

# 第 1 章 電源システムと照明

## 概要 (Summary)

小型機の電気装備は乗用車の電気装備と大差なく直流電源方式で、主な装置は発電機と蓄電池、スタータと点火系統、照明系統である。機体が大型化するにつれて、いろいろな電子・電気機器が用いられ、厨房で使う電力が急増し、直流電源方式ではこれに対応できず、しだいに交流電源方式に移行していった。

発電機や蓄電池などの機器単体については、すでに「航空電子・電気的基础」で学んだので、ここではこれらの機器が航空機で、どのように使われているのか、大型機との差異などについて述べる。

## 1 - 1 電源の種類 (Variation of Power System)

### 1 - 1 - 1 主電源 (Main Electrical Power)

航空機内で必要とする電力は、エンジンで駆動される発電機より供給される。

各エンジンに発電機が1台ずつ装備されており、主母線に電力を供給している。各負荷は主母線より電力の供給を受けるが、電源の故障に備えて重要性の低い負荷（ギャレーなど）はいつでも切り離しができるようになっている。主電源には直流電源方式と交流電源方式があり、一般に、小型機では直流方式だが、中・大型機では交流方式が主流であるが、どちらを使用するかについては、メーカーにおける使用目的や、ポリシーなどにより決められる。発電機制御器は電子機器ラックやその周辺に収納されている。

### 1 - 1 - 2 補助電源 (Auxiliary Electrical Power)

機体には外部電源受口が設けられており、地上停止中に地上固定電源、または電源車より電力の供給を受けることができる（小型機では外部電源受口がない機種もある）。

中・大型機には小型エンジンで駆動する補助動力装置があり、電力と空気圧を供給している。この空気圧を利用して油圧モータを駆動し、油圧を得ることもできるし、空調装置を動かして機内の

エア・コンディショニングも行える。

電源の容量が不足する場合には、エンジン駆動の不定周波発電機（エンジンに直結し周波数制御が行われていない発電機）を備えていて、防除氷装置や厨房などに利用している機種の場合などもある。

### 1-1-3 緊急電源（Emergency Electrical Power）

主電源の故障に備えて緊急蓄電池がある。

この電池は航空機の運航に不可欠な航法装置や通信装置に電力を供給するもので、交流電源の航空機では、緊急時に直流を供給するだけでなく、蓄電池の直流をインバータで交流に変換して電力を供給する。この緊急蓄電池はエンジン始動用蓄電池を兼ねている機種もある。

輸送機では機内外の誘導灯や非常灯用に小型の専用電池があり、非常時の照明を保っている。

また緊急電源として蓄電池のほかに、通常は機体に収納されている風車を緊急時に機外に出して、風車による発電を行う装置を備えた機種もある。

## 1-2 直流電源方式（DC Power System）

主としてプロペラ機に採用されている方式で、概ね小型機では14V系が、中型機では28V系が採用されている。配線方法は自動車と同様、蓄電池と発電機のマイナス端子を直接機体に接続する接地帰還方式（Ground Return System）が採用されている。

主母線（Main Bus）には発電機と蓄電池が並列に接続され、蓄電池は主母線の電圧変動を防止すると共に、発電機の故障の際の緊急電源ともなり、エンジン・スタータの電源としても働く。

### 1-2-1 小型機の直流電源系統（DC Power System for Small Airplane）

小型機の12V系の直流電源系統を図1-1に示す。この直流電源は小型自動車の電源系統と全く同じである。2連のマスター・スイッチをONにするとB側のスイッチで蓄電池リレーのコイルが接地され、リレーが閉じて公称12（V）の蓄電池が、蓄電池母線に接続される。

蓄電池母線（Battery Bus）には、スタータ・リレーを介してスタータが接続されている。スタータ・スイッチをONにすると、スタータが回転しエンジンが起動する。

エンジンには発電機が直結しており、マスター・スイッチのA側のスイッチにより発電機の界磁コイルに電流が流れ、発電が始まり発電機と蓄電池とは並列接続される。

発電機には電圧調整器が付属しており、エンジンの回転数が変わったり、負荷が変動しても電源電圧を14（V）に保つ。これは自動車と同じように常に蓄電池を充電するため、蓄電池の公称電圧より約2（V）高い電圧を保つようにしているのである。

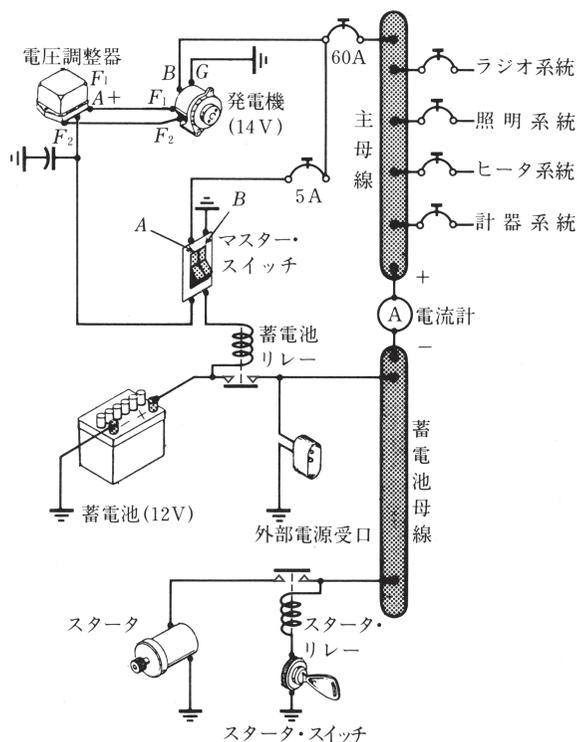


図 1 - 1 小型機の直流電源系統

最近の小型機には自動車と同じ整流型直流発電機 (Alternator Rectifier) が使用され、発電電圧が蓄電池電圧より低下しても、蓄電池より発電機に電流が逆流することがなくなったので、逆流しゃ断器は使われていない。

主母線と蓄電池母線は電流計で結ばれており、発電機の発電電圧が高く蓄電池を充電しているとき、電流計はプラスを指し、蓄電池が負荷に電流を供給しているときマイナスを指す。

主母線からラジオ系統、照明系統など各種負荷にはサーキット・ブレーカを経由して電力が供給されている。サーキット・ブレーカは負荷側で短絡や接地などの故障が生じたとき、すぐにトリップして主母線より負荷を切りはなし、電源系統と機内配線を保護するために用いられる。

航空機と自動車の電源での大きな相違は、航空機には外部電源受口が準備されていることである。それは寒冷時のエンジン・スタートや、長時間の機体整備 (このときはエンジンを回していない) のとき、蓄電池だけでは電力が不足するので外部から電力を供給するための設備である。

## 1-2-2 多発機の直流電源系統 (DC Power System for Multi Engine Airplanes)

直流電源方式の多発機は、小型機を中心に多くみられるが、ここでは少し古い機体であるが、双発機のYS-11型機を取り上げ説明する。YS-11型機の電源系統を図1-2に示す。なお、YS-11型機では、第1発電機と第2発電機は並列運転を行っている。各発電機の電圧調整器には自機と相手機の出力電流を比較する回路があって、常に出力電流が等しくなるように制御している。

蓄電池を母線に接続するには、蓄電池スイッチを蓄電池 (BAT) 側に倒すと、蓄電池リレーが閉じて緊急母線に蓄電池が接続される。機が地上にあるときはグラウンド・リレー (機が地上にあることを知らせるリレーで、着陸脚が圧縮されたとき働く) を介して緊急母線リレーを閉じ主母線にも蓄電池の電力が供給される。蓄電池を母線に接続しているときは、外部電源リレーは開いて外部電源は接続されない。エンジンが回転しているとき発電機スイッチをONにすると、発電機リレーを閉じて発電機を主母線に接続する。整流型直流発電機を使っていない機種には逆流しゃ断器があり、逆流を生じると発電機リレーが開いて発電機を母線から切り離す。発電機が母線に接続されたときは、緊急母線リレーを閉じて主母線と緊急母線を接続している。飛行中に2台の発電機が共に主母線から切り離されると、緊急母線リレーが開いて蓄電池は緊急母線にのみ電力を供給する。

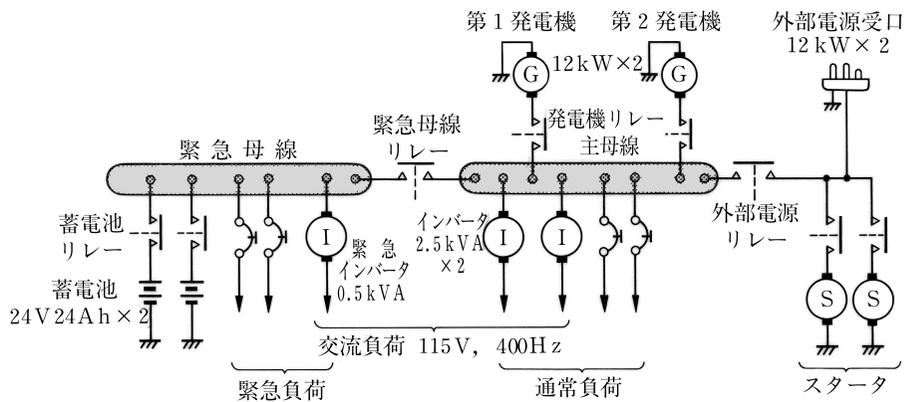


図1-2 YS-11型機の電源系統

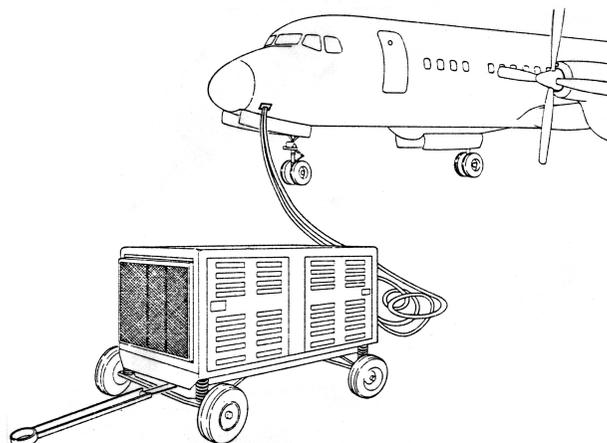


図 1-3 電源車より電力の供給を受ける YS-11 型機

YS-11 機は搭載している蓄電池の容量が少ないのでエンジンの始動ができず、エンジンの起動には外部電源受口に電源車を接続しなければならない（ただし蓄電池でエンジン始動のできる機体もある）。蓄電池スイッチを外部電源（EXT）側に倒すと、発電機が作動していなければ外部電源リレーと緊急母線リレーが閉じて主母線と緊急母線に電源車より電力が供給される。発電機が働いているときは外部電源は接続されない。

### 1-2-3 直流発電機（DC Generator）

図 1-4 に直流発電回路を示す。回転子がエンジンで駆動されると、磁極の残留磁束により回転子に電圧が発生する。この電圧が界磁コイルに流れ、励磁によって生ずる磁束が残留磁束に加わり、自己励磁による発電ができる。発電電圧は回転子の回転速度を変えるか、界磁抵抗を加減して励磁電流を変えることで変化できる。

直流発電機の発電特性は、図 1-4（c）に示すような特性を持っている。

- (a) 励磁電流が一定であれば、発電電圧は回転子の回転数に比例する。
- (b) 回転数が一定であれば、発電電圧は励磁電流の増加につれて上昇するが、やがて飽和する。

航空機のようにエンジンの回転数が変化するのに常に定格の 28（V）を保つには、励磁電流を調整する電圧調整器を用いなければならない。直流発電機から電力を取り出すには、カーボン・ブラシが用いられている。このカーボン・ブラシは常に回転する整流子と接触しているため、しだいに摩耗する。従って、定期的にカーボン・ブラシを点検し、摩耗していたら新品と交換する必要がある。

