

新 設 短 絡 試 験 設 備

New Short Circuit Testing Station

山 崎 精 二* 後 藤 登 喜 雄**
 Seiji Yamazaki Tokio Gotō
 伊 藤 忠 二 郎** 森 山 健**
 Chūjirō Itō Takeshi Moriyama

内 容 梗 概

今回完成した 250 MVA 短絡発電機, 125 MVA 単相変圧器を主体とした増設短絡試験設備の概略を述べた。本発電機は三相短絡容量(対称値)は 3,000 MVA 以上であり, 変圧器高圧側で単相 1,000 MVA 以上の出力を備えている。本設備の完成により 300 kV 15,000 MVA に至る現製品空気遮断器の単位実負荷試験が可能となり, 等価試験法を併用すれば 525 kV 45,000 MVA 空気遮断器の定格遮断容量の検証も可能となった。

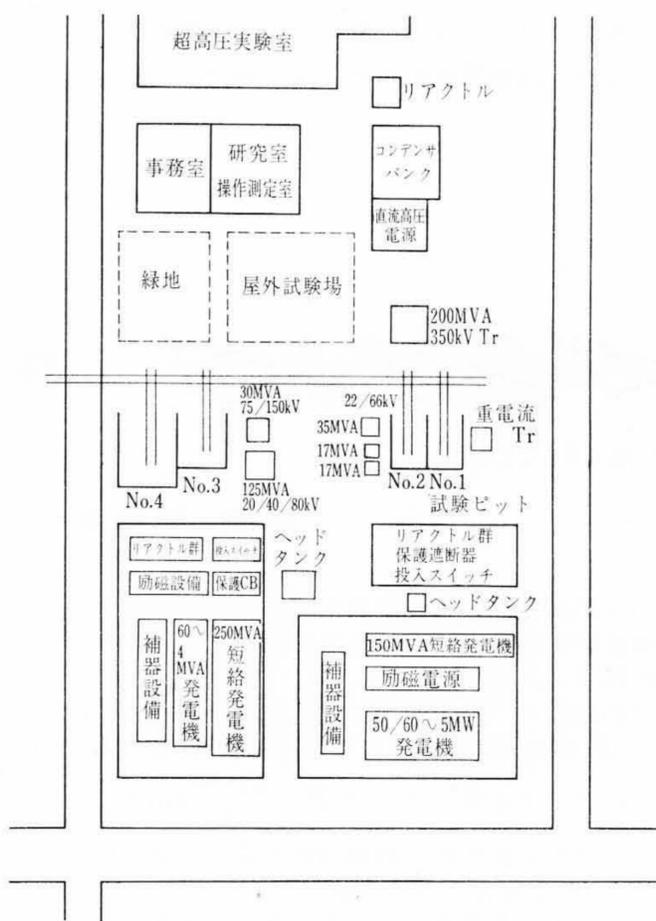
1. 緒 言

日立製作所は昭和 30 年以来 150,000 kVA 短絡発電機を主体とする短絡試験設備を有し, 遮断器などの開閉器具の開発ならびに形式試験に, また変圧器コイル, 大電流母線の短絡強度検証, がい子類の耐アーク強度の検証に偉力を発揮してきた。遮断器の定格遮断容量の増大に伴う設備容量不足に対しては, 日立等価試験法を開発し適用してきた。しかし, わが国の系統容量の増大は遮断容量 300 kV, 25,000 MVA の遮断器を必要としている。また多重切空気遮断器も技術の進歩にともない単一遮断点の遮断容量を増加して, 直列遮断点数を減少する方向に進んでいるため, 等価試験設備をもってしても試験容量が不足するに至った。一方各種遮断器の開発に伴い必然的に設備使用ひん度が増大し, 一組の試験設備では研究, 開発の進捗を阻害する事情となった。そこで新たに 250,000 kVA 短絡発電機を主体とする設備の建設を昭和 36 年以来進めてきたが, 今回完成をみたので, ここに概要を紹介する。

