

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-296765

(P2009-296765A)

(43) 公開日 平成21年12月17日(2009.12.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H02P 9/14 (2006.01)	H02P 9/14 D	5H590
H02P 9/04 (2006.01)	H02P 9/04 N	

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2008-146907 (P2008-146907)	(71) 出願人	000195959
(22) 出願日	平成20年6月4日(2008.6.4)		西芝電機株式会社
			兵庫県姫路市網干区浜田1000番地
		(74) 代理人	100145816
			弁理士 鹿股 俊雄
		(74) 代理人	100087332
			弁理士 猪股 祥晃
		(74) 代理人	100081189
			弁理士 猪股 弘子
		(72) 発明者	谷口 健
			兵庫県姫路市網干区浜田1000番地 西
			芝電機株式会社内
		Fターム(参考)	5H590 AA30 AB02 CA07 CA22 CC01
			CE03 DD32 DD64 EA07 FA08
			HA02 HA04 HB03

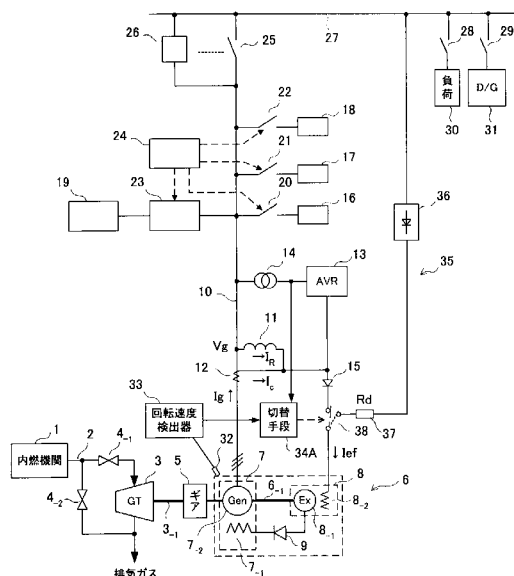
(54) 【発明の名称】 発電設備

(57) 【要約】

【課題】 原動機の始動時に同期発電機の回転速度が低い状態でも励磁機の界磁電流が過大とならないようにするとともに、自動電圧調整器の故障時にも自動電圧調整器以外の装置から一定の励磁機界磁電流を供給することにより、同期発電機に電圧を出力させ、原動機と同期発電機とを保護する。

【解決手段】 同期発電機本体7の回転速度または界磁電流を測定し結果、交流励磁機8に過励磁のおそれがあると判断された場合、または自動電圧調整器13が故障と判断された場合、励磁電源切替手段34によって切替スイッチ38を励磁機の電源を自動電圧調整器13側から別系統の定励磁電源35側に切替え、交流励磁機8が過励磁にならないように界磁電流を低い値にし、同期発電機6の始動時に励磁機の過熱の防止および原動機1とブラシレス同期発電機6の過速度を防止する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内燃機関の排出する排気ガスによって駆動される原動機と、
前記原動機によって駆動される同期発電機と、
前記同期発電機の出力電圧が所望の値となるように当該同期発電機の界磁巻線に流れる界磁電流を調整する自動電圧調整器と、
前記同期発電機の出力端子にスイッチを介して接続された制動抵抗器と、
前記スイッチを制御して制動抵抗器における消費電力を制御することにより、同期発電機の負荷トルクと前記原動機の加速トルクとが平衡する回転速度になるまで同期発電機の回転速度を昇速させる電力制御装置と、
前記同期発電機の界磁巻線にほぼ一定の界磁電流を供給する定励磁電源と、
前記自動電圧調整器側あるいは前記定励磁電源側のいずれかに接続されて前記同期発電機の界磁巻線に界磁電流を供給する切替スイッチと、
を備えた発電設備において、
前記同期発電機の回転速度を検出する回転速度検出手段と、
前記同期発電機の出力電圧を検出する電圧検出手段と、
前記検出された出力電圧および回転速度を入力し、前記同期発電機の始動時には前記切替スイッチを前記自動電圧調整器側に接続し、前記回転速度検出手段から得られた回転速度値が予定回転速度範囲にあることが所定時間継続する場合、前記切替スイッチを前記自動電圧調整器側から前記定励磁電源側に切替え、その後前記同期発電機の出力電圧が定格電圧まで上昇した場合前記切替スイッチを再び前記自動電圧調整器側に切替える第 1 の励磁電源切替手段と、
を設けたことを特徴とする発電設備。

10

20

【請求項 2】

前記予定回転速度範囲は、同期発電機定格回転速度のほぼ 50%乃至 95%の範囲であることを特徴とする請求項 1 記載の発電設備。

【請求項 3】

内燃機関の排出する排気ガスによって駆動される原動機と、
前記原動機によって駆動される同期発電機と、
前記同期発電機の出力電圧が所望の値となるように当該同期発電機の界磁巻線に流れる界磁電流を調整する自動電圧調整器と、
前記同期発電機の出力端子にスイッチを介して接続された制動抵抗器と、
前記スイッチを制御して制動抵抗器における消費電力を制御することにより、同期発電機の負荷トルクと前記原動機の加速トルクとが平衡する回転速度になるまで同期発電機の回転速度を昇速させる電力制御装置と、
前記同期発電機の界磁巻線にほぼ一定の界磁電流を供給する定励磁電源と、
前記自動電圧調整器側あるいは前記定励磁電源側のいずれかに接続されて前記同期発電機の界磁巻線に界磁電流を供給する切替スイッチと、
を備えた発電設備において、
前記自動電圧調整器により調整された界磁電流を検出して界磁電流検出値を出力する界磁電流検出手段と、
前記同期発電機の始動時には前記切替スイッチを前記自動電圧調整器側に接続し、前記同期発電機の始動後前記界磁電流検出手段により検出された界磁電流が自動電圧調整器の故障を判断できる所定値以下の場合、前記切替スイッチを前記自動電圧調整器側から前記定励磁電源側に切替える第 2 の励磁電源切替手段と、
を設けたことを特徴とする発電設備。

30

40

【請求項 4】

内燃機関の排出する排気ガスによって駆動される原動機と、
前記原動機によって駆動される同期発電機と、
前記同期発電機の出力電圧が所望の値となるように当該同期発電機の界磁巻線に流れる

50

界磁電流を調整する自動電圧調整器と、

前記同期発電機の出力端子にスイッチを介して接続された制動抵抗器と、

前記スイッチを制御して制動抵抗器における消費電力を制御することにより、同期発電機の負荷トルクと前記原動機の加速トルクとが平衡する回転速度になるまで同期発電機の回転速度を昇速させる電力制御装置と、

前記同期発電機の界磁巻線にほぼ一定の界磁電流を供給する定励磁電源と、

前記自動電圧調整器側あるいは前記定励磁電源側のいずれかに接続されて前記同期発電機の界磁巻線に界磁電流を供給する切替スイッチと、
を備えた発電設備において、

前記自動電圧調整器により調整された界磁電流を検出して界磁電流検出値を出力する界磁電流検出手段と、

10

前記同期発電機の回転速度を検出する回転速度検出手段と、

前記界磁電流検出値、前記回転速度検出値および同期機の出力電圧を入力し、前記回転速度検出値が所定回転速度範囲内にあることが所定時間継続すると前記切替スイッチを前記自動電圧調整器から前記定励磁電源に切り替え、発電機出力電圧が定格電圧以上の場合、前記切替スイッチを前記定励磁電源から前記自動電圧調整器側に切り替え、前記回転速度検出値が所定回転速度範囲内であることが所定時間継続した状態で前記界磁電流検出値が自動電圧調整器の故障を判断できる所定界磁電流値以下の場合、前記切替スイッチを前記自動電圧調整器から前記定励磁電源に切り替える第3の励磁電源切替手段と、
を設けたことを特徴とする発電設備。

20

【請求項5】

前記第3の励磁電源切替手段の代わりに、界磁電流検出値が、予め前記ブラシレス同期発電機の回転速度検出値に対応して設定された界磁電流許容値を超えたときに前記切替スイッチを前記自動電圧調整器から前記定励磁電源に切り替える第4の励磁電源切替手段を設けたことを特徴とする請求項4記載の発電設備。

【請求項6】

内燃機関の排出する排気ガスによって駆動される原動機と、

前記原動機によって駆動される同期発電機と、

前記同期発電機の出力電圧が所望の値となるように当該同期発電機の界磁巻線に流れる界磁電流を調整する自動電圧調整器と、

30

前記同期発電機の出力端子にスイッチを介して接続された制動抵抗器と、

前記スイッチを制御して制動抵抗器における消費電力を制御することにより、同期発電機の負荷トルクと前記原動機の加速トルクとが平衡する回転速度になるまで同期発電機の回転速度を昇速させる電力制御装置と、

前記同期発電機の界磁巻線にほぼ一定の界磁電流を供給する定励磁電源と、

前記自動電圧調整器側あるいは前記定励磁電源側のいずれかに接続されて前記同期発電機の界磁巻線に界磁電流を供給する切替スイッチと、
を備えた発電設備において、

前記自動電圧調整器により調整された界磁電流を検出して界磁電流検出値を出力する界磁電流検出手段と、

40

前記励磁機の温度を検出する温度センサと、

前記界磁電流検出値、発電機出力電圧値および励磁機の温度検出値を入力し、該温度検出値が所定温度より上昇した場合に前記切替スイッチを前記自動電圧調整器から前記定励磁電源に切り替える第5の励磁電源切替手段と、
を設けたことを特徴とする発電設備。

【請求項7】

前記同期発電機は、発電機界磁巻線、励磁機電機子巻線および整流器を回転軸上に固定して一体的に回転する形態のブラシレス同期発電機であることを特徴とする請求項1乃至6記載の発電設備。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、発電設備に係り、特に同期発電機の端子に接続された制動抵抗器の消費電力を調整して回転速度を制御するようにした発電設備に関する。