## 1-2-4 カーボン・パイル式電圧調整器 (Carbon - pile Voltage Regulator)

カーボン・パイルはカーボンの薄板を多数積み重ねたもので、両端の電気抵抗は積み重ねたカーボンの薄板に加えられる圧縮力により変化する。カーボン・パイルに加えられる圧縮力が大きいと抵抗は減少し、小さいと抵抗は増加する。

図1-5に示すカーボン・パイル式電圧調整器は図1-4の界磁抵抗  $R$  をカーボン・パイルで置き換えたもので、界磁巻線にはカーボン・パイルを通して発電電圧が加えられている。カーボン・パイルにはあらかじめ板バネで圧縮力が加えられているが、発電電圧が上昇すると電圧調整コイルの電流が大きくなり、板バネによる圧縮力が減少し、カーボン・パイルの抵抗が増加して励磁電流が減少し、発電電圧は規定値に戻る。逆に、発電電圧が下降すると電圧調整コイルの電流が小さくなり、板バネに加えられる圧縮力が増しカーボン・パイルの抵抗が減少し、励磁電流が増大して発電電圧は規定値に戻る。また、電圧調整抵抗を加減して発電電圧を調整することもできる。

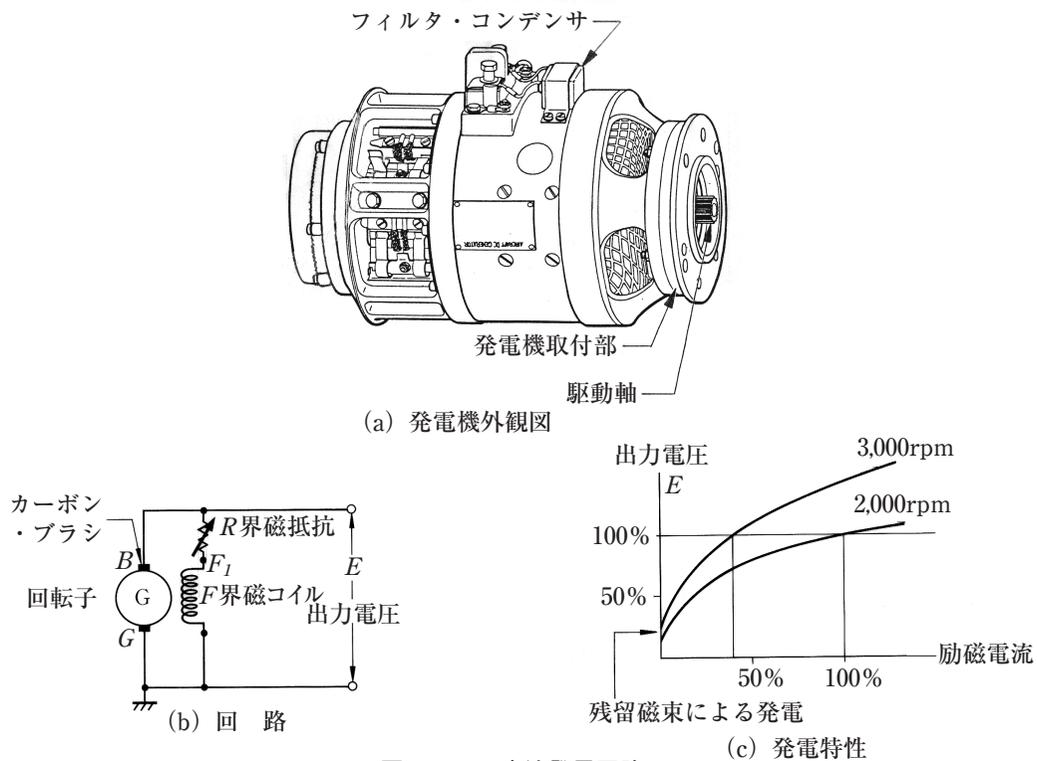


図1-4 直流発電回路

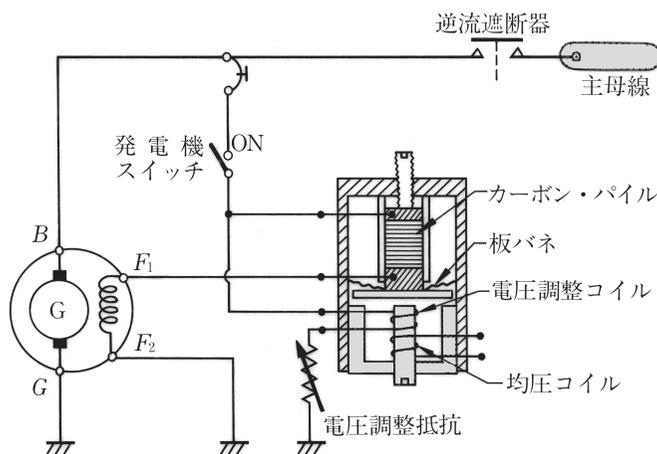


図 1-5 カーボン・パイル式電圧調整回路

1-2-5 リレー式電圧調整器 (Relay Type Voltage Regulator)

図 1-6 に示すリレー式電圧調整器は、エンジンの回転が低く発電電圧が低いときには、発電機の界磁巻線には発電電圧がそのまま加えられている。エンジンの回転が上昇すると発電電圧も上昇し、電圧調整器の接点 A が開き、界磁回路に抵抗  $R_A$  が直列に加わって発電電圧は低下する。電圧調整器のコイルには、電圧コイルと界磁コイルがあり、その巻線方向が反対になっている。発電電圧が低く接点 A が閉じている状態では、界磁コイルには励磁電流が流れず何の働きもしない。発電電圧が上昇し接点が開くと、界磁コイルには励磁電流が流れ、電圧コイルの磁束を打ち消す働きをするため、発電電圧がさほど低下しないうちに、再び接点 A を閉じて発電電圧を上昇させる。すなわち、リレー式電圧調整器では発電電圧の低い期間と高い期間があり、その平均値が規定電圧を保つような働きをしている。

負荷が増加し発電機の能力を超えるようになって、電圧調整器は常に規定電圧を保つように働く。そのままでは発電機は過負荷となり、ついには焼損してしまう。これを防ぐ目的で加えられた

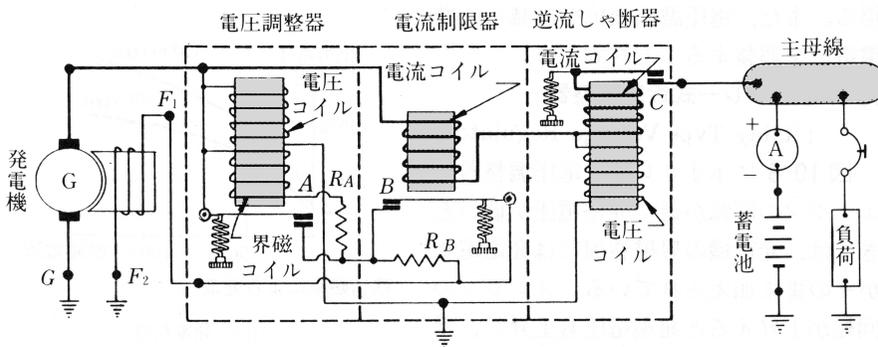


図 1-6 リレー式電圧調整、電流制限回路

のが電流制限器 (Current Limiter) で、電流コイルは負荷電流が発電機の定格電流に達すると、接点  $B$  を開いて抵抗  $R_B$  を直列に加え、発電電圧を低下し過負荷となるのを防止している。

発電機の電圧が、蓄電池の電圧より低いうちに発電機と蓄電池を接続すると蓄電池から発電機に電流が流れ込み、発電機はモータとなってエンジンを駆動するようになる。この状態になると蓄電池はすぐに放電してしまい、発電機を焼損することになるので、絶体に避けなければならない。すなわち、蓄電池から発電機への電流が流れないように保護するのが逆流しゃ断器である。発電機から切り離れた蓄電池の端子電圧は約 24 (V) である。発電機の端子電圧が約 28 (V) に達すると逆流しゃ断器の電圧コイルの働きにより、接点  $C$  が閉じ発電機は蓄電池と負荷に電力を供給し始める。

エンジンの回転が低下したり、発電回路の故障などによって発電電圧が低下すると、電流コイルに蓄電池より発電機側に向かう電流が流れる。この電流は電圧コイルの磁束を打ち消して接点  $C$  を開き、発電機を主母線より切り離し、発電機を保護する。

### 1-2-6 トランジスタ式電圧調整器 (Transistor Type Voltage Regulator)

現在電圧調整器の主流はトランジスタ式電圧調整器である。これは発電機の発生電圧を一定にするために、定電圧ダイオード (ツェナー・ダイオード) のブレイクダウン電圧とトランジスタのスイッチング動作を利用して発生電圧の大きさにより界磁巻線への励磁電流を増減させるタイプである。

図 1-7 にトランジスタ式電圧調整器の例を示す。

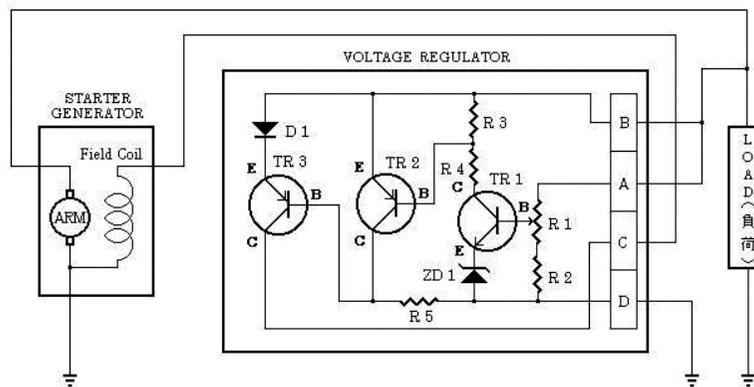


図 1-7 トランジスタ式電圧調整器の例

#### a. 発生電圧が設定電圧より低い場合

図の回路で、定電圧ダイオードがブレイクダウンするときの電圧が電圧調整の設定電圧である。発生電圧が低いので定電圧ダイオード  $ZD1$  がブレイクダウンしない。トランジスタ  $TR1$  のコレクターエミッタ間に電流は流れず  $TR1$  は OFF である。そうすると  $TR2$  のベースにかかる電圧は  $R3$  による電圧降下がないので  $TR2$  は OFF である。従って  $TR3$  のベース電圧は低くなり  $TR3$  が ON

となり、TR3のエミッターコレクタを通して発電機の界磁電流が流れ、発生電圧が増加する。

#### b. 発生電圧が設定電圧より高い場合

ZD1がブレークダウンするため、TR1がONとなり、その結果TR2のベースにかかる電圧はR3による電圧降下で低くなり、TR2はONとなる。従って、TR3のベース電圧はTR2のエミッタ電圧と同じになるのでTR3はOFFとなる。これにより発電機の界磁電流が流れなくなり、発生電圧が低下する。

上記a、bを繰り返すことにより、駆動エンジンの回転速度や発電機の負荷が変動しても発電機の発生電圧を一定に保つことができる。

### 1-2-7 保護回路 (Protection Circuit)

#### a. 並列運転 (Parallel Operation)

並列運転しようとする発電機は、図1-8に示すように分巻界磁のほか直巻界磁のある複巻発電機が用いられる。

直巻界磁の電圧(発電機のD端子電圧)は、定格電流で-2(V)程度であり、発電機の負荷電流に比例して増減する。いま、第1発電機の負荷が定格の50%に減少し第2発電機の負荷が定格の70%に増加したとする。第1発電機のD端子の電圧は-1.0(V)、第2発電機のD端子の電圧は-1.4(V)となる。両発電機のD端子は、カーボン・パイルの均圧コイルとバラスト・ランプを通して均圧母線(Equalizer Bus)に結ばれているため、均圧母線には第1発電機(軽負荷機)から第2発電機(重負荷機)に向かう均圧電流が流れる。

