

未来を開発する  
三菱電機

昭和37年9月15日第三種郵便物認可 三菱電機技報 49巻7号(通巻530号)昭和50年7月25日発行(毎月1回25日発行)

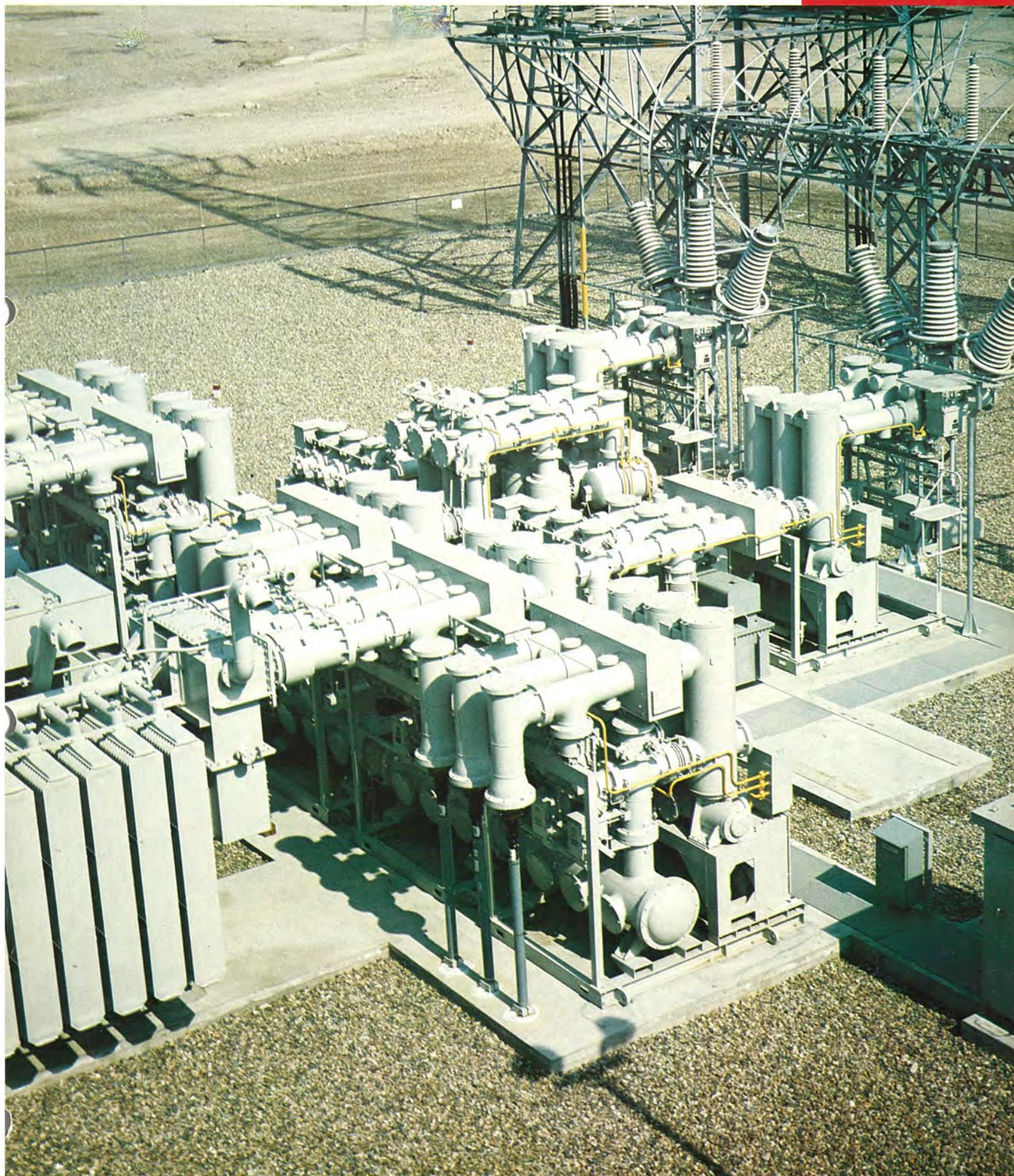
# MITSUBISHI DENKI GIHO

# 三菱電機技報

Vol.49 No.7

自家用変電機器特集

7  
1975



# 三菱電機技報

Vol. 49 No. 7 JULY 1975

## 自家用変電機器 特集

### 目 次

#### 特 集 論 文

自家用受配変電設備の近代化 .....	小滝喜久二・新名昭吉	481
最近の中央監視・制御方式 .....	渡辺秀雄・長井孝	487
受変配電系統の保護方式 .....	藤沢繁・天野恒・管井英介・松本忠志	493
受電用変圧器 .....	崎村明生・白井満・板東央静	498
自家用特高開閉装置 .....	田和穂・横山登・大本豊重・丸谷朋弘	504
高低圧開閉装置及び機器 .....	梶田保雄・柿沼清	510