【背景技術】

【0002】

主として船舶に設置されており、内燃機関の排気ガスで駆動されるガスタービン発電設備の場合、ディーゼルエンジン等のガス源からガスタービンに供給する燃焼ガスの量は、制御弁等で制御されずにほぼ一定量である。

【0003】

このため、船舶用ガスタービン発電設備の始動方法は、事業用ガスタービン発電設備の始動方法のように燃焼ガスを徐々に増加させて回転速度を漸増する方法とは異なり、あらかじめ発電機端子に制動抵抗器を接続した状態でガスタービンにほぼ一定量の排気ガスを供給して駆動するようにし、発電機から出力された電力を制動抵抗器で消費させ、このとき発電機軸に発生する負荷トルクと、発電機軸に供給されるガスタービンの加速トルクとが平衡する状態となるまで発電機の回転速度を加速させ、回転速度の上昇が止まった後、制動抵抗器の消費電力を漸減させて発電機の負荷トルクを減少させることによって、発電機回転速度を漸増させ、系統に併入するようにしている（例えば、特許文献1参照）。

【0004】

図15は特許文献1に開示されている発明を具体的に示したガスタービン発電設備の構成図である。

図15において、1は、ガスタービン3のガス源として機能するディーゼルエンジン等の内燃機関であり、ここで発生した燃焼ガスが排気ガスとなって排気通路2を介してガスタービン3に供給され、ガスタービン3を回転駆動する。排気通路2には排気ガスの供給または遮断を行う開閉弁4-1および4-2が設けられている。

【0005】

開閉弁4-1および4-2は、開度が互いに逆方向に連動するように構成されており、開閉弁4-1が「開」のときは開閉弁4-2が「閉」となり、開閉弁4-1が「閉」のときは開閉弁4-2が「開」となる。

【0006】

ガスタービン3の出力軸3-1は減速用のギヤ5を介してブラシレス同期発電機6が連結されるようになっている。

ブラシレス同期発電機6は、同期発電機本体7と、交流励磁機（Ex）8と、この交流励磁機の回転電機子巻線8-1から出力された交流電圧を整流して同期発電機本体7の界磁巻線7-1に供給する回転整流器9とを備え、回転軸6-1上に同期発電機本体7の界磁巻線7-1と、交流励磁機8の回転電機子巻線8-1と、回転整流器9とを固定して一体に回転するように構成されている。

【0007】

そして、交流励磁機8の静止側に設置された界磁巻線8-2に供給する界磁電流を調整することによって同期発電機本体7の電機子巻線7-2端子から出力される端子電圧（以下、出力電圧という）Vgを調整するように構成されている。

【0008】

このように構成されたブラシレス同期発電機6における同期発電機本体7の出力端子は、発電機主回路母線10および発電機遮断器25を介して電力系統27に接続される。そして、発電機主回路母線10には同期発電機本体の出力の一部を自励用とするための各種機器および始動または制動用の各種機器が接続されている。

【0009】

まず、発電機主回路母線10には、同期発電機本体7を自励複巻同期発電機とするための機器として、リアクトル11および変流器12を接続する。また、自動電圧調整器（AVR）13に発電機の出力電圧Vgを取り込むための機器として電圧検出変圧器14を接

10

20

30

40

50

続する。

【0010】

リアクトル 11 から出力された電流 I_R および変流器 12 から出力された CT 2 次電流 I_C はベクトル合成されて自動電圧調整器 (AVR) 13 に入力される。

この自動電圧調整器 13 は、内部にスイッチング素子を備えており、このスイッチング素子によって、入力したベクトル合成後の電流を、設定電圧と発電機出力電圧との電圧偏差に応じて間欠的に短絡させ、電圧偏差に応じて大きさが調整された励磁機界磁電流 I_f を交流励磁機 8 の界磁巻線 $8-2$ に供給するように構成されている (例えば、特許文献 2 参照)。

【0011】

次に、発電機主回路母線 10 にはブラシレス同期発電機 6 の始動および制動のために、各種のスイッチを介して複数個の制動抵抗器を接続している。制動抵抗器 16、17 および 18 はそれぞれ電磁接触器等の機械的スイッチ 20、21 および 22 を介して発電機主回路母線 10 に接続され、また、制動抵抗器 19 はサイリスタあるいは IGBT 等で構成された半導体スイッチ 23 を介して発電機主回路母線 10 に接続されている。

【0012】

ここで、制動抵抗器 16、17 および 18 の最大消費電力の合計値を同期発電機本体 7 の最大出力値よりもかなり大きく設計しておく。そして上記各種スイッチのうち、機械的スイッチ 20、21 および 23 は電力制御装置 24 によって直接開閉制御されるようになっており、制動抵抗器 19 は、電力制御装置 24 から半導体スイッチ 19 を介して抵抗値を漸減または漸増できるように制御されるようになっている。いずれにしても、これらのスイッチは制動抵抗器で消費される電力を調整するために設けられている。26 は、発電機遮断器 25 を電力系統 27 に同期投入するための自動同期投入装置である。

一方、前記電力系統 27 には、遮断器 28、29 を介してそれぞれ負荷 30、ディーゼル発電機 (D/G) 31 が接続されている。

【0013】

次に、以上のように構成されたガスタービン発電設備の始動方法について説明する。

ガスタービン発電設備の始動前は発電機遮断器 25 を「開」にし、ディーゼル発電設備 31 は運転状態にあり遮断器 29、28 を介して負荷 30 に電力を供給している。そして、電力制御装置 24 は、機械的スイッチ 20、21 および 22 を「閉」にして制動抵抗器 16、17 および 18 をブラシレス同期発電機 6 の発電機主回路母線 10 に接続した状態にしておく。

【0014】

この状態で開閉弁 $4-1$ を開き、開閉弁 $4-2$ を閉じることにより、内燃機関 1 からの排気ガスは排気通路 2 および開閉弁 $4-1$ を通して全てガスタービン 3 に供給され、ガスタービン 3 を回転駆動する。ガスタービン 3 は、出力軸 $3-1$ および減速用ギヤ 5 を介してブラシレス同期発電機 6 の回転軸 $6-1$ に回転エネルギーを伝達し、同期発電機本体 7、交流励磁機 8 および回転整流器 9 の回転部を一体的に回転駆動する。

【0015】

同期発電機本体 7 の回転速度が上昇するとリアクトル 11、変流器 12 から整流器 15 を通して交流励磁機 8 の界磁巻線 $8-2$ に界磁電流が供給され、交流励磁機 8 の回転電機子巻線 $8-1$ が発電する。回転電機子巻線 $8-1$ に発生した交流電圧は、回転整流器 9 で直流に変換され、同期発電機本体 7 の界磁巻線 $7-1$ に界磁電流として供給される。これにより同期発電機本体 7 は発電し、発電機主回路母線 10、機械的スイッチ 20、21 および 22 を通して制動抵抗器 16、17 および 18 に電流を流し、電力を消費させる。

【0016】

制動抵抗器 16、17 および 18 での電力消費によりブラシレス同期発電機 6 の回転軸 $6-1$ に負荷トルクが発生し、この負荷トルクとガスタービン 3 から減速用ギヤ 5 を介して受ける加速トルクがバランスする回転速度まで昇速し、バランスした状態で回転速度の上昇が止まり、ブラシレス同期発電機 6 すなわち、同期発電機本体 7 は一定速度で回転す

10

20

30

40

50

る。

【0017】

前述したように、制動抵抗器16、17および18の最大消費電力の合計値は同期発電機本体7の最大出力値よりもかなり大きく設計してあるので、制動抵抗器16、17および18が発電機主回路母線10に接続されているときは、ブラシレス同期発電機6は定格回転速度よりも十分低い回転速度で平衡する。

【0018】

その後、電力制御装置24が機械的スイッチ20～22を1つずつ遮断して制動抵抗器16～18を1つずつ発電機主回路母線10から解列することにより、同期発電機本体7の負荷トルクを減少させ、ブラシレス同期発電機6の回転速度を上昇させる。

10

【0019】

この様子を図16に示す。図16(A)～(C)におけるTaの期間は、制動抵抗器16、17および18が同期発電機本体7に接続され、制動抵抗器での消費電力が最大となっている期間であり、ブラシレス同期発電機6の回転速度は図16(A)の特性aのように変化する。

【0020】

同図のTbの期間は、例えば制動抵抗器16を解列し、制動抵抗器17および18を同期発電機本体7に接続している期間である。この期間では同期発電機本体7の負荷トルクが減少するため、負荷トルクと加速トルクとがバランスする値までブラシレス同期発電機6の回転速度は上昇し、特性bのようになる。さらに、同図のTcの期間で示すように、機械的スイッチ21を遮断して制動抵抗器17を解列すると、同期発電機本体7の負荷トルクがガスタービン3よりギヤ5を介して受ける加速トルクより小さくなるので、ブラシレス同期発電機6の回転速度は定格回転速度より高くなり、特性cのようになる。

20

【0021】

その後、電力制御装置24から半導体スイッチ23に電力指令を出力し、半導体スイッチ23によって制動抵抗器19に流れる電流を調整することで負荷トルクの微調整を行い、同図のTdの期間に示すように、ブラシレス同期発電機6の回転速度を定格回転速度に維持する。

【0022】

次に、自動電圧調整器13によるブラシレス同期発電機6の電圧制御の動作を図16(B)および図16(C)に示す。同図Ta、Tbの期間では、回転速度が低いため自動電圧調整器13は電圧を制御することができず、同期発電機本体7の出力電圧Vgは定格電圧に達しない。同図Tcの期間では回転速度の上昇に伴い出力電圧Vgが上昇するので、自動電圧調整器13は励磁機界磁電流を減少させて出力電圧Vgを定格電圧に維持する。