この電流は第1発電機(軽負荷機)では発電電圧を上昇するように働き、第2発電機(重負荷機)では発電電圧を低下するように働き、両機の負荷をほぼ均等に保つ。

#### b. 自動接続と逆流しゃ断 (Automatic Paralleling and Reverse - Current Cutout)

並列運転を行う直流発電機の主母線への接続は自動的に行われる。図1-9に示すように、発電

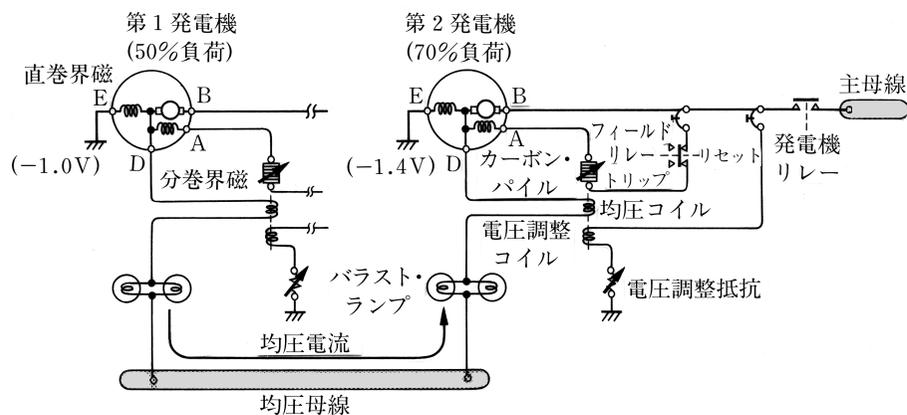


図1-8 並列運転回路

機電圧と主母線電圧を比較する差電圧コイルがあり、発電機側が約 0.7 (V) 高くなると、このコイルの働きにより、発電機リレー回路を閉じて発電機を主母線に接続する。主母線に接続後は発電機から流れ出る電流が電流コイルに流れてこの回路を保持している。もし、発電機に電流が流れ込む状態（逆流）が生ずれば、電流コイルが発電機リレー回路を開いて発電機を主母線より切り離す。

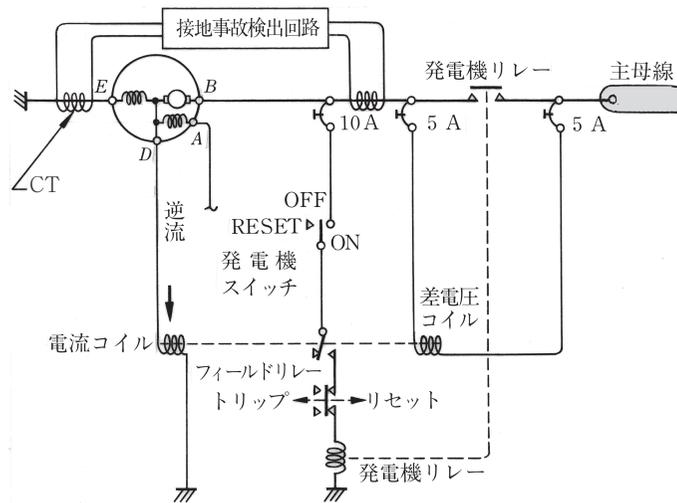


図 1 - 9 発電機の自動接続と保護回路

### c. 逆極性保護 (Reverse Voltage Protection)

発電機が逆極性発電すると逆極性検出回路が働いてフィールド・リレーをトリップし、発電を止めて発電機を主母線より切り離す。

フィールド・リレーは一度作動するとリセットするまでトリップ状態を保つ。

### d. 過電圧保護 (Over - Voltage Protection)

発電機の実出力電圧が 32 ~ 34 (V) に達すると、過電圧検出回路が働いてフィールド・リレーをトリップさせる。並列運転中に過電圧を検出すると、重負荷の発電機（過電圧を発生している発電機）が、まず主母線より切り離される。

### e. 接地事故保護 (Feeder Fault Protection)

発電機や母線に接地事故が生じたときの保護回路で、CT (Current Transformer : 変流器 : 講座 9 8 - 8 参照) が 2 個あり、1 個はエンジン・ナセル内において発電機の負極線（接地線）の電流を測定している。発電機や動力線に接地事故が発生すると、両 CT の出力に差が生じ、フィールド・リレーをトリップさせて励磁電流を切り発電を止めてしまう。直流電流を CT では測定できないが、直流発電機の実出力にはリップルが含まれており、このリップル分を測定している。

### 1-2-8 整流型直流発電機 (Alternator Rectifier)

最近の直流電源方式の機体には、自動車などに用いられている整流型直流発電機が用いられることが多くなった。

これは図1-10に示すように、エンジンに直結した不定周波3相交流発電機の出力をシリコン整流器で3相全波整流し、直流出力として取り出した発電機で、シリコン整流器は発電機内部に組み込まれている。この発電機は回転界磁型交流発電機で、励磁電流を界磁コイルに流す小さなカーボン・ブラシがあればよく、直流出力を取り出すカーボン・ブラシは不要となり、主母線から電流が発電機へ逆流することもないので逆流しゃ断器が不要となりサーキット・ブレーカで主母線に結ばれている。電圧調整は電圧調整器が界磁コイルの励磁電流を変えて行っている。

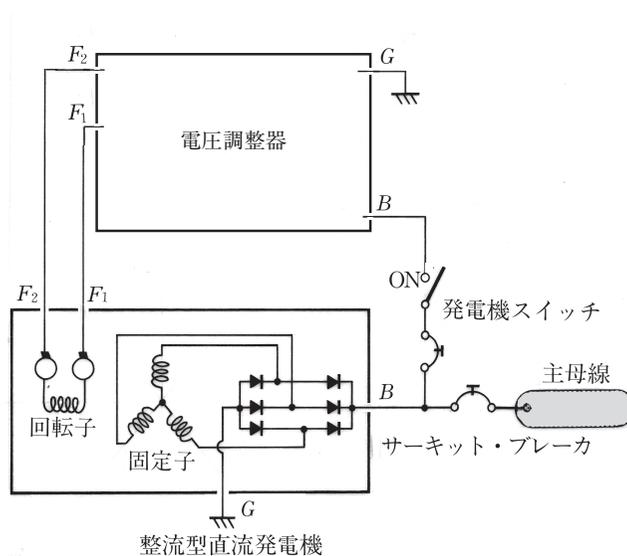


図1-10 整流型直流発電機

## 1-3 交流電源方式 (AC Power System)

従来航空機の電気系統は自動車と同じ直流が主流であった。しかし航空機の大型化に伴い消費電力が多くなった。直流システムが作る電圧は低いので、大きな電気負荷を支えるための十分な電力を作るには、電流は大きくしなければならない。従って、消費電力が多くなると電流を流す電線は太くそして重くなる。一方、交流はより高い電圧を使用する。従って、電流は小さくなる。低電流はより細い電線で流すことができるので、大型機で交流電力を使用することにより、かなりの重量軽減をもたらす。また、モータや各種の電気機器は直流より交流で作動させた方が簡単で整備もしやすい。このような理由で大型化に伴い交流電源が主流となった。現在中・大型機では大多数は交流電源方式である。

交流電源方式において、固定周波数の発電を行わせるためには、交流発電機を定速度で駆動する必要があり、そのためエンジンと発電機の間定速駆動装置 (Constant Speed Drive) が置かれている。

定速駆動装置はエンジンの回転数が変わっても発電機を規定の回転数で駆動する装置で、油圧ポンプ、油圧モータと機械式ガバナから構成されており、発電機の周波数を  $400 \pm 4$  (Hz) に保っている。発電機の出力電圧は3相中性点接地式 115 / 200 (V) である。航空機がわざわざ 400 (Hz) を採用しているのは、電気機械や変圧器を作る際、鉄心や銅線量が商用電源の  $1/6 \sim 1/8$  ですし、重量も軽くてすむからで、60 (kVA) の発電機重量が 35 (kg) 程度で作られている。

なお、787 型機においては、エンジンの効率を向上させるため、ニューマチック / ブリード・エアー・システムを排除し、従来ニューマチック・パワーを使用していたシステムの動力源は電力に置き換えられている。エンジンの始動には発電機にスタータ・モータの機能を持たせたスタータ・ジェネレータを使用する。そのためエンジンと発電機が直結しており、CSD は付いていない。従って、787 の交流発電機は変動周波数の発電を行う可変周波数型スタータ・ジェネレータ (VFSG: Variable Frequency Starter Generator) となっている。787 で固定周波数を必要とするモータ等の負荷に対しては、変動周波数の交流を一旦直流に変換し、それをインバータにより所定の固定周波数の交流に変換し電力を供給している。

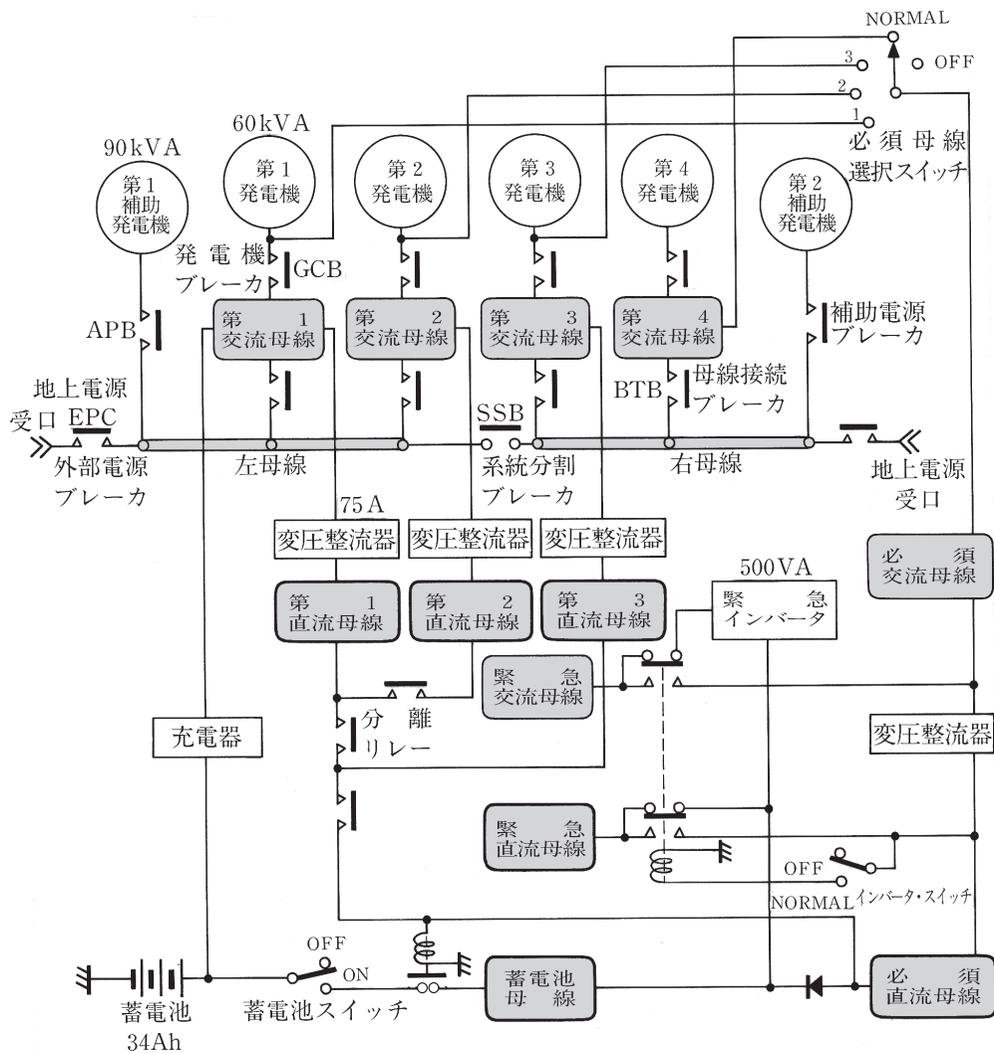
また、787 では前述のようにニューマチック・パワーを電力に置き換えたことにより、電力使用量が従来から大幅に増加している。そのため、発電機の容量を大幅に増加させるとともに、発電機の出力電圧を 115 (V) の約 2 倍の 235 (V) にすることにより、重量軽減を図っている。