#### 普 通 論 文

関西電力(株)奥多々良木発電所向け 500kV 640MVA 変圧器 .....	祖開克二・大野孝雄・大谷洋司・岩井博通	519
500kV ガス絶縁変電所用ガスしゃ断器の輸送試験 .....	高橋康英・奥津尚宏・本吉健郎・今瀧満政・土江瑛	523
変電所周辺の騒音計算 .....	田村清	529
保護繼電器自動試験装置 .....	坂本文雄・野沢輝夫・吉田勉・林和昌	533

## FEATURING TRANSFORMER EQUIPMENT FOR INDUSTRIAL POWER SYSTEMS

### CONTENTS

#### FEATURED PAPERS

Modernization of Industrial Receiving and Distribution Substation Equipment .....	by Kikuji Kotaki & Shokichi Niina	481
Recent Developments in Centralized Supervisory Control Systems .....	by Hideo Watanabe & Takashi Nagai	487
Protective Systems for Electrical Receiving and Distribution Systems .....	by Shigeru Fujisawa et al.	493
Transformers for Receiving Substations .....	by Akio Sakimura et al.	498
EHV Switchgear for Industrial Subscribers' Installations .....	by Yutaka Tawa et al.	504
High- and Low-Voltage Switchgear and Apparatus .....	by Yasuo Kajita & Kiyoshi Kakinuma	510

#### GENERAL PAPERS

640MVA 500kV Transformer for KEPCO's Okutataragi Power Station .....	by Katsuji Sokai et al.	519
Transportation Tests of a 500kV SF <sub>6</sub> Gas Circuit Breaker for GISs .....	by Yasuhide Takahashi et al.	523
A Program for Calculation of Noise Levels Near Transformers .....	by Kiyoshi Tamura	529
An Automatic Testing System for Protective Relays .....	by Fumio Sakamoto et al.	533

### 表 紙

(株)神戸製鋼所 高砂工場納め 77kV ガス絶縁変電所 (GIS)  
ガス絶縁変電所 (Gas Insulated Substation: GIS) は大気絶縁にかえて高い絶縁耐力の SF<sub>6</sub> ガスを絶縁媒体とし、密閉化された優れた変電所である。その特長は高信頼度の維持、安全制の確保、保守の省力化、用地の縮小化など現代の社会的要請にこたえる変電所形式である。

導電部（絶縁部、接触部共）は外気としゃ断されているので劣化に対しても強く、塩害じん（塵）害などのおそれのある臨海地帯や、重工業地帯においても安心して長期間高い信頼性を期待できるものである。

表紙は(株)神戸製鋼所 高砂工場の 77kV 特高受電変電所の GIS で、国内では他に類をみない本格的大容量、大規模の自家用ガス絶縁変電所で、受電は 77kV 2 回線受電（常用 2 回線受電）であり、全体として非常に調和のとれた設備としてまとめられている。

近来この方式を採用する変電所が急激に増加しており、その卓越した性能が遺憾なく発揮されている。

### COVER

#### 77kV SF<sub>6</sub> Gas-Insulated Substation for Kobe Steel's Takasago Works

The GIS is a hermetically sealed substation whose outstanding performance is due to the replacement of air as the dielectric medium with SF<sub>6</sub> gas, which has a high dielectric strength. With their advantages of long-term reliability and safety, coupled with labor-saving maintenance and low space factor, GISs present an effective means of meeting a number of the demands presented by modern society.

Since all live parts—both insulator-supported portions and contactors—are isolated from the atmosphere, very little deterioration occurs, giving assurance of long years of high-reliability operation even in seaboard areas or industrial belts where air-borne salt and dirt pose problems.

The installation shown here is without equal in Japan among large-capacity GISs for EHV-receiving. Power is received at 77kV via two normally energized lines, in a carefully balanced, compact design.