30

【0023】

回転速度と出力電圧とが定格値に達した後(図16のTdの期間以降)、同期投入装置26により位相角が許容値に入ると遮断器25を操作して同期発電機本体7を電力系統27へ接続し、ブラシレス同期発電機6とディーゼル発電設備31の両方で負荷30へ電力を供給する。

【0024】

以上のようにガスタービン発電設備を始動して電力系統27と並列運転し、負荷30に給電することができる。

40

【特許文献1】特開平6-10699号公報

【特許文献2】特許第2913175号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0025】

以上述べた図15に示す従来のガスタービン発電設備の場合、同期発電機本体7の出力電圧は、界磁電流を一定とした場合回転速度にほぼ比例するので、回転速度が低いときは内部誘起電圧も低くなって出力電圧は低下する。

50

【0026】

また、自動電圧調整器13はガスタービン3の回転速度が低下してブラシレス同期発電機6の出力電圧が低下すると、界磁電流を増加させて同期発電機本体7の出力電圧を定格電圧に維持するように機能する。

【0027】

一方、ガスタービン発電設備の始動時は、図16の期間TaおよびTbのように回転速度が遅い（低い）期間がある。回転速度が遅い（低い）場合、自動電圧調整器13は、同期発電機本体7の出力電圧Vgを定格値に維持しようとするために、図16（C）で示すように励磁機界磁電流I_{ef}を増加させるように作用する。交流励磁機8の冷却を回転軸6-1に設けた冷却ファンによって外気を取り込むようにした冷却方式の場合、回転速度が低い状態では冷却ファンの風量が少ないため交流励磁機8の冷却能力が低くなり、温度上昇しやすくなる。この状態で図16（C）の期間Tbに示すように励磁機界磁電流I_{ef}を増加させると、交流励磁機8の回転電機子巻線8-1が過熱し、焼損するおそれがある。

10

【0028】

また、前述したガスタービン発電設備は、制動抵抗器16、17、18、19の消費電力を調整することによって同期発電機本体7の回転速度を制御するシステムであるが、自動電圧調整器13が故障して交流励磁機8の界磁巻線8-2に電流を供給できなくなった場合、同期発電機本体7は発電することができなくなる。この場合、同期発電機本体7に負荷トルクがかからなくなり、ガスタービン3に発生する加速トルクにより回転速度が上昇し、ガスタービン3およびブラシレス同期発電機6の回転速度が過速度耐量を超える可能性がある。

20

【0029】

ガスタービン3の回転速度が上昇して過速度となったことを検出して、開閉弁4-2を開き、開閉弁4-1を閉じればガスタービン3を停止させることができるが、開閉弁4-1、4-2の作動には時間がかかるので、開閉弁4-1が閉じる前にガスタービン3およびブラシレス同期発電機6は損傷に至るおそれがある。

【0030】

以上述べた課題は、ガスタービン以外の原動機を適用した場合やブラシレス同期発電機以外のブラシ付きの同期発電機を適用した場合にも言えることである。

30

そこで、本発明は上述した課題に鑑みてなされたもので、原動機の始動時に同期発電機の回転速度が低い状態が継続しても励磁機の界磁電流が過大とならないようにするとともに、自動電圧調整器の故障時には自動電圧調整器以外の定励磁電源から一定の励磁機界磁電流を供給することにより、同期発電機に電圧を出力させ、原動機および同期発電機を保護することができる発電設備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】

【0031】

上記の目的を達成するために、請求項1に係る発電設備の発明は、内燃機関の排出する排気ガスによって駆動される原動機と、前記原動機によって駆動される同期発電機と、前記同期発電機の出力電圧が所望の値となるように当該同期発電機の界磁巻線に流れる界磁電流を調整する自動電圧調整器と、前記同期発電機の出力端子にスイッチを介して接続された制動抵抗器と、前記スイッチを制御して制動抵抗器における消費電力を制御することにより、同期発電機の負荷トルクと前記原動機の加速トルクとが平衡する回転速度になるまで同期発電機の回転速度を昇速させる電力制御装置と、前記同期発電機の界磁巻線にはば一定の界磁電流を供給する定励磁電源と、前記自動電圧調整器側あるいは前記定励磁電源側のいずれかに接続されて前記同期発電機の界磁巻線に界磁電流を供給する切替スイッチと、を備えた発電設備において、前記同期発電機の回転速度を検出する回転速度検出手段と、前記同期発電機の出力電圧を検出する電圧検出手段と、前記検出された出力電圧および回転速度を入力し、前記同期発電機の始動時には前記切替スイッチを前記自動電圧調整器側に接続し、前記回転速度検出手段から得られた回転速度値が予定回転速度範囲にあ

40

50

ることが所定時間継続する場合、前記切替スイッチを前記自動電圧調整器側から前記定励磁電源側に切替え、その後前記同期発電機の出力電圧が定格電圧まで上昇した場合前記切替スイッチを再び前記自動電圧調整器側に切替える第1の励磁電源切替手段と、を設けたことを特徴とする。

【0032】

また、請求項2に係る発電設備の発明は、請求項1記載の発電設備において、前記予定回転速度範囲は、同期発電機定格回転速度のほぼ50%乃至95%の範囲であることを特徴とする。

【0033】

また、請求項3に係る発電設備は、内燃機関の排出する排気ガスによって駆動される原動機と、前記原動機によって駆動される同期発電機と、前記同期発電機の出力電圧が所望の値となるように当該同期発電機の界磁巻線に流れる界磁電流を調整する自動電圧調整器と、前記同期発電機の出力端子にスイッチを介して接続された制動抵抗器と、前記スイッチを制御して制動抵抗器における消費電力を制御することにより、同期発電機の負荷トルクと前記原動機の加速トルクとが平衡する回転速度になるまで同期発電機の回転速度を昇速させる電力制御装置と、前記同期発電機の界磁巻線にほぼ一定の界磁電流を供給する定励磁電源と、前記自動電圧調整器側あるいは前記定励磁電源側のいずれかに接続されて前記同期発電機の界磁巻線に界磁電流を供給する切替スイッチと、を備えた発電設備において、前記自動電圧調整器により調整された界磁電流を検出して界磁電流検出値を出力する界磁電流検出手段と、前記同期発電機の始動時には前記切替スイッチを前記自動電圧調整器側に接続し、前記同期発電機の始動後前記界磁電流検出手段により検出された界磁電流が自動電圧調整器の故障を判断できる所定値以下の場合、前記切替スイッチを前記自動電圧調整器側から前記定励磁電源側に切替える第2の励磁電源切替手段と、を設けたことを特徴とする。

【0034】

また、請求項4に係る発電設備は、内燃機関の排出する排気ガスによって駆動される原動機と、前記原動機によって駆動される同期発電機と、前記同期発電機の出力電圧が所望の値となるように当該同期発電機の界磁巻線に流れる界磁電流を調整する自動電圧調整器と、前記同期発電機の出力端子にスイッチを介して接続された制動抵抗器と、前記スイッチを制御して制動抵抗器における消費電力を制御することにより、同期発電機の負荷トルクと前記原動機の加速トルクとが平衡する回転速度になるまで同期発電機の回転速度を昇速させる電力制御装置と、前記同期発電機の界磁巻線にほぼ一定の界磁電流を供給する定励磁電源と、前記自動電圧調整器側あるいは前記定励磁電源側のいずれかに接続されて前記同期発電機の界磁巻線に界磁電流を供給する切替スイッチと、を備えた発電設備において、前記自動電圧調整器により調整された界磁電流を検出して界磁電流検出値を出力する界磁電流検出手段と、前記同期発電機の回転速度を検出する回転速度検出手段と、前記界磁電流検出値、前記回転速度検出値および同期機の出力電圧を入力し、前記回転速度検出値が所定回転速度範囲内にあることが所定時間継続すると前記切替スイッチを前記自動電圧調整器から前記定励磁電源に切り替え、発電機出力電圧が定格電圧以上の場合、前記切替スイッチを前記定励磁電源から前記自動電圧調整器側に切替え、前記回転速度検出値が所定回転速度範囲内であることが所定時間継続した状態で前記界磁電流検出値が自動電圧調整器の故障を判断できる所定界磁電流値以下の場合、前記切替スイッチを前記自動電圧調整器から前記定励磁電源に切り替える第3の励磁電源切替手段と、を設けたことを特徴とする。

【0035】

さらに、請求項5に係る発電設備は、請求項4記載の発電設備において、前記第3の励磁電源切替手段の代わりに、界磁電流検出値が、予め前記ブラシレス同期発電機の回転速度検出値に対応して設定された界磁電流許容値を超えたときに前記切替スイッチを前記自動電圧調整器から前記定励磁電源に切り替える第4の励磁電源切替手段を設けたことを特徴とする。

10

20

30

40

50

【0036】

さらに、請求項6に係る発電設備は、内燃機関の排出する排気ガスによって駆動される原動機と、前記原動機によって駆動される同期発電機と、前記同期発電機の出力電圧が所望の値となるように当該同期発電機の界磁巻線に流れる界磁電流を調整する自動電圧調整器と、前記同期発電機の出力端子にスイッチを介して接続された制動抵抗器と、前記スイッチを制御して制動抵抗器における消費電力を制御することにより、同期発電機の負荷トルクと前記原動機の加速トルクとが平衡する回転速度になるまで同期発電機の回転速度を昇速させる電力制御装置と、前記同期発電機の界磁巻線にほぼ一定の界磁電流を供給する定励磁電源と、前記自動電圧調整器側あるいは前記定励磁電源側のいずれかに接続されて前記同期発電機の界磁巻線に界磁電流を供給する切替スイッチと、を備えた発電設備において、前記自動電圧調整器により調整された界磁電流を検出して界磁電流検出値を出力する界磁電流検出手段と、前記励磁機の温度を検出する温度センサと、前記界磁電流検出値、発電機出力電圧値および励磁機の温度検出値を入力し、該温度検出値が所定温度より上昇した場合に前記切替スイッチを前記自動電圧調整器から前記定励磁電源に切り替える第5の励磁電源切替手段と、を設けたことを特徴とする。