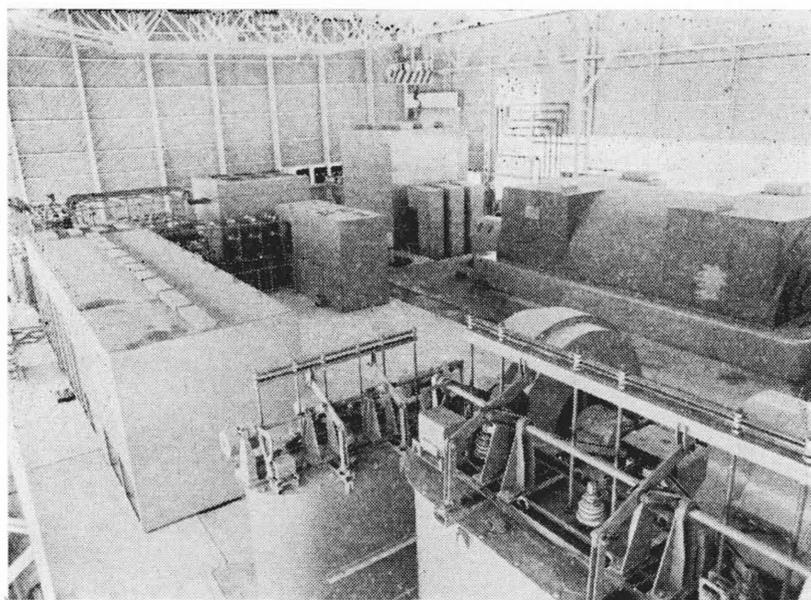
2. 設備の概要

既設 150 MVA 短絡発電機設備の増設として計画立案された 250 MVA 短絡発電機設備は, 機器の実用的性能を十分検討し, 過酷な試験条件に耐え得るよう構造, 製作, 据付の面で種々の改善が加えられた。本設備は変圧器高圧側単相出力を 1,000 MVA 以上とし, 単位試験法を用いて 84 kV(2 点) 4,000 MVA, 168 kV(4 点) 7,500 MVA, 300 kV(8 点) 15,000 MVA ABB の定格遮断容量を実負荷試験により検証できるように計画した。また, 将来の遮断器に対して等価試験法により 168 kV 15,000 MVA, 300 kV 25,000 MVA, 420 kV 35,000 MVA, 525 kV 45,000 MVA の検証を目標とした。

本設備は第 1 図のように既設の 150 MVA の短絡発電機を主体とする設備に隣接して設けられ, 制御測定も同一建屋内で実施できるよう設備した。250 MVA 短絡発電機を設置した発電機室内の様子は第 2 図に示すとおりである。この建屋内には短絡発電機と駆動電動機ならびにその直接の補器以外に 60c/s 用周波数変換機, 励磁用水銀整流器設備一式, 短絡保護用空気遮断器 2 台, 同期投入スイッチ, 電流制限用リアクトル一式を収容している。発電機室内の配置は第 3 図のとおりで, 発電機の下は地下 2 階になっており, 地下一階には発電機出力相分離母線, 発電機 P T, 中性点抵抗, さらに駆動電動機用ターボファンが収容されている。第 4 図は地下一階の状況(一部分)を示したものである。地下二階にはベアリング用潤滑油装置一式, 油予熱装置一式が収容されており, その様子は第 5 図に



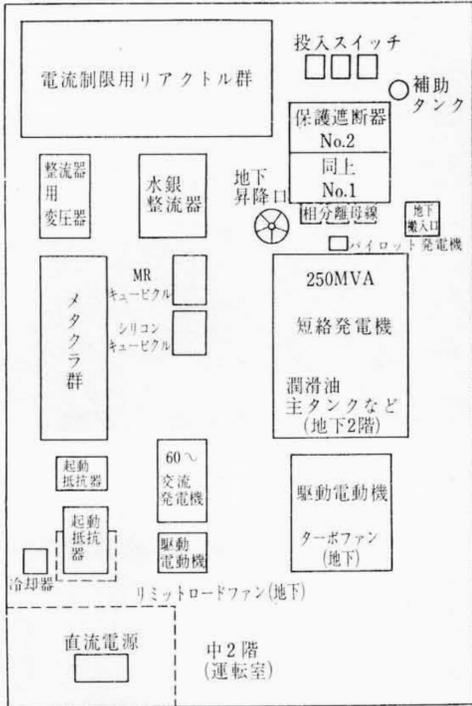
第 1 図 短絡実験所配置図



第 2 図 新設短絡発電機室

示すとおりである。なお潤滑は屋外に別置された高さ 20 m のヘッドタンクより重力給油を行なっている。油および発電機内の冷却のために別に屋外に第 6 図に示した冷却能力 2500,000 kcal/h のクリ

