常があるか？
No
Yes
S3
水位制御に切り換える
S4
調整水量を決定する
S5
発電量を調整する
S6
制御不動時間を
経過したか？
No
Yes
S7
ダム水位が
警告水位内か？
Yes
No
S9
発電機を起動又は停止する
S8
ダム水位が
復帰したか？
No
Yes
S10
ダム水位が
警告水位外か？
Yes
No
S11
警報発令
エンド

[図11]

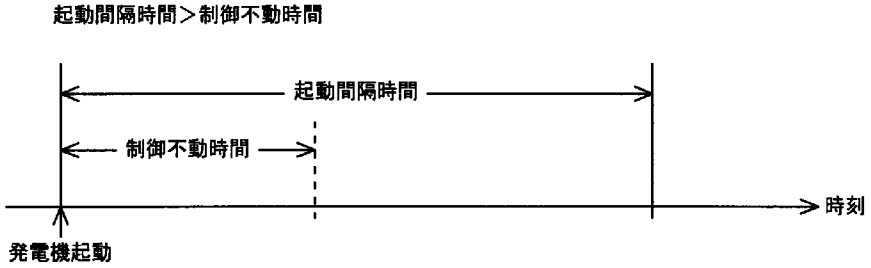

スタート
S41
発電量の調整をするか？
No
Yes
S42
ダム水位の変化量から
仮調整水量を決定する
S43
要求指令制御による利用水量が、
仮調整水量よりもダム水位を回復するか？
No
Yes
S44
利用水量を仮調整水量とする
S45
最大調整水量を決定する
S46
仮調整水量が、最大制御水量以下か？
Yes
No
S47
最大制御水量を調整水量とする
仮調整水量を調整水量とする
S48
S49
調整水量に応じて
制御不動時間を決定する
エンド

[図12]

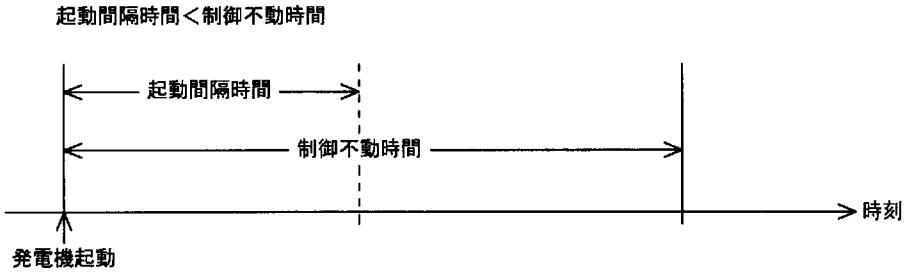

スタート
S91
発電機を起動するか？
No
Yes
制御不動時間を決定する
S92
効果確認時間を取得する
S93
１つの発電機を停止する
S94
S95
効果確認時間を経過したか？
No
Yes
S96
水位回復傾向か？
Yes
No
S97
次の発電機を停止するか？
No
Yes
S98
制御不動時間を経過したか？
No
Yes
起動間隔時間を取得する
S99
制御不動時間を決定する
S100
効果確認時間を取得する
S101
１つの発電機を起動する
S102
S103
効果確認時間を経過したか？
No
Yes
S104
水位回復傾向か？
Yes
No
S105
次の発電機を起動するか？
No
Yes
S106
起動間隔時間及び
制御不動時間を経過したか？
No
Yes
S107
起動間隔時間又は、
制御不動時間のいずれか長い
時間の間、待機する
エンド

[図13]

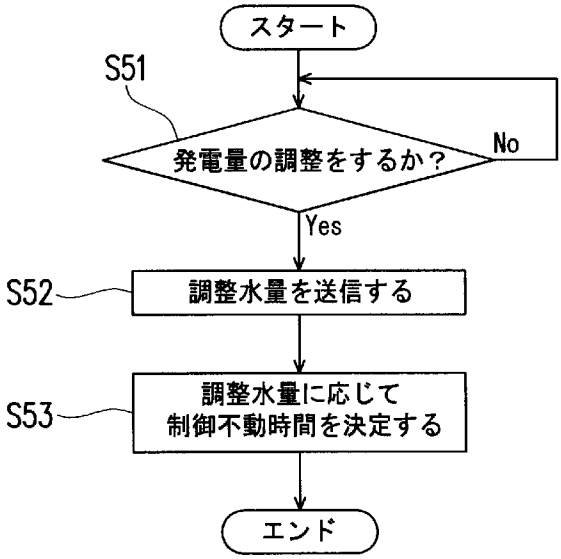
(a)