10

【0037】

さらに、請求項7に係る発電設備は、請求項1乃至6記載の発電設備において、前記同期発電機は、発電機界磁巻線、励磁機電機子巻線および整流器を回転軸上に固定して一体的に回転する形態のブラシレス同期発電機であることを特徴とする。

【発明の効果】

20

【0038】

本発明の発電設備によれば、同期発電機の励磁機に過励磁のおそれがある場合、別系統の定励磁電源に切替えて一定の励磁機界磁電流を供給することにより、励磁機が過励磁にならないように界磁電流を低い値にするので、同期発電機の始動時に励磁機の過熱を防止することができる。

【0039】

また、自動電圧調整器が故障した場合にも、自動電圧調整器以外の別系統の定励磁電源から一定の励磁機界磁電流を供給することにより、同期発電機に電圧を出力させ、同期発電機に負荷をかけることができるので、原動機および同期発電機の過速度を防止することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0040】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。なお、各図において、共通する部品には同一符号若しくは関連符号を付けることにより、重複する説明を適宜省略する。

【0041】

(第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態によるガスタービン発電設備の構成図、図2は本実施形態における始動時の動作を説明するための特性図、図3は励磁電源切替手段34Aの機能を説明するための流れ図である。

40

【0042】

(構成)

本実施形態が、図15で示した従来の発電設備と異なる点は、ブラシレス同期発電機6の回転部分の回転速度を検出し、検出された回転速度が予定時間経過しても予定の回転速度以下の場合、別系統の定励磁電源から界磁電流を供給して、同期発電機本体の過励磁を防止するようにした点にある。

【0043】

以下、図1を参照して本実施形態の構成を具体的に説明する。

ブラシレス同期発電機6の回転部分すなわち、回転軸6-1、発電機界磁巻線7-1、回転整流器9あるいは交流励磁機回転電機子8-1のいずれかの回転部分に近接して回転

50

速度検出センサ 32 を設け、この回転速度検出センサ 32 の出力信号を回転速度検出器 33 に入力してブラシレス同期発電機 6（または、同期発電機本体 7）の回転速度を検出する。この回転速度検出器 33 で検出された回転速度信号は、後述する励磁電源切替手段 34 A に入力される。

【0044】

35 は、リアクトル 11 および変流器 12 で構成した自励複巻励磁用電源とは別系統の定励磁電源であり、電力系統 27 の交流電圧を整流する整流器 36 と、整流器 36 の出力を電圧に変換する抵抗器 37 とから構成されている。

【0045】

38 は前記励磁電源切替手段 34 A によって切替えられる切替スイッチであり、ガスタービン発電設備の始動開始前の初期状態では励磁機界磁巻線 8-2 を自動電圧調整器 13 側に接続し、励磁電源切替手段 34 A が動作した場合は励磁機界磁巻線 8-2 を定励磁電源 35 側に切替接続するように構成されている。

【0046】

この励磁電源切替手段 34 A は、ブラシレス同期発電機 6 の回転速度検出値 N を入力し、この回転速度検出値 N と第 1 の予定回転速度値（例えば、定格回転速度の 50 % 等と設定した回転速度値） N_0 とを比較し、 $N \geq N_0$ である場合には過励磁保護用の時間カウンタを開始し、カウンタ開始後予め設定した所定時間（例えば過励磁の目安とされる 2 秒程度の時間） T_1 経過しても回転速度が第 2 の予定回転速度（例えば、定格回転速度の 95 % 等の設定値） N_1 に達しない場合、切替スイッチ 38 を切替えて励磁機界磁巻線 8-2 を定励磁電源 35 の抵抗器 37 に接続する。

【0047】

（作用）

次に、図 1 乃至図 3 を参照してガスタービン発電設備の始動時の動作を説明する。

ガスタービン発電設備の始動前は従来の技術の場合と同様に、遮断器 25 を「開」にし、ディーゼル発電設備 31 を運転状態にしてその出力電力を遮断器 29、28 を介して負荷 30 に供給している。そして、スイッチ 20～22 は「閉」にして制動抵抗器 16～18 をブラシレス同期発電機 6 の発電機主回路母線 10 に接続した状態にしておく。

【0048】

本実施形態では、これに加えて、自励複巻励磁電源側の整流器 15 から出力される励磁機界磁電流は切替スイッチ 38 を介してブラシレス同期発電機 6 の励磁機界磁巻線 8-2 に供給されるようにしておく。

【0049】

この状態で開閉弁 4-1 を開き、開閉弁 4-2 を閉じることにより、内燃機関 1 からの排気ガスは排気通路 2 および開閉弁 4-1 を通して全てガスタービン 3 に供給される。ガスタービン 3 は、出力軸 3-1 および減速用ギヤ 5 を介してブラシレス同期発電機 6 の回転軸 6-1 に回転エネルギーを伝達し、ブラシレス同期発電機 6 の回転部を一体的に回転駆動する。

【0050】

ガスタービン発電設備の始動後、回転速度検出センサ 32 はブラシレス同期発電機 6 の回転速度に比例した周波数のパルスを出し、回転速度検出器 33 に入力する。回転速度検出器 33 は入力したパルスからブラシレス同期発電機 6 の回転速度検出値 N を検出し、出力する。

【0051】

励磁電源切替手段 34 A は回転速度検出器 33 からの回転速度検出値 N を入力し、この回転速度検出値 N と第 1 の予定回転速度 N_0 （前述したように、定格回転速度の 50 % の値）を比較する。そして、回転速度検出値 N が N_0 に到達し、 $N \geq N_0$ の判定条件が成立した場合には図 2 の i の時点より時間のカウンタを開始する。

【0052】

自動電圧調整器 13 はブラシレス同期発電機 6 の同期発電機本体 7 の出力電圧 V_g を設

10

20

30

40

50

定値まで上げるように、励磁機界磁電流 I_{ef} を増加させるように働くので、ブラシレス同期発電機 6 の回転速度の低い状態が長く続くと、交流励磁機 8 の回転電機子巻線 $8-1$ は過励磁状態になる。

【0053】

そこで本実施形態では、図 2 (A) で示すように、回転速度検出値 N が N_0 (定格回転速度の 50% 値) に到達した i の時点より時間のカウンタを開始してから予め設定した過励磁の目安とされる予定時間 T_1 となる ii の時点になったとき、回転速度 N がまだ N_1 (定格回転速度の 95% 値) に到達していない場合には、直ちに図 2 (C) のように、励磁電源切替手段 34A が動作して切替スイッチ 38 を自動電圧調整器 13 側から定励磁電源 35 側に切り替え、定励磁電源 35 と励磁機界磁巻線 $8-2$ とを接続する。

10

【0054】

切替スイッチ 38 を定励磁電源 35 側に切り替えると、電力系統 27-整流器 36-抵抗器 37-切替スイッチ 38 を通して一定の直流電圧が交流励磁機 8 の界磁巻線 $8-2$ に供給される。

【0055】

このときの励磁機界磁電流 I_{ef} は、整流器 36 の出力する直流電圧を V_d 、抵抗器 37 の抵抗値を R_d 、励磁機界磁巻線 $8-2$ の抵抗値を R_f とすると、

$$I_{ef} = V_d / (R_d + R_f) \quad \cdots (1)$$

となり、電力系統 27 の電圧がほぼ一定値であるので、ほぼ一定の電流値となる。

【0056】

20

なお、 R_d の値は、ブラシレス同期発電機 6 が定格回転速度で定格負荷をとるときの励磁機界磁電流 (定格界磁電流) よりも I_{ef} が小さい値となるように定める。

これによって、交流励磁機 8 の回転電機子巻線 $8-1$ が過熱によって損傷するのを防止することができる。

【0057】

その後、ブラシレス同期発電機 6 の回転速度が上昇すれば、図 2 (B) の iii の時点で示すように、同期発電機本体 7 の出力電圧 V_g が上昇する。励磁電源切替手段 34A は検出用変圧器 14 により同期発電機本体 7 の出力電圧 V_g を入力し、出力電圧 V_g が iv の時点で同期発電機本体 7 の定格電圧まで上昇すれば、励磁電源切替手段 34A は再び切替スイッチ 38 を定励磁電源 35 側から自動電圧調整器 13 側に切り替え、その後は自動電圧調整器 13 により励磁機界磁電流を調節する。すなわち、図 2 (C) に示すように、 iv の時点で切替スイッチ 38 を切り替えて自動電圧調整器 13 により励磁機界磁電流を調節することで、ブラシレス同期発電機 6 の出力電圧を定格値に制御することができる。その後は回転速度の上昇に伴い励磁機界磁電流は減少するので、交流励磁機 8 の回転電機子巻線 $8-1$ は過励磁になることはなく、同期発電機本体 7 の出力電圧は定格電圧に制御される (図 2 (B) の v 参照)。

30

【0058】

次に、図 3 の流れ図を参照して、励磁電源切替手段 34A の機能を詳しく説明する。

ガスタービン発電設備の始動開始によりガスタービン 3 およびブラシレス同期発電機 6 の回転部が一体的に回転駆動すると、回転速度検出センサ 32 を介して回転速度検出器 33 で回転速度 N が検出される。

40

【0059】

ステップ $S1-1$ において、回転速度 N が N_0 (定格回転速度の 50% の回転速度) 以上であるか否か ($N \geq N_0$?) を判定し、回転速度 N が N_0 未満 ($N < N_0$) の場合、スタートに戻り、回転速度 N を入力する都度判定を繰り返す。

【0060】

回転速度 N が N_0 (定格回転速度の 50% の回転速度) 以上 (Yes) の場合、ステップ $S1-2$ で時刻 T のカウンタを開始する。ステップ $S1-3$ でカウンタアップしていき、ステップ $S1-4$ の判定式 ($T < T_1$?) で判定を行う。経過時間 T が予定時間 T_1 (2 秒程度) よりも短い場合 (Yes)、次のステップ $S1-5$ で回転速度 N が第 2 の予定