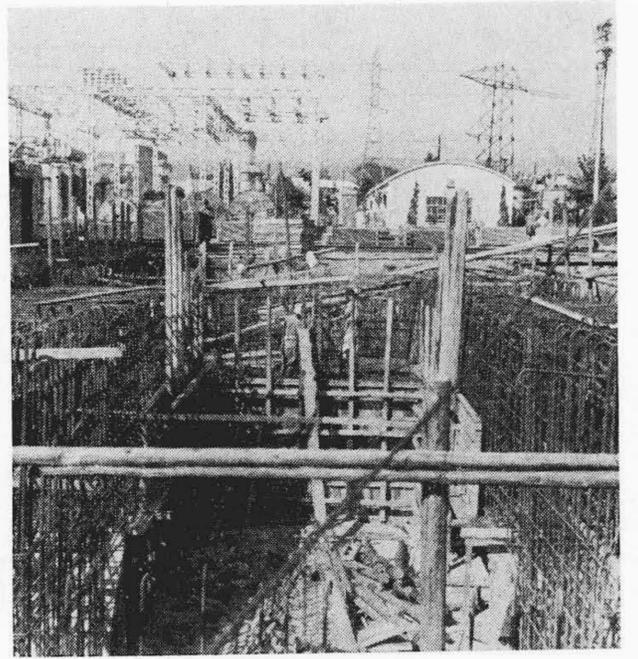
* 日立製作所日立研究所 工博
 ** 日立製作所日立研究所



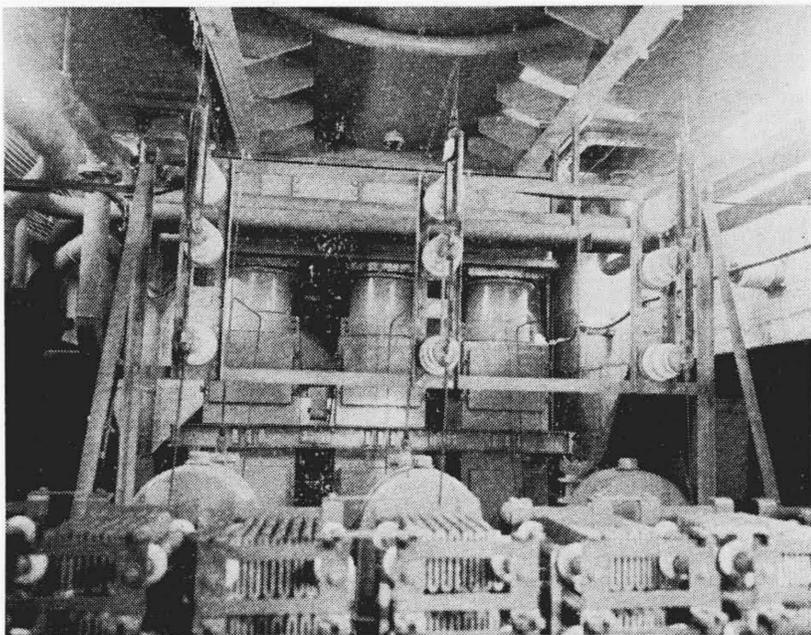
第3図 新設発電機室内機器配置図



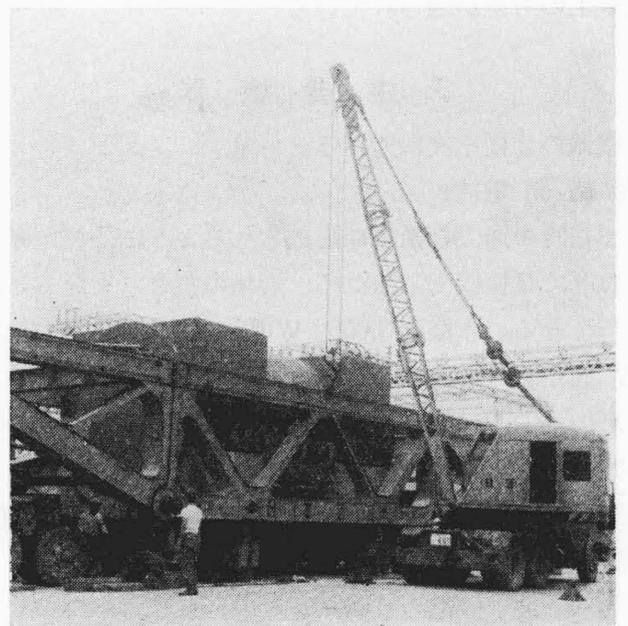
第6図 クーリングタワー



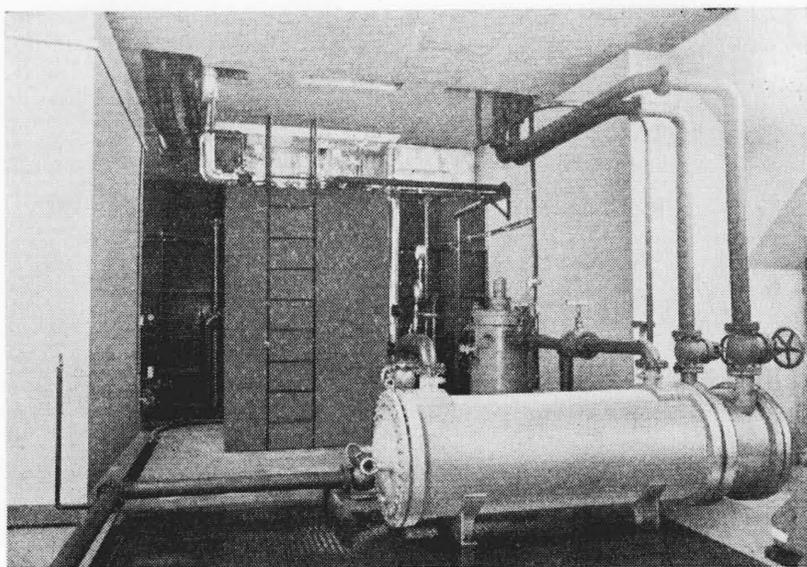
第7図 短絡発電機基礎施行状況



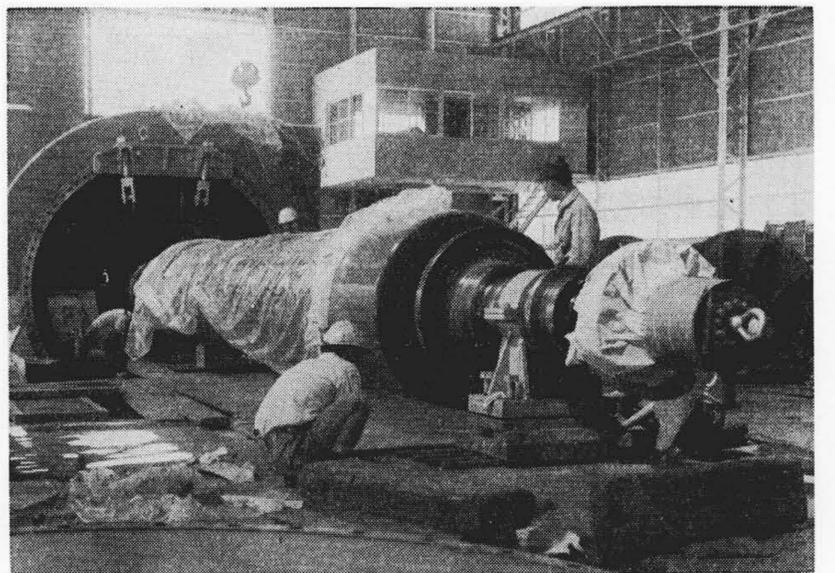
第4図 発電機基礎地下一階の状況



第8図 短絡発電機運搬状況



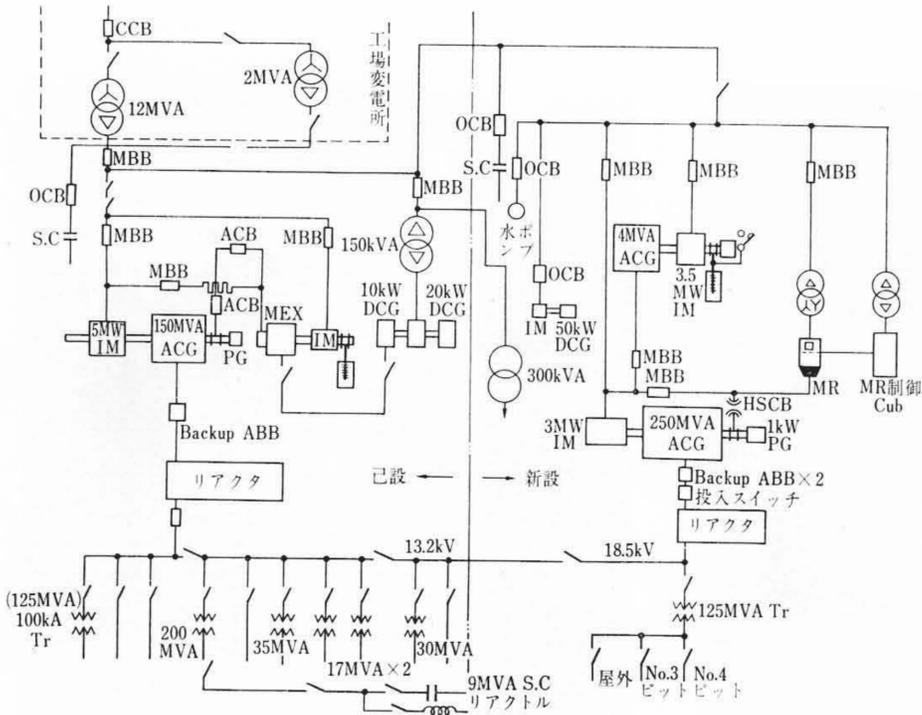
第5図 発電機地下2階状況



第9図 発電機ロータそう入状況

ーングタワーを設置してある。短絡発電機基礎は、上述のように地下二階になっており、過大な短絡時の衝撃力に対しても十分なるように施行したもので、その基礎建設状況を第7図に示す。発電機は日立製作所日立工場で作られたもので、設置場所の国分工場内大電力実験所への運搬状況を第8図、ロータそう入状況を第9図に示した。本設備の系統図は第10図に示してあるが、既設の150MVA短絡試験設備、等価試験設備も併用できるようになっている。本設