交流電源方式の代表例として、図 1-11 に 747 型機の主電源系統の略図を示す。各エンジンには定速駆動装置を介してブラシレス空冷 60 (kVA) の発電機を 1 基ずつ計 4 基を備えつけ、単独運転、並列運転とも可能である。

交流母線は第 1 から第 4 母線に分割され、発電機が単独運転しているときは発電機ブレーカ (GCB) が閉じ、それぞれの負荷に電力を供給している。

通常は母線接続ブレーカ (BTB) と系統分割ブレーカ (SSB) を閉じ、4 台の発電機は並列運転している。飛行に必須な航法装置、通信装置、計器類などは必須交流母線に接続され、第 1 から第 4 まで任意の発電機に接続できる。万一、第 3 発電機が故障すると、第 3 発電機ブレーカ (GCB) を開き第 3 発電機を切り離す。残る 3 つの発電機が支障なく全部の負荷に電力を供給する。

直流電源を必要とする機器には、交流母線から変圧整流器で直流 28 (V) に変換され供給される。



- 1. APB Auxiliary Power Breaker (補助電源ブレーカ)
- 2. BTB Bus Tie Breaker (母線接続ブレーカ)
- 3. EPC External Power Contactor (外部電源コンタクター)
- 4. GCB Generator Circuit Breaker (発電機ブレーカ)
- 5. SSB Split System Breaker (系統分割ブレーカ)

図1-11 747型機の電源系統図

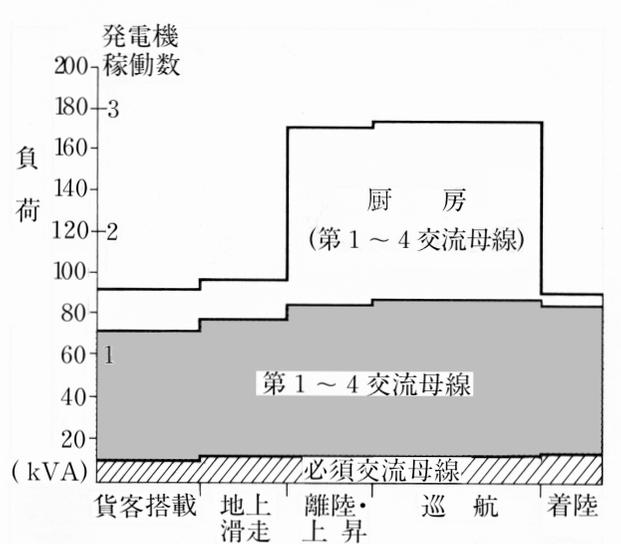


図1-12 747型機の運航に必要な電力

地上停止中は補助動力装置（APU）を働かして2台の補助発電機を駆動し、補助電源ブレーカ（APB）と母線接続ブレーカ（BTB）を閉じ、第1補助発電機からは第1交流母線と第2交流母線に電力を供給でき、第2補助発電機からは第3交流母線と第4交流母線に電力を供給できる。また、地上停止中は補助動力装置を使用しなくても、第1および第2地上電源受口に地上固定電源または電源車を接続し、外部電源ブレーカ（EPC）を閉じてすべての母線に電力を供給できる。

747型機の運航に必要な電力を図1-12に示す。4基の発電機系統のうち1基が故障しても支障なく電力は供給できる。さらにもう1基が故障しても厨房の50%の使用制限をすれば、通常と同じく電力の供給が可能である。厨房は食事時間帯を除けばその使用電力はわずかなものであり、ほとんど不自由を感じない。さらにもう1基の発電機が故障して1基のみが残った場合でも、飛行に必須な航法装置、通信装置、計器類などは必須母線に接続されており、なお電力は確保できる。

最後の1基が故障した場合でも、蓄電池が緊急母線に電力を供給し、安全な着陸に要する航法、通信系統を30分間作動する。このように航空機の電源系統は十分な安全性を見込んで作られている。

### 1-3-1 交流発電機（AC Generator）

図1-13に、ブラシレス3相交流発電機の分解図、および図1-14に交流発電機の系統図を示す。交流発電機は永久磁石発電機、交流励磁機、主発電機が一体となっている。この発電機は定速駆動装置を介してエンジンで駆動され、次の順序で交流を発電する。

1. 永久磁石発電機がまず交流を発電する。これは整流されて28（V）直流となり、この発電機を制御する電源となる。
2. 永久磁石発電機によって得られる28（V）直流は、電圧調整器を経て交流励磁機の界磁に送られ

- て交流励磁機を励磁する。これによって励磁機の電機子に3相交流が発生する。
3. 励磁機の発電した交流は、3相全波整流器で直流に変換され、主発電機の界磁を励磁する。これにより主発電機の電機子に3相交流が発生する。
  4. 主発電機の3相交流は電圧調整器に送られ、115 (V) を保つように励磁機の界磁電流を調整する。
- この発電機は3つの発電機で構成されているが、永久磁石発電機は永久磁石により磁界が与えられる回転界磁型なので、ブラシは不要である。励磁機は回転電機子型であり、発電した交流は同軸

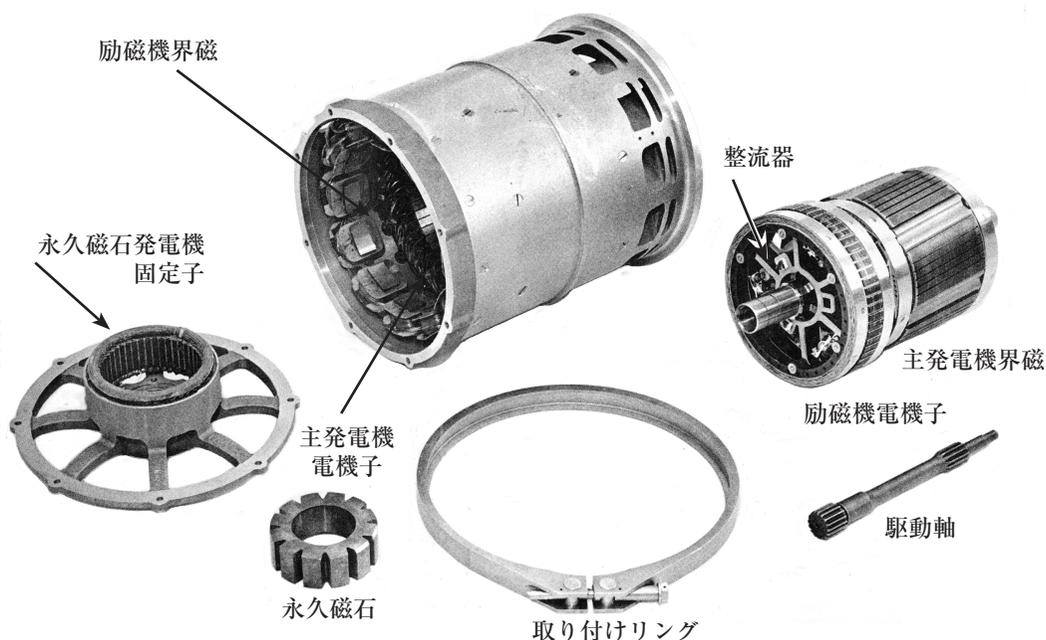


図1-13 60 (kVA) ブラシレス発電機分解図

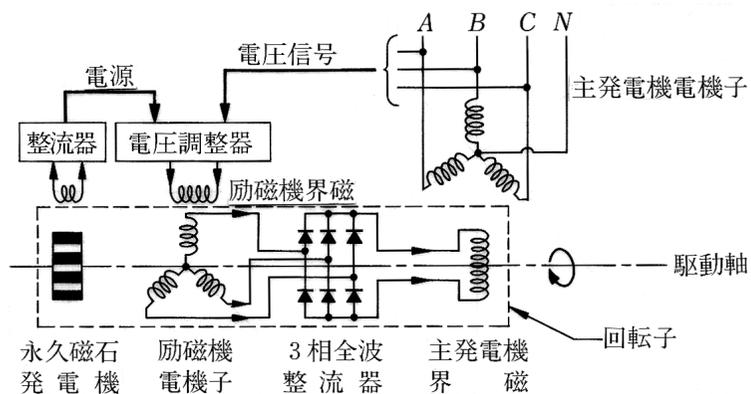


図1-14 3相ブラシレス交流発電機の系統図

で回転する全波整流器（回転ダイオード）を通して主発電機の励磁に使用されるのでブラシは不要である。回転界磁型である主発電機の界磁電流はこのように励磁機から回転ダイオードを通して与えられるので、ブラシは不要である。

すなわち、3つの発電機にはいずれもブラシがない。また、発電の際は、まず永久磁石発電機で作られた交流を基に主発電機の励磁を行うので、いっさいの外部電源なしに発電を開始できる。

747型機の場合、発電機の定格負荷は60(kVA)であるが、5分間であれば90(kVA)の負荷に耐え得る。また、発電機の回転子の両端は、おのおのの主ベアリングと副ベアリングの2つで保持されている。通常は主ベアリングが回転子を支えており、副ベアリングとハウジングの間には、わずかなすき間があり全く接触していない。主ベアリングが損傷した場合に、はじめて副ベアリングが回転子を支え、同時にベアリング損傷検出器が働いて操縦室内の警報灯を点灯し、ベアリングの異常を知らせる。この警報灯が点灯してからも5分間は定格電力を供給し得るし、その後は励磁を切ることによって15時間（目的地まで飛行を継続できる時間）は定格回転（8,000rpm）に耐えるように作られている。

### 1-3-2 並列運転と出力制御

交流電源システムを使用する航空機の中で、並列運転を行うものがある。並列運転を行う理由は次のように考えられる。

電力システムにおける発電機の並列運転の大きな目的は、複数の発電機が1つの母線に効率的に電力を供給することである。負荷の増減に応じて、運転する発電機数を選択できる。

飛行機の場合、各発電機はそれぞれ担当する母線を持っている。例えばNo. 1 GeneratorはNo.1 AC Busに電力を送り、No. 2 GeneratorはNo.2 AC Busに電力を送る。飛行機では、一般に双発電機では並列運転を行わず、3発電機以上で並列運転を行っている。例えば、双発電機で発電機が1台故障した場合、残りの発電機が2つの母線に電力を送ることになる。これは並列運転や独立運転に関わりがない。発電機には負荷に見合った容量が要求される。並列運転を行うには以下に述べる複雑な制御が必要であり、双発電機では通常並列運転は行われない。例えば3発電機で1台の発電機が故障した場合、並列運転を行わない場合は、残りの2台のうち1台が2つ分の母線に電力を送ることになるが、並列であれば、残りの2台で母線3つ分を分担すればよく、その分発電機の容量を負荷に対して小さくできる。これが並列運転を行う理由の一つである。

交流発電機を並列運転する場合は、

- (a) 各発電機の周波数が同一である。
- (b) 各発電機の電圧が同一である。
- (c) 各発電機の位相が同一である。

以上3つの条件が必要である。

これらの条件が満たされない場合について述べる。

起電力の大きさが異なる場合

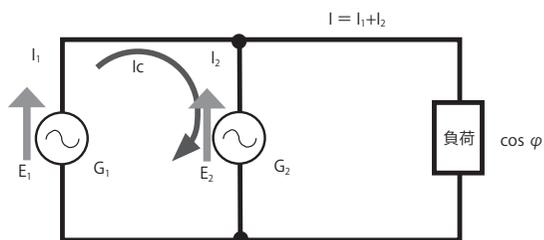


図 1-15 並列回路

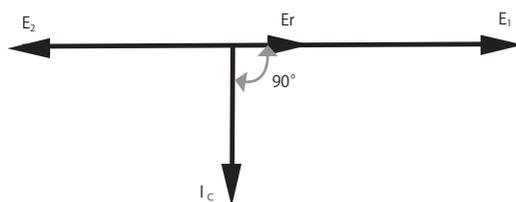


図 1-16 起電力が異なるとき

図 1-15 は 2 台の発電機  $G_1$ 、 $G_2$  が並列の場合の回路を示す。各発電機の起電力  $E_1$  と  $E_2$  は母線に対して同位相とする。両発電機間の閉回路に関し、ベクトルの関係は図 1-16 のようになる。この場合  $E_1$  と  $E_2$  の位相差は  $180^\circ$  で、 $E_1 > E_2$  であれば合成起電力  $E_r = E_1 - E_2$  によって発電機間に横流 (Cross Current)  $I_c$  が流れる。 $I_c$  は発電機  $E_1$  に対して位相が  $90^\circ$  遅れ、 $E_2$  に対して  $90^\circ$  進んでいる。従って、この横流による電機子反作用は  $G_1$  に対しては減磁、 $G_2$  に対しては増磁作用を行うので両発電機の起電力は自動的に等しくなる (電機子反作用については、講座 9 「航空電子・電気的基础」 9-4-1 参照)。