50

回転速度 N_1 （定格回転速度の 95% 値）以上か否か（ $N \geq N_1$?）を判定する。この判定式 $N \geq N_1$ が成立しない場合（No）、ステップ S 1-3 に戻って時間 T のカウントアップを行う。そして、ステップ S 1-4 の判定式が成立（Yes）し、ステップ S 1-5 の判定式が不成立の場合は、時間 T のカウントアップを継続する。

【0061】

時間 T のカウントアップを継続していき、ステップ S 1-5 の判定式が不成立（No）の状態、ステップ S 1-4 の判定式（ $T < T_1$?）が不成立となったとする。この状態は、ガスタービン発電設備の始動開始から過励磁の目安とされる 2 秒以上経過し、自動電圧調整器 13 によって、交流励磁器 8 が過励磁状態になっていることを意味する。

【0062】

この結果、励磁電源切替手段 34A は、ステップ S 1-6 において切替スイッチ 38 を動作させ、交流励磁器 8 の励磁電源を自動電圧調整器 13 側から定電流電源 35 側に切り替える。その後、ステップ S 1-7 において発電機出力電圧 V_g が定格電圧以上か否か（ $V_g \geq \text{定格電圧}$?）判定する。ステップ S 1-7 において発電機出力電圧 V_g が定格電圧以上（Yes）であれば、励磁電源切替手段 34A は、ステップ S 1-8 において切替スイッチ 38 を動作させ、励磁器 8 の励磁電源を定励磁電源 35 側から再び自動電圧調整器 13 側に切り替える。

【0063】

なお、ステップ S 1-4 で判定式（ $T < T_1$?）が成立している（Yes）状態で、次のステップステップ S 1-5 の判定式（ $N \geq N_1$?）が成立（Yes）した場合は、ガスタービン発電設備の始動開始から 2 秒以内に回転速度 N が N_1 （定格回転速度の 95%）以上になり、過励磁には至らなかったため励磁電源切替手段 34A の切替動作は行われ

10

20

【0064】

以上説明したように、本実施形態によれば、ブラシレス同期発電機 6、すなわち同期発電機本体 7 の回転速度が低い状態が過励磁の目安とされる予定時間 T_1 以上継続した場合、交流励磁機 8 の励磁電源を自動電圧調整器 13 側から定励磁電源 35 側に切替えるようにしたので、ブラシレス同期発電機 6 の始動時において交流励磁機 8 の過熱およびこの過熱による機器の損傷を防止することができる。

【0065】

（第 2 の実施形態）

図 4 は、本発明の第 2 の本実施形態によるガスタービン発電設備の構成図、図 5 は励磁電源切替手段 34B の機能を説明するための流れ図である。

【0066】

（構成）

本実施形態が、図 1 で示した第 1 の実施形態の構成と異なる点は、回転速度検出センサ 32 および回転速度検出器 33 を設置する代わりに、整流器 15 を経て励磁機 8 の界磁巻線 8-2 に流れる励磁機界磁電流 I_{ef} を検出するための電流検出器 40 を設けた点と、励磁電源切替手段 34A の代わりに励磁電源切替手段 34B を設けた点にあり、他の部分は同一構成である。以下、第 1 の実施形態の構成と異なる点を重点的に説明する。

【0067】

電流検出器 40 は、整流器 15 および切替スイッチ 38 の間の電気回路に介挿されており、自動電圧調整器 13 により調節されて交流励磁機 8 の界磁巻線 8-2 に流れる励磁機界磁電流 I_{ef} の大きさを検出し、励磁電源切替手段 34B に出力する。

【0068】

励磁電源切替手段 34B は、電流検出器 40 により入力した励磁機界磁電流 I_{ef} が所定値（自動電圧調整器 13 が故障と判断できる、同期発電機本体 7 が無負荷のときの励磁機界磁電流より十分小さい値）以下になると、切替スイッチ 38 を自動電圧調整器 13 側から定励磁電源 35 側に切り替え、電力系統 27-整流器 36-抵抗器 37-切替スイッチ 38 を通して交流励磁機 8 の界磁巻線 8-2 に一定値の界磁電流を供給する。

30

40

50

【0069】

本実施形態において、ブラシレス同期発電機6の始動後、自動電圧調整器13の故障により、交流励磁機8の界磁巻線8-2に界磁電流が供給できず、同期発電機本体7から電圧を出力できなくなると励磁機界磁電流 I_{ef} が正常な値よりも小さくなっている場合、電流検出器40の検出値を入力とする励磁電源切替手段34Bがこれを検出して、切替スイッチ38を定励磁電源35側に切替え、励磁機界磁巻線8-2に(1)式による一定値の直流電流を供給する。

【0070】

(作用)

次に、図5の流れ図を参照して、励磁電源切替手段34Bの機能を詳しく説明する。

図5において、ブラシレス同期発電機6の運転中、すなわち同期発電機本体7の運転中に、励磁機界磁電流 I_{ef} の大きさが所定値よりも大きく、判定式(励磁機界磁電流 $I_{ef} \leq$ 所定値)が不成立(N o)のときは、励磁機界磁電流 I_{ef} が入力されるたびに、ステップS2-1の判定を繰り返す。

【0071】

しかし、ブラシレス同期発電機6の運転中に、ステップS2-1の判定式(励磁機界磁電流 $I_{ef} \leq$ 所定値)が成立(Y e s)すると、直ちにステップS2-2で切替スイッチ38を自動電圧調整器13側から定励磁電源35側に切り替える。これにより、電力系統27-整流器36-抵抗器37-切替スイッチ38を通して交流励磁機8の界磁巻線8-2に一定値の界磁電流が供給される。

【0072】

この結果、ブラシレス同期発電機6の同期発電機本体7には回転速度と界磁電流に応じた電圧 V_g が発生し、発電機主回路母線10に接続されている制動抵抗器16~18で同期発電機本体7の出力電力を消費することによって同期発電機本体7に負荷がかかり、ブラシレス同期発電機6の回転部に制動がかかるので、開閉弁4-1を直ぐに閉じなくても、ブラシレス同期発電機6とガスタービン3の過速度を防止することができる。

その後、開閉弁4-2を開き、開閉弁4-1を閉じてガスタービン3を停止させれば、安全にガスタービン発電設備を停止させることができる。

【0073】

(効果)

以上説明したように、本実施形態によれば、自動電圧調整器13の故障によって同期発電機本体7が電圧を出力できなくなった場合、電流検出器40を介して励磁電源切替手段34Bが交流励磁機8の励磁電源を自動電圧調整器13側から定励磁電源35側に切替えて一定値の界磁電流を供給し、同期発電機本体7に電圧を出力させるようにしたので、制動抵抗器16~18で電力を消費させて同期発電機本体7に負荷をかけることができ、その結果、ブラシレス同期発電機6とガスタービン3の過速度を防止することができる。

【0074】

(第3の実施形態)

図6は、本発明の第3の本実施形態によるガスタービン発電設備の構成図、図7は励磁電源切替手段34Cの機能を説明するための流れ図である。

【0075】

(構成)

本実施形態は、図1で示した第1の実施形態の特徴と、図4で示した第2の実施形態の特徴とを併せて備えるようにしたものである。

すなわち、図6で示すように、回転速度検出センサ32と回転速度検出器33とを設置するとともに、整流器15を経て交流励磁機8の界磁巻線8-2に流れる界磁電流を検出する電流検出器40を設け、さらに励磁電源切替手段34Aあるいは34Bの代わりに励磁電源切替手段34Cを備えたことに特徴がある。

【0076】

(作用)

励磁電源切替手段 34 C は、ガスタービン発電設備の始動時において、第 1 の実施形態の励磁電源切替手段 34 A と同様にブラシレス同期発電機 6 の回転速度検出値 N を入力し、同期発電機本体 7 の回転速度が低い状態で所定時間 T_1 以上継続したときに切替スイッチ 38 を自動電圧調整器 13 側から定励磁電源 35 側に切り替えるように動作する。

このことにより、第 1 の実施形態で説明した交流励磁機 8 の回転電機子巻線 $8-1$ の過熱による損傷を防止する効果が得られる。

【0077】

また、ガスタービン発電設備の始動完了後は、励磁電源切替手段 34 C は、第 2 の実施形態の励磁電源切替手段 34 B と同様に電流検出器 40 により励磁機界磁電流 I_{ef} を入力し、励磁機界磁電流 I_{ef} が所定値（自動電圧調整器 13 を故障と判断できる、同期発電機本体 7 が無負荷のときの励磁機界磁電流より十分小さい値）以下になった場合にも、切替スイッチ 38 を自動電圧調整器 13 側から定励磁電源 35 側に切り替えるように動作する。

【0078】

切替スイッチ 38 が定励磁電源 35 側に切り替えられた後は、第 2 の実施形態で説明したとおり、同期発電機本体 7 に負荷がかかり、制動がかかるので、ブラシレス同期発電機 6 とガスタービン 3 の過速度を防止することができる。

【0079】

図 7 は励磁電源切替手段 34 C の機能を詳しく説明する流れ図であって、ステップ $S3-1 \sim S3-8$ は、図 3 の流れ図のステップ $S1-1 \sim S1-8$ に対応し、ステップ $S3-9$ 、 $S3-10$ は、図 5 の流れ図のステップ $S2-1$ 、 $S2-2$ に対応しているので、本図の説明は省略する。

【0080】

（効果）

以上説明したように、本実施形態によれば、第 1 の実施形態で説明した交流励磁機 8 の過熱を防止する効果と、第 2 の実施形態で説明したブラシレス同期発電機 6 とガスタービン 3 の過速度を防止する効果の両方を奏することができる。

