

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6882128号
(P6882128)

(45) 発行日 令和3年6月2日(2021.6.2)

(24) 登録日 令和3年5月10日(2021.5.10)

(51) Int.Cl. F I
FO1D 21/14 (2006.01) FO1D 21/14 C
 FO1D 21/14 A

請求項の数 9 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2017-179502 (P2017-179502)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成29年9月19日 (2017.9.19)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2019-56307 (P2019-56307A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成31年4月11日 (2019.4.11)	(73) 特許権者	317015294
審査請求日	令和2年2月10日 (2020.2.10)		東芝エネルギーシステムズ株式会社
			神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34
		(74) 代理人	100091982
			弁理士 永井 浩之
		(74) 代理人	100091487
			弁理士 中村 行孝
		(74) 代理人	100082991
			弁理士 佐藤 泰和
		(74) 代理人	100105153
			弁理士 朝倉 悟

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タービン保護装置およびタービン保護装置の診断方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

タービンプラントの正常状態または異常状態を示す状態信号を入力し、前記入力された状態信号を複数に分岐させて出力する複数の入力モジュールと、

前記複数の入力モジュールのそれぞれから複数に分岐されて出力された前記状態信号のうち、前記入力モジュール毎の1つずつの状態信号を組み合わせた複数の状態信号を入力し、前記入力された複数の状態信号の過半数が前記異常状態を示す場合に、タービンを停止すると判定する複数の停止判定回路と、

前記複数の停止判定回路の過半数が前記タービンを停止すると判定した場合に、前記タービンの駆動信号の出力を停止する出力モジュールと、

前記複数の入力モジュールのうちの選択された診断対象入力モジュールに、前記診断対象入力モジュールの異常の有無を診断するための入力診断信号を入力する診断回路と、を備え、

前記診断対象入力モジュールは、前記入力された入力診断信号に基づいて前記異常状態を示すように前記入力された状態信号を処理した入力診断時状態信号を、前記複数の停止判定回路および前記診断回路に出力し、前記診断対象入力モジュール以外の入力モジュールは、前記入力された状態信号を前記複数の停止判定回路に出力し、

前記診断回路は、前記入力診断時状態信号と前記入力診断信号とを比較することで、前記入力診断時状態信号が前記正常状態および前記異常状態のいずれを示すかを判定し、前記入力診断時状態信号が前記正常状態を示す場合には、前記診断対象入力モジュールが異

常であると診断して警報を出力し、前記入力診断時状態信号が前記異常状態を示す場合には、前記診断対象入力モジュールが正常であると診断して警報を出力しない、タービン保護装置。

【請求項 2】

タービンプラントの正常状態または異常状態を示す状態信号を入力し、前記入力された状態信号を複数に分岐させて出力する複数の入力モジュールと、

前記複数の入力モジュールのそれぞれから複数に分岐されて出力された前記状態信号のうち、前記入力モジュール毎の 1 つずつの状態信号を組み合わせた複数の状態信号を入力し、前記入力された複数の状態信号の過半数が前記異常状態を示す場合に、タービンを停止すると判定する複数の停止判定回路と、

前記複数の停止判定回路の過半数が前記タービンを停止すると判定した場合に、前記タービンの駆動信号の出力を停止する出力モジュールと、

前記複数の入力モジュールのうちの選択された診断対象入力モジュールに、前記診断対象入力モジュールの異常の有無を診断するための入力診断信号を入力する診断回路と、を備え、

前記診断対象入力モジュールは、前記異常状態を示すように前記入力された状態信号を処理した入力診断時状態信号を、前記複数の停止判定回路および前記診断回路に出力し、前記診断対象入力モジュール以外の入力モジュールは、前記入力された状態信号を前記複数の停止判定回路に出力し、

前記診断回路は、前記入力診断時状態信号と前記入力診断信号とを比較することで、前記入力診断時状態信号が前記正常状態および前記異常状態のいずれを示すかを判定し、前記入力診断時状態信号が前記正常状態を示す場合には、前記診断対象入力モジュールが異常であると診断して警報を出力し、前記入力診断時状態信号が前記異常状態を示す場合には、前記診断対象入力モジュールが正常であると診断して警報を出力せず、

前記診断回路は、前記診断対象入力モジュールに、前記入力診断信号として、前記停止判定回路の判定所要時間より短い周期を有するパルス信号を入力し、

前記停止判定回路は、前記入力診断時状態信号が前記異常状態を示すことで、前記入力された複数の状態信号のうち前記異常状態を示す総数が前記正常状態を示す総数より 1 つ多くなる場合には、前記入力診断時状態信号が示す異常状態を無視して前記タービンを停止しないと判定する、タービン保護装置。

【請求項 3】

前記停止判定回路は、前記入力された複数の状態信号の過半数が前記正常状態を示す場合に、前記タービンを停止しないと判定し、

前記出力モジュールは、前記複数の停止判定回路の過半数が前記タービンを停止しないと判定した場合に、前記駆動信号を出力する、請求項 1 または 2 に記載のタービン保護装置。

【請求項 4】

前記診断回路は、前記複数の停止判定回路のうちの選択された入力対象停止判定回路に、前記出力モジュールの異常の有無を診断するための出力診断信号を入力し、

前記入力対象停止判定回路は、前記タービンを停止すると判定し、前記入力対象停止判定回路以外の停止判定回路は、前記入力された複数の状態信号の過半数が示す状態に基づいて、前記タービンの停止の有無を判定し、

前記出力モジュールは、前記入力対象停止判定回路の判定結果に応じた前記出力モジュールの動作状態を監視するための出力監視信号を前記診断回路に出力し、

前記診断回路は、前記出力監視信号と前記出力診断信号とを比較することで、前記出力監視信号が前記タービンの停止の有無のいずれの判定結果に応じた動作状態を示すかを判定し、前記出力監視信号が前記タービンを停止しないと判定結果に応じた動作状態を示す場合には、前記出力モジュールが異常であると診断して警報を出力し、一方、前記出力監視信号が前記タービンを停止すると判定結果に応じた動作状態を示す場合には、前記出力モジュールが正常であると診断して警報を出力しない、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項

10

20

30

40

50

に記載のタービン保護装置。

【請求項 5】

前記停止判定回路は、前記タービンの停止の有無の判定結果として、前記入力された複数の状態信号の過半数の状態を示す判定信号を出力する多数決回路と、

前記判定信号に前記パルス信号の周期よりも長い遅延時間を付与することで、前記判定信号から前記パルス信号による異常状態を示す信号区間が除去された前記正常状態を示す判定信号を出力する遅延タイマと、を有し、

前記停止判定回路の判定所要時間は、前記遅延タイマの遅延時間である、請求項 2 に記載のタービン保護装置。

【請求項 6】

前記診断回路は、前記判定信号と前記入力診断信号とを比較することで、前記判定信号が前記正常状態および前記異常状態のいずれを示すかを判定し、前記判定信号が前記正常状態を示す場合には、前記停止判定回路が異常であると診断して警報を出力し、一方、前記判定信号が前記異常状態を示す場合には、前記停止判定回路が正常であると診断して警報を出力しない、請求項 5 に記載のタービン保護装置。

【請求項 7】

前記診断回路は、前記入力対象停止判定回路以外の停止判定回路が前記タービンを停止すると判定した場合には、前記入力対象停止判定回路に前記出力診断信号を入力しない、請求項 4 に記載のタービン保護装置。

【請求項 8】

前記停止判定回路は、異常であると診断された前記入力モジュールからの前記状態信号を、異常状態を示すように変換し、

前記出力モジュールは、異常であると診断された前記停止判定回路からの前記判定信号を、異常状態を示すように変換する、請求項 6 に記載のタービン保護装置。

【請求項 9】

複数の入力モジュールにより、タービンプラントの正常状態または異常状態を示す状態信号を入力し、前記入力された状態信号を複数に分岐させて出力する工程と、

複数の停止判定回路により、前記複数の入力モジュールのそれぞれから複数に分岐されて出力された前記状態信号のうち、前記入力モジュール毎の 1 つずつの状態信号を組み合わせた複数の状態信号を入力し、前記入力された複数の状態信号の過半数が前記異常状態を示す場合に、タービンを停止すると判定する工程と、

出力モジュールにより、前記複数の停止判定回路の過半数が前記タービンを停止すると判定した場合に、前記タービンの駆動信号の出力を停止する工程と、

診断回路により、前記複数の入力モジュールのうちの選択された診断対象入力モジュールに、前記診断対象入力モジュールの異常の有無を診断するための入力診断信号を入力する工程と、

前記診断対象入力モジュールにより、前記異常状態を示すように前記入力された状態信号を処理した入力診断時状態信号を、前記複数の停止判定回路および前記診断回路に出力し、前記診断対象入力モジュール以外の入力モジュールにより、前記入力された状態信号を前記複数の停止判定回路に出力する工程と、

前記診断回路により、前記入力診断時状態信号と前記入力診断信号とを比較することで、前記入力診断時状態信号が前記正常状態および前記異常状態のいずれを示すかを判定し、前記入力診断時状態信号が前記正常状態を示す場合には、前記診断対象入力モジュールが異常であると診断して警報を出力し、前記入力診断時状態信号が前記異常状態を示す場合には、前記診断対象入力モジュールが正常であると診断して警報を出力しない工程と、を備え、

前記診断回路は、前記診断対象入力モジュールに、前記入力診断信号として、前記停止判定回路の判定所要時間より短い周期を有するパルス信号を入力し、

前記停止判定回路は、前記入力診断時状態信号が前記異常状態を示すことで、前記入力された複数の状態信号のうち前記異常状態を示す総数が前記正常状態を示す総数より 1 つ

10

20

30

40

50

多くなる場合には、前記入力診断時状態信号が示す異常状態を無視して前記タービンを停止しないと判定するタービン保護装置の診断方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明による実施形態は、タービン保護装置およびタービン保護装置の診断方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、タービンプラントの異常を検知してタービンを停止させることでタービンを故障から保護するタービン保護装置が採用されていた。タービン保護装置は、その一部に故障が生じた場合でもタービンを保護する機能を維持し続ける冗長性すなわち可用性を高めるために、タービンの停止の有無を判定するトリップ判定回路を3つ備えた三重化構造を有していた。

【0003】

各トリップ判定回路の入力側には、共通の3つの入力モジュールが接続されている。一方、各トリップ判定回路の出力側には、共通の1つの出力モジュールが接続されている。出力モジュールは、各トリップ判定回路の判定結果に基づいて、作動流体（蒸気等）の流路を開閉する電磁弁への励磁信号の出力を停止して電磁弁を閉鎖することで、タービンを停止させる。

【0004】

各入力モジュールのそれぞれには、タービンプラントの正常状態または異常状態を示し、タービンの停止の有無の判定に用いられるトリップ信号が入力される。各トリップ信号は、タービンプラントの同一の検出対象（例えば、タービン回転数、蒸気温度、蒸気圧力等）を検出するためにタービンプラントに設けられた3つの計器のそれぞれの検出結果に基づいて生成された信号である。トリップ信号は、検出対象が正常状態であればON信号となり、一方、検出対象が異常状態であればOFF信号となる。各入力モジュールは、それぞれに入力されたトリップ信号を、3つに分岐させて3つのトリップ判定回路のそれぞれに出力する。