Recently there has been a rapid proliferation of substations of this type, and it is anticipated that the full demonstration of their outstanding performance will result in their making a significant contribution.

# アブストラクト

UDC 621.311.4

## 自家用受配変電設備の近代化

小滝喜久二・新名昭吉

三菱電機技報 Vol.49・No.7・P481~486

一般需要家における設備の近代化とともに、受配変電設備の設備容量も増加し大形化の傾向にある。また監視制御面において他の動力設備、空調設備などを含めた総合的な集中監視制御方式が数多く採用されてきた。一方、機器に要求される仕様も省力化、信頼度の向上、無公害、縮小化、経済性ときびしいものがあるがこれに対応して進歩も目ざましいものがある。本文ではこれら回路方式、機器について述べている。

UDC 621.316.3

## 高低圧開閉装置及び機器

梶田保雄・柿沼 清

三菱電機技報 Vol.49・No.7・P510~515

近年一般工場の受配電設備及び動力設備の近代化・高信頼度化にともないメタルクラッドやキュービックルに代表される閉鎖配電盤の普及度は目覚ましいものがある。それにともない種々の用途分野に適した各種閉鎖配電盤が製作されるようになった。

本文では当社で標準的に製作している高圧から低圧までの各種閉鎖配電盤について、代表的な機種と特長・最近の一般的傾向などについて概説し、この種開閉装置の計画関係方面的参考に供した。

UDC 621.316.7

## 最近の中央監視・制御方式

渡辺秀雄・長井 孝

三菱電機技報 Vol.49・No.7・P487~492

近年中央管理室の管理対象範囲が拡大しつつあり、更にその対象設備が大規模化し、限定された操作員の業務内容と負担が大きくなっている。したがって従来のただ集中化しただけの中央監視・制御方式というものは見なされつつあるが、この方向に沿って従来方式の問題点をあげ、今後の指向すべき方向について検討した。中央監視・制御盤として機能的にはどのようなものを選定するのがよいか、中央監視・制御盤そのものの形態は、どのような形態がよいか、また最も問題のあるディスプレーはどんな方が望ましいか、などにつき計画例を簡単にあげて述べたものである。

UDC 621.314.2:621.3.027.85

## 関西電力㈱奥多々良木発電所向け 500kV 640MVA 変圧器

祖川克二・大野孝雄・大谷洋司・岩井博通

三菱電機技報 Vol.49・No.7・P519~522

当社では、関西電力㈱奥多々良木発電所向け三相 60Hz 500kV 640MVA 変圧器を完成した。この変圧器は、揚水発電所用主変圧器として代表的なもので、発電機室に隣接した地下変圧器室に設置される。変圧器の1次側は、2回路の離相母線によって2台の発電電動機にそれぞれ独立して接続され、2次側はケーブル直結形で、500kV OFケーブル1回路によって屋外開閉所に接続される。変圧器は外鉄形、送油水冷式で、特別三相形を採用して輸送寸法・重量が軽減された。主変圧器の2次中性点側には、別置電圧調整器を組合せて負荷時タップ切換えを行っている。

UDC 621.311.4

## 受変配電系統の保護方式

藤沢 繁・天野 恒・管井英介・松本忠志

三菱電機技報 Vol.49・No.7・P493~497

自家用受変配電系統の保護方式については設備規模の増大とともに単なる過電流继電器、接地继電器だけでは満足な保護ができなくなってくる。すなわち、需要家内の系統にあっても母線保護（ブスプロ）や表示線保護（パイロット保護）が使用されており、また使用しないと系統保護ができないという自家用電気設備が増えてきている。

ここでは、この問題に対処するときの参考となるよう代表的な各種保護继電装置を挙げ、おのおのについてその原理や適用箇所、適用上の注意点などについて説明している。

UDC 621.316.57.064.242:62-752

## 500kVガス絶縁変電所用ガスしゃ断器の輸送試験

高橋康英・奥津尚宏・木吉健郎・今瀧満政・土江 瑛

三菱電機技報 Vol.49・No.7・P523~528

500kVガス絶縁変電所用ガスしゃ断器は、がいし形構造でなく、タンク形であり、輸送にあたって部品に分けて普通のトラックで運ぶことは難しく、組立状態で輸送する必要がある。このため、ガーダー式のトレーラで輸送することになったが、その輸送中の安全を確認するために輸送試験を行った。この論文では、機器の輸送強度を検討するための輸送試験と、そのデータ解析法について理論と実測結果を合わせて考察した。データの測定・処理にはデータ処理システムを使用し、機器の受ける振動を路面のおうとつ特性と車両の振動特性により求め、統計的に機器の強度を求める方法を検討した。