起動間隔時間＞制御不動時間
起動間隔時間
制御不動時間
時刻
発電機起動

(b)

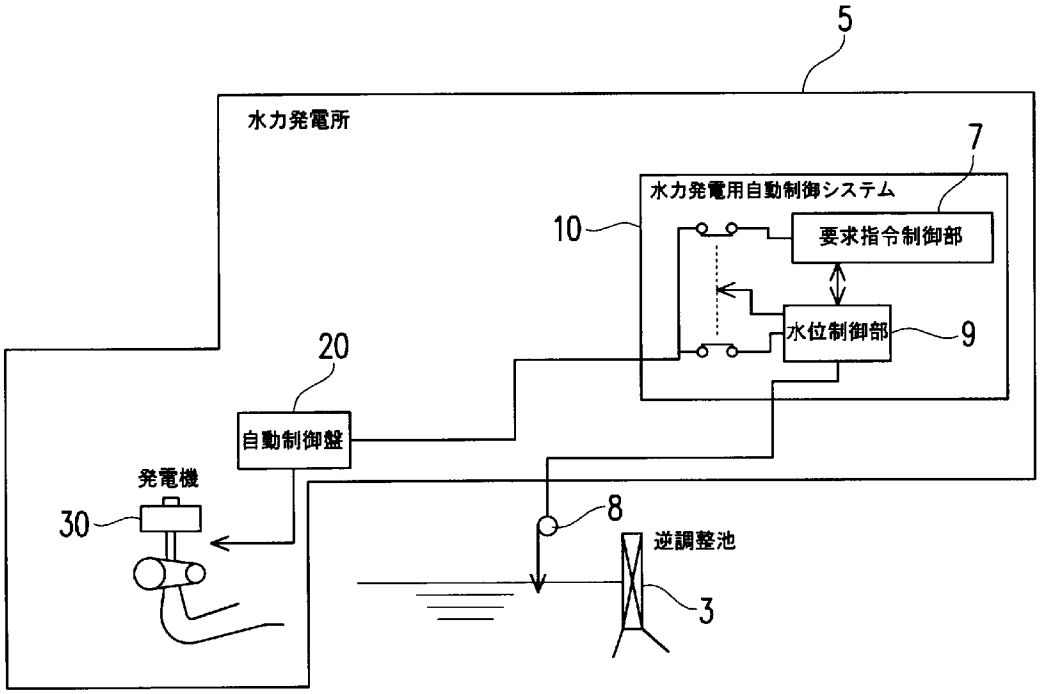

起動間隔時間＜制御不動時間
起動間隔時間
制御不動時間
時刻
発電機起動

[図14]