【0005】

各トリップ判定回路は、3つの入力モジュールのそれぞれから入力された合計3つのトリップ信号のうち、2つ以上がOFF信号であれば、タービンを停止すると判定し、一方、2つ以上がON信号であれば、タービンを停止しないと判定する、2 out of 3判定を行う。各トリップ判定回路は、2 out of 3判定の判定結果を示す信号として、タービンを停止すると判定したOFF信号またはタービンを停止しないと判定したON信号を出力モジュールに出力する。

【0006】

出力モジュールは、各トリップ判定回路のそれぞれから入力された合計3つの判定結果のうち、多数側となる2つ以上の判定結果にしたがって、電磁弁への励磁信号の出力の有無を選択する2 out of 3選択を行う。そして、出力モジュールは、2 out of 3選択にしたがって、電磁弁への励磁信号の出力を実行または停止する。

【0007】

2 out of 3によれば、3つの入力モジュールのうちの1つが故障してトリップ信号が示す状態（ON/OFF）が誤っている場合であっても、他の2つの入力モジュールが正常であればタービンの停止の有無をある程度正確に判定することができる。これにより、タービン保護装置の冗長性を確保することができる。

【0008】

このようなタービン保護装置には、従来から、タービン保護装置の信頼性を強化するために、タービン保護装置自身の異常の有無を診断する自己診断機能が備えられていた。

【0009】

10

20

30

40

50

従来の自己診断機能は、トリップ判定回路の判定結果の論理(ON/OFF)と、トリップ信号の論理とを比較し、両者が一致しない場合に、トリップ信号が異常であると診断していた。そして、自己診断機能は、プラント監視操作員にトリップ信号の異常を警報によって通知していた。

【0010】

しかしながら、従来の自己診断機能では、3つの入力モジュールのそれぞれから出力されるトリップ信号がいずれも正常状態を示すON信号となる場合に、入力モジュールの故障によってトリップ信号がON側に固定されていることを検知することができなかった。このため、従来は、自己診断の精度を向上させることが困難であるといった問題があった。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特開2014-48850号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

本発明は上述した課題を解決するためになされたものであり、自己診断の精度を向上させることができるタービン保護装置およびタービン保護装置の診断方法を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0013】

本実施形態によるタービン保護装置は、

タービンプラントの正常状態または異常状態を示す状態信号を入力し、前記入力された状態信号を複数に分岐させて出力する複数の入力モジュールと、

前記複数の入力モジュールのそれぞれから複数に分岐されて出力された前記状態信号のうち、前記入力モジュール毎の1つずつの状態信号を組み合わせた複数の状態信号を入力し、前記入力された複数の状態信号の過半数が前記異常状態を示す場合に、タービンを停止すると判定する複数の停止判定回路と、

前記複数の停止判定回路の過半数が前記タービンを停止すると判定した場合に、前記タービンの駆動信号の出力を停止する出力モジュールと、

30

前記複数の入力モジュールのうちの選択された診断対象入力モジュールに、前記診断対象入力モジュールの異常の有無を診断するための入力診断信号を入力する診断回路と、を備え、

前記診断対象入力モジュールは、前記異常状態を示すように前記入力された状態信号を処理した入力診断時状態信号を、前記複数の停止判定回路および前記診断回路に出力し、前記診断対象入力モジュール以外の入力モジュールは、前記入力された状態信号を前記複数の停止判定回路に出力し、

前記診断回路は、前記入力診断時状態信号と前記入力診断信号とを比較することで、前記入力診断時状態信号が前記正常状態および前記異常状態のいずれを示すかを判定し、前記入力診断時状態信号が前記正常状態を示す場合には、前記診断対象入力モジュールが異常であると診断して警報を出力し、前記入力診断時状態信号が前記異常状態を示す場合には、前記診断対象入力モジュールが正常であると診断して警報を出力しない。

40

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、タービン保護装置の自己診断の精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】第1の実施形態によるタービン保護装置を示すブロック図である。

【図2A】第1の実施形態によるタービン保護装置の診断方法として、入力診断における

50

信号の ON / OFF 状態を示す図である。

【図 2 B】第 1 の実施形態によるタービン保護装置の診断方法として、出力診断における信号の ON / OFF 状態を示す図である。

【図 3】第 2 の実施形態によるタービン保護装置を示すブロック図である。

【図 4 A】第 2 の実施形態によるタービン保護装置の診断方法として、入力診断における信号の ON / OFF 状態を示す図である。

【図 4 B】第 2 の実施形態によるタービン保護装置の診断方法として、タービントリップを抑制した入力診断における信号の ON / OFF 状態を示す図である。

【図 5】第 2 の実施形態によるタービン保護装置の診断方法として、タービントリップを抑制した入力診断を示す模式図である。

10

【図 6】第 2 の実施形態によるタービン保護装置の診断方法として、タービントリップを抑制した入力診断を示す信号波形図である。

【図 7 A】第 2 の実施形態によるタービン保護装置の診断方法として、トリップ判定診断における信号の ON / OFF 状態を示す図である。

【図 7 B】第 2 の実施形態によるタービン保護装置の診断方法として、入力対象トリップ判定回路以外のトリップ判定回路の異常に応じた出力診断信号のブロック制御を示す図である。

【図 8】第 3 の実施形態によるタービン保護装置を示すブロック図である。

【図 9 A】第 3 の実施形態によるタービン保護装置の診断方法において、入力異常に応じた入力診断時トリップ信号の自動 OFF 制御を示す図である。

20

【図 9 B】第 3 の実施形態によるタービン保護装置の診断方法において、トリップ判定異常に応じた判定信号の自動 OFF 制御を示す図である。

【図 9 C】第 3 の実施形態によるタービン保護装置の診断方法において、複数接点強制ガイド式リレーの異常に応じた判定信号の自動 OFF 制御を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、図面を参照して本発明に係る実施形態を説明する。本実施形態は、本発明を限定するものではない。また、実施形態で参照する図面において、同一部分または同様な機能を有する部分には同一の符号または類似の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

【0017】

30

(第 1 の実施形態)

以下、第 1 の実施形態によるタービン保護装置について説明する。第 1 の実施形態のタービン保護装置は、タービンを有するタービンプラントに備えられ、タービンプラントの異常を検知してタービンを停止させることでタービンを保護するために用いることができる。

【0018】

図 1 は、第 1 の実施形態によるタービン保護装置 1 を示すブロック図である。タービン保護装置 1 は、例えば、プロセッサや電気回路などのハードウェアで構成される。タービン保護装置 1 の一部をソフトウェアで構成してもよい。また、タービン保護装置 1 の構成部は、1 つの機器や設備に搭載されていてもよく、または、一部の構成部が、他の構成部との間で外部ネットワークを通じて通信可能な装置（例えばクラウド上のサーバやデータベース）上にあってもよい。

40

【0019】

図 1 に示すように、第 1 の実施形態のタービン保護装置 1 は、複数の入力モジュールの一例である第 1 入力モジュール 3 A、第 2 入力モジュール 3 B および第 3 入力モジュール 3 C と、複数の停止判定回路の一例である第 1 トリップ判定回路 5 A、第 2 トリップ判定回路 5 B および第 3 トリップ判定回路 5 C とを備える。また、タービン保護装置 1 は、出力モジュール 1 2 と、診断回路の一例である自己診断回路 1 5 とを備える。以下、これらのタービン保護装置 1 の構成部について具体的に説明する。

【0020】

50

(入力モジュール3A～3C)

入力モジュール3A～3Cは、入力端がタービンプラントの所定の検出対象(例えば、タービン回転数、蒸気温度、蒸気圧力等)を検出するためにタービンプラントに設けられた計器2A～2Cに接続されている。

【0021】

入力モジュール3A～3Cは、それぞれに接続された計器2A～2Cから、状態信号の一例として、検出対象すなわちタービンプラントの正常状態または異常状態を示すトリップ信号S1A～S1Cを入力する。なお、計器2A～2Cは、検出対象を共通にする。共通の検出対象を複数の計器2A～2Cで検出し、各計器2A～2Cから出力されたトリップ信号S1A～S1Cをタービンの停止の有無の判定に用いることで、1つの計器が故障しても他の計器からのトリップ信号を用いて判定を行うことができる。これにより、タービン保護装置1の冗長性を確保することができる。

10

【0022】

トリップ信号S1A～S1Cは、検出対象が正常状態である場合にはON信号(すなわち、ハイレベル)となり、検出対象が異常状態である場合にはOFF信号(すなわち、ロウレベル)となる電気信号である。

【0023】

入力モジュール3A～3Cは、入力されたトリップ信号S1A～S1Cを3つに分岐させて、第1トリップ判定回路5A、第2トリップ判定回路5Bおよび第3トリップ判定回路5Cに出力する。

20

【0024】

より具体的には、入力モジュール3A～3Cのうちの診断対象として選択された診断対象入力モジュール3A～3Cには、自己診断回路15から、入力モジュール3A～3Cの異常の有無の診断(以下、入力診断とも呼ぶ)を行うための入力診断信号S3A～S3Cが入力される。入力診断信号S3A～S3Cは、入力診断の実行時間にON信号となり、入力診断の実行時間以外の時間にOFF信号となる電気信号である。なお、図1には、一例として、ON状態の入力診断信号S3Aが示されている。以下、入力診断信号S3A～S3CがON信号となることを、入力診断信号S3A～S3Cが入力されるとも呼び、入力診断信号S3A～S3CがOFF信号となることを、入力診断信号S3A～S3Cが入力されないとも呼ぶ。

30

【0025】

診断対象入力モジュール3A～3Cは、異常状態を示すようにトリップ信号S1A～S1Cを処理した入力診断時トリップ信号S2A～S2Cを、トリップ判定回路5A～5Cおよび自己診断回路15に出力する。

【0026】

より具体的には、図1の例において、入力モジュール3A～3Cは、入力診断信号S3A～S3Cが入力されたときに入力されたトリップ信号S1A～S1Cを、強制的にOFF信号になるように制御する動作を実行する入力信号強制動作回路19A～19Cを有する。

【0027】

40

入力信号強制動作回路19A～19Cは、論理積部191A～191Cと論理否定部192A～192Cとを有する。論理積部191A～191Cは、2つの入力端のうち一方の入力端が、計器2A～2Cが接続され、他方の入力端が、論理否定部192A～192Cを介して自己診断回路15に接続され、出力端が入力モジュール3A～3Cの出力端を構成する。

【0028】

入力信号強制動作回路19A～19Cは、論理否定部192A～192Cによって入力診断信号S3A～S3C(ON信号)を論理否定した論理否定信号(OFF信号)と、トリップ信号S1A～S1Cとの論理積を、論理積部191A～191Cによって算出する。論理積を算出することで、入力信号強制動作回路19A～19Cは、トリップ信号S1

50

A～S1Cを、強制的に異常状態を示す入力診断時トリップ信号S2A～S2C(OFF信号)に変換する。そして、入力信号強制動作回路19A～19Cは、変換された入力診断時トリップ信号S2A～S2Cを、トリップ判定回路5A～5Cおよび自己診断回路15に出力する。なお、図1には、入力診断時トリップ信号S2A～S2Cの正常な波形としてOFF波形が示されている。