【0081】

（第 4 の実施形態）

図 8 は、本発明の第 4 の本実施形態によるガスタービン発電設備の構成図、図 9 はブラシレス同期発電機の回転速度と励磁機界磁電流の許容値の関係を示す図、図 10 は励磁電源切替手段 34 D の機能を説明するための流れ図である。

【0082】

（構成）

本実施形態は、図 6 に示した第 3 の実施形態の一部を変更したものであって、第 3 の実施形態の構成と異なる点は、励磁電源切替手段 34 C の代わりに励磁電源切替手段 34 D を設けた点であり、他の部分は同一の構成である。

【0083】

本実施形態による励磁電源切替手段 34 D は、2 種類の切替機能を有するように構成されている。

励磁電源切替手段 34 D の第 1 の切替機能は、回転速度検出器 33 から同期発電機本体 7 の回転速度検出値 N を入力し、図 9 に示したブラシレス同期発電機 6、すなわち同期発電機本体 7 の回転速度と励磁機界磁電流 I_{ef} の許容値の関係を示したグラフから励磁機界磁電流許容値を求め、電流検出器 40 で検出された励磁機界磁電流 I_{ef} が許容値より大きければ、切替スイッチ 38 を自動電圧調整器 13 側から定励磁電源 35 側に切り替えるようにした点である。この第 1 の切替機能により、励磁機界磁巻線 $8-2$ に一定値の界磁電流が供給され、交流励磁機 8 の回転電機子巻線 $8-1$ の過励磁を防止することができる。

【0084】

第 2 の切替機能は、電流検出器 40 によって検出された励磁機界磁電流 I_{ef} が、自動

10

20

30

40

50

電圧調整器 13 の故障と判断できる所定値（例えば、同期発電機本体 7 が無負荷のときの励磁機界磁電流より十分小さい値）以下になった場合に、切替スイッチ 38 を自動電圧調整器 13 側から定励磁電源 35 側に切り替えるようにした点である。

【0085】

切替スイッチ 38 が定励磁電源 35 側に切り替えられた後は、第 2 の実施形態で説明したとおり、交流励磁機 8 の界磁電巻線 $8-2$ に一定値の界磁電流が供給されることにより同期発電機本体 7 に電圧が発生し、この電力が制動負荷で消費され、制動がかかるので、ブラシレス同期発電機 6 とガスタービン 3 の過速度を防止することができる。

【0086】

（作用）

次に、図 10 の流れ図を参照して、励磁電源切替手段 34 D の機能を詳しく説明する。

図 10 において、ステップ S4-1 で図 9 のグラフから回転速度検出器 33 より取り込んだ回転速度値 N に対する励磁器界磁電流 I_{ef} の許容値を求める。次に、このときに流れる励磁器界磁電流 I_{ef} がステップ S4-1 で求めた許容値を超えているか否かを判定する（ステップ S4-2）。

【0087】

ステップ S4-2 での判定結果が Yes の場合、ステップ S4-3 で切替スイッチ 38 を自動電圧調整器 13 側から定励磁電源 35 側に切り替える。これにより、電力系統 27-整流器 36-抵抗器 37-切替スイッチ 38 を通して交流励磁機 8 の界磁巻線 $8-2$ に一定値の界磁電流が供給されるので、交流励磁機 8 の回転電機子巻線 $8-1$ の過熱を防止することができる。

【0088】

また、ステップ S4-2 での判定結果が（No）の場合、ステップ S4-4 でブラシレス同期発電機 6 が運転中であるという条件のもと、励磁器界磁電流 I_{ef} が所定値より小さいか否か（ $I_{ef} \leq \text{所定値}$ ？）を判定し、この判定式が成立する場合（Yes）、ステップ S4-3 で切替スイッチ 38 を自動電圧調整器 13 側から定励磁電源 35 側に切り替える。

【0089】

これにより、電力系統 27-整流器 36-抵抗器 37-切替スイッチ 38 を通して交流励磁機 8 の界磁巻線 $8-2$ に一定値の界磁電流が供給されるので、同期発電機本体 7 には回転速度と界磁電流に応じた電圧 V_g が発生し、発電機主回路母線 10 に接続されている制動抵抗器 16～18 で同期発電機本体 7 の出力電力を消費することによって同期発電機本体 7 に負荷がかかり、ブラシレス同期発電機 6 の回転部に制動がかかるので、開閉弁 4-1 をすぐに閉じなくても、ブラシレス同期発電機 6 とガスタービン 3 の過速度を防止することができる。

【0090】

その後は、開閉弁 4-2 を開き、開閉弁 4-1 を閉じてガスタービン 3 を停止させれば、安全にガスタービン発電設備を停止させることができる。

なお、ステップ S4-2 および S4-4 で判定式が成立しないとき（No）は、ステップ S4-1 に戻るので、切替スイッチ 38 が切替ることはない。

【0091】

（効果）

以上述べたように、本実施形態によれば第 3 の実施形態と同様に交流励磁機 8 の回転電機子巻線 $8-1$ の過熱を防止する効果と、ブラシレス同期発電機 6 とガスタービン 3 の過速度を防止する効果を奏することができる。

【0092】

（第 5 の実施形態）

図 11 は、本発明の第 5 の本実施形態によるガスタービン発電設備の構成図、図 12 は励磁電源切替手段 34 E の機能を説明するための流れ図である。

【0093】

(構成)

本実施形態が図 1 に示した第 1 の実施形態の構成と異なる点は、回転速度検出センサ 32 および回転速度検出器 33 を設置する代わりに、交流励磁機 8 の温度を検出する温度センサ 41 を設け、この温度センサ 41 の温度検出値を、励磁電源切替手段 34A の代わりに設けた励磁電源切替手段 34E に入力するようにしたものである。

【0094】

(作用)

本実施形態の動作を説明する。

ガスタービン発電設備の始動時において、同期発電機本体 7 の回転速度が低い状態で所定時間以上継続すると、交流励磁機 8 の冷却能力が低いために温度が上昇する。

10

【0095】

励磁電源切替手段 34E は温度センサ 41 により交流励磁機 8 の温度検出値を入力する。交流励磁機 8 の温度検出値が所定の温度設定値（交流励磁機 8 の温度上昇許容値より低い値）以上に上昇すると、交流励磁機 8 を過熱から保護するために切替スイッチ 38 を自動電圧調整器 13 側から定励磁電源 35 側に切り替える。切替スイッチ 38 の切り替えによって、電力系統 27－整流器 36－抵抗器 37－切替スイッチ 38 を通して励磁機界磁巻線 8－₂ に一定値の界磁電流を供給する。

【0096】

また、第 1 の実施形態と同様に、励磁電源切替手段 34E は同期発電機本体 7 の出力電圧 V_g を入力し、 V_g が例えば定格に達すれば、以後は切替スイッチ 38 を再び自動電圧調整器 13 の側に切り替えて自動電圧調整器 13 により電圧制御を行う。

20

【0097】

次に、図 12 の流れ図を参照して励磁電源切替手段 34E の詳細について説明する。

ステップ S5－1 において、温度センサ 41 により検出された交流励磁機 8 の温度検出値を入力し、温度検出値が許容値を超えたか否かを判定する。温度検出値が許容値を超えたと判定（Yes）されると、次のステップ S5－2 で切替スイッチ 38 を定励磁電源 35 側に切り替える。

【0098】

次に、ステップ S5－3 で発電機出力電圧 V_g が定格電圧以上であるか否かを判定する。発電機出力電圧 V_g が定格電圧以上である場合（Yes）、ステップ S5－4 で切替スイッチ 38 を定励磁電源 35 側から再び自動電圧調整器 13 側に切り替える。

30

【0099】

(効果)

以上述べたように、本実施形態によれば、ガスタービン発電設備の始動時における交流励磁機 8 の過励磁による過熱を防止することができる。

【0100】

(第 6 の実施形態)

図 13 は、本発明の第 6 の本実施形態によるガスタービン発電設備の構成図である。

上述した第 1 乃至第 5 の実施形態の励磁方式は、自動電圧調整器 13、リアクトル 11 および変流器 12 からなる自励複巻方式であるが、本実施形態は他励方式を採用したものである。

40

【0101】

図 13 は、図 4 で示した第 2 の実施形態の一部を変更したもので、自励複巻方式を構成するリアクトル 11 および変流器 12 を撤去する代わりに、他励用電源としての直流励磁電源 42 を設け、この直流励磁電源 42 の正極（+）を電流検出器 40、第 1 の切替スイッチ 38－₁ を通して励磁機界磁巻線 8－₂ の一方の端子に接続し、また、直流励磁電源 42 の負極（-）を自動電圧調整器 13 に入力し、この自動電圧調整器 13 の出力端子を第 2 の切替スイッチ 38－₂ を通して励磁機界磁巻線 8－₂ の他方の端子に接続し、励磁機界磁巻線 8－₂ の両端子間にフリーホイールダイオード 43 を接続したものである。また、定励磁電源 35 側の整流器 36 の正極側回路は抵抗器 37－₁ を介して第 1 の切替ス

50

スイッチ 38 - ₁ に接続され、負極側回路は抵抗器 37 - ₂ を介して第 2 の切替スイッチ 38 - ₂ に接続されるようになっている。

【0102】

本実施形態において、ブラシレス同期発電機 6 の始動後、自動電圧調整器 13 の故障により、直流励磁電源 42 から励磁機の界磁巻線 8 - ₂ に界磁電流が供給できず、同期発電機本体 7 が電圧を出力できなくなって励磁機界磁電流 I_{ef} が正常な値よりも小さくなっている場合、電流検出器 40 の検出値を入力とする励磁電源切替手段 34 B がこれを検出して、切替スイッチ 38 - ₁、38 - ₂ を同時に定励磁電源 35 側に切り替え、励磁機界磁巻線 8 - ₂ に定励磁電源 35 から一定の界磁電流を供給する。