UDC 621.314.2

## 受電用変圧器

崎村明生・白井 満・板東央静

三菱電機技報 Vol.49・No.7・P498~503

電力需要の急速な伸展に伴って、受電用変圧器は近年ますます大容量化・高電圧化の傾向にあり、供給される負荷も多種多様で、これら電力系統もまた極めて複雑になりつつある。そのような情勢下において、一般需要家では、変電所の敷地の縮小、及び公害問題が深刻になるにもかかわらず、安全かつ高性能、しかも質のよい電力供給のための機器を、との声も強い。したがって、これらの要求に適応した最近の受電用変圧器について述べる。

UDC 621.311.4:613.16:001.24

## 変電所周辺の騒音計算

川村 清

三菱電機技報 Vol.49・No.7・P529~532

変圧器の防音対策は、かなり以前から行われているが、最近では特に低騒音を要求される変圧器が多くなってきており、しゃ音壁を用いる場合もあるが、最終的には変電所境界線上で保証値が満足されなければならない。これに対処するには、まず騒音分布を計算し、それを基にして対策を考えるのが普通である。今回作成した騒音計算プログラムによれば、分布が割合よくつかめ、誤差も比較的少なく、変電所周辺の防音対策に有効な手段を提供するものと考えられる。

UDC 621.316.5:621.3.027.6/-83

## 自家用特高開閉装置

田和 稔・横山 登・大本豊重・丸谷朋弘

三菱電機技報 Vol.49・No.7・P504~509

自家用特高開閉設備は、その設備の使用目的や規模の大小、立地条件などによって回路方式や使用電圧が多種にわたるため、これらの組合せであるハードウェアも、非常に多様なものとなる。これらに対応する当社の代表的システム機器としては、「特高閉鎖配電盤」と「ガス絶縁開閉装置」とがあり、おのおのその目的に合致した用途に多数使用されている。

本文では、当社のハードウェアの概要、及び運転取扱い上の一般的な注意などについて述べる。

UDC 621.318.5:612.317.7

## 保護繼電器自動試験装置

坂本文雄・野沢輝夫・吉田 勉・林 和昌

三菱電機技報 Vol.49・No.7・P533~538

このたび、電力系統保護繼電器の試験の自動化を行ったのでここに紹介する。この装置は、制御用電子計算機MELCOM 350-5Fによって制御された模擬入力発生用電源により、所望の電圧、電流、位相差を供試品に送り、タップ値、位相特性などを自動的に計測する装置で、万能形に設計されている。製品はもとより、開発段階におけるパラックセットについても適用でき、またこの装置の走査機能により数台の供試器を連続的に特性を測定することができる。以上のごとき機能により、試験の省力化に寄与するところが大である。

# Abstracts

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 49, No. 7, pp. 510~15 (1975) UDC 621, 316.3

## High-and Low-Voltage Switchgear and Apparatus

by Yasuo Kajita & Kiyoshi Kakinuma

Modernization and improved reliability of factory receiving and distribution equipment, has brought about a large increase in the use of metal-enclosed switchgear—typically metal-clad or cubicle—and a variety of enclosed switchboards have been manufactured for various application fields. The paper describes the features of some representative types of Mitsubishi Electric's standard lines of enclosed switchboards, in a full range from high- to low-voltage, and discusses recent general trends, with a view to providing reference material in planning for switchgear installations of this type.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 49, No. 7, pp. 519~22 (1975)  
UDC 621.314.2 : 621.3.027.85

## 640MVA 500kV Transformer for KEPCO's Okutataragi Power Station

by Katsuji Sokai, Takao Ono, Hiroshi Otani, & Hiromichi Iwai

Mitsubishi Electric has completed a 640MVA 500kV 60Hz 3-phase transformer for Kansai Electric Power's pumped storage hydroelectric plant at Okutataragi. The transformer, typical for this type of plant, is installed in an underground room adjacent to the generator room. The transformer primary is independently connected to two generator-motors by two isolated-phase bus circuits. The secondary is direct-connected via a single 500kV oil-filled cable circuit to an outdoor switching station. The transformer is shell-form and is forced oil water-cooled. The special separable three-phase construction affords reduced shipping size and weight. The main transformer secondary neutral point has a separately mounted voltage regulator, and on-load tap changing is employed.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 49, No. 7, pp. 523~28 (1975)  
UDC 621.316.57.064.242 : 62-752