また、この横流は起電力  $E_1$ 、 $E_2$  に対して  $90^\circ$  の位相角なので、 $E \times I_c \times \cos 90^\circ = 0$  となる。つまり出力には無関係で、単に電機子コイルの抵抗分による損失 (発熱) を増すだけである。それでこの横流を無効横流という。

起電力の位相が異なる場合

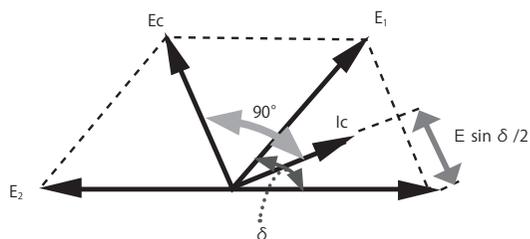


図 1-17 位相が異なるとき

2 台の発電機が並列運転中に、 $G_1$  の速度が上昇して図 1-17 のように  $E_1$  と  $E_2$  の大きさが同じで、 $E_1$  の位相が  $\delta$  だけ進んでいるとする。合成起電力  $E_c = E_1 + E_2$  により発電機間に横流  $I_c$  が流れる。 $I_c$  は  $E_c$  に対して  $90^\circ$  遅れるので、 $E_1$  に対して  $\delta / 2$  の位相を持ち、 $E_2$  に対して  $180^\circ - \delta / 2$  の位相を持つ。 $G_1$  において  $I_c$  による発電機出力を  $P_1$  とすると、

$$P_1 = E_1 \times I_c \times \cos(\delta/2) = P_s \text{ (W)}$$

$G_2$  において、 $I_c$  による発電機出力を  $P_2$  とすると

$$P_2 = E_2 \times I_c \times \cos(180^\circ - \delta/2)$$

$$= -E_2 \times I_c \times \cos(\delta/2) = -P_s \text{ (W)}$$

となつて、 $I_c$  は  $E_1$  と  $E_2$  間に有効電力  $P_s$  を発生する。位相の進んだ  $G_1$  は発電機出力  $P_s$  を発生してこれを  $G_2$  に送る。この出力増加のため回転子が減速して位相を遅らせる。また位相の遅れた  $G_2$  は、 $G_1$  から有効電力をもらい電動機となる。 $G_2$  は加速して位相が進む。その結果、 $E_1$  と  $E_2$  は自動的に同相となる。この横流は出力に関係するので有効横流もしくは同期化電流と呼ぶ。位相差を合わせようとする力を同期化力と呼ぶ。

#### 起電力の周波数が異なる場合

並列運転中、両発電機の周波数が異なる時は、位相が一致した瞬間以外はどちらかの位相が進むか遅れるかしているため同期化電流が流れ、位相を一致させようとする。

基本的に、並列運転時に電圧や位相・周波数のアンバランスが発生しても電機子反作用、同期化力により自動的に元に戻るが、横流が大きくなると、電機子電流が増加し、場合によっては定格を超える可能性もあり好ましくない。並列運転を行う機体においては、積極的に横流を抑える機能がある。これが有効出力 (Real Load) の制御と無効出力 (Reactive Load) の制御であり、並列運転中の各発電機の有効出力、無効出力ともに等しくしなければならない。

具体的には、各発電機の電機子電流を CT により常時測定し、CT をループ状につなぐことにより、電機子電流の平均を求め、それを基に各電機子電流の平均からのずれの電流値を測定する〔並列運転の場合、励磁に差があっても負荷に送られる電圧はあまり変動せず、電機子電流の無効分 (無効横流) が変動する。また駆動トルクに差があっても負荷に送られる電流はあまり変動せず、電機子電流の有効分 (有効横流) が変動する〕。それを無効分と有効分に分解する。この機能 (回路) は Equalization Loop と呼ばれる。無効分の信号を電圧調整器に送り、各機の無効出力が均一になるように (無効横流が最小になるように) 各機の励磁電流を調整する。これを無効出力制御 (Reactive Load Control) と呼ぶ。有効分の信号を CSD に送り、各機の有効出力が均一になるように (有効横流が最小になるように) 回転速度の調整を行う。これを有効出力制御 (Real Load Control) という。

有効出力と無効出力の測定原理について、1-3-2 a に述べる。また、Equalization Loop を使った実際の具体的な制御方法については、1-3-2 b および 1-3-2 c に述べる。

#### a. 有効出力と無効出力の測定 (Measurement of Real Load and Reactive Load)

図 1-18 (a) に 3 相発電機の電圧と電流ベクトルを示す。A 相電流の有効電流は A 相電圧と同相であり、A 相電流の無効電流は線間電圧  $V_{BC}$  と同相である。この関係を利用して有効出力と無効出力を測定する。有効出力の測定法を同図 (b) に示す。すなわち、A 相電圧に A 相電流ベクトルを加えた電圧と、A 相電流ベクトルを減じた電圧をつくり、この両方の差を求めると有効出力に比例する。無効出力の測定法を同図 (c) に示す。この場合は A 相電圧の代わりに  $90^\circ$  位相差のある

線間電圧  $V_{BC}$  を用いると無効出力が得られる。

b. 無効出力の制御と過負荷防止 (Reactive Load Control and Over Load Protection)

発電機の実出力電流は A 相で代表し、この相に取り付けた電流変圧器で検出する。並列運転している発電機の A 相電流変圧器は、すべて図 1 - 19 に示すようにループ接続する。このように接続すると電流ループには全発電機の A 相電流の平均電流が流れ、差電流検出変圧器には平均電流と自機

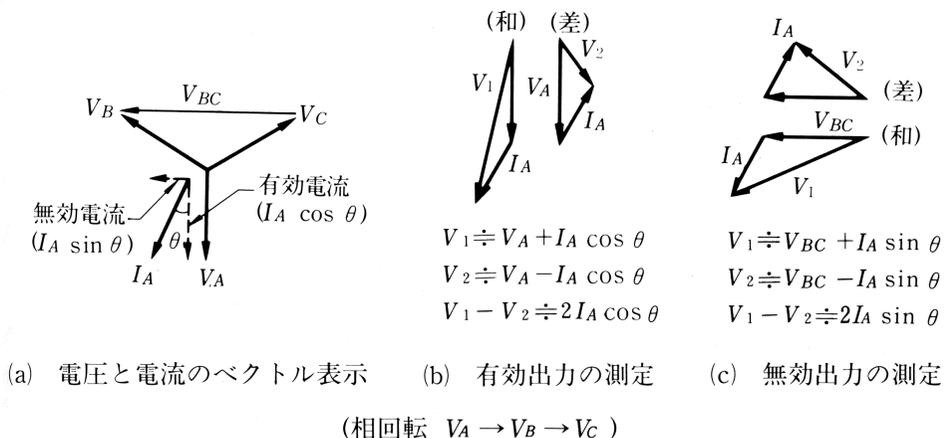


図 1 - 18 有効出力と無効出力の測定法

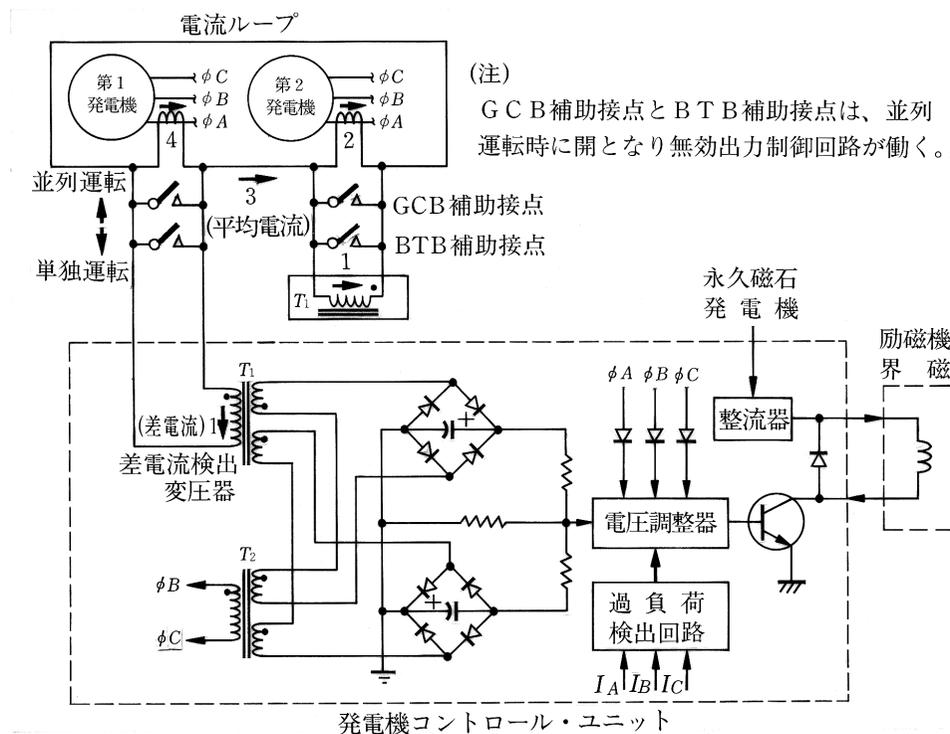


図 1 - 19 交流発電機の電圧調整と無効出力制御回路

電流の差が流れる。この差電流と線間電圧  $V_{BC}$  とにより、自機と他機の無効出力の差が検出される。

この無効出力信号は電圧調整器に送られ、励磁機の界磁電流を調整する。

- (1) 無効出力が多い発電機では、励磁電流を減らして無効出力を減少する。
- (2) 無効出力が少ない発電機では、励磁電流を増して無効出力を負わせる。

発電機が単独運転している場合は、A相電流変圧器はGCB、またはBTBの補助接点でショートされ、無効出力制御回路は作動しない。

電圧調整器のもう1つの働きに過負荷防止機能がある。過負荷検出回路は、発電機の各相に取り付けた電流変圧器により発電機の負荷電流を検出し、もし、1相でも過負荷になれば励磁電流を減らして負荷を軽くするようにしている。

### c. 有効出力の制御 (Real Load Control)

有効出力の検出は無効出力の検出と同様、並列運転している発電機のA相電流変圧器を図1-20に示すように、すべてループ接続する方法で行われる。

このように接続すると、電流ループには全発電機のA相電流の平均電流が流れ、差電流検出変圧器には平均電流と自機電流の差が流れるので、自機と他機の有効出力の差が検出される。この有効出力の差は有効電力制御回路に送られ、定速駆動装置の速度ガバナの電流を調整して有効電力を平均化する。