【0103】

この結果、ブラシレス同期発電機 6 の同期発電機本体 7 には回転速度と界磁電流に応じた電圧 V_g が発生し、発電機主回路母線 10 に接続されている制動抵抗器 16 ~ 18 で同期発電機本体 7 の出力電力を消費することによって同期発電機本体 7 に負荷がかかり、ブラシレス同期発電機 6 の回転部に制動がかかるので、開閉弁 4 - ₁ をすぐに閉じなくても、ブラシレス同期発電機 6 とガスタービン 3 の過速度を防止することができる。

その後は、開閉弁 4 - ₂ を開き、開閉弁 4 - ₁ を閉じてガスタービン 3 を停止させれば、安全にガスタービン発電設備を停止させることができる。

【0104】

(効果)

以上説明したように、本実施形態によれば、自動電圧調整器 13 の故障によって同期発電機本体 7 が電圧を出力できなくなった場合、交流励磁機 8 の励磁電源を自動電圧調整器 13 側から定励磁電源 35 側に切替えて一定の励磁機界磁電流を供給し、同期発電機本体 7 に電圧を出力させ、制動抵抗器 16 ~ 18 で電力を消費することによって同期発電機本体 7 に負荷をかけることができるので、ブラシレス同期発電機 6 とガスタービン 3 の過速度を防止することができる。

【0105】

(第 7 の実施形態)

図 14 は、本発明の第 7 の本実施形態によるガスタービン発電設備の構成図である。

本実施形態は、図 13 で示した第 6 の実施形態の一部を変更して分巻励磁方式を採用したものである。

【0106】

すなわち、図 13 の直流励磁電源 42 に替えて、発電機主回路母線 10 に励磁電源変圧器 44 を接続し、この励磁電源変圧器 44 の出力を整流器 45 で整流して直流励磁電源とするものであり、その正極 (+) を電流検出器 40 に接続し、負極 (-) を自動電圧調整器 13 に入力するように構成したものである。上記以外の点は図 13 の場合と同じであるので説明を省略する。

【0107】

(第 8 の実施形態)

以上述べた第 1 乃至第 7 の実施形態では、スイッチ 20 ~ 22 を電磁接触器等の開閉動作 (ON-OFF 動作) する機械的スイッチの例で説明したが、機械的スイッチに替えてサイリスタや IGBT 等の半導体スイッチを適用してもよい。さらに複数の制動抵抗器 16 ~ 18 を 1 個の制動抵抗器に置き換え、この 1 個の制動抵抗器の抵抗値を電力制御装置 24 の指令によって段階的に短絡するようにして抵抗値を変更するようにしてもよい。

また、ブラシレス同期発電機 6 の代わりにブラシ付き同期発電機を適用しても、同様の発電設備が実現可能である。

【図面の簡単な説明】

【0108】

【図 1】 本発明の第 1 の実施形態に係るガスタービン発電設備を示す構成図。

【図 2】 本発明の第 1 の実施形態に係るガスタービン発電設備の動作を示す特性図。

【図 3】 第 1 の励磁電源切替手段の動作を説明する流れ図。

10

20

30

40

50

【図 4】本発明の第 2 の実施形態に係るガスタービン発電設備を示す構成図。

【図 5】第 2 の励磁電源切替手段の動作を説明する流れ図。

【図 6】本発明の第 3 の実施形態に係るガスタービン発電設備を示す構成図。

【図 7】第 3 の励磁電源切替手段の動作を説明する流れ図。

【図 8】本発明の第 4 の実施形態に係るガスタービン発電設備を示す構成図。

【図 9】本発明の第 4 の実施形態におけるブラシレス同期発電機の回転速度と励磁機界磁電流の許容値の関係を示す図。

【図 10】第 4 の励磁電源切替手段の動作を説明する流れ図。

【図 11】本発明の第 5 の実施形態に係るガスタービン発電設備を示す構成図。

【図 12】第 5 の励磁電源切替手段の動作を説明する流れ図。

【図 13】本発明の第 6 の実施形態に係るガスタービン発電設備を示す構成図。

【図 14】本発明の第 7 の実施形態に係るガスタービン発電設備を示す構成図。

【図 15】従来のガスタービン発電設備を示す構成図。

【図 16】従来のガスタービン発電設備の動作特性図。

【符号の説明】

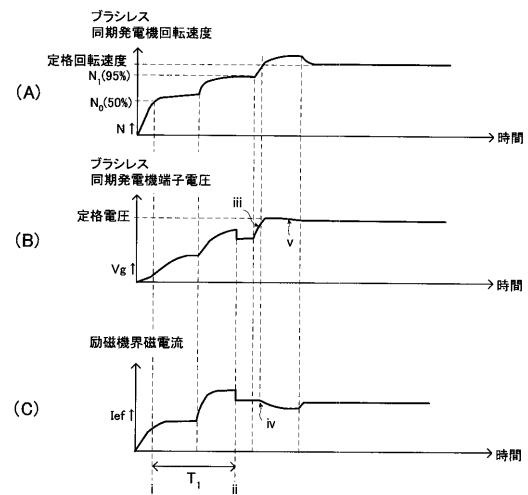
【0109】

1…内燃機関、2…排気通路、3…ガスタービン、4…開閉弁、5…ギヤ、6…ブラシレス同期発電機、7…同期発電機本体、7-1…発電機界磁巻線、7-2…発電機電機子巻線、8…交流励磁機、8-1…励磁機回転電機子巻線、8-2…励磁機界磁巻線、9…回転整流器、10…発電機主回路母線、11…リアクトル、12…変流器、13…自動電圧調整器、14…電圧検出変圧器、15…整流器、16、17、18、19…制動抵抗器、20、21、22…機械的スイッチ、23…半導体スイッチ、24…電力制御装置、25…遮断器、26…同期投入装置、27…電力系統、28、29…遮断器、30…負荷、31…ディーゼル発電設備、32…回転速度検出センサ、33…回転速度検出器、34A、34B、34C、34D、34E…励磁電源切替手段、35…定励磁電源、36…整流器、37…抵抗器、38…切替スイッチ、40…電流検出器、41…温度センサ、42…直流励磁電源、43…ダイオード、44…励磁電源変圧器、45…整流器。