## Transportation Test of a 500kV SF<sub>6</sub> Gas Circuit Breaker for GISs

by Yasuhide Takahashi, Naohiro Okutsu, Takeo Motoyoshi, Mitsumasa Imataki, & Ei Tsuchie

Since the 500kV SF<sub>6</sub> gas circuit breakers for gas insulated substations are of tank-type, not insulator-type, construction, they cannot be disassembled for transportation on ordinary trucks, but must be shipped in one piece. This requires the use of a low-bed trailer, and transportation tests were undertaken to confirm safety in transit. The paper presents the theoretical basis and actual results of tests carried out to check on the transportability of the equipment. A data processing system was developed for use in the measurement and processing of data. Vibration to which the equipment was subjected was obtained from analysis of road surface irregularities and vehicle vibration, and a method was developed for the statistical derivation of equipment strength.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 49 No. 7, pp. 529~32 (1975)  
UDC 621.311.4 : 613.16 : 001.24

## A Program for Calculating Noise Levels Near Transformers

by Kiyoshi Tamura

Reduction of transformer noise is not a new consideration, but recently, intensified efforts have been directed toward design of low-noise-level transformers. There have been cases of the use of anti-noise barriers, but whatever the means, guaranteed levels must be met at the edges of the substation site. The basis of the approach is calculation of noise distribution, required for devising countermeasures. The noise calculation program described provides a relatively good picture of noise distribution, and is put forward as an effective means of developing noise reduction measures around substations, with a relatively low margin of error.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 49, No. 7, pp. 533~38 (1975)  
UDC 621.318.5 : 612.317.7

## An Automatic Testing System for Protective Relays

by Fumio Sakamoto, Teruo Nozawa, Tsutomu Toshida, & Kazumasa Hayashi

A system has recently been developed for automating the testing of protective relays. This system uses a MELCOM-350-5F control computer to simulate power supply fault, applying the desired voltage, current and phase difference to the unit under test, and automatically monitoring tap position, phase characteristics, etc. Designed for universal application, it can be used to test not only finished relays, but also models during development, and a scanning capability makes possible the continuous measurement of the performance of several test relays simultaneously. Thus it should make a major contribution to reducing the labor required in testing.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 49, No. 7, pp. 481~86 (1975) UDC 621.311.4

## Modernization of Industrial Receiving and Distribution Substation Equipment

by Kikuji Kotaki and Shokichi Niina

With modernization of the installations of industrial users of power has come an increase in large-capacity receiving and distribution substation equipment. In the supervisory control field, a large number of integrated centralized supervisory control systems have come into use, to include control of prime-mover and air-conditioning equipment.

Spec requirements for the equipment are also severe in terms of labor saving, increased reliability, freedom from pollution, compactness and economy, but technological advances are being made to meet them. The article discusses the circuit systems and equipment involved.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 49, No. 7, pp. 487~92 (1975) UDC 621.316.7

## Recent Developments in Centralized Supervisory Control Systems

by Hideo Watanabe and Takashi Nagai

In recent years the range of application of central control systems has broadened, and the equipment controlled has increased in scale, resulting in a heavier burden on the limited number of operating personnel. In consequence, the traditional concept of centralized supervisory control systems as a simple 'bringing together' is being reviewed. The paper takes up some problems of conventional systems and considers directions for future advances. Some simple planning examples are included, to illustrate the sort of functions that should be selected for a centralized supervisory control panel, the best configuration of the panel itself, and the most suitable system for the display, which is the most common source of problems.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 49, No. 7, pp. 493~97 (1975) UDC 621.311.4

## Protective Systems for Electrical Receiving and Distribution Systems

by Shigeru Fujisawa, Hisashi Amano, Hidesuke Sugai, & Tadashi Matsumoto

With the increased scale of the electrical receiving and distribution systems of industrial users, effective protection can no longer be provided with overcurrent relays and grounding protection relays alone. In other words, bus protection and pilot wire protective relaying are being applied even within the subscriber's own system; indeed users' facilities in which this is essential to system protection are on the increase. To assist in coping with such problems, the paper presents some representative types of protective relaying devices, along with operating principles, points of application, and cautions in usage for each.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 49, No. 7, pp. 498~503 (1975) UDC 621.314.2