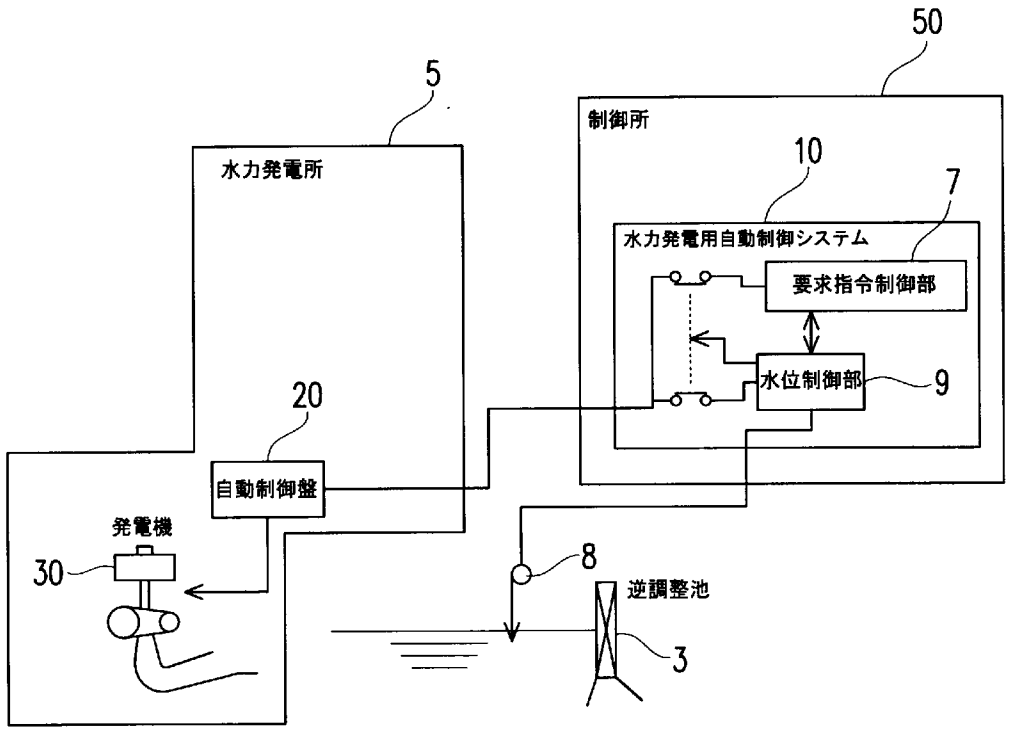

スタート
S51
発電量の調整をするか？
No
Yes
S52
調整水量を送信する
S53
調整水量に応じて
制御不動時間を決定する
エンド

[図15]

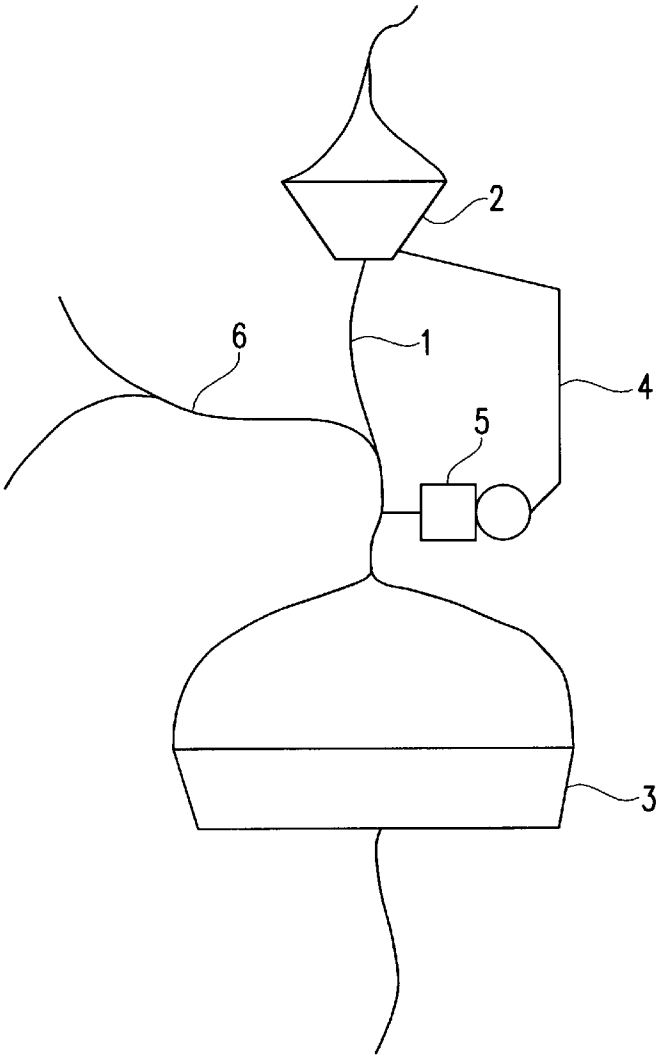
(a)


5
水力発電所
7
水力発電用自動制御システム
10
要求指令制御部
水位制御部
9
20
自動制御盤
発電機
30
8
逆調整池
3

(b)