【0029】

一方、診断対象入力モジュール3A～3C以外の入力モジュール3A～3Cは、トリップ信号S1A～S1Cをそのままの状態トリップ判定回路5A～5Cおよび自己診断回路15に出力する。具体的には、図1の例において、診断対象入力モジュール3A～3C以外の入力モジュール3A～3Cの入力信号強制動作回路19A～19Cは、入力診断信号S3A～S3C(OFF信号)の論理否定信号(ON信号)と、トリップ信号S1A～S1Cとの論理積を算出して出力する。これにより、診断対象入力モジュール3A～3C以外の入力モジュール3A～3Cは、トリップ信号S1A～S1Cをそのままの状態すなわち論理でトリップ判定回路5A～5Cおよび自己診断回路15に出力することができる。

10

【0030】

以上のように構成された入力モジュール3A～3Cによれば、入力診断信号S3A～S3Cの入力の有無に応じて入力診断時トリップ信号S2A～S2Cおよびトリップ信号S1A～S1Cのいずれかを出力することで、タービンの駆動中に入力診断を行うことができる。また、入力診断時トリップ信号S2A～S2C(OFF信号)を用いることで、後述するように、入力モジュール3A～3CのON側への故障を簡便かつ確実に検知することができる。

20

【0031】

(トリップ判定回路5A～5C)

トリップ判定回路5A～5Cは、3つの入力端が入力モジュール3A～3Cのそれぞれの出力端に接続され、1つの出力端が出力モジュール12に接続されている。

【0032】

トリップ判定回路5A～5Cは、入力モジュール3A～3Cのそれぞれから3つに分岐されて出力されたトリップ信号S1A～S1Cのうち、入力モジュール3A～3C毎に1つずつのトリップ信号S1A～S1Cを組み合わせさせた3つのトリップ信号S1A～S1Cを入力する。

30

【0033】

また、入力診断時に、トリップ判定回路5A～5Cは、診断対象入力モジュール3A～3Cから出力された入力診断時トリップ信号S2A～S2Cを入力し、診断対象入力モジュール3A～3C以外の入力モジュール3A～3Cから出力されたトリップ信号S1A～S1Cを入力する。

【0034】

トリップ判定回路5A～5Cは、入力されたトリップ信号S1A～S1C、S2A～S2Cの過半数が異常状態を示すOFF信号である場合に、タービンを停止すると判定する。一方、トリップ信号S1A～S1Cは、入力されたトリップ信号S1A～S1C、S2A～S2Cの過半数が正常状態を示すON信号である場合に、タービンを停止しないと判定する。

40

【0035】

具体的には、図1の例において、トリップ判定回路5A～5Cは、多数決回路の一例である2out of 3回路6A～6Cを有する。2out of 3回路6A～6Cの入力端は、トリップ判定回路5A～5Cの入力端と共通である。

【0036】

2out of 3回路6A～6Cは、入力端から入力されたトリップ信号S1A～S1C、S2A～S2Cのうち、過半数である2以上のトリップ信号S1A～S1C、S2A～S2Cが示す状態に基づいて、タービンの停止の有無を決定する。より具体的には、

50

トリップ判定回路 5 A ~ 5 C は、タービンの停止の有無の判定結果として、過半数である 2 以上のトリップ信号 S 1 A ~ S 1 C、S 2 A ~ S 2 C の論理 (状態) を示す判定信号 S 4 A ~ S 4 C を出力する。

【 0 0 3 7 】

また、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C のうちの入力対象とした選択された入力対象トリップ判定回路 5 A ~ 5 C には、自己診断回路 1 5 から、出力モジュール 1 2 の異常の有無の診断 (以下、出力診断とも呼ぶ) を行うための出力診断信号 S 5 A ~ S 5 C が入力される。出力診断信号 S 5 A ~ S 5 C は、出力診断の実行時間に O N 信号となり、出力診断の実行時間以外の時間に O F F 信号となる電気信号である。以下、出力診断信号 S 5 A ~ S 5 C が O N 信号となることを、出力診断信号 S 5 A ~ S 5 C が入力されるとも呼び、出力診断信号 S 5 A ~ S 5 C が O F F 信号となることを、出力診断信号 S 5 A ~ S 5 C が入力されないとも呼ぶ。

10

【 0 0 3 8 】

入力対象トリップ判定回路 5 A ~ 5 C は、タービンを停止すると判定し、判定結果を出力モジュール 1 2 に出力する。

【 0 0 3 9 】

より具体的には、図 1 の例において、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C は、出力診断信号 S 5 A ~ S 5 C が入力されたときに入力された判定信号 S 4 A ~ S 4 C を、強制的に O F F 信号になるように制御する動作を実行する出力信号強制動作回路 7 A ~ 7 C を有する。

【 0 0 4 0 】

20

出力信号強制動作回路 7 A ~ 7 C は、論理積部 7 1 A ~ 7 1 C と論理否定部 7 2 A ~ 7 2 C とを有する。論理積部 7 1 A ~ 7 1 C は、2 つの入力端のうち一方の入力端が、2 o u t o f 3 回路 6 A ~ 6 C の出力端に接続され、他方の入力端が、論理否定部 7 2 A ~ 7 2 C を介して自己診断回路 1 5 に接続され、出力端がトリップ判定回路 5 A ~ 5 C の出力端を構成する。

【 0 0 4 1 】

出力信号強制動作回路 7 A ~ 7 C は、論理否定部 7 2 A ~ 7 2 C によって出力診断信号 S 5 A ~ S 5 C (O N 信号) を論理否定した論理否定信号 (O F F 信号) と、2 o u t o f 3 回路 6 A ~ 6 C からの判定信号 S 4 A ~ S 4 C との論理積を、論理積部 7 1 A ~ 7 1 C によって算出する。論理積を算出することで、入力対象トリップ判定回路 5 A ~ 5 C は、タービンを停止すると判定結果を示すように判定信号 S 4 A ~ S 4 C を処理した出力診断時判定信号 S 6 A ~ S 6 C を生成する。そして、入力対象トリップ判定回路 5 A ~ 5 C は、生成された出力診断時判定信号 S 6 A ~ S 6 C を出力モジュール 1 2 に出力する。なお、図 1 には、出力診断時判定信号 S 6 A ~ S 6 C の正常な波形として O F F 波形が示されている。

30

【 0 0 4 2 】

一方、入力対象トリップ判定回路 5 A ~ 5 C 以外のトリップ判定回路 5 A ~ 5 C は、入力されたトリップ信号 S 1 A ~ S 1 C、S 2 A ~ S 2 C の過半数が示す状態に基づいてタービンの停止の有無を判定する。すなわち、入力対象トリップ判定回路 5 A ~ 5 C 以外のトリップ判定回路 5 A ~ 5 C は、判定信号 S 4 A ~ S 4 C をそのままの状態出力モジュール 1 2 に出力する。具体的には、図 1 の例において、入力対象トリップ判定回路 5 A ~ 5 C 以外のトリップ判定回路 5 A ~ 5 C の出力信号強制動作回路 7 A ~ 7 C は、出力診断信号 S 5 A ~ S 5 C (O F F 信号) の論理否定信号 (O N 信号) と、判定信号 S 4 A ~ S 4 C との論理積を算出して出力モジュール 1 2 に出力する。これにより、出力診断信号 S 5 A ~ S 5 C が入力されなかったトリップ判定回路 5 A ~ 5 C は、判定信号 S 4 A ~ S 4 C をそのままの状態すなわち論理で出力モジュール 1 2 に出力することができる。

40

【 0 0 4 3 】

以上のように構成されたトリップ判定回路 5 A ~ 5 C によれば、複数のトリップ判定回路 5 A ~ 5 C のそれぞれが、複数の入力モジュール 3 A ~ 3 C から出力されたトリップ信号 S 1 A ~ S 1 C を用いてタービンの停止の有無を判定することで、1 つの入力モジュール

50

ル 3 A ~ 3 C が故障した場合でも、他の入力モジュール 3 A ~ 3 C からのトリップ信号 S 1 A ~ S 1 C を用いて判定を行うことができる。これにより、タービン保護装置 1 の冗長性を更に有効に確保することができる。

【 0 0 4 4 】

また、出力診断信号 S 5 A ~ S 5 C の入力の有無に応じて出力診断時判定信号 S 6 A ~ S 6 C および判定信号 S 4 A ~ S 4 C のいずれかを出力することで、タービンの駆動中に出力診断を行うことができる。

【 0 0 4 5 】

また、出力診断時判定信号 S 6 A ~ S 6 C (O F F 信号) を用いることで、後述するように、出力モジュール 1 2 の複数接点強制ガイド式リレー 1 7 の A 接点 1 7 A の O N 側への短絡故障を簡便かつ確実に検知することができる。

【 0 0 4 6 】

(出力モジュール 1 2)

出力モジュール 1 2 は、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C の過半数がタービンを停止すると判定した場合に、タービンの駆動信号の一例である励磁信号 S 7 の出力を停止する。一方、出力モジュール 1 2 は、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C の過半数がタービンを停止しないと判定した場合に、励磁信号 S 7 を出力する。

【 0 0 4 7 】

励磁信号 S 7 が出力されたとき、電磁弁 5 0 は、蒸気の流路を開放してタービンに蒸気を供給することで、タービンを駆動させる。一方、励磁信号 S 7 が停止されたとき、電磁弁 5 0 は、蒸気の流路を閉鎖してタービンへの蒸気の供給を停止することで、タービンを停止すなわちトリップさせる。

【 0 0 4 8 】

より具体的には、図 1 の例において、出力モジュール 1 2 は、複数接点強制ガイド式リレー 1 7 と、 2 o u t o f 3 回路 1 3 とを有する。

【 0 0 4 9 】

複数接点強制ガイド式リレー 1 7 は、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C のそれぞれに対応するようにトリップ判定回路 5 A ~ 5 C と同数設けられている。

【 0 0 5 0 】

複数接点強制ガイド式リレー 1 7 は、電磁石 1 7 1 と、ガイド (リンク機構) 1 7 2 で連結された A 接点 1 7 A および B 接点 1 7 B とを有する。電磁石 1 7 1 は、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C の出力端に接続されている。A 接点 1 7 A は、図示しない電源と 2 o u t o f 3 回路 1 3 の入力端との間に接続されている。B 接点 1 7 B は、電源と自己診断回路 1 5 との間に接続されている。なお、図 1 には、第 1 トリップ判定回路 5 A に対応する複数接点強制ガイド式リレー 1 7 のみが詳細に図示されているが、他のトリップ判定回路 5 B、5 C に対応する複数接点強制ガイド式リレー 1 7 も同様の構成を有する。

【 0 0 5 1 】

電磁石 1 7 1 には、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C から判定信号 S 4 A ~ S 4 C、S 6 A ~ S 6 C が入力される。タービンを停止しないとの判定結果を示す判定信号 S 4 A ~ S 4 C (O N 信号) が入力された場合、電磁石 1 7 1 は、電磁力を発生させることで、A 接点 1 7 A をオンし、B 接点 1 7 B をオフする方向にガイド 1 7 2 を移動させる。一方、タービンを停止するととの判定結果を示す判定信号 S 4 A ~ S 4 C、S 6 A ~ S 6 C (O F F 信号) が入力された場合、電磁石 1 7 1 は、電磁力を停止させることで、A 接点 1 7 A をオフし、B 接点 1 7 B をオンする方向にガイド 1 7 2 を移動させる。