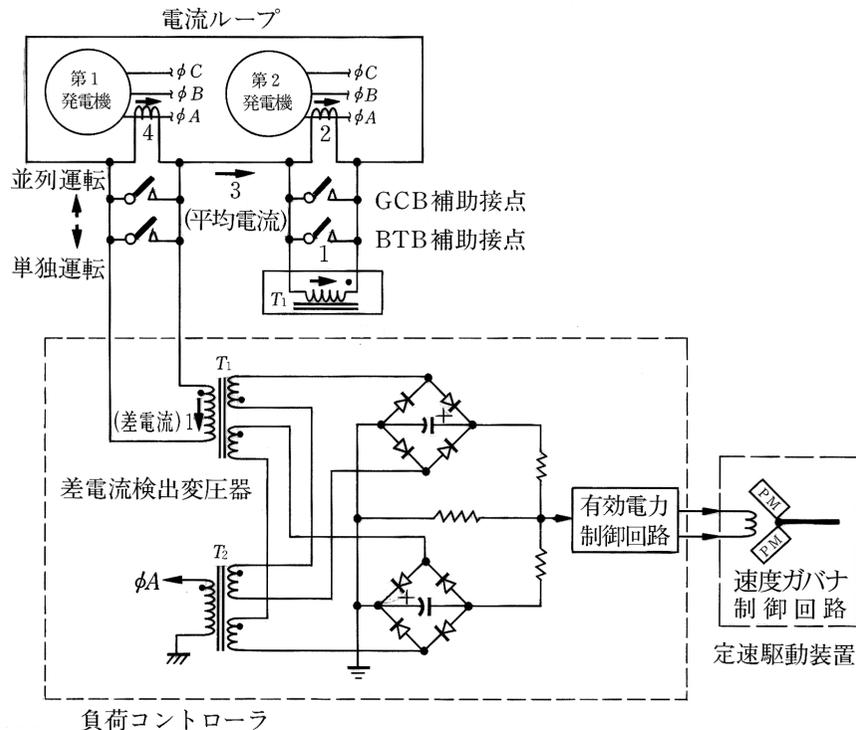


図1-20 交流発電機の有効出力制御回路

- (1) 有効出力の多い発電機では、定速駆動装置の速度ガバナを制御して、若干、回転数を下げ有効出力を減らす。
- (2) 有効出力の少ない発電機では定速駆動装置の速度ガバナを制御して、若干、回転数を上げ出力を増す。

有効出力制御回路も無効出力制御回路と同様、並列運転が行われているときのみ作動する。

#### d. 並列運転 (Parallel Operation) に至る過程

図 1-11 で第 2 発電機が発電しており、他の発電機はまだ発電を開始していなかったとする。この場合は第 2 GCB を閉じて第 2 交流母線に電力を供給すると同時に、他の母線に電力を供給するため第 1 から第 4 BTB と SSB を閉じて、すべての母線に第 2 発電機が電力を供給している。続いて第 3 発電機が発電を始めると、自機の A 相電圧と右母線の A 相電圧とを比較し、位相が一致すると第 3 GCB を閉じて並列運転に入る。このように次々に並列に入り、最終的には全部の発電機が並列運転となる。並列運転に至る過程は機種によって違いがある。

#### e. NBPT (No Break Power Transfer)

本来並列にできない異種電源（エンジン発電機と APU 発電機、エンジン発電機と外部電源、APU 発電機と外部電源）間で電源を切り替えるとき、まず現在の電源が切り離され、その後新しい電源投入という順序で切り替えを行う。このとき、電源の瞬断が起こる。瞬断によるデジタル機器への影響を避けるために、異種電源間の電源切り替え時に瞬間的に異種電源を並列にすることにより電源の瞬断を起こさせないという機能を NBPT (No Break Power Transfer) と呼び、747 - 400 等の新しい機体に採用されている。並列運転を行わない双発電機にも電源切り替え時に NBPT の機能を持たせたものがある。

### 1-3-3 保護回路 (Protection Circuit)

#### a. 過電圧および低電圧保護回路 (Over Voltage and Under Voltage Protection Circuit)

発電機の出力が過電圧（約 130V 以上）や低電圧（約 100V 以下）になると、まず BTB を開いてその発電機を並列運転からはずす。続いて GCB を開いて発電機を母線より切り離す。

#### b. 過励磁および低励磁保護回路 (Over Excitation and Under Excitation Protection Circuit)

無効出力の制御で述べたように並列運転中に過励磁や低励磁が生ずると、過電圧および低電圧保護回路を働かせて発電機を母線より切り離す。

#### c. 差電流保護回路 (Difference Current Protection Circuit)

並列運転中に各発電機の負荷電流に定格の約 20% 以上の差が生じると、BTB を開いて発電機を並列運転より切り離す。

#### d. 接地事故保護回路 (Feeder Fault Protection Circuit)

発電機や母線に接地事故が生じたときの保護回路で、電流変圧器が発電機の接地線と母線に組み込まれており、この検出電流に定格の約 10% の差が生ずると、まず GCB を開いて発電機を回路か

ら切り離し同時に発電を停止する。さらに故障が続けばBTBを開き、その母線の電力を断つ。

e. 不平衡電流保護回路 (Unbalance Current Protection Circuit)

発電機の負荷電流を監視しており、3相のうち1相の電流が極端に少ない場合、その相がどこかで開路となったものとみなして、まずBTBを開く。故障がなお続いている場合はGCBを開き発電を止める。

1-3-4 定速駆動装置 (Constant Speed Drive)

航空機の交流発電機は、電圧を一定に保つと同時に、固定周波数の発電を行わせるためには、回転数を一定に保つ必要がある。このため、エンジンと発電機の間定速駆動装置を設け、エンジンの回転数が変化しても、発電機の回転数を一定に保つようになっている。図1-21は747型機やL-1011型機に使用される定速駆動装置の例で、入力軸の回転数が3,800 (rpm) から8,700 (rpm) まで変動しても、出力軸の回転数を8,000 (rpm) に保つことができ最高出力は約72 (kW) である。これで定格出力60 (kVA) の発電機を駆動している。

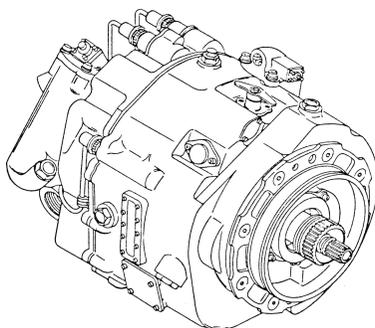


図1-21 定速駆動装置の例

(以下、余白)

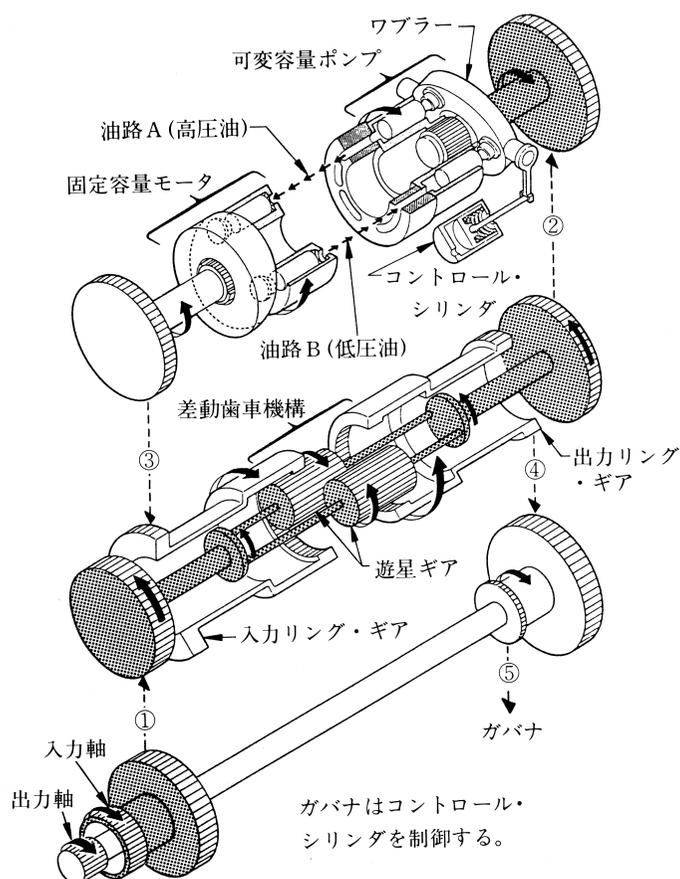


図1-22 定速駆動装置の内部機構（増速時）

定速駆動装置の作動原理を図1-22で解説する。

エンジンで駆動される入力軸の回転は、①、②の経路で可変容量ポンプに伝えられる。入力軸の回転が8,000 (rpm) より低い場合（増速時）、ガバナはコントロール・シリンダの油圧を制御して、可変容量ポンプのワブラーを油路Aが吐出側（高压側）になるようにする。油路Aの高压油は、固定容量モータを入力軸と反対方向に回す。モータの回転速度は可変容量ポンプの吐出量、すなわちワブラーの傾斜角で決まる。モータの回転は③の経路で入力リング・ギアに伝えられる。①の経路で伝えられる回転と、③の経路で伝えられる回転の方向は逆であるから、両者で駆動される遊星ギアは①+③の回転数で駆動される。遊星ギアは出力リング・ギアと結合しているのので、④の経路で出力軸を駆動し、回転数は入力軸の回転数とモータの回転数の和となり、出力軸は増速される。出力軸は⑤の経路でガバナに接続されているので、ガバナは出力軸の回転を8,000 (rpm) に保つ。

入力軸の回転が8,000 (rpm) より高い場合（減速時）、ガバナは可変容量ポンプの油路Bが吐出側になるようにする。モータの回転方向は逆転して入力軸と同じ方向に回転する。遊星ギアは①-③の回転数で駆動され、出力軸は減速されて8,000 (rpm) を保つ。

### 1-3-5 交流電源方式機の直流電源系統

#### (DC Power System for AC Power System Aircraft)

交流電源方式の航空機では、図1-11のように交流母線に対応した28(V)系の直流母線がある。28(V)直流は図1-23(a)に示す変圧整流器で作られ、整流器には1次側がY(ワイ)結線され、2次側がY結線および△(デルタ)結線された3相変圧器がある。2次側のY結線と△結線は、おのおの全波整流され、2,400(Hz)で1.5(V)のリップルを含む28(V)直流となる。この2つの直流出力を結合トランス $T_2$ で結び合わせると、4,800(Hz)で1.0(V)のリップルを含む28(V)直流が得られる。この様子を同図(b)に示す。747型機に用いられている整流器の出力は28(V)、75(A)で、重量は約7(kg)である。

蓄電池を充電するために充電器がある。充電器の基本回路は整流器と同じであるが、蓄電池の温度によって充電電流を制限する回路や、常に蓄電池を完全充電するためのパルス充電回路などが加わっている。

### 1-3-6 静止型インバータ (Static Inverter)

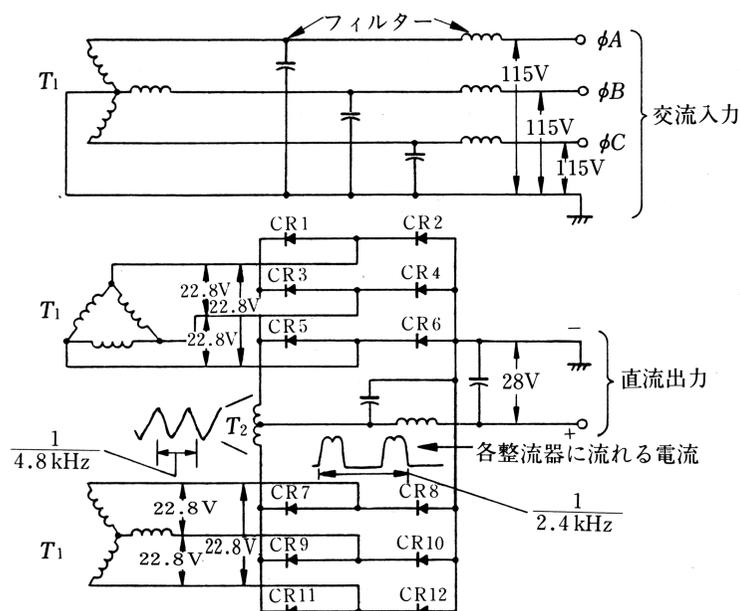
交流電源方式の航空機では、ほとんどの電気機器は交流で作動するので、万が一すべての発電機が故障するとほとんどのシステムが不動作となり非常に危険な状態となる。このような緊急時に蓄電池より直流電力の供給を受け、これを交流に変換して緊急母線に電力を供給する緊急インバータを備えている。直流電源方式の航空機でも一部の交流機器に交流電力を供給する回転型インバータを用いているが、これは出力の割には重く、またブラシなどの摩耗部品があり定期的に点検整備をしなければならないので現在ではほとんど用いられず、半導体を利用した小型軽量の静止型インバータが用いられている。