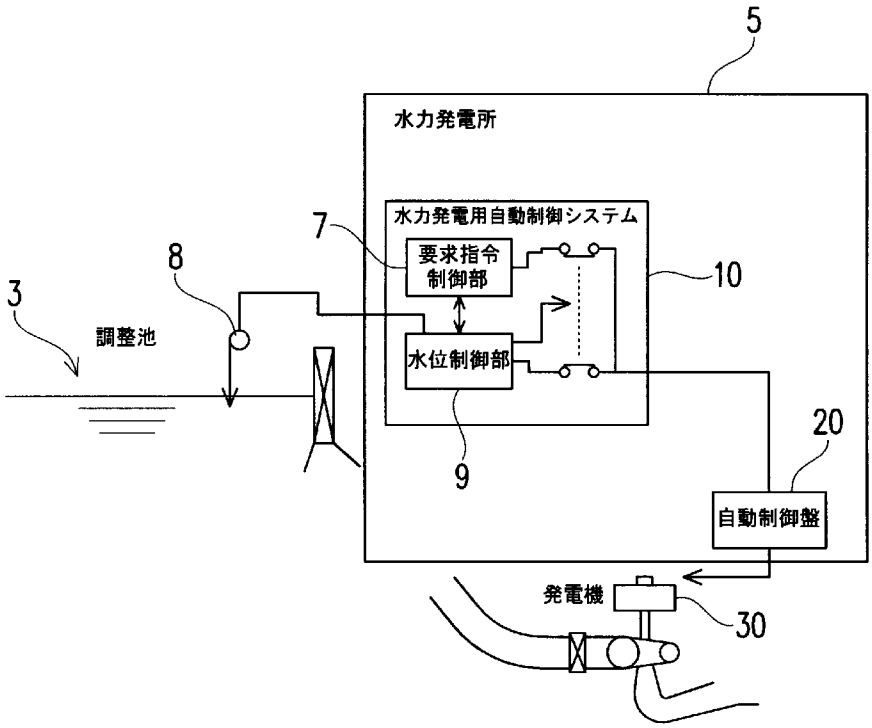

50
制御所
5
水力発電所
10
7
水力発電用自動制御システム
要求指令制御部
水位制御部
9
20
自動制御盤
発電機
30
8
逆調整池
3

[図16]

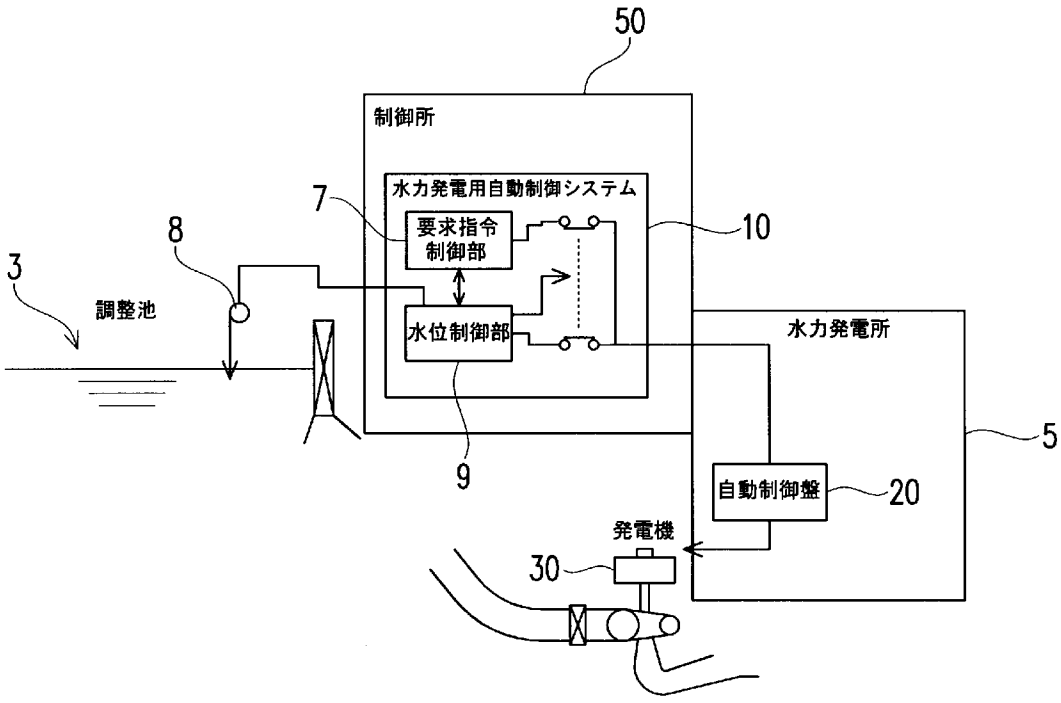


[図17]

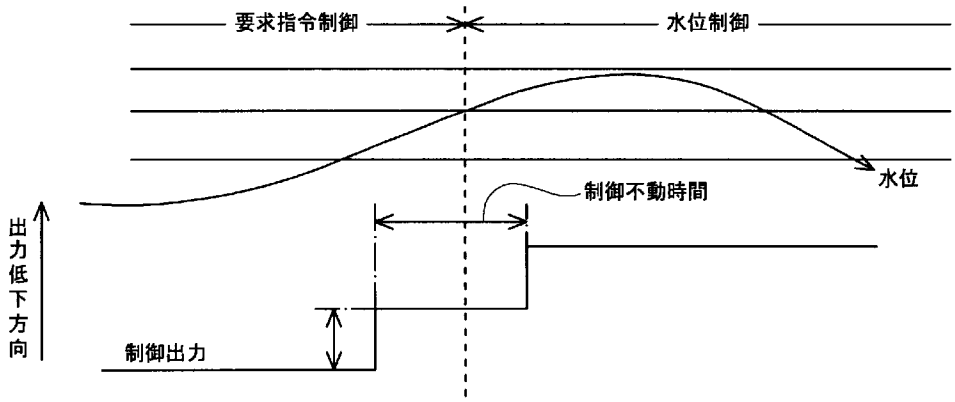
(a)