## Transformers for Receiving Substations

by Akio Sakimura, Mitsuru Shirai, & Teruyoshi Bando

Rapid increases in the demand for electric power have resulted, in recent years, in a rapid rise in the capacity and primary voltage of receiving substation transformers. There is also a greater variety of loads to be supplied, and the power systems thereby required are becoming extremely complex. Thus despite pressures toward restricted substation sites and increased sensitivity to problems of pollution, consumers are vocally demanding safe, high-efficiency transformation. The paper describes the latest feeder substation transformers, which accommodate to these demands.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 49, No. 7, pp. 504~9 (1975)  
UDC 621.316.5 : 621.3.027.61.83

## EHV Switchgear for Industrial Subscribers' Installations

by Yutaka Tawa, Noboru Yokoyama, Toyoshige Omoto & Tomohiro Marutani

Because of the wide variety of EHV circuit systems and voltage ratings required in industrial installations, according to the purpose, scale, and other installation conditions, there is also an extremely wide variety of hardware used. Mitsubishi Electric has developed two representative equipment series to meet these conditions—EHV enclosed switchboards, and SF<sub>6</sub> gas-insulated switchgear. Many units of each are now in use, in accordance with their respective objectives. The paper gives a general description of the hardware, and some points to be observed in using it.

# 自家用受配変電設備の近代化

小滝喜久二\*・新名昭吉\*

## 1. まえがき

ビル、工場、その他一般需要家の設備の近代化とともに、受変電設備の設備容量も増加し、大形化の傾向にある。また監視制御面においても他の動力設備、空調設備などを含めた集中管理方式が数多く製作され近代化が進んできた。

最近の受変電設備に要求されるものとして次の事項があげられる。

- (1) 保守の省力化(メンテナンスフリー)……設備は大規模化、複雑化するがこれを小人数で保守するためには、機器のメンテナンスフリーがのぞまれ、また監視制御面からは電算機、ロガー、遠方制御装置などの合理化装置の導入が必要となる。
  - (2) 信頼度の向上……塩害、じん害、台風などの影響を受けない設備とし、かつ回路上からも2重化、非常電源設備などが考えられる。
  - (3) 無公害、安全性……これらについては最近とくに問題となつておらず、特に変圧器の騒音が問題となるケースが多く、対策も十分に検討されている。また火災の点からはオイルレス化が進められている。
  - (4) 縮小化……ビル、地下変電所においては機器のコンパクト化のメリットは大きく、機器としてまた設備全体としてのコンパクト化をはかっている。
- 以上のはかに問題点として、フリッカ、異常電圧などがあり本稿ではこれらについても述べている。

## 2. 受配電回路方式

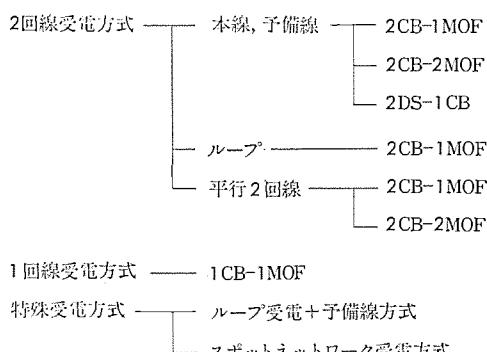
### 2.1 受電電圧と回路方式

受電電圧は契約電力により概略基準が定められているが、現実には受電点の地理的条件、各電力会社の電力供給規定の制約も受けるので最終的には需要者と電力会社の話し合によって決定される。

概略基準は次例のとおりである。

契約電力	受電電圧例
1,000 kW 未満	6.6 kV
1,000 kW 以上 10,000 kW 未満	11 kV 以上

表 1. 受電方式の概要



10,000 kW 以上 66 kV 以上  
受電方式としては、信頼度と経済性の両面から検討されなければならないが表 1. にその概要を示す。

傾向としては、一般需要家では1回線又は2回線の常用-予備方式が、停電が長時間許されない需要家ではループ受電方式が多く採用されているが、大都市都心部においてはスポットネットワーク受電が一般に採用されている。