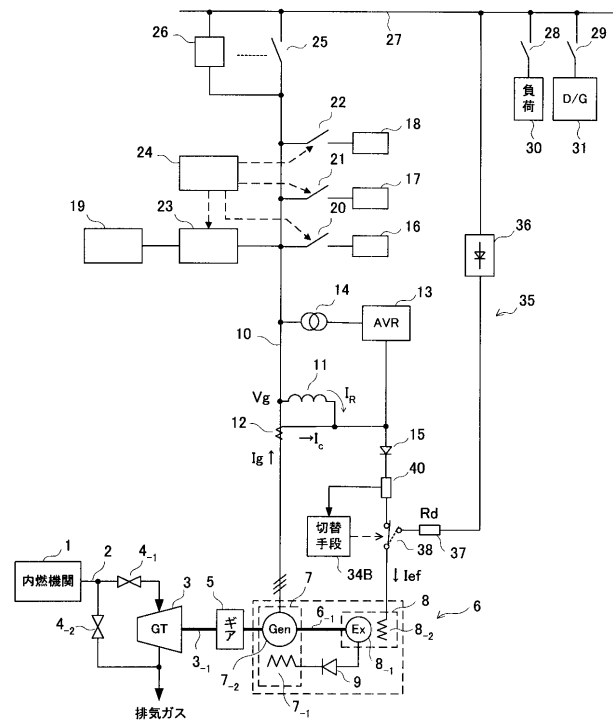
10

20

【図 2】

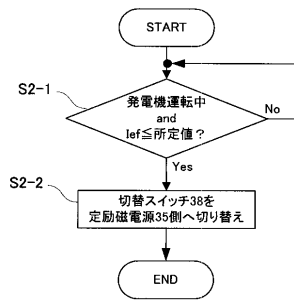


【図 4】

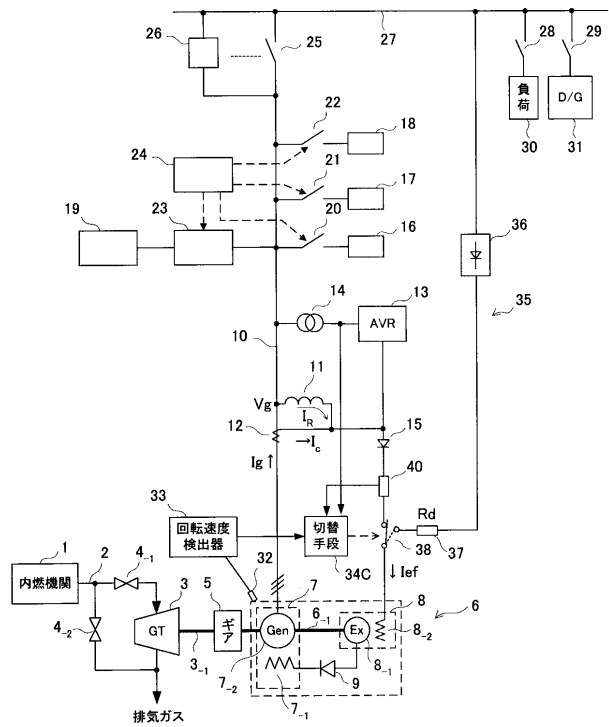


【図 5】

切替手段34Bの動作

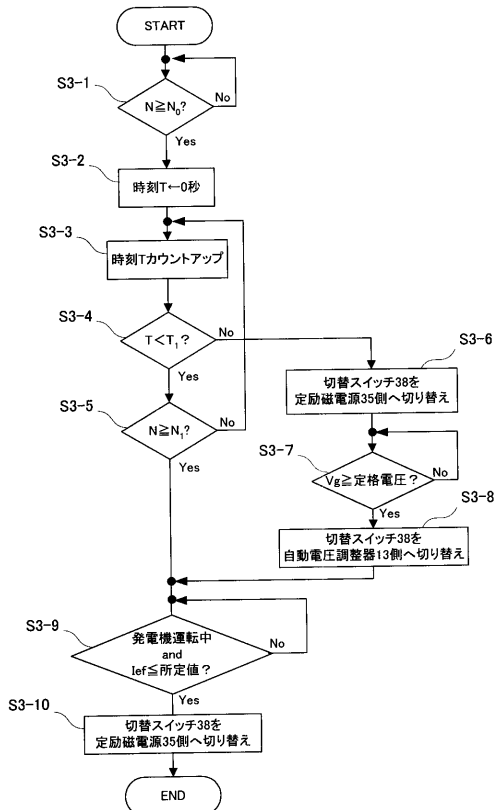


【図 6】

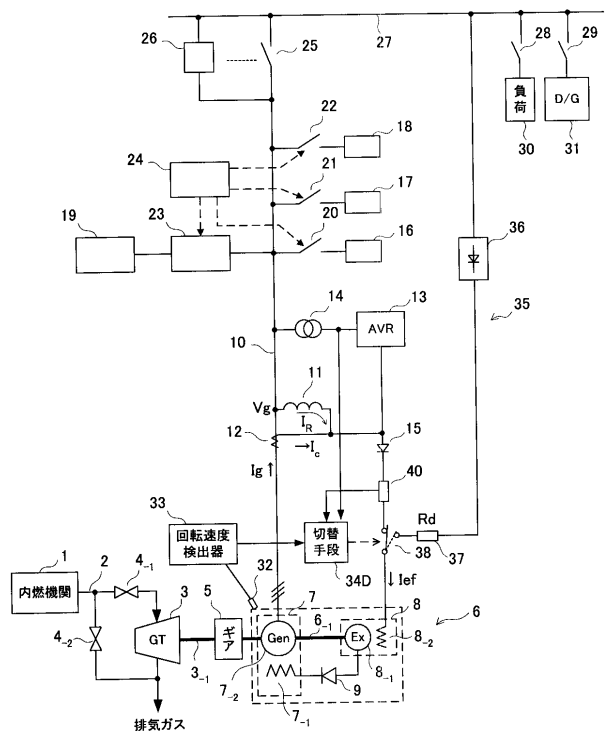


【図 7】

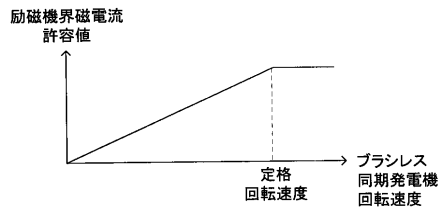
切替手段34Cの動作



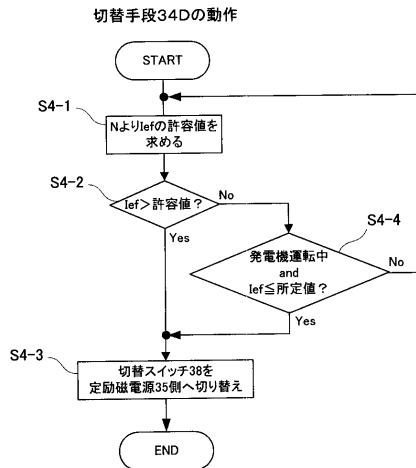
【図 8】



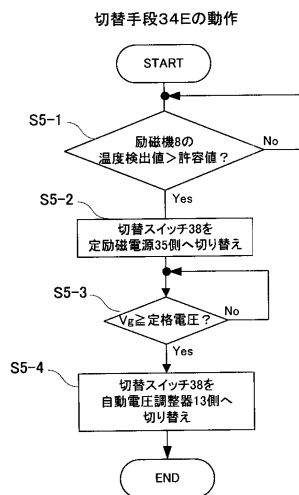
【図 9】



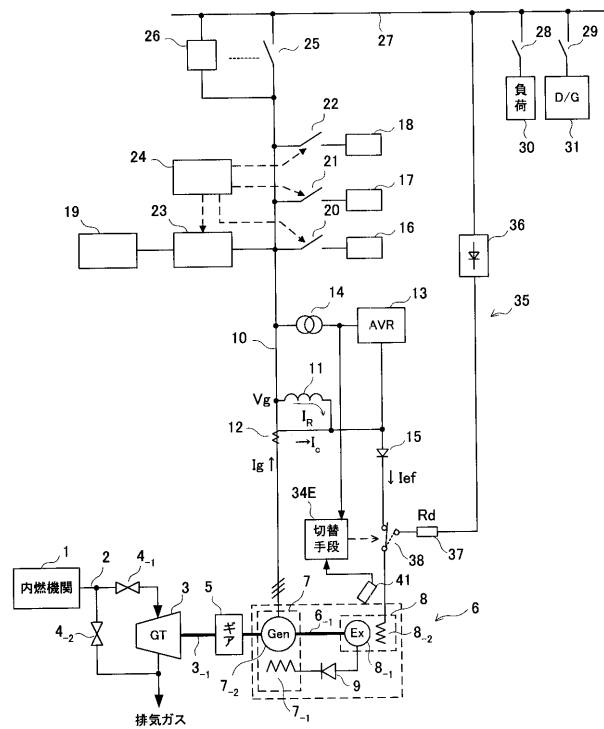
【図 10】



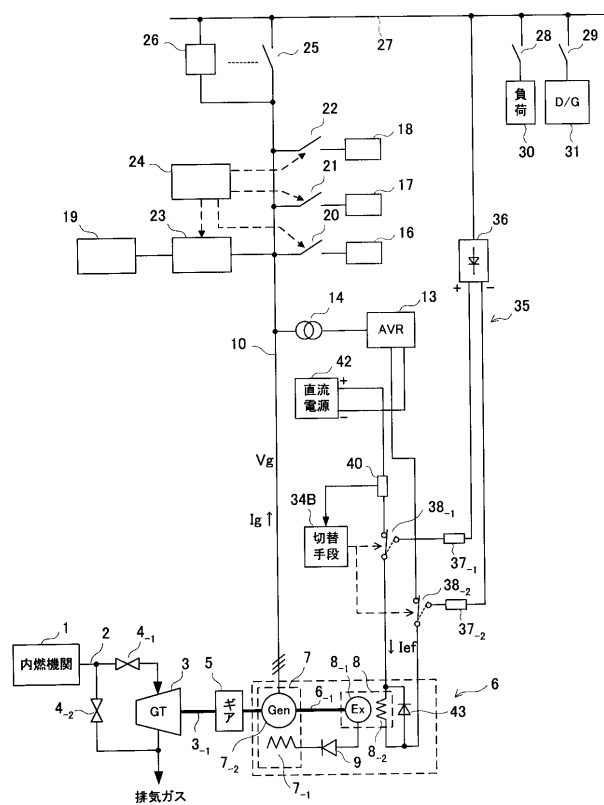
【図 12】



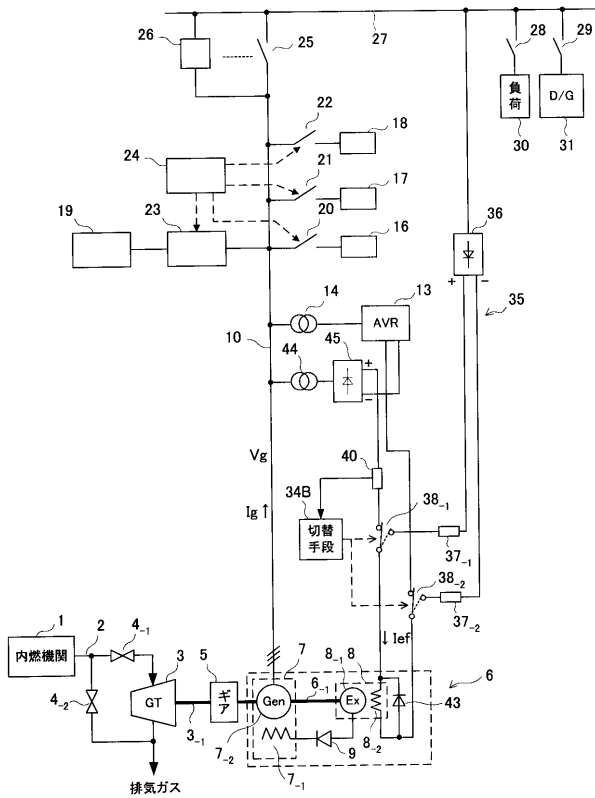
【図 11】



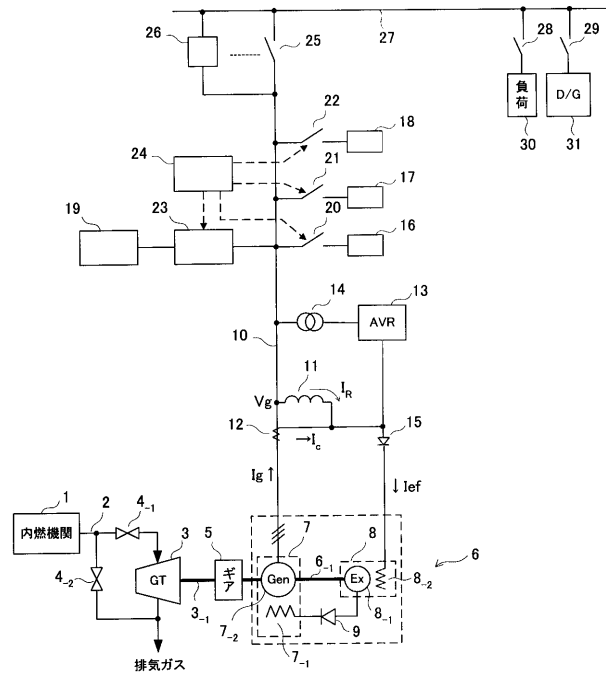
【図 13】



【図 14】



【図 15】



【図 16】