備の特長は大出力で発電機を小形化するため、60c/s運転を採用したこと、出力母線の相間短絡事故をさけるため保護用ABBまでは相分離母線を採用したこと、試験ピットまでのブスインピーダンスを極力減少するよう母線長を短くしたこと、制御の容易さと可動部を減少できる水銀整流器を励磁設備に使用したこと、リアクトル切換用断路器は遠方操作にしたこと、変圧器のタップ切換をハンドル一動作でできるようにしたことなどで、試験能率の向上、設備面積の



第10図 大電力実験所単線結線図

縮小、安全上の考慮が図られている。

3. 主要機器

おもな機器の仕様を次に述べる。

3.1 短絡発電機

本機は短絡時の過大な衝撃に耐えられるように、特に考慮して設計されており、2極機であるため、形体の割合に大なる短絡出力を得ることができる。本機は3,000 kW 駆動用電動機と直結され、基礎に強固に固定されている。

- (1) 形 式 横軸全閉内冷回転界磁形制動巻線付
- (2) 定格容量 250,000 kVA
- (3) 短絡容量 3,000 MVA 以上 (1½~対称値)
- (4) 電 圧 18,500V
- (5) 周 波 数 60 c/s
- (6) 回 転 数 3,600 rpm
- (7) 相 数 3
- (8) 結 線 人 (△結線も可能)
- (9) 中性点接地方式 抵抗接地 60Ω
- (10) 励磁方式 水銀整流器 (過励磁も実施可能)
- (11) パイロット発電機 直結