【 0 0 5 2 】

A 接点 1 7 A は、オンすることで、タービンを停止しないとの判定結果を示す判定信号 S 4 A ~ S 4 C (O N 信号) を、 2 o u t o f 3 回路 1 3 に入力する。一方、A 接点 1 7 A は、オフすることで、タービンを停止するととの判定結果を示す判定信号 S 4 A ~ S 4 C、S 6 A ~ S 6 C (O F F 信号) を、 2 o u t o f 3 回路 1 3 に入力する。なお、複数接点強制ガイド式リレー 1 7 の A 接点 1 7 A は、図 1 の例に示すように複数 (2 つ

10

20

30

40

50

) 設けられてもよく、または、1つ設けられていてもよい。

【0053】

B接点17Bは、A接点17Aがオフしたときにオンすることで、入力対象トリップ判定回路5A～5Cの判定結果(S6A～S6C)に応じた出力モジュール12の動作状態を監視するための出力監視信号S8を、自己診断回路15に出力する。

【0054】

2 out of 3回路13は、過半数である2以上の判定信号S4A～S4C、S6A～S6C(OFF信号)がタービンを停止するとの判定結果を示すOFF信号である場合に、励磁信号S7を停止する。一方、2 out of 3回路13は、2以上の判定信号S4A～S4Cがタービンを停止しないと判定結果を示すON信号である場合に、励磁信号S7を出力する。

10

【0055】

以上のように構成された出力モジュール12の構成によれば、2 out of 3回路13による多数決論理を用いた励磁信号S7の出力制御を行うことで、1つの出力診断時判定信号S6A～S6CがOFF信号であっても、他の2つの判定信号S4A～S4CがON信号であることで、出力診断を行いながらも、不要なタービントリップを防止することができる。

【0056】

(自己診断回路15)

自己診断回路15は、タービン保護装置1自身の異常の有無を診断する回路である。自己診断回路15は、入力診断を行うための入力診断回路16と、出力診断を行うための出力診断回路31とを有する。

20

【0057】

[入力診断回路16]

まず、自己診断回路15のうち、入力診断回路16について詳しく説明する。

【0058】

入力診断回路16は、入力モジュール3A～3Cのうちの選択した診断対象入力モジュール3A～3Cに、入力診断信号S3A～S3C(ON信号)を入力する。例えば、入力診断回路16は、同時に複数の入力モジュール3A～3Cに入力診断信号S3A～S3Cを入力せず、時間経過にしたがって1つのみの入力モジュール3A～3Cを診断対象入力モジュール3A～3Cとして選択して入力診断信号S3A～S3Cを入力する。診断対象入力モジュール3A～3C以外の入力モジュール3A～3Cに対する入力診断信号S3A～S3Cは、OFF信号となる。

30

【0059】

より具体的には、図1の例において、入力診断回路16は、診断開始部160と、論理積部162とを有する。

【0060】

診断開始部160は、入力信号強制動作回路19A～19Cの論理否定部192A～192Cと、論理積部162の2つの入力端のうち一方の入力端とに接続されている。

【0061】

論理積部162は、他方の入力端が、入力信号強制動作回路19A～19Cの論理積部191A～191Cの出力端に接続され、出力端が入力診断回路16の出力端を構成する。

40

【0062】

診断開始部160は、診断対象入力モジュール3A～3Cを選択し、選択された診断対象入力モジュール3A～3Cに、入力診断信号S3A～S3Cを入力する。

【0063】

入力診断回路16は、入力診断時トリップ信号S2A～S2Cと入力診断信号S3A～S3Cとを比較することで、入力診断時トリップ信号S2A～S2Cが正常状態(ON信号)および異常状態(OFF信号)のいずれを示すかを判定する。図1の例において、入

50

力診断回路 16 は、論理積部 162 により、診断開始部 160 から入力された入力診断信号 S3A ~ S3C と、診断対象入力モジュール 3A ~ 3C から入力された入力診断時トリップ信号 S2A ~ S2C との論理積を算出する。論理積を算出することで、入力診断回路 16 は、入力診断時トリップ信号 S2A ~ S2C が正常状態および異常状態のいずれを示すかを判定する。

【0064】

そして、論理積部 162 で算出された論理積が ON である場合、入力診断回路 16 は、入力診断時トリップ信号 S2A ~ S2C が正常状態を示す ON 信号であると判定する。この場合、入力診断回路 16 は、診断対象入力モジュール 3A ~ 3C が異常であると診断する。一方、論理積部 162 で算出された論理積が OFF である場合、入力診断回路 16 は、入力診断時トリップ信号 S2A ~ S2C が異常状態を示す OFF 信号であると判定する。この場合、入力診断回路 16 は、診断対象入力モジュール 3A ~ 3C が正常であると診断する。

10

【0065】

そして、入力診断回路 16 は、診断対象入力モジュール 3A ~ 3C が異常であると診断した場合には、論理積部 162 で算出された論理積による ON 信号を、入力異常警報 Ain として出力する。入力異常警報 Ain は、例えば、スピーカによる音声出力や表示部による画像表示の態様で最終出力される。一方、入力診断回路 16 は、診断対象入力モジュール 3A ~ 3C が正常であると診断した場合には、入力異常警報 Ain を出力しない。

【0066】

20

[出力診断回路 31]

次に、自己診断回路 15 のうち、出力診断回路 31 について詳しく説明する。

【0067】

出力診断回路 31 は、トリップ判定回路 5A ~ 5C のうちの出力診断信号 S5A ~ S5C (ON 信号) の入力対象として選択した入力対象トリップ判定回路 5A ~ 5C に、出力診断信号 S5A ~ S5C を入力する。例えば、出力診断回路 31 は、同時に複数のトリップ判定回路 5A ~ 5C に出力診断信号 S5A ~ S5C を入力せず、時間経過にしたがって 1 つのみのトリップ判定回路 5A ~ 5C を入力対象トリップ判定回路 5A ~ 5C として選択して出力診断信号 S5A ~ S5C を入力する。入力対象トリップ判定回路 5A ~ 5C 以外のトリップ判定回路 5A ~ 5C に対する出力診断信号 S5A ~ S5C は、OFF 信号となる。

30

【0068】

より具体的には、図 1 の例において、出力診断回路 31 は、診断開始部 310 と、論理積部 312 と、論理否定部 313 とを有する。

【0069】

診断開始部 310 は、出力信号強制動作回路 7A ~ 7C の論理否定部 72A ~ 72C と、論理積部 312 の 2 つの入力端のうち一方の入力端とに接続されている。

【0070】

論理積部 312 は、他方の入力端が論理否定部 313 を介して複数接点強制ガイド式リレー 17 の B 接点 17B に接続され、出力端が出力診断回路 31 の出力端を構成する。

40

【0071】

診断開始部 310 は、入力対象トリップ判定回路 5A ~ 5C を選択し、選択された入力対象トリップ判定回路 5A ~ 5C に、出力診断信号 S5A ~ S5C を入力する。

【0072】

出力診断回路 31 は、出力監視信号 S8 と出力診断信号 S5A ~ S5C とを比較することで、出力監視信号 S8 がタービンの停止の有無のいずれの判定結果に応じた動作状態を示すかを判定する。図 1 の例において、出力診断回路 31 は、論理積部 312 により、診断開始部 310 から入力された出力診断信号 S5A ~ S5C と、複数接点強制ガイド式リレー 17 (すなわち、出力モジュール 12) から入力された出力監視信号 S8 を論理否定部 313 で論理否定した論理否定信号 S9 との論理積を算出する。論理積を算出すること

50

で、出力診断回路 3 1 は、出力監視信号 S 8 がタービンの停止の有無のいずれの判定結果に応じた出力モジュール 1 2 の動作状態を示すかを判定する。

【 0 0 7 3 】

そして、論理積部 3 1 2 で算出された論理積が ON 信号である場合、出力診断回路 3 1 は、出力監視信号 S 8 がタービンを停止しないとの判定結果に応じた動作状態を示す OFF 信号であると判定する。この場合、出力診断回路 3 1 は、出力モジュール 1 2 に入力された出力診断時判定信号 S 6 A ~ S 6 C がタービンを停止するとの判定結果を示す OFF 信号であるにもかかわらず、出力監視信号 S 8 がタービンを停止しないとの判定結果に応じた OFF 信号であるため、出力モジュール 1 2 が異常であると診断する。

【 0 0 7 4 】

一方、論理積部 3 1 2 で算出された論理積が OFF 信号である場合、出力診断回路 3 1 は、出力監視信号 S 8 がタービンを停止するとの判定結果に応じた動作状態を示す ON 信号であると判定する。この場合、出力診断回路 3 1 は、出力モジュール 1 2 に入力された出力診断時判定信号 S 6 A ~ S 6 C がタービンを停止するとの判定を示す OFF 信号であり、出力監視信号 S 8 もタービンを停止するとの判定結果に応じた OFF 信号であるため、出力モジュール 1 2 が正常であると診断する。

【 0 0 7 5 】

そして、出力診断回路 3 1 は、出力モジュール 1 2 が異常であると診断した場合には、論理積部 3 1 2 で算出された論理積による ON 信号を、出力異常警報 A o u t として出力する。出力異常警報 A o u t は、例えば、スピーカによる音声出力や表示部による画像表示の態様で最終出力される。一方、出力診断回路 3 1 は、出力モジュール 1 2 が異常であると診断した場合には、出力異常警報 A o u t を出力しない。

【 0 0 7 6 】

以上のように構成された自己診断回路 1 5 によれば、トリップ信号 S 1 A ~ S 1 C の全てが ON 信号の場合であっても、診断対象入力モジュール 3 A ~ 3 C に入力されたトリップ信号 S 1 A ~ S 1 C を強制的に OFF した入力診断時トリップ信号 S 2 A ~ S 2 C を用いて入力診断を行うことで、診断対象入力モジュール 3 A ~ 3 C の ON 側への短絡故障を簡便かつ確実に検知して入力異常警報 A i n を出力することができる。これにより、入力診断の精度を向上させることができる。

【 0 0 7 7 】

また、出力診断時判定信号 S 6 A ~ S 6 C を用いて出力診断を行うことで、出力モジュール 1 2 の複数接点強制ガイド式リレー 1 7 の A 接点 1 7 A の ON 側への短絡故障を簡便かつ確実に検知して出力異常警報 A o u t を出力することができる。これにより、出力診断の精度を向上させることができる。

【 0 0 7 8 】

また、入力診断および出力診断を、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C の 2 o u t o f 3 回路 6 A ~ 6 C による多数決決定および出力モジュール 1 2 の 2 o u t o f 3 回路 1 3 による多数決決定と並行して行うことで、診断中の不要なタービントリップを抑制することができる。

【 0 0 7 9 】

(診断方法)

次に、以上のように構成された第 1 の実施形態によるタービン保護装置 1 の診断方法について説明する。

【 0 0 8 0 】

(入力診断)

図 2 A は、第 1 の実施形態によるタービン保護装置 1 の診断方法として、入力診断における信号の ON / OFF 状態を示す図である。図 2 B は、第 1 の実施形態によるタービン保護装置 1 の診断方法として、出力診断における信号の ON / OFF 状態を示す図である。