5
水力発電所
水力発電用自動制御システム
7
要求指令
制御部
10
8
3
調整池
水位制御部
9
20
自動制御盤
発電機
30

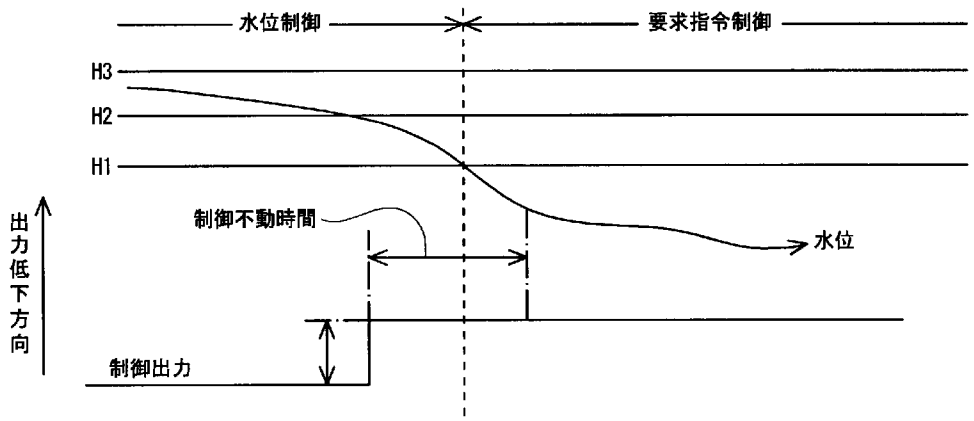
(b)


50
制御所
水力発電用自動制御システム
7
要求指令
制御部
10
8
3
調整池
水位制御部
9
水力発電所
5
自動制御盤
20
発電機
30

[図18]


要求指令制御
水位制御
水位
制御不動時間
出力低下方向
制御出力

[図19]


水位制御
要求指令制御
H3
H2
H1
制御不動時間
水位
出力低下方向
制御出力

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/070056

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02P9/04(2006.01)i, *H02J3/00*(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)
H02P9/04, H02J3/00

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 61-295899 A (Meidensha Corp.), 26 December 1986 (26.12.1986), page 3, lower right column, line 20 to page 4, lower left column, line 12; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-2,4-5,7-9 3,6
Y A	JP 4-67800 A (Hitachi, Ltd.), 03 March 1992 (03.03.1992), page 9, upper right column, line 10 to page 10, lower right column, line 3; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-2,4-5,7-9 3,6
Y	JP 59-201117 A (Fujitsu Ltd.), 14 November 1984 (14.11.1984), page 2, upper left column, lines 5 to 11; fig. 2 (Family: none)	2,4-5,7-9

☒ 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
02 November, 2012 (02.11.12)	13 November, 2012 (13.11.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/070056

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2012-92538 A (Hitachi, Ltd.), 17 May 2012 (17.05.2012), paragraphs [0010] to [0036]; fig. 1 (Family: none)	4,7-9
Y	JP 9-310674 A (Toshiba Engineering Corp.), 02 December 1997 (02.12.1997), paragraphs [0002] to [0009]; fig. 5 (Family: none)	9

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１２／０７００５６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02P9/04(2006.01)i, H02J3/00(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.　H02P9/04, H02J3/00

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	１９７１－２０１２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１２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）

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
Y A	JP 61-295899 A（株式会社明電舎）1986.12.26, 第３ページ右下欄第２０行－第４ページ左下欄第１２行、第１図－第２図（ファミリーなし）	1-2,4-5,7-9 3,6
Y A	JP 4-67800 A（株式会社日立製作所）1992.03.03, 第９ページ右上欄第１０行－第１０ページ右下欄第３行、第１図－第２図（ファミリーなし）	1-2,4-5,7-9 3,6
Y	JP 59-201117 A（富士通株式会社）1984.11.14, 第２ページ左上欄	2,4-5,7-9

☑　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
０２．１１．２０１２	１３．１１．２０１２

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）　３Ｖ　３６３０
塩治　雅也
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５８

Ｃ（続き）．　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
	第５行－第１１行、第２図（ファミリーなし）	
Y	JP 2012-92538 A（株式会社日立製作所）2012.05.17,［００１０］－［００３６］,［図１］（ファミリーなし）	4,7-9
Y	JP 9-310674 A（東芝エンジニアリング株式会社）1997.12.02,［０００２］－［０００９］,［図５］（ファミリーなし）	9