静止型インバータは、図1-24のようにスイッチング回路AとB、変圧器AとB、駆動回路、波形整形フィルタより構成されている。駆動回路は400(Hz)矩形波を発振してスイッチング回路AとBをドライブする。スイッチング回路は図1-25のようなトランジスタ・スイッチ回路で、駆動回路からの入力のある半サイクルでは電流はトランジスタ $Q_1$ 、変圧器1次巻線および $Q_2$ を流れて接地する。

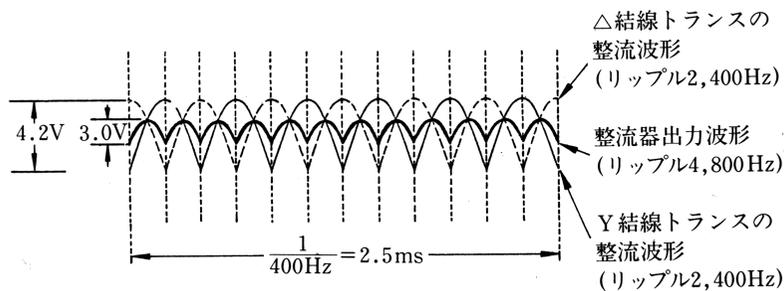
負の半サイクルでは電流はトランジスタ $Q_3$ 、変圧器1次巻線および $Q_4$ を流れて接地し、入力のある半サイクルに応じて変圧器の1次巻線に流れる電流の方向を切り替え、変圧器2次側に入力波形と同じ出力波形を得ている。スイッチング回路Aとスイッチング回路Bの出力の位相が約 $60^\circ$ ずれており、両方の出力を合わせると凸形の階段波が得られる。

この階段波は波形整形フィルタで正弦波に整形されて交流出力となる。このようにして得た交流は完全な正弦波ではないが、実用上支障のない波形(歪率5%程度)となっている。

インバータの電圧調整は駆動回路が出力電圧を監視しており、電圧が低下した場合はパルスの導通時間 $\tau$ を増して周波数を変えずに出力電圧を増す。



(a) 変圧整流器回路図



(b) 出力波形

図 1-23 直流電源用変圧整流器

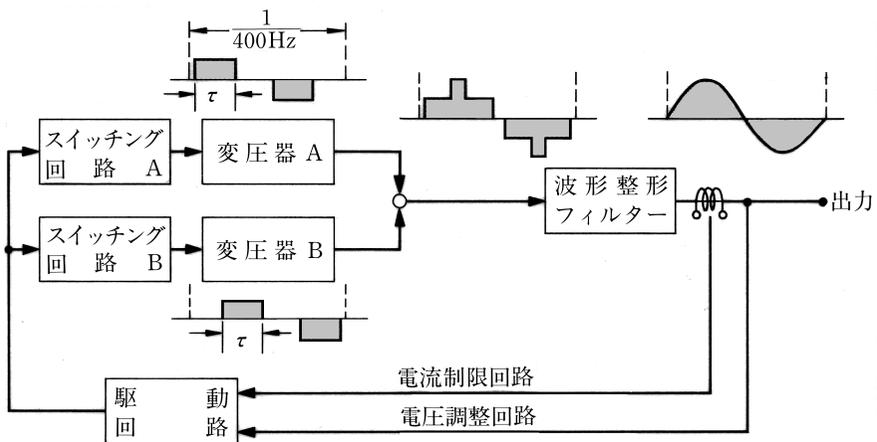


図 1-24 インバータ系統図

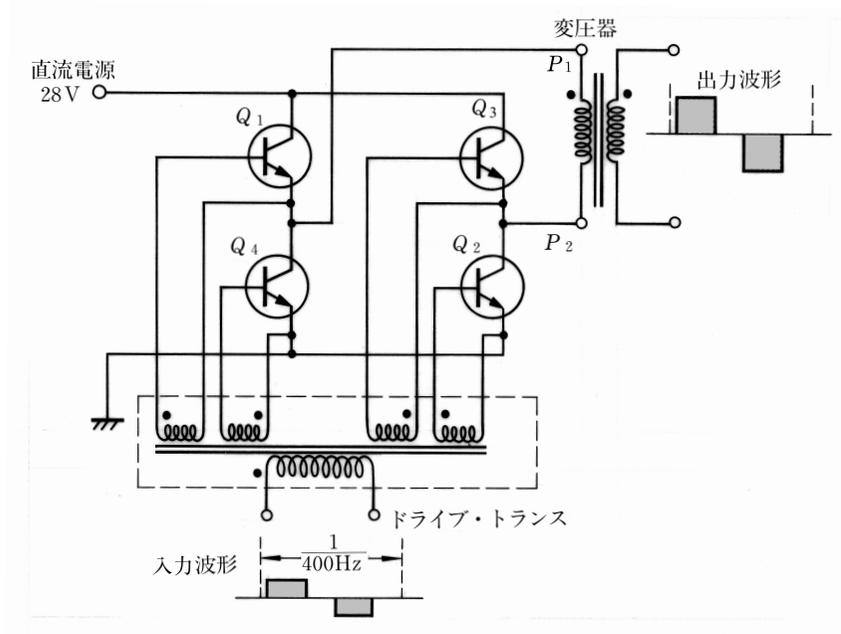


図1-25 スイッチング回路と変圧器

### 1-3-7 風車発電機 (Ram Air Turbine もしくは Air Driven Generator)

双発電機や3発電機の中には、緊急電源として風車発電機を備えている機種もある。風車発電機はRAT (Ram Air Turbine) あるいはADG (Air Driven Generator) と呼ばれる。この発電機はすべての発電機が停止した場合のスタンドバイ電源として、あるいは、一部の油圧を使えるようにするための油圧ポンプ駆動電源として使用される。図1-26にその例を示す。この発電機はプロペラのピッチをガバナで調整して定周波数の発電を行い、電圧調整は主発電機に使用されているのと同じ方法で行われている。

(以下、余白)

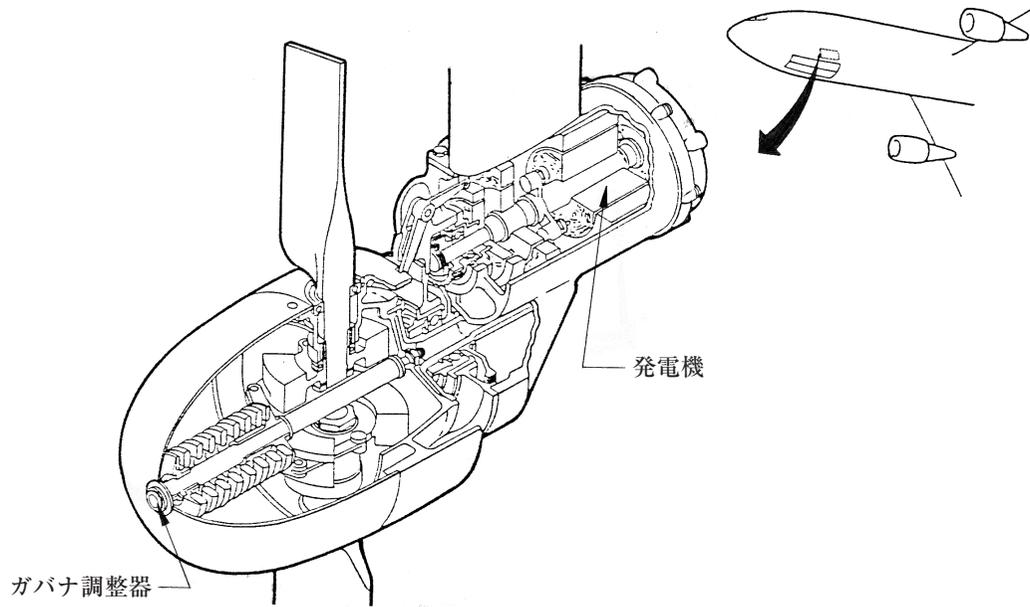


図 1 - 26 風車発電機

(以下、余白)

### 1-3-8 駆動装置内蔵型交流発電機 (Integrated Drive Generator)

今までは交流発電機を定速度で駆動するため、エンジンと発電機の間定速駆動装置が用いられていた。ところが767型機などでは、定速駆動装置と発電機が一体となった図1-27のような駆動装置内蔵型交流発電機が使われている。

一般に発電機の定格(容量)は発生する熱で制限される。発電機では、電機子電流と電機子の直流抵抗により発電機の温度が上昇するが、この温度上昇にどれだけ耐えられるかで定格値が決まる。すなわち、冷却効果が良ければ、容量を増加させることができる。IDGの場合、CSDと一体になることにより、CSDの冷却効果が発電機におよぶため容量が大きくなる。これが、最近IDGが主流になっている大きな理由である。

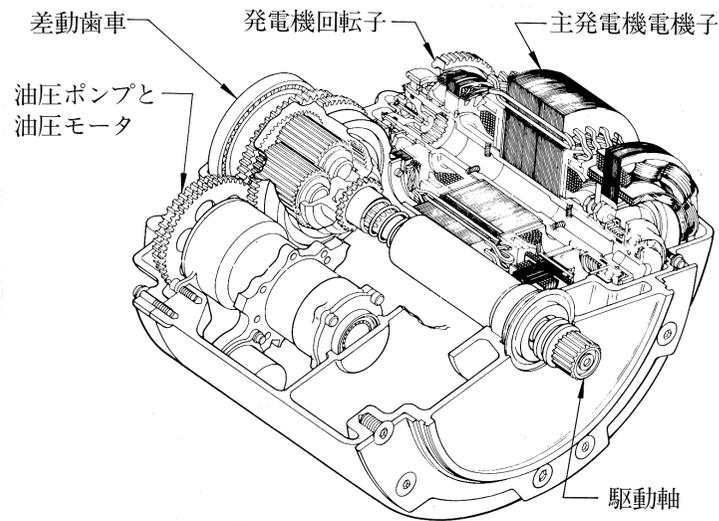


図1-27 駆動装置内蔵型交流発電機

## 1-4 航空機照明 (Aircraft Lighting System)

### 1-4-1 操縦室内照明 (Cockpit Lighting)

707型機やDC-8型機の操縦室内の照明は、赤色光を用いていたが、727型機やDC-8-60型機の時代から白色光照明に変わり、現在では操縦室内は白色光照明が一般的である。操縦室内の明るさはパイロットの好みによって異なるが、照明器具には調光装置があり自由に明るさを調整できるようになっている。図1-28に747型機の操縦室の照明と照明操作盤を示す。

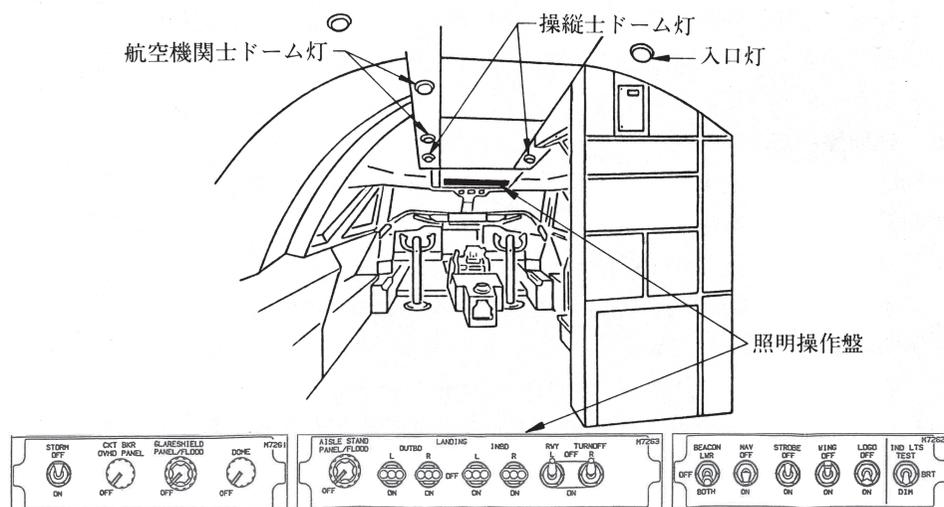


図 1-28 操縦室照明および照明操作盤

#### a. 室内全般照明 (General Cabin Lighting)

機長・副操縦士、機関士の頭上と入口付近にドーム・ライトがあり、操縦室全般の照明を行っている。このドーム・ライトは頭上パネルの照明操作盤のドーム・スイッチ (Dome Switch) で操作される。このドーム・ライトの電源は2系統あり、機長・副操縦士頭上のライトは蓄電池より、その他は発電機より電力の供給を受けており、発電機が停止している状態でも操縦室の照明ができるようになっている。照明操作盤にはストーム・スイッチ (Thunderstorm Switch) があり、雷光で外界が明るく照らし出され照明の暗い操縦室内が見にくくなったとき、これを操作するとドーム・ライト、計器照明、パネル照明は最大光度で点灯し、外界との明るさの差を少なくして室内を見やすくする。