【 0 0 8 1 】

10

20

30

40

50

図 2 A には、診断対象入力モジュール 3 A が入力異常を有する場合と有しない場合とに場合分けして、診断対象入力モジュール 3 A に入力されるトリップ信号 S 1 A と、入力診断信号 S 3 A と、入力診断時トリップ信号 S 2 A と、入力異常警報 A i n とのそれぞれの信号の ON / OFF (真理値) が記載されている。なお、図 2 A の例においては、第 1 入力モジュール 3 A が診断対象入力モジュール 3 A として選択されているが、例えば、時間経過にしたがって他の入力モジュール 3 B、3 C が診断対象入力モジュールとして選択されてもよい。

【 0 0 8 2 】

図 2 A における入力異常は、診断対象入力モジュール 3 A がトリップ信号 S 1 A の論理によらず常に ON 信号のみを出力するように故障した ON 側への短絡故障である。

10

【 0 0 8 3 】

図 2 A に示すように、診断対象入力モジュール 3 A が入力異常を有しない場合、トリップ信号 S 1 A は、その ON 状態または OFF 状態によらず、入力信号強制動作回路 1 9 A によって OFF 状態の入力診断時トリップ信号 S 2 A に正常に変換される。

【 0 0 8 4 】

この場合、入力診断回路 1 6 は、ON 状態の入力診断信号 S 3 A と OFF 状態の入力診断時トリップ信号 S 2 A とを比較 (論理積) することで、診断対象入力モジュール 3 A が入力異常を有しない (OFF) と診断して、入力異常警報 A i n を出力しない。

【 0 0 8 5 】

一方、診断対象入力モジュール 3 A が入力異常を有する場合、トリップ信号 S 1 A は、入力信号強制動作回路 1 9 A によって OFF 状態の入力診断時トリップ信号 S 2 A に正常に変換されず、ON 信号となる。

20

【 0 0 8 6 】

この場合、入力診断回路 1 6 は、ON 状態の入力診断信号 S 3 A と ON 状態の入力診断時トリップ信号 S 2 A とを比較 (論理積) することで、診断対象入力モジュール 3 A が異常を有する (ON) と診断して、入力異常警報 A i n を出力する。

【 0 0 8 7 】

このように、異常状態を示すように入力診断信号 S 3 A を処理した入力診断時トリップ信号 S 2 A (OFF 信号) に基づいて入力診断を行うことで、診断対象入力モジュール 3 A が ON 側に短絡故障していることを簡便かつ確実に検知して、入力異常警報 A i n を出力することができる。

30

【 0 0 8 8 】

また、入力診断のとき、診断対象入力モジュール 3 A 以外の入力モジュール 3 B、3 C から出力されたトリップ信号 S 1 B、S 1 C がいずれも正常状態を示す ON 信号である場合、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C での多数決論理によってタービンを停止しないと判定される。これにより、入力診断を行いながら不要なタービントリップを抑制することができる。

【 0 0 8 9 】

(出力診断)

図 2 B には、出力モジュール 1 2 が出力異常を有する場合と有しない場合とに場合分けして、入力対象トリップ判定回路 5 A の 2 o u t o f 3 回路 1 3 から出力される判定信号 S 4 A と、出力診断信号 S 5 A と、出力診断時判定信号 S 6 A と、出力監視信号 S 8 と、出力異常警報 A o u t とのそれぞれの信号の ON / OFF が記載されている。なお、図 2 B の例においては、第 1 トリップ判定回路 5 A が入力対象トリップ判定回路 5 A として選択されているが、例えば、時間経過にしたがって他のトリップ判定回路 5 B、5 C が入力対象トリップ判定回路として選択されてもよい。

40

【 0 0 9 0 】

図 2 B に示すように、出力モジュール 1 2 が出力異常を有しない場合、OFF 状態の出力診断時判定信号 S 6 A に応じて A 接点 1 7 A がオフし、この A 接点 1 7 A のオフにガイド 1 7 2 を介して B 接点 1 7 B が連動してオンすることで、出力監視信号 S 8 は、ON 信

50

号となる。

【 0 0 9 1 】

この場合、出力診断回路 3 1 は、ON 状態の出力診断信号 S 5 A と、ON 状態の出力監視信号 S 8 の論理否定信号 S 9 (OFF 信号) とを比較 (論理積) することで、出力モジュール 1 2 が異常を有しない (OFF) と診断して、出力異常警報 A o u t を出力しない。

【 0 0 9 2 】

一方、出力モジュール 1 2 が異常を有する場合、OFF 状態の出力診断時判定信号 S 6 A に応じて A 接点 1 7 A が適切にオフせず、これに連動して B 接点 1 7 B が適切にオンしないことで、出力監視信号 S 8 は、OFF 信号となる。

10

【 0 0 9 3 】

この場合、出力診断回路 3 1 は、ON 状態の出力診断信号 S 5 A と、OFF 状態の出力監視信号 S 8 の論理否定信号 S 9 (ON 信号) とを比較 (論理積) することで、出力モジュール 1 2 が異常を有する (ON) と診断して、出力異常警報 A o u t を出力する。

【 0 0 9 4 】

このように、タービンを停止すると判定するように判定信号 S 4 A を処理した出力診断時判定信号 S 6 A (OFF 信号) に基づいて出力診断を行うことで、出力モジュール 1 2 (A 接点 1 7 A) が ON 側に短絡故障していることを簡便かつ確実に検知して、出力異常警報 A o u t を出力することができる。

【 0 0 9 5 】

また、A 接点 1 7 A は、ガイド 1 7 2 を介して B 接点 1 7 B と連結されているため、B 接点 1 7 B からの出力監視信号 S 8 に基づいて、A 接点 1 7 A を含めた出力モジュール 1 2 の健全性を判断することができる。

20

【 0 0 9 6 】

また、出力診断のとき、入力対象トリップ判定回路 5 A 以外のトリップ判定回路 5 B、5 C から出力された判定信号 S 4 B、S 4 C がいずれも正常状態を示す ON 信号である場合、出力モジュール 1 2 での多数決論理によって励磁信号 S 7 が出力される。これにより、出力診断を行いながら不要なタービントリップを抑制することができる。

【 0 0 9 7 】

以上説明したように、第 1 の実施形態によれば、入力モジュール 3 A ~ 3 C および出力モジュール 1 2 の ON 側への短絡故障を簡便かつ確実に検知することができるので、自己診断の精度を向上させることができる。

30

【 0 0 9 8 】

(第 2 の実施形態)

次に、入力診断信号 S 3 A ~ S 3 C としてパルス信号を入力する第 2 の実施形態によるタービン保護装置 1 について、第 1 の実施形態との差異を中心に説明する。

【 0 0 9 9 】

図 3 は、第 2 の実施形態によるタービン保護装置 1 を示すブロック図である。第 2 の実施形態によるタービン保護装置 1 において、入力診断回路 1 6 は、入力モジュール 3 A ~ 3 C のそれぞれに対応するように、入力モジュール 3 A ~ 3 C と同数のブロック 1 6 A ~ 1 6 C を有する。各ブロック 1 6 A ~ 1 6 C は、対応する入力モジュール 3 A ~ 3 C の入出力に接続されており、対応する入力モジュール 3 A ~ 3 C の入力診断を行う。以下、各ブロック 1 6 A ~ 1 6 C のことを、入力診断回路 1 6 A ~ 1 6 C と呼ぶ。なお、図 3 においては、第 1 入力モジュール 3 A に対応する入力診断回路 1 6 A のみを詳細に図示しているが、他の入力診断回路 1 6 B、1 6 C も同様の構成を有する。また、図 1 に示した入力診断回路 1 6 が、図 3 の入力診断回路 1 6 A ~ 1 6 C と同様の構成を有していてもよい。

40

【 0 1 0 0 】

また、第 2 の実施形態によるタービン保護装置 1 において、出力診断回路 3 1 は、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C のそれぞれに対応するように、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C と同

50

数のブロック 3 1 A ~ 3 1 C を有する。各ブロック 3 1 A ~ 3 1 C は、対応するトリップ判定回路 5 A ~ 5 C に接続されており、対応するトリップ判定回路 5 A ~ 5 C からの出力診断時判定信号 S 6 A ~ S 6 C を用いた出力診断を行う。以下、各ブロック 3 1 A ~ 3 1 C のことを、出力診断回路 3 1 A ~ 3 1 C とも呼ぶ。なお、図 3 においては、出力診断回路 3 1 A のみを詳細に図示しているが、他の出力診断回路 3 1 B、3 1 C も同様の構成を有する。また、図 1 に示した出力診断回路 3 1 が、図 3 の出力診断回路 3 1 A ~ 3 1 C と同様の構成を有していてもよい。

【 0 1 0 1 】

(パルス信号 S 3 A ~ S 3 C、遅延タイマ 2 3)

図 3 に示すように、第 2 の実施形態における入力診断回路 1 6 A ~ 1 6 C は、図 1 の構成に加えて、更に、入力診断信号 S 3 A ~ S 3 C としてパルス信号 S 3 A ~ S 3 C を発生させるパルス発生回路 1 6 1 を有する。

10

【 0 1 0 2 】

パルス発生回路 1 6 1 には、診断開始部 1 6 0 から、診断開始を指示する診断開始信号が入力される。パルス発生回路 1 6 1 は、診断開始信号に応じて、診断対象入力モジュール 3 A ~ 3 C に、入力診断信号 S 3 A ~ S 3 C として、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C の判定所要時間より短い周期を有するパルス信号 S 3 A ~ S 3 C を入力する。パルス信号 S 3 A ~ S 3 C の周期は、例えば、1 0 m s 以下であってもよいが、これに限定されない。

【 0 1 0 3 】

トリップ判定回路 5 A ~ 5 C は、入力診断時トリップ信号 S 2 A ~ S 2 C が異常状態を示す OFF 信号であることで、入力された複数のトリップ信号 S 1 A ~ S 1 C、S 2 A ~ S 2 C のうち異常状態を示す OFF 信号の総数が、正常状態を示す ON 信号の総数より 1 つ多くなる場合には、入力診断時トリップ信号 S 2 A ~ S 2 C が示す異常状態を無視して、タービンを停止しないと判定する。

20

【 0 1 0 4 】

より具体的には、図 3 に示すように、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C は、一端が 2 o u t o f 3 回路 6 A ~ 6 C の出力端に接続され、他端が論理積部 7 1 A ~ 7 1 C の入力端に接続された遅延タイマ 2 3 を有する。なお、図 3 においては、第 1 トリップ判定回路 5 A の遅延タイマ 2 3 のみが代表的に図示されているが、他のトリップ判定回路 5 B、5 C も同様に遅延タイマ 2 3 を有する。

30

【 0 1 0 5 】

遅延タイマ 2 3 は、判定信号 S 4 A ~ S 4 C に、パルス信号 S 3 A ~ S 3 C の周期よりも長い遅延時間を付与する。遅延時間は、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C の判定所要時間の一例である。判定信号 S 4 A ~ S 4 C に遅延時間を付与することで、遅延タイマ 2 3 は、判定信号 S 4 A ~ S 4 C からパルス信号 S 3 A ~ S 3 C による異常状態を示す OFF 区間(信号区間)が除去された正常状態を示す判定信号 S 4 A ~ S 4 C (ON 信号)を出力する。遅延タイマ 2 3 に設定された遅延時間が、既述したトリップ判定回路 5 A ~ 5 C の判定の所要時間に相当する。遅延タイマ 2 3 に設定された遅延時間は、例えば、1 0 m s であってもよいが、これに限定されない。

【 0 1 0 6 】

(トリップ判定診断回路 2 4 A ~ 2 4 C)