3.2 駆動用電動機

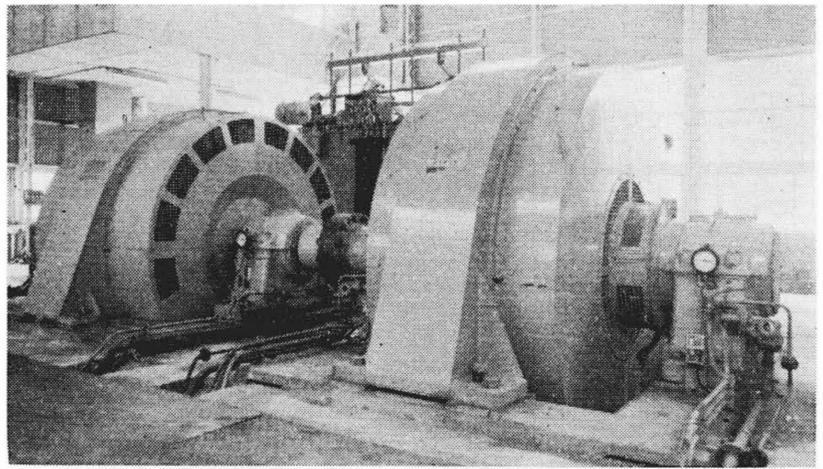
- (1) 形 式 横軸全閉内冷巻線形
- (2) 出 力 3,000 kW
- (3) 電 圧 3,300V
- (4) 周 波 数 60 c/s
- (5) 相 数 3
- (6) 起動方式 液体起動器による自動昇速
- (7) 時間定格 連続

3.3 周波数変換機 (第11図)

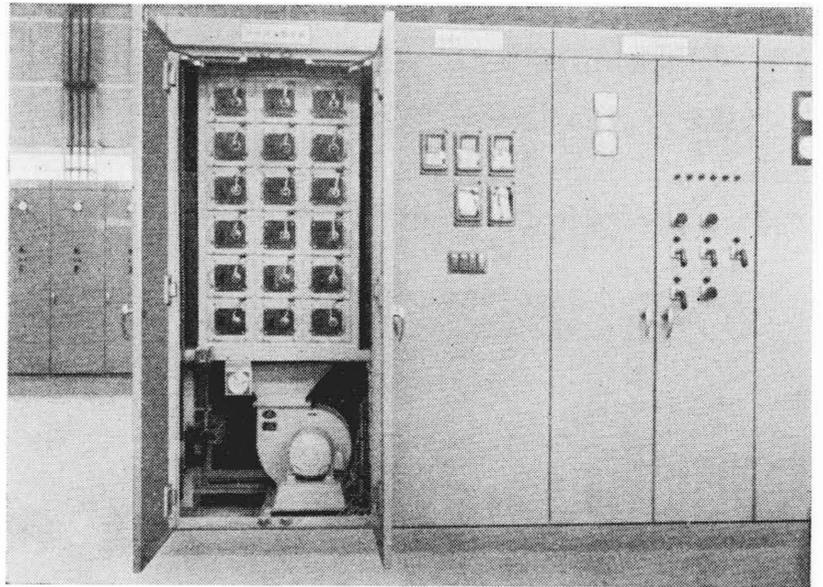
本機は誘導電動機と交流発電機とを直結したもので、上記駆動用電動機の60c/s電源として使用される。交流発電機の励磁にはシリコン整流器による自動方式を採用している。

3.3.1 60 c/s 交流発電機

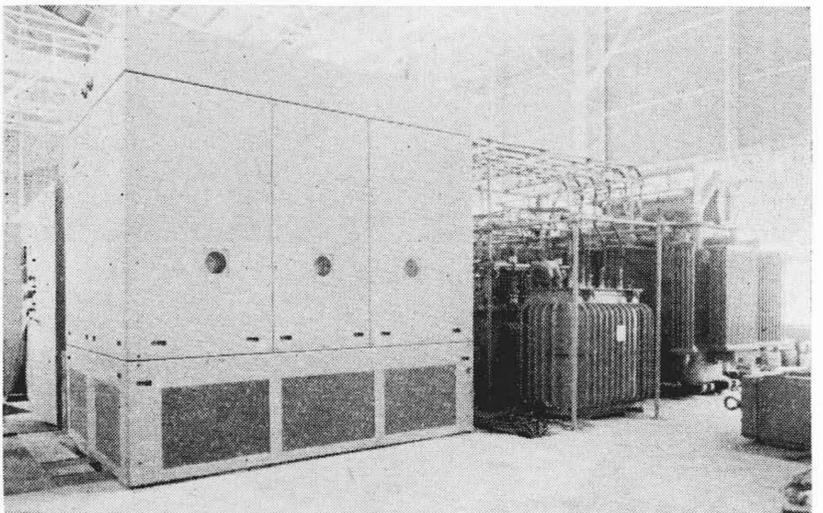
- (1) 形 式 横軸開放回転界磁形
- (2) 出 力 4,000 kVA
- (3) 電 圧 3,300V
- (4) 周 波 数 60 c/s
- (5) 極 数 12