#### b. 計器およびパネル照明 (Indicator and Panel Lighting)

計器は内部より照明され、目盛盤や指針が浮き出して見える構造となっている。計器が取り付けられている主計器板は、斜め上方からバックグラウンド・ライトで全体が照らし出されるようになっている。このバックグラウンド・ライトの一部は蓄電池より電力が供給され、発電機が停止した状態でも計器の照明を失うことはない。

航空機関士計器盤、頭上パネル (Overhead Panel)、あるいはペDESTAL (Pedestal) の計器、スイッチ、操作レバーなどは、照明パネル (Lighting Panel) 内に内蔵された電球によって照明されている。照明パネルには燃料、作動油、電力、空気などの流れを示す棒状のライトが埋め込まれており、各系統の作動状態を示している。

#### c. 標示灯 (Annunciator)

航空機の運航状態を示す警報灯 (赤色)、注意灯 (アンバー)、安全灯 (緑)、指示灯 (青など) が計器盤に組み込まれている。照明操作盤に標示灯の光量切り替えと試験スイッチがあり、明 (Bright)

と、暗 (Dim) の2段階の調整ができる。試験側に倒すと、すべての標示灯が明で点灯し、電球切れなどの点検が一操作でできるようになっている。

#### d. 補助照明灯 (Auxiliary Lighting)

局所的な照明が必要な場所に取り付けられるスポット・ライトで、明るさや照明範囲が可変となっている。

##### (1) マップ・ライト (Map Light)

パイロットが航空地図や書類を見るためのライトで、頭上から操縦桿中央部を照明するようになっている。

##### (2) ユティリティ・ライト (Utility Light)

サーキット・ブレーカ・パネル、床面など通常照明が十分でない場所をよく点検するために用いるライトで、延長コードがあり固定部分より取り外して使用できる。

##### (3) 作業灯 (Work Table Light)

航空機関士の作業机や操縦士側面の小さな机の部分を照明しているライトである。

### 1-4-2 客室内照明 (Cabin Lighting)

客室は全体として間接照明で、居心地を良くし豪華な雰囲気を出すため各種の照明が使用されており、乗降時、食事時、映画上映時、睡眠時など、その時々状況により使い分けている。また、読書灯、厨房の作業灯など必要部分だけを直接照明する装置もある。これらの照明は出入口付近に設けられている照明パネルでコントロールでき、客室乗務員が操作している。図1-29に747型機の客室照明の例を示しておく。

新しい機種では、客室内照明は客室関係統合システム (PA、客室インタホン、客室サイン/乗務員呼び出しシステムなどを統合したシステム) の一つのサブシステムとなっているものが多い。

#### a. 天井灯 (Ceiling Light)

けい光灯を天井に向けて照射し、天井の反射を利用した間接照明で、柔らかな光を出し客室全体を照明している。このほかに側壁を照らす壁面灯 (Wall Light)、窓を照らす窓灯 (Window Light)、通路を照らす通路灯 (Aisle Light)、ドーム灯などがある。

#### b. 出入口灯 (Cabin Entry Light)

乗降時のため出入口付近は特に明るく照明される。

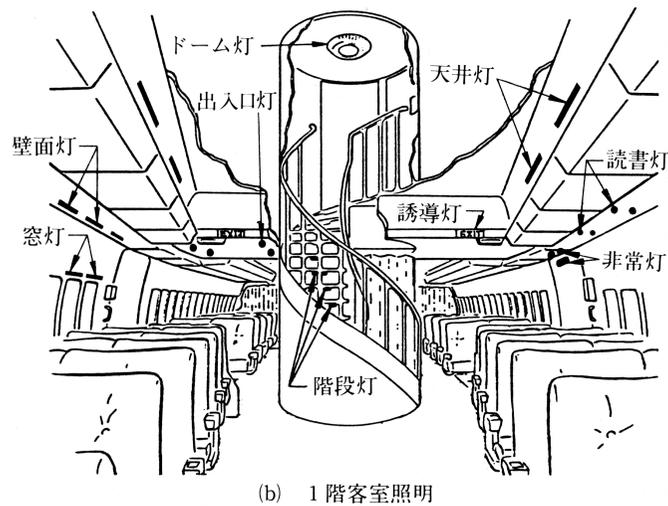
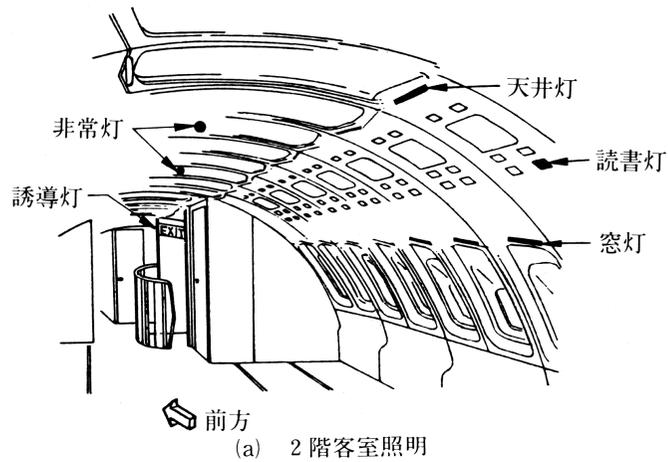


図 1 - 29 客室照明

## c. 読書灯 (Reading Light)

乗客の読書のため各座席の上部に設置されており、乗客の手元スイッチで、ON - OFF ができる。他の乗客の迷惑にならないように、各自の前のテーブル面だけがスポット照明される。

## d. 客室サイン灯 (Passenger Sign)

「禁煙」「座席ベルト着用」などの案内を乗客に知らせる標示灯で、操縦室からの操作により点灯するが、自動的に点灯する場合もある。

## e. 化粧室照明灯 (Lavatory Light)

化粧室内は通常薄暗い照明で出入りが目立たないようにしている。化粧室のドアを閉じ鍵をかけると自動的に、けい光灯が点灯して明るく照明する。また、客室の一部に化粧室使用中の標示を

する。

f. その他の照明 (Other Lighting)

乗客から客室乗務員を呼び出す呼び出し灯、貨物室灯、厨房の照明などがある。

1-4-3 非常用照明 (Emergency Light)

航空機には通常の出入口のほか非常脱出口が設けられている。この出入口、脱出口の位置は誘導灯 (Exit Sign) で表示されている。このほかに、航空機の電源から全く独立した蓄電池による緊急避難用照明があり、航空機の全電源が断たれたとき自動的に点灯し、少なくとも10分間は次の場所を照明する。

- (1) 客室全体と脱出口に至る通路の照明。
- (2) 脱出口の位置を示し、脱出口内外の照明。
- (3) 脱出スライドを使って脱出した後、着地する付近の照明。

(以下、余白)

## 1-4-4 機外照明 (Exterior Lighting System)

機外にも多くの照明が取り付けられているが、そのうち法規で装備を義務づけられている照明 (\*印で示す) と、運航上の安全や宣伝のために使われる照明とに分けられる。図1-30に747型機の機外照明の例を示す。

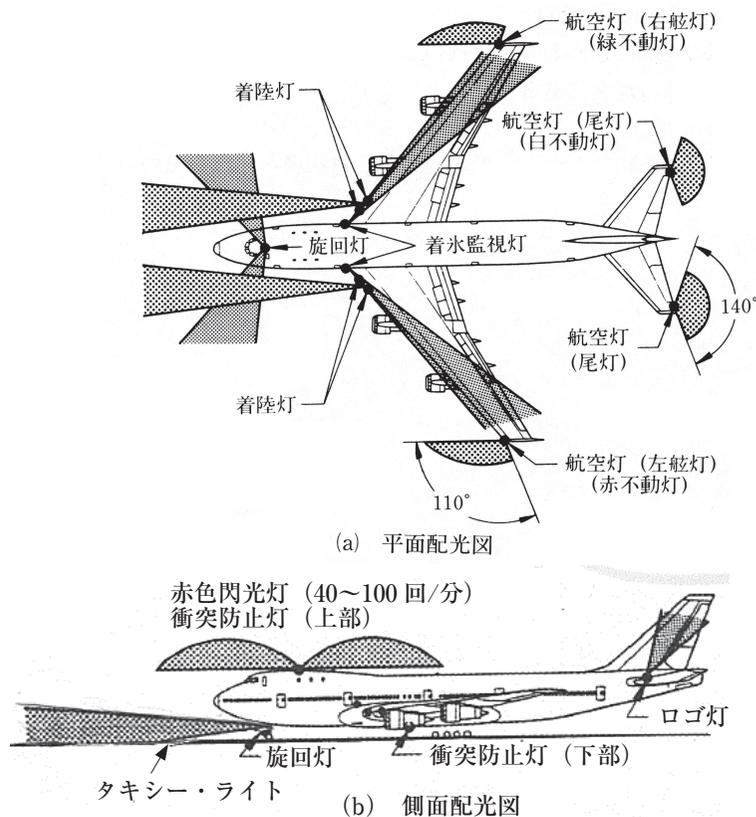


図1-30 機外照明の例

## a. 航空灯\* (Navigation Light, Position Light)

図1-30(a)に示すように右翼端に緑の不動灯、左翼端に赤の不動灯、機尾に白の不動灯が取り付けられ、他機に対し自機の飛行方向を示すと共に、夜間照明のない場所に駐機する場合、機存在を示すために用いられる。

反射鏡付きの電球かハロゲン電球が多く用いられている。最近では航空灯の補助として翼端と機尾に高輝度のキセノン・ランプが併用されることが多い。

## b. 衝突防止灯\* (Anti-Collision Light, Beacon Light)

胴体上下面に設置し、毎分40~100回で赤色光を点滅して自機の位置を知らせ、衝突を回避する目的に使われる照明である。

最初は灯器に赤ガラスの覆いをし、反射鏡付き電球を回転する型式が多かったが、しだいにハロ

ゲン電球を固定し、反射鏡が回転する型式に変わり、最近ではより高輝度が得られるキセノン電球を点滅する方式の他、LED タイプもある。

**c. 着陸灯\* (Landing Light)**

着陸灯は翼の下または付け根あるいは脚に装着し、離着陸時に機軸方向を照明する灯火で、機種によっては固定式のものを使用時に展開して機軸方向を照射する可動式のものがある。いずれもシールド・ビーム電球を使用し、使用電力は1球当たり200～600(W)程度である。

**d. 着氷監視灯\* (Ice Detection Light もしくは Wing Illumination)**

主翼前縁部、エンジン・ナセルの着氷を監視するため、胴体左右に埋め込まれている灯火で100(W)程度のシールド・ビーム電球が用いられる。

**e. 旋回灯 (Turnoff Light)**

地上走行中、旋回を行う場合、着陸灯だけでは左右の障害物の確認が難しいので、左右を照射する旋回灯があり安全に旋回を行うことができる。

**f. ロゴ灯 (Logo Light)**

垂直尾翼の両面にかかっている社標を、乗客がロビーなどから見やすいように照明するための灯火である。

**g. タクシー・ライト (Taxi Light)**

タクシング中に誘導路を照らす白色の灯火で、前脚に取り付けられている。

**h. その他 (Others)**

貨物の搭載に便利なように、機の側面から貨物積み込み口を照らす灯火もある。

(以下、余白)