図 3 に示すように、第 2 の実施形態における自己診断回路 1 5 は、図 1 の構成に加えて、更に、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C の異常の有無の診断(以下、トリップ判定診断とも呼ぶ)を行うトリップ判定診断回路 2 4 A ~ 2 4 C を有する。トリップ判定診断回路 2 4 A ~ 2 4 C は、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C 毎に独立したトリップ判定診断を行うため、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C に対応するようにトリップ判定回路 5 A ~ 5 C と同数設けられている。

40

【 0 1 0 7 】

トリップ判定診断回路 2 4 A ~ 2 4 C は、入力診断回路 1 6 A ~ 1 6 C からパルス信号 S 3 A ~ S 3 C (入力診断信号)が入力されたとき、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C から入

50

力された判定信号 S 4 A ~ S 4 C と、パルス信号 S 3 A ~ S 3 C とを比較する。判定信号 S 4 A ~ S 4 C とパルス信号 S 3 A ~ S 3 C とを比較することで、トリップ判定診断回路 2 4 A ~ 2 4 C は、判定信号 S 4 A ~ S 4 C が正常状態 (O N) および異常状態 (O F F) のいずれを示すかを判定する。

【 0 1 0 8 】

なお、トリップ判定診断のときは、正常な 2 o u t o f 3 回路 6 A ~ 6 C が多数決論理によって O F F 状態の判定信号 S 4 A ~ S 4 C (O F F 信号) を出力できるように、入力モジュール 3 A ~ 3 C のうち過半数である 2 つの入力モジュール 3 A ~ 3 C に、 O N 状態のパルス信号 S 3 A ~ S 3 C が入力される。

【 0 1 0 9 】

そして、トリップ判定診断回路 2 4 A ~ 2 4 C は、判定信号 S 4 A ~ S 4 C が正常状態を示す O N 信号である場合には、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C すなわち 2 o u t o f 3 回路 6 A ~ 6 C がトリップ判定異常 (すなわち、 O N 側への短絡故障) を有すると診断して、トリップ判定異常警報 A d を出力する。一方、トリップ判定診断回路 2 4 A ~ 2 4 C は、判定信号 S 4 A ~ S 4 C が異常状態を示す O F F 信号である場合には、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C が正常であると診断してトリップ判定異常警報 A d を出力しない。

【 0 1 1 0 】

より具体的には、図 3 に示すように、トリップ判定診断回路 2 4 A ~ 2 4 C は、 2 o u t o f 3 回路 2 4 1 と、論理積部 2 4 2 とを有する。なお、図 3 においては、トリップ判定診断回路 2 4 A のみを詳細に図示しているが、他のトリップ判定診断回路 2 4 B 、 2 4 C も同様に、 2 o u t o f 3 回路 2 4 1 および論理積部 2 4 2 を有する。

【 0 1 1 1 】

2 o u t o f 3 回路 2 4 1 には、入力モジュール 3 A ~ 3 C のそれぞれからパルス信号 S 3 A ~ S 3 C が入力される。トリップ判定診断のとき、パルス信号 S 3 A ~ S 3 C のうち、 2 つのパルス信号 S 3 A ~ S 3 C は O N 信号であり、 1 つのパルス信号 S 3 A ~ S 3 C は、 O F F 信号である。 2 o u t o f 3 回路 2 4 1 は、入力されたパルス信号 S 3 A ~ S 3 C の過半数の状態を示す O N 信号を出力する。

【 0 1 1 2 】

論理積部 2 4 2 は、 2 つの入力端のうち的一方の入力端が、 2 o u t o f 3 回路 2 4 1 の出力端に接続され、他方の入力端が、対応するトリップ判定回路 5 A ~ 5 C の 2 o u t o f 3 回路 6 A ~ 6 C の出力端に接続され、出力端がトリップ判定診断回路 2 4 A ~ 2 4 C の出力端を構成する。

【 0 1 1 3 】

論理積部 2 4 2 は、 2 o u t o f 3 回路 2 4 1 から入力された O N 信号と、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C の 2 o u t o f 3 回路 6 A ~ 6 C から入力された判定信号 S 4 A ~ S 4 C との論理積を算出する。論理積を算出することで、トリップ判定診断回路 2 4 A ~ 2 4 C は、判定信号 S 4 A ~ S 4 C が正常状態および異常状態のいずれを示すかを判定する。

【 0 1 1 4 】

そして、論理積部 2 4 2 で算出された論理積が O N 信号である場合、トリップ判定診断回路 2 4 A ~ 2 4 C は、判定信号 S 4 A ~ S 4 C が正常状態を示す O N 信号であると判定する。この場合、トリップ判定診断回路 2 4 A ~ 2 4 C は、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C がトリップ判定異常を有すると診断する。一方、論理積部 2 4 2 で算出された論理積が O F F 信号である場合、トリップ判定診断回路 2 4 A ~ 2 4 C は、判定信号 S 4 A ~ S 4 C が異常状態を示す O F F 信号であると判定する。この場合、トリップ判定診断回路 2 4 A ~ 2 4 C は、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C が正常すなわちトリップ判定異常を有しないと診断する。

【 0 1 1 5 】

そして、トリップ判定診断回路 2 4 A ~ 2 4 C は、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C がトリップ判定異常を有すると診断した場合には、論理積部 2 4 2 で算出された論理積による O

10

20

30

40

50

N信号を、トリップ判定異常警報Adとして出力する。トリップ判定異常警報Adは、例えば、スピーカによる音声出力や表示部による画像表示の態様で最終出力される。一方、トリップ判定診断回路24A～24Cは、トリップ判定回路5A～5Cが正常である(OFF)と診断した場合には、トリップ判定異常警報Adを出力しない。

【0116】

(出力診断停止回路33)

図3に示すように、第2の実施形態における出力診断回路31A～31Cは、図1の構成に加えて、更に、出力診断を停止する出力診断停止回路33を有する。出力診断停止回路33は、入力対象トリップ判定回路5A～5C以外のトリップ判定回路5A～5Cがタービンを停止すると判定した場合には、入力対象トリップ判定回路5A～5Cに出力診断信号S5A～S5Cを入力しない。

10

【0117】

より具体的には、図3の例において、出力診断停止回路33は、論理積回路で構成されている。すなわち、出力診断停止回路33は、第1の入力端が診断開始部310に接続され、出力端が入力対象トリップ判定回路5A～5Cの出力信号強制動作回路7A～7Cの論理否定部72A～72Cに接続されている。また、出力診断停止回路33は、第2の入力端および第3の入力端が、入力対象トリップ判定回路5A～5C以外の2つのトリップ判定回路5A～5Cの出力端にそれぞれ接続されている。

【0118】

出力診断停止回路33は、診断開始部310から入力された診断開始信号S10(ON信号)と、入力対象トリップ判定回路5A～5C以外のトリップ判定回路5A～5Cから入力された2つの判定信号S4A～S4Cとの論理積を算出する。

20

【0119】

そして、算出された論理積がON信号である場合、出力診断停止回路33は、算出されたON信号を、出力診断信号S5A～S5Cとして入力対象トリップ判定回路5A～5Cに入力する。一方、算出された論理積がOFF信号である場合、出力診断停止回路33は、入力対象トリップ判定回路5A～5Cに出力診断信号S5A～S5Cを出力しない。

【0120】

(診断方法)

次に、以上のように構成された第2の実施形態によるタービン保護装置1の診断方法について説明する。

30

【0121】

(入力診断)

図4Aは、第2の実施形態によるタービン保護装置1の診断方法として、入力診断における信号のON/OFF状態を示す図である。図4Bは、第2の実施形態によるタービン保護装置1の診断方法として、タービントリップを抑制した入力診断における信号のON/OFF状態を示す図である。

【0122】

図4Aには、診断対象入力モジュール3Aが入力異常(すなわち、ON側への短絡故障)を有する場合と有しない場合とに場合分けして、診断対象入力モジュール3Aに入力されるトリップ信号S1Aと、入力診断信号S3Aと、入力診断時トリップ信号S2Aと、入力異常警報Ainとのそれぞれの信号のON/OFFが記載されている。

40

【0123】

図4Aに示すように、第2の実施形態では、入力診断信号S3Aが短周期のパルス信号S3Aで、これに応じた入力診断時トリップ信号S2Aも短周期のパルス信号であるという点以外は、第1の実施形態の図2Aと同様である。したがって、診断対象入力モジュール3AにON側への短絡故障が生じた場合の入力診断回路16Aの動作は第1の実施形態と同様であるので、詳細な説明は割愛する。

【0124】

図4Bには、診断対象入力モジュール3A以外の入力モジュール3Bが入力異常を有す

50

る場合と有しない場合とに場合分けして、入力モジュール 3 A ~ 3 C に入力される入力診断信号 S 3 A ~ S 3 C と、入力モジュール 3 A ~ 3 C から出力されるトリップ信号 S 2 A、S 1 B、S 1 C と、2 out of 3 回路 6 A から出力される判定信号 S 4 A と、トリップ判定回路 5 A から出力される判定信号 S 4 A とのそれぞれの信号の ON / OFF が記載されている。

【 0 1 2 5 】

なお、図 4 B における入力異常は、診断対象入力モジュール 3 A 以外の入力モジュール 3 B がトリップ信号 S 1 B の状態によらず常に OFF 信号のみを出力するように故障した OFF 側への故障である。

【 0 1 2 6 】

図 4 B に示すように、診断対象入力モジュール 3 A 以外の入力モジュール 3 B が OFF 側に故障していない場合、入力診断信号 S 3 B、S 3 C が OFF 信号である入力モジュール 3 B、3 C では、トリップ信号 S 1 B、S 1 C を強制的に OFF 信号に変換する処理は行われぬ。このため、入力モジュール 3 B、3 C から出力されるトリップ信号 S 1 B、S 1 C は、入力モジュール 3 B、3 C に入力されたときの状態をそのまま示す ON 信号となる。

【 0 1 2 7 】

この場合、トリップ判定回路 5 A の 2 out of 3 回路 6 A から出力される判定信号 S 4 A は、タービンを停止しないと判定した ON 信号となる。また、入力診断時には、トリップ判定回路 5 A に入力診断信号 S 5 A が入力されないため、トリップ判定回路 5 A の出力信号強制動作回路 7 A において判定信号 S 4 A を強制的に OFF 信号に変換する処理は行われぬ。このため、トリップ判定回路 5 A の出力信号強制動作回路 7 A から出力される判定信号 S 4 A も、タービンを停止しないと判定した ON 信号となる。

【 0 1 2 8 】

したがって、診断対象入力モジュール 3 A 以外の入力モジュール 3 B に OFF 側への故障が生じていない場合、入力診断時におけるタービントリップは生じない。

【 0 1 2 9 】

図 5 は、第 2 の実施形態によるタービン保護装置 1 の診断方法として、タービントリップを抑制した入力診断を示す模式図である。図 6 は、第 2 の実施形態によるタービン保護装置 1 の診断方法として、タービントリップを抑制した入力診断を示す信号波形図である。

【 0 1 3 0 】

一方、図 5 に示すように、診断対象入力モジュール 3 A 以外の入力モジュール 3 B が OFF 側に故障している場合、入力診断信号 S 3 B が OFF 信号であっても、入力モジュール 3 B から出力されるトリップ信号 S 1 B は、OFF 信号となる。