第11図 周波数変換機



第12図 自励用シリコン整流器キュービクル



第13図 励磁用水銀整流器および変圧器

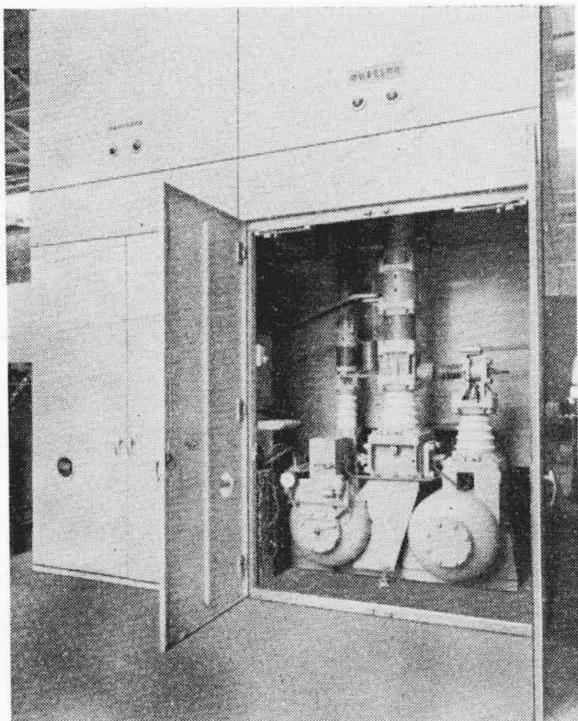
- (6) 回 転 数 600 rpm
- (7) 相 数 3
- (8) 励磁方式 シリコン整流器による自動方式
- (9) 時間定格 連続

3.3.2 60 c/s 交流発電機用誘導電動機

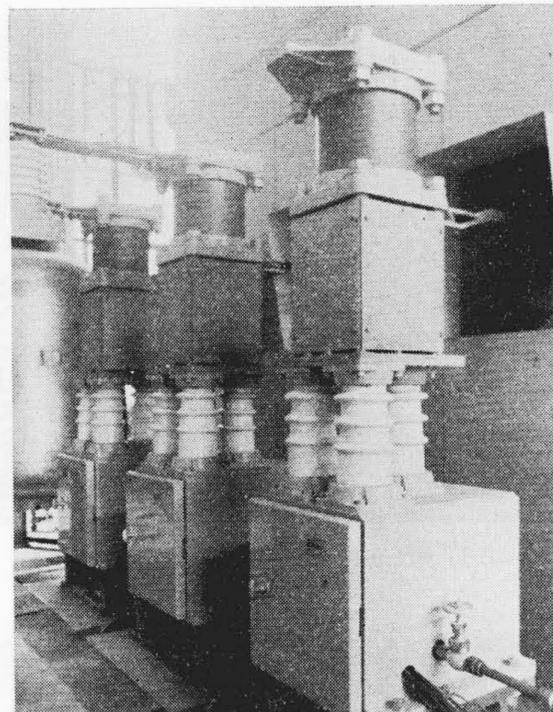
- (1) 形 式 横軸開放管通風巻線形
- (2) 出 力 3,500 kW
- (3) 電 圧 3,300V
- (4) 周 波 数 50 c/s
- (5) 極 数 10
- (6) 回 転 数 600 rpm
- (7) 相 数 3
- (8) 起動方式 液体起動器による自動昇速
- (9) 時間定格 連続

3.3.3 60 c/s 交流発電機用励磁装置 (第12図)

- (1) シリコン整流器キュービクル 40 kW 110 V 連絡定格



第14図 保護用空気遮断器



第15図 投入スイッチ

- (2) 自動調整キュービクル
- (3) シリコン整流器用変圧器 出力 150 kVA
- (4) 飽和変流器 定格負担 10 kVA
- (5) リアクトル

3.4 励磁装置 (第13図)

本装置は短絡発電機の励磁電源として使用され、短絡発電機の電圧調整および過励磁のために自動移相器を含む制御キュービクルを付属している。

3.4.1 水銀整流器

- (1) 形 式 風冷式単極封じ切り形
- (2) 定格負荷 1,310/2,590 kW
- (3) 定格電圧 375/740 V
- (4) 主陽極数 6
- (5) 時間定格 連続/連続

3.4.2 水銀整流器用変圧器 (相間リアクトル付)

- (1) 直流出力 1,310/1,900 kW
- (2) 相 数 3/2×3
- (3) 電 圧 3,300/DC 375/DC 740 V
- (4) 時間定格 連続/30分

3.5 保護用遮断器 (第14図)

同一定格品2台を直列に備えており、試験容量に応じ2台直列または1台を使用する。

- (1) 空気遮断器 形式PBC-250-PA, 屋内キュービクル取付, 相分離隔壁付, 低抵抗遮断方式
- (2) 定格電圧 24 kV
- (3) 遮断容量 2,500 MVA (18.5 kVにて)
- (4) 操作気圧 15 kg/cm²

3.6 投入用開閉器 (第15図)