### 2.2 配電方式

配電方式には種々あるが、これを大別すると次のようになる。

- (1) 放射状配電方式
- (2) 予備線方式(1次側切換、2次側切換)
- (3) ループ方式(閉ループ、開ループ)
- (4) ネットワーク方式

配電方式の決定に際しては負荷の種類、要求される信頼度の度合、経済性、既設設備との関連などをよく検討して決定しなければならない。従来一般に使用されているのはほとんど放射状配電方式であるが、設備の近代化とともに信頼度の向上、合理化、省力化が要求され、これに対応するためループ方式、スポットネットワーク方式、レギュラースポットネットワーク方式も多数採用されるようになってきた。図 1. はスポットネットワーク配電方式の一例であるが、停電回数の減少、電圧変動の減少、ネットワークプロテクタによる自動運転などから信頼度の向上とともに省力化を期待することができる。

また、一般的な方式として、プロテクタや断器の開閉はネットワークリレーによっているが簡易方式の場合、送り出し変電所のしゃ断器と連動させて開閉し、ネットワークリレーを省略する方式も開発されており、小規模な設備には最適である。更に停電事故を防止するために非常用発電機を設置することなども考えられる。

### 2.3 高圧回路接地保護

高圧回路の接地方式は、従来は地絡電流 500 mA 以上を制限した旧工作物規定の習慣により、計器用変圧器接地方式が多く採用されて

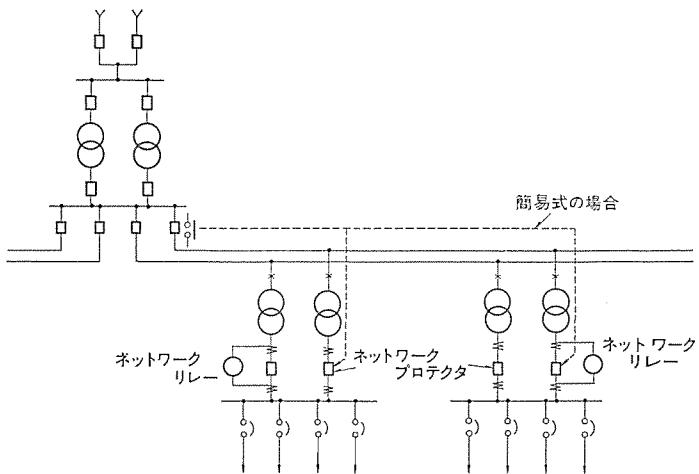


図 1. スポットネットワーク配電方式

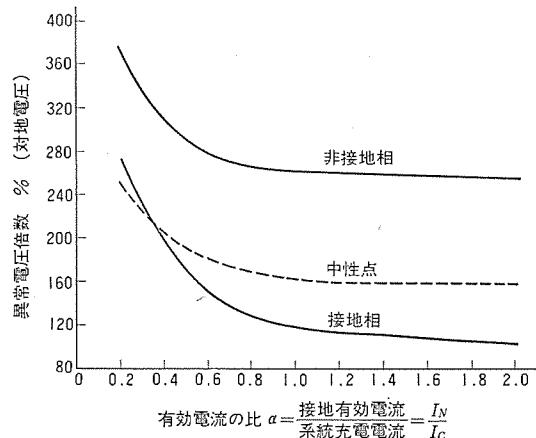


図 2. 高抵抗接地系における異常電圧倍数

表 2. 6.6 kV 接地変圧器の比較

比較対象	接線方式 接地電流	△			Y		
		I	R_N	I	I	R_N	
項目		10 A	20 A	100 A	10 A	20 A	*100 A
定格電圧		$\frac{6.6 \text{kV}}{\sqrt{3}}$			190 V		
短時間電流(A)	10	20	100	200	400	*2000	
抵抗値(Ω)	380	190	38	0.95	0.475	0.095	
容積比	25	12	5				
電圧比	$\frac{6.6 \text{kV}}{\sqrt{3}} / \text{任意の電圧}$			$\frac{6.6 \text{kV}}{\sqrt{3}} / \frac{190 \text{V}}{3}$			
変圧器端子	三相の端子のほか、中性点端子が必要			三相の端子のほか、中性点端子、開放三角引出端子が必要			
容量(kVA)	38	76	380	38	76	380	
容積比	1			約2			
収納キャビネット	1面			1面			
その他の	(1) 設置スペースはほぼ同じ (2) 抵抗器が高圧機器となるため絶縁寸法が非常に大きくなる (3) コストは右に比べて若干高価			(1) 同左 (2) 抵抗器は低圧機器のため寸法は小さい			