【 0 1 3 1 】

この場合、トリップ判定回路 5 A の 2 out of 3 回路 6 A には、診断対象入力モジュール 3 A から入力診断時トリップ信号 S 2 A である OFF 信号が入力され、また、故障した診断対象入力モジュール 3 A 以外の入力モジュール 3 B から OFF 信号が入力される。このため、2 out of 3 回路 6 A から出力される判定信号 S 4 A は、タービンを停止すると判定した OFF 信号となる。

【 0 1 3 2 】

しかしながら、図 5 に示すように、2 out of 3 回路 6 A から出力された OFF 信号は、遅延タイマ 2 3 によって遅延時間が付与される。したがって、図 4 B および図 6 に示すように、入力診断のときにトリップ判定回路 5 A から出力される判定信号 S 4 A は、タービンを停止させないと判定した ON 信号となる。

【 0 1 3 3 】

したがって、診断対象入力モジュール 3 A 以外の入力モジュール 3 B に OFF 側への故障が生じている場合であっても、入力診断時にタービントリップが生じることを抑制することができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 4 】

(トリップ判定診断)

図7Aは、第2の実施形態によるタービン保護装置の診断方法として、トリップ判定診断における信号のON/OFF状態を示す図である。

【 0 1 3 5 】

図7Aには、トリップ判定異常を有する場合と有しない場合とに場合分けして、入力モジュール3A～3Cに入力される入力診断信号S3A～S3Cと、入力モジュール3A～3Cから出力されるトリップ信号S2A、S2B、S1Cと、2out of 3回路6Aから出力される判定信号S4Aと、トリップ判定回路5Aから出力される判定信号S4Aと、トリップ判定異常警報Adとのそれぞれの信号のON/OFFが記載されている。

10

【 0 1 3 6 】

なお、図7Aにおけるトリップ判定異常は、トリップ判定回路5Aのうち2out of 3回路6Aの異常であり、より詳しくは、ON側への短絡故障である。

【 0 1 3 7 】

図7Aに示すように、トリップ判定診断においては、異常を有しないトリップ判定回路5A～5Cの2out of 3回路6A～6Cから、判定信号S4A～S4Cとしてトリップ判定異常警報Adの出力を禁止するOFF信号を出力させるために、2つの入力モジュール3A、3Bにパルス信号S3A、S3B(ON信号)を入力する。これにより、2out of 3回路6Aには、2つの入力モジュール3A、3BからOFF信号が入力し、他の1つの入力モジュール3CからON信号が入力する。

20

【 0 1 3 8 】

トリップ判定回路5Aが異常を有しない場合、2out of 3回路6Aは、過半数である2つのOFF信号に基づいて、判定信号S4AとしてOFF信号を出力する。この場合でも、トリップ判定回路5Aから出力される判定信号S4Aは、遅延タイマ23の遅延時間によってON信号となるため、タービントリップを抑制することができる。

【 0 1 3 9 】

また、2out of 3回路6Aから出力された判定信号S4A(OFF信号)は、図3に示されるトリップ判定診断回路24Aの論理積部242に入力される。このとき、論理積部242には、トリップ判定診断回路24Aの2out of 3回路241から、入力診断信号S3A～S3Cの過半数の状態を示すON信号が入力される。論理積部242は、2out of 3回路241からのON信号と、2out of 3回路6AからのOFF信号との論理積がOFFであるので、トリップ判定回路5Aが正常であると判定してトリップ判定異常警報Adを出力しない。

30

【 0 1 4 0 】

一方、トリップ判定回路5Aが異常を有する場合、2out of 3回路6Aは、過半数である2つのOFF信号にかかわらず、判定信号S4AとしてON信号を出力する。

【 0 1 4 1 】

また、2out of 3回路6Aから出力された判定信号S4A(ON信号)は、トリップ判定診断回路24Aの論理積部242に入力される。このとき、論理積部242には、トリップ判定診断回路24Aの2out of 3回路241から、入力診断信号S3A～S3Cの過半数の状態を示すON信号が入力される。論理積部242は、2out of 3回路241からのON信号と、2out of 3回路6AからのON信号との論理積がONであるので、トリップ判定回路5A～5Cが異常であると判定してトリップ判定異常警報Adを出力する。

40

【 0 1 4 2 】

したがって、遅延タイマ23で不要なタービントリップを抑制しながら、トリップ判定回路5A～5Cの2out of 3回路6A～6CのON側への故障を簡便かつ確実に検知してトリップ判定異常警報Adを出力することができる。

【 0 1 4 3 】

(出力診断信号のブロック制御)

50

図7Bは、第2の実施形態によるタービン保護装置1の診断方法として、入力対象トリップ判定回路以外のトリップ判定回路の異常に応じた出力診断信号のブロック制御を示す図である。

【0144】

図7Bには、入力対象トリップ判定回路5A以外のトリップ判定回路5Bが異常を有する場合と有しない場合とに場合分けして、出力診断信号S5Aと、トリップ判定回路5A～5Cから出力される判定信号S6A、S4B、S4Cと、出力監視信号S8と、出力異常警報Aoutとのそれぞれの信号のON/OFFが記載されている。

【0145】

なお、図7Bにおける入力対象トリップ判定回路5A以外のトリップ判定回路5Bの異常は、OFF側への故障である。

10

【0146】

図7Bに示すように、入力対象トリップ判定回路5A以外のトリップ判定回路5Bが異常を有しない場合、図3に示される出力診断停止回路33には、診断開始信号(ON信号)と、入力対象トリップ判定回路5A以外のトリップ判定回路5B、5Cからの2つの判定信号(ON信号)とが入力される。出力診断停止回路33は、これら3つのON信号の論理積を算出し、算出された論理積に示されるON信号すなわち出力診断信号S5Aを、入力対象トリップ判定回路5Aに出力する。

【0147】

一方、入力対象トリップ判定回路5A以外のトリップ判定回路5Bが異常を有する場合、出力診断停止回路33には、異常を有するトリップ判定回路5Bからの判定信号S4Bとして、OFF信号が入力される。この場合、出力診断停止回路33は、入力された3つの信号の論理積がOFFとなるため、出力診断信号S5Aを入力対象トリップ判定回路5A～5Cに出力しない。

20

【0148】

以上説明したように、第2の実施形態によれば、パルス信号S3A～S3Cおよび遅延タイマ23を用いた入力診断を行うことで、診断対象入力モジュール3A～3C以外の入力モジュール3A～3CにOFF側への故障が生じている場合であっても、入力診断時にタービントリップが生じることを抑制することができる。

【0149】

また、第2の実施形態によれば、トリップ判定診断回路24A～24Cにより、トリップ判定回路5A～5Cの2out of 3回路6A～6CのOFF側への故障を確実に検知することができる。

30

【0150】

また、第2の実施形態によれば、入力対象トリップ判定回路5A～5C以外のトリップ判定回路5A～5CがOFF側に故障する場合に、入力対象トリップ判定回路5A～5Cへの出力診断信号S5A～S5Cの出力をブロックすることができる。これにより、OFF側への故障にともなう不要なタービントリップの発生を抑制することができる。

【0151】

(第3の実施形態)

次に、異常であると診断された入力モジュール3A～3Cからの診断時トリップ信号S2A～S2Cと、異常であると診断されたトリップ判定回路5A～5Cからの判定信号S4A～S4Cとを自動的に異常状態を示すように変換する第3の実施形態について説明する。

40

【0152】

図8は、第3の実施形態によるタービン保護装置1を示すブロック図である。図8に示すように、第3の実施形態によるタービン保護装置1において、トリップ判定回路5A～5Cは、図3の構成に加えて、更に、自動OFF用回路27を有する。また、出力モジュール12は、図3の構成に加えて、更に、自動OFF用リレー回路28を有する。

【0153】

50

なお、図 8 には、トリップ判定回路 5 A の自動 OFF 用回路 2 7 のみが代表的に図示されているが、他のトリップ判定回路 5 B、5 C にも、同様に自動 OFF 用回路 2 7 が設けられている。また、図 8 には、トリップ判定回路 5 A と、出力診断回路 3 1 A と、2 o u t o f 3 回路 1 3 との間の自動 OFF 用リレー回路 2 8 のみが代表的に図示されているが、トリップ判定回路 5 B と、出力診断回路 3 1 B と、2 o u t o f 3 回路 1 3 との間、また、トリップ判定回路 5 C と、出力診断回路 3 1 C と、2 o u t o f 3 回路 1 3 との間にも、同様に自動 OFF 用リレー回路 2 8 が設けられている。

【 0 1 5 4 】

自動 OFF 用回路 2 7 は、異常であると診断された入力モジュール 3 A ~ 3 C からのトリップ信号 S 1 A ~ S 1 C を、異常状態を示すように変換する。

10

【 0 1 5 5 】

より具体的には、図 8 の例において、自動 OFF 用回路 2 7 は、第 1 ~ 第 3 の論理積部 2 7 1 と、第 1 ~ 第 3 の論理否定部 2 7 2 とを有する。論理積部 2 7 1 は、2 つの入力端の一方が入力モジュール 3 A ~ 3 C の出力端に接続され、他方が論理否定部 2 7 2 を経由して入力診断回路 1 6 A ~ 1 6 C の論理積部 1 6 2 の出力端に接続されている。

【 0 1 5 6 】

図 9 A は、第 3 の実施形態によるタービン保護装置 1 の診断方法において、入力異常に応じた入力診断時トリップ信号の自動 OFF 制御を示す図である。

【 0 1 5 7 】

図 9 A に示すように、診断対象入力モジュール 3 A が入力異常を有する場合に、自動 OFF 用回路 2 7 の論理積部 2 7 1 には、入力診断回路 1 6 A から出力された入力異常警報 A i n を示す ON 信号を論理否定部 2 7 2 で論理否定した OFF 信号と、入力モジュール 3 A からのトリップ信号 S 1 A とが入力される。論理積部 2 7 1 は、入力された OFF 信号とトリップ信号 S 1 A との論理積を算出する。算出された論理積は OFF となるので、入力異常を有する入力モジュール 3 A からのトリップ信号 S 1 A を OFF 信号に変換することができる。

20

【 0 1 5 8 】

自動 OFF 用リレー回路 2 8 は、異常であると診断されたトリップ判定回路 5 A からの判定信号 S 4 A を、異常状態を示すように変換する。また、自動 OFF 用リレー回路 2 8 は、異常がある複数接点強制ガイド式リレー 1 7 に入力される判定信号 S 4 A を、異常状態を示すように変換する。

30

【 0 1 5 9 】

より具体的には、図 8 の例において、自動 OFF 用リレー回路 2 8 は、論理積部 2 8 1 と、第 1 の論理否定部 2 8 2 と、第 2 の論理否定部 2 8 3 とを有する。論理積部 2 8 1 は、第 1 の入力端が、トリップ判定回路 5 A ~ 5 C の出力端に接続され、第 2 の入力端が、第 1 の論理否定部 2 8 2 を介してトリップ判定診断回路 2 4 A ~ 2 4 C の出力端に接続され、第 3 の入力端が、第 2 の論理否定部 2 8 3 を介して出力診断回路 3 1 A ~ 3 1 C の出力端に接続されている。