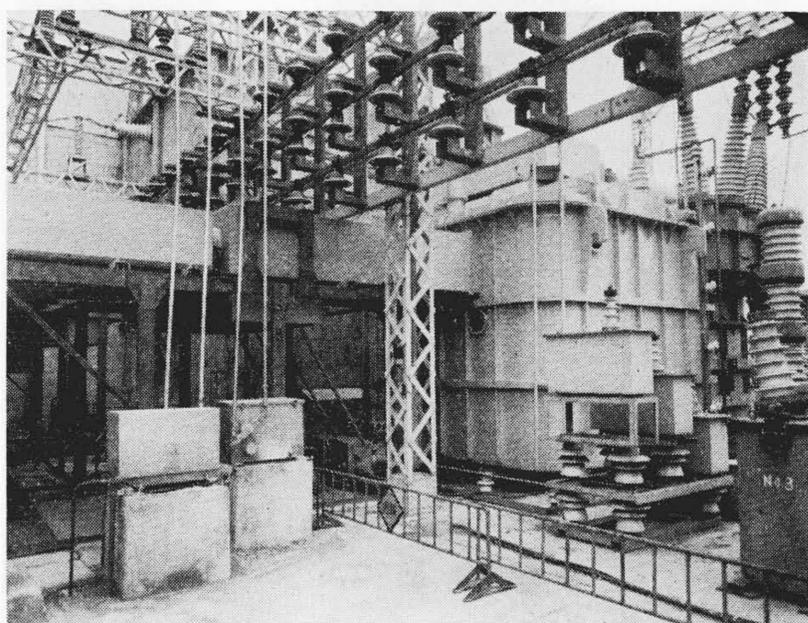
短絡発電機直結の1 kW パイロット発電機ならびに同期投入盤を使用して電気角±10°(60 c/sにて)の同期投入が可能である。

単相単独操作方式で高気圧絶縁方式である。

- (1) 形 式 CFB-PA
- (2) 定格電圧 24 kV
- (3) 投入電流 340 kA (波高値)
- (4) 操作気圧 15 kg/cm²

3.7 短絡変圧器 (第16図)

内部にタップ変換器をもち、外部のハンドル操作により、二次側コイルの直並列接続切換が一動作で可能である。



第16図 125 MVA変圧器とメタルクラッドバス

- (1) 形 式 SOC-NC
- (2) 公称容量 125 MVA
- (3) 時間定格 無負荷励磁30分
- (4) 定格電圧 一次 17 kV
二次 20, 40, 80 kV
- (5) インピーダンス 2.45%
- (6) 周波数 60 c/s

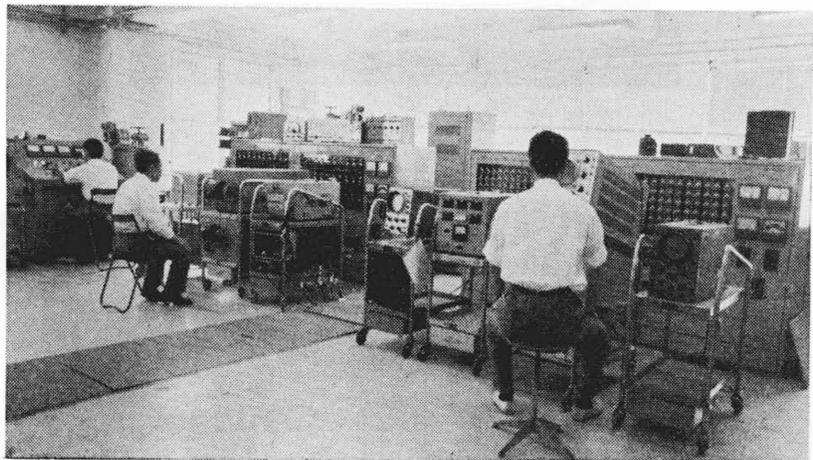
3.8 制御および測定装置

短絡試験および各種操作試験は6台のシーケンスドラムにより、各試験場と連絡して能率よく行なわれるようになっている。短絡試験シーケンスはシーケンスドラムと同期投入、遮断盤を組み合わせることにより位相調整が容易にできる。また、屋外断路器、およびリアクトル切換は系統盤より遠方操作できるようになっている。制御盤ならびに測定室内の様子は第17図(a)(b)に示すとおりである。短絡試験用測定器のおもなものは下記のとおりである。

- (1) 12素子電磁オシログラフ 3台
- (2) 6素子ブラウン管オシログラフ 2台
- (3) 2素子高速度ブラウン管オシログラフ 1台
- (4) 2素子電流零点時単掃引式ブラウン管オシログラフ 1台
- (5) オシロスコープ 1台
- (6) 2素子シンクロスコープ 1台
- (7) メモリーシンクロスコープ 1台



第17図(a) 短絡試験操作盤



第17図(b) 測定室

- (8) 6素子圧力測定装置 3台
- (9) 工業用テレビ 1台
- (10) アークパワー測定装置 1台

4. 試験容量

4.1 短絡発電機単独

短絡発電機は星形接続で線間電圧18.5 kV 60c/sが標準であるが、三角形接続で線間電圧10.5 kV、あるいは50 c/s 運転も特別の場合には可能である。短絡発電機単独による試験出力は第18図に示したとおりで試験ピットにおける短絡1.5 c/s後の対称値である。