注)1 \*印は大電流となるため、開放三角はあまり行わない。

2 千鳥結線と△/△結線はほぼ同じと考えてよい。

3 中性点接地方式の場合、接地用変圧器は不要となるが、(1)接地抵抗器が高圧機器である。(2)主変圧器は△-△あるいは、1次巻線が△で△の場合は△-△-△の3巻線変圧器を必要とし、中性点引出のブッシング等のため主変圧器はかなりのコストアップとなる。したがって、接地用変圧器を設けたほうが経済的となる場合が多い。

きたが、最近では電源容量の増大や配電線が多数ケーブルにより配電されていたため充電電流の大きさも数十A以上となって間欠地絡・共振などによる異常電圧発生の機会は多くなっている。異常電圧の発生は機器の絶縁寿命を短くし、絶縁破壊又は回路の損傷を生ずることが多くなり回転電機では絶縁にも限度があるため、電圧と寿命の関係はとくに激しくせり合っている。最近の高圧回路の接地は異常電圧を3倍程度以下に押さえるため、充電電流により10, 20, 50, 100Aの接地方式を標準に採用している。

方式としては電源変圧器のあるところでは変圧器2次を入にして中性点に抵抗をそう入している。また母線のみのところでは接地変圧器と抵抗器によっている。表2に接地変圧器の比較を示す。

#### 2.4 400 V 回路接地保護

最近配電設備費の節減、400 V 級電動機の使用、中間電圧の変圧器の省略などで動力幹線として415 V 三相3線式、電灯幹線は415/240 V 三相4線式が採用されているが、その接地方式については変

圧器2次側の中性点直接接地が最もよい。利点としては

- (1) 非接地式に比べて回路に発生する異常電圧を低減できるので故障率が下がる。
- (2) 日常の操作のとき三相の理想的な電圧バランスがとれる。
- (3) 配電線の対地電圧を常時240 V程度に押さえることができる所以対地絶縁が低減できる。
- (4) 接地事故による損失の軽減、故障点の敏速な選択しゃ断、回転機の絶縁保護ができる。
- (5) 変圧器の混融事故の際、対地電圧の上昇を防止できる。

以上により中性点接地方式が採用されている、地絡保護方式としてはCT 3次巻線を用いたいわゆる過電流方式と、ZCTと電力方向继電器を用いた方式の両者があるが検出感度としては、配電線は

過電流方式……3φ 3Wで3I<sub>0</sub>=16 A

3φ 4Wで3I<sub>0</sub>=20 A

電力方向继電器……3I<sub>0</sub>=0.5~1.5 A

程度となり検出感度は電力方向继電器のほうが優れているが、幹線であり、この動作による停電範囲は広範囲となるため確実なる検出方式とする必要があるため、いずれの方式とするかは周囲条件を加味して決定せねばならないが過電流方式が多く用いられている。

#### 2.5 フリッカ防止装置

急激な変動をくり返す負荷、例えばアーカー炉などが系統容量の小さい系統につながるばかり、供給変電所の母線電圧が変動し局地的にフリッカが発生する。この変動許容値は各電力会社グループで定められている。

	平均値	最大値
A グループ	ΔV <sub>10</sub> =0.32	ΔV <sub>10</sub> =0.45
B グループ	ΔV <sub>10</sub> =0.45	ΔV <sub>10</sub> =0.83

このフリッカは変動がランダムでかつ非常に早いため防止装置もこれに対応できる方式でなければならない。装置としては、電力供給電源に設置されるもの、工場に設置されるものに分類されるがここでは工場設置方式の負荷の無効電力変動分を吸収する方法を利用したサイリスタ式フリッカ防止装置について紹介する。

ある点より電源側のリアクタンスX<sub>s</sub>、抵抗分R<sub>s</sub>、送電線を流れる負荷の有効電力P、無効電力Qとすると電圧変動ΔVは

$$\Delta V = R_s \cdot P + X_s \cdot Q = X_s Q$$

の関係よりQの変動を補償して一定のQとすればフリッカは生じないことは明らかである。この考え方に基づくサイリスタ式フリッカ防止装置は図3に示すごとく変圧器、コンデンサ、及びサイリスタスイッチから構成される。動作は図4に示すごとく定常状態ではコンデンサはE<sub>m</sub>まで充電され電源電圧にE<sub>m</sub>の直流電圧を重畠した電圧となっており、この状態でT<sub>1</sub>でコンデンサ投入信号が入ったとするとT<