【 0 1 6 0 】

図 9 B は、第 3 の実施形態によるタービン保護装置 1 の診断方法において、トリップ判定異常に応じた判定信号の自動 OFF 制御を示す図である。

40

【 0 1 6 1 】

図 9 B に示すように、トリップ判定回路 5 A がトリップ判定異常を有する場合に、自動 OFF 用リレー回路 2 8 の論理積部 2 8 1 には、トリップ判定診断回路 2 4 A から出力されたトリップ判定異常警報 A d を示す ON 信号を論理否定部 2 8 2 で論理否定した OFF 信号と、トリップ判定回路 5 A からの ON 信号と、出力診断回路 3 1 A の出力信号の論理否定信号とが入力される。論理積部 2 8 1 は、入力された 3 つの信号の論理積を算出する。算出された論理積は OFF となるので、トリップ判定異常を有するトリップ判定回路 5 A からの判定信号 S 4 A を OFF 信号に変換することができる。

【 0 1 6 2 】

50

図9Cは、第3の実施形態によるタービン保護装置1の診断方法において、複数接点強制ガイド式リレー17の異常に応じた判定信号の自動OFF制御を示す図である。

【0163】

図9Cに示すように、第1トリップ判定回路5Aに対応する複数接点強制ガイド式リレー17が異常を有する場合に、自動OFF用リレー回路28の論理積部281には、出力診断回路31Aから出力された出力異常警報Aoutを示すON信号を論理否定部283で論理否定したOFF信号と、トリップ判定回路5AからのON信号と、トリップ判定診断回路24Aの出力信号の論理否定信号とが入力される。論理積部281は、入力された3つの信号の論理積を算出する。算出された論理積はOFFとなるので、異常を有する複数接点強制ガイド式リレー17に入力される判定信号S4AをOFF信号に変換することができる。

10

【0164】

第3の実施形態によれば、自動OFF用回路27および自動OFF用リレー回路28により、異常を有する信号をOFF信号に変換することで、プラント監視操作員の作業を介することなくシステムを安全側（停止側）に動作させることができる。

【0165】

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、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

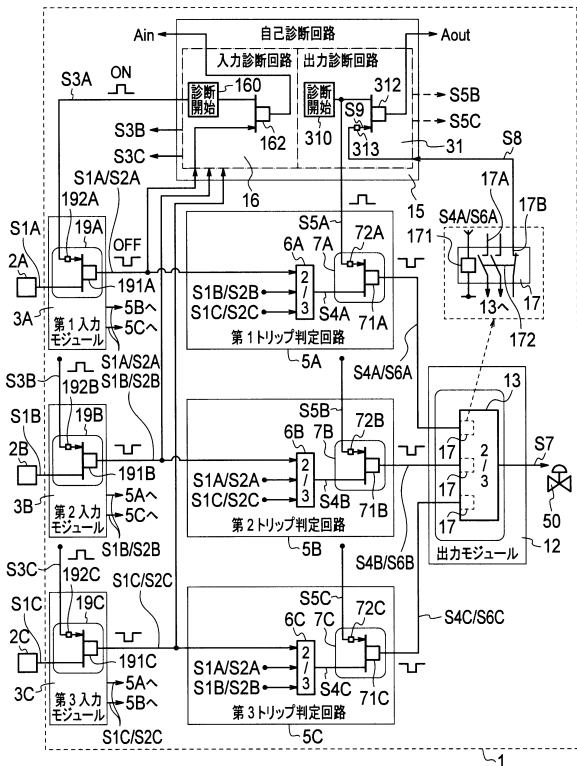
20

【符号の説明】

【0166】

1 タービン保護装置、3A～3C 入力モジュール、5A～5C トリップ判定回路、
12 出力モジュール、15 自己診断回路、

【図1】



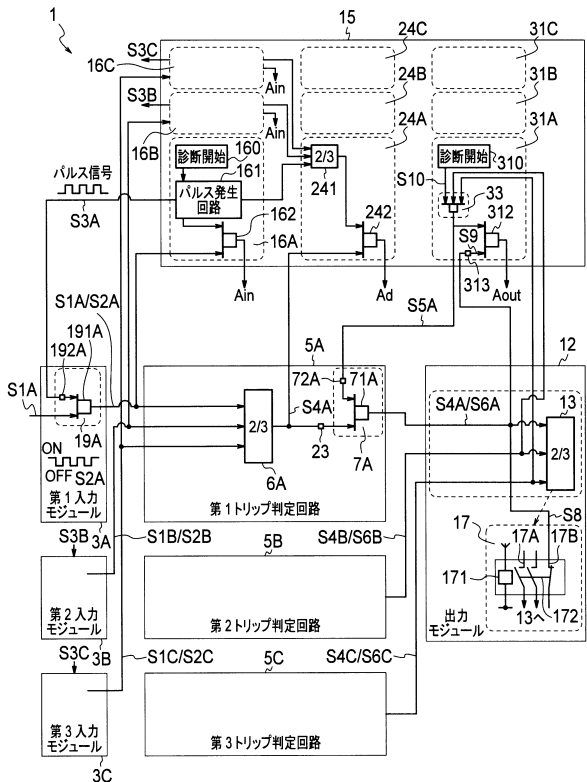
【図2A】

入力異常	トリップ信号 S1A	入力診断信号 S3A	入力診断時 トリップ信号 S2A	入力異常警報 Ain
無し	ON/OFF	ON	OFF	OFF: 警報出力しない
有り	ON/OFF	ON	ON: ON側への 短絡故障	ON: 警報出力する

【図2B】

出力異常	判定信号 S4A	出力診断 信号 S5A	出力診断時 判定信号 S6A	出力監視 信号 S8	出力異常 警報 Aout
無し	ON/OFF	ON	OFF	ON	OFF: 警報出力 しない
有り	ON/OFF	ON	OFF	OFF: A接点の ON側への 短絡故障	ON: 警報出力 する

【図3】



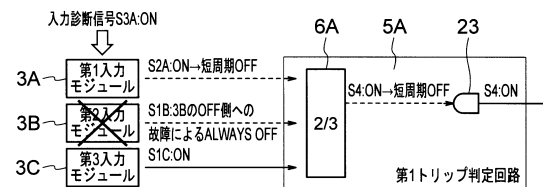
【図4A】

入力異常	トリップ信号 S1A	入力診断 信号 S3A: パルス信号	入力診断時 トリップ信号 S2A: パルス信号	入力異常警報 Ain
無し	ON/OFF	短周期ON	短周期OFF	OFF: 警報出力しない
有り	ON/OFF	短周期ON	短周期ON: 3AのON側への 短絡故障	ON: 警報出力する

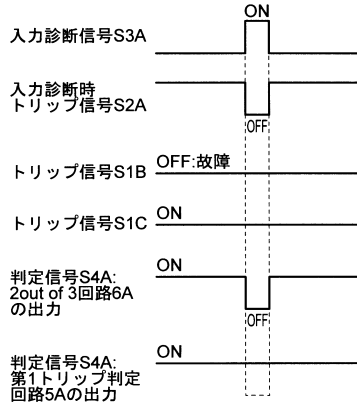
【図4B】

診断対象入力 モジュール 3A以外の入力 モジュールの 故障	入力診断信号			入力モジュールから 出力されるトリップ信号			判定信号S4A: 2out of 3 回路6Aの出力	判定信号S4A: 第1トリップ判定 回路5Aの出力
	S3A	S3B	S3C	S2A	S1B	S1C		
無し	短周期 ON	OFF	OFF	短周期 OFF	ON	ON	ON	ON
有り	短周期 ON	OFF	OFF	短周期 OFF	OFF: 3Bの OFF側への 故障	ON	短周期 OFF	ON

【図5】



【図6】



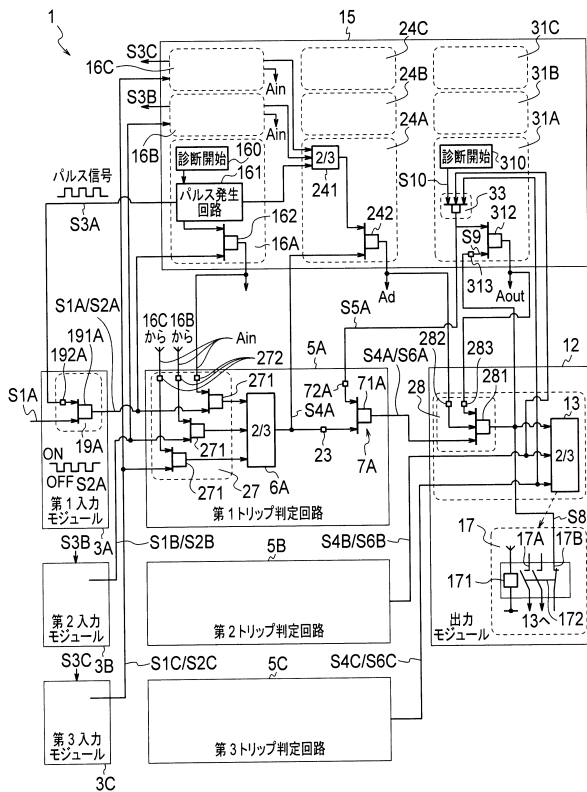
【図7B】

入力対象 トリップ判定 回路5A以外の トリップ判定 回路の異常	出力診断 信号S5A	判定信号:トリップ判定回路の出力			出力監視信号			出力異常 警報Aout
		S6A	S4B	S4C	5Aに 対応	5Bに 対応	5Cに 対応	
無し	ON	OFF	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF: 警報出力 しない
有り	OFF: 5Bの故障 にもなう ブロック	ON	OFF: 5Bの故障	ON	OFF	ON	OFF	OFF: 警報出力 しない

【図7A】

トリップ 判定異常	入力診断信号			入力モジュールから 出力されるトリップ信号			判定信号S4A: 2out of 3回路 6Aの出力	判定信号 S4A: 第1トリップ 判定回路5A の出力	トリップ 判定異常 警報Ad
	S3A	S3B	S3C	S2A	S2B	S1C			
無し	短周期 ON	短周期 ON	OFF	短周期 OFF	短周期 OFF	ON	短周期 OFF	ON	OFF: 警報出力 しない
有り	短周期 ON	短周期 ON	OFF	短周期 OFF	短周期 OFF	ON	ON: 6AのON側への 短絡故障	ON	ON: 警報出力 する

【図8】



【図9A】

入力異常	入力異常警報 Ain	トリップ信号S1A
無し	OFF	ON
有り	ON	OFF

【図9B】

トリップ 判定異常	トリップ判定 異常警報Ad	判定信号S4A: 第1トリップ判定 回路5Aの出力
無し	OFF	ON
有り	ON	OFF

【図9C】

出力異常	出力異常警報 Aout	判定信号S4A: 第1トリップ判定 回路5Aの出力
無し	OFF	ON
有り	ON	OFF

フロントページの続き

- (74)代理人 100107582
弁理士 関根 毅
- (74)代理人 100124372
弁理士 山ノ井 傑
- (74)代理人 100120385
弁理士 鈴木 健之
- (72)発明者 アフィフ マシュラフル
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 中村 大輔

- (56)参考文献 特開2015-086843(JP,A)
特開昭64-088169(JP,A)
特開平10-340101(JP,A)
特開昭64-070802(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| F01D | 21/14 |
| F01D | 21/00 |
| F01D | 17/00 |
| F01D | 25/00 |
| G05B | 9/02 |
| G05B | 9/03 |