4.2 発電機変圧器組み合わせ

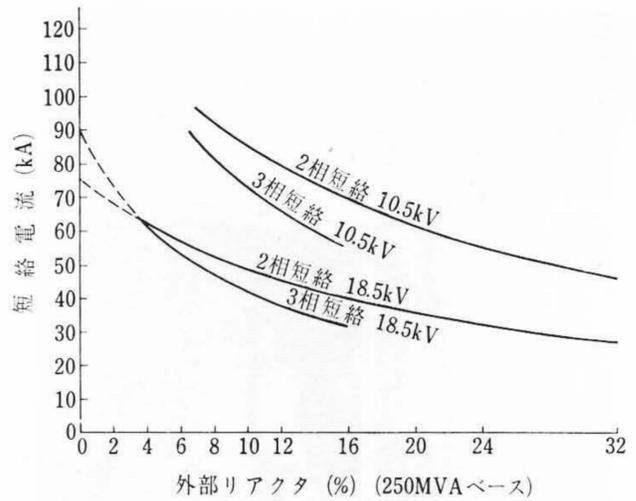
変圧器が現在1台であるため、単相試験のみであるが、試験ピットにおける短絡1.5 c/s後の対称値は第19図のとおりである。20, 40, 80 kVが定格であるが、10%の過励磁が可能である。40 kV タップ使用時の短絡試験のオシログラムを第20図に示す。再起電圧周波数は基本波15 kcであるが、第1波高値までの上昇は変圧器単独の固有周波数80 kcのために直線状の上昇をしているのが特長で近距離線路故障遮断の検討にも有効である。

4.3 等価試験時の容量

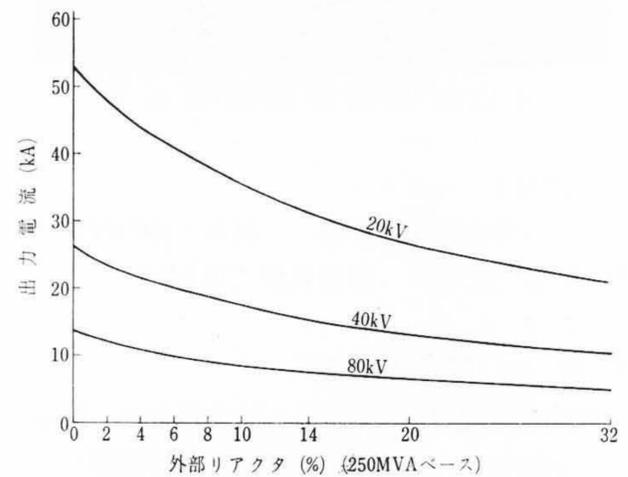
本設備を日立等価試験法の電流源設備として使用すれば550 kV 45,000 MVA~300 kV 25,000 MVAの2遮断点1組の遮断容量の検証が容易に実施できる。

4.4 その他

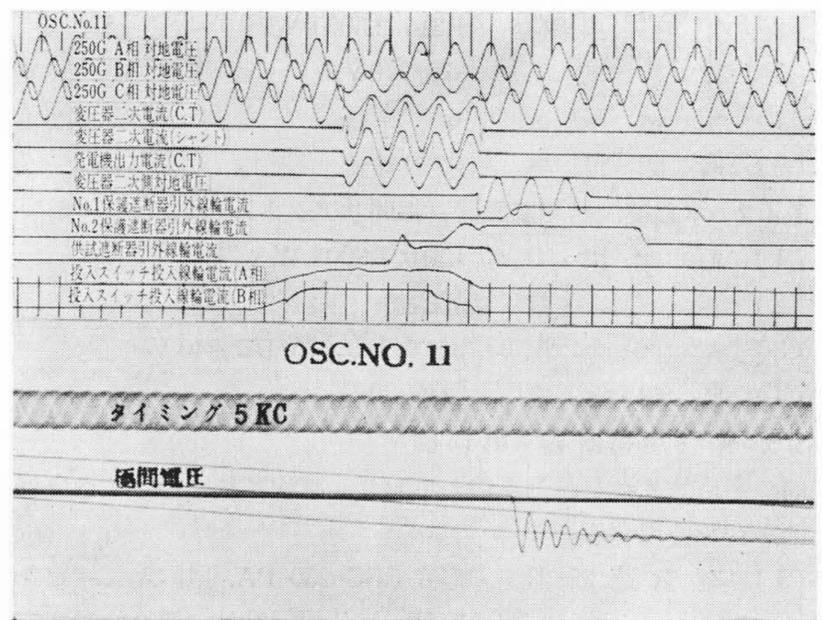
本設備は既設の150 MVA 短絡発電機出力母線と接続されているので既設の350 kV 200 MVA 単相変圧器の使用も可能であり、一段と試験出力の増加となった。また、既設模擬線路を使用して近距離線路故障遮断の検証も従来より広範囲に実施できることとなった。



第18図 短絡発電機単独時の試験容量 (短絡1.5 c/s 後対称値試験ピットにて短絡)



第19図 発電機、変圧器組合せ時の試験容量 (試験ピットにて短絡1.5 c/s 後対称値)



上: 電磁オシログラム 下: 高速度ブラウン管オシログラム

第20図 短絡試験オシログラム

5. 結 言

本設備の概要について説明したが、紙面の関係もあり、種々な回路結線に対する試験容量、再起電圧固有周波数特性、あるいは特殊な遮断条件に対する適用回路などをすべて省略した。本設備の完成により現在の空気遮断器の単位実負荷試験が可能となった。また、本設備と日立等価試験法の組み合わせにより、500 kV 45,000 MVA級、ABBの遮断容量検証が可能となるわけで、世界有数の設備として貴重な研究成果が期待されるとともに、直接的には本設備によって新製品の開発が達成されるものと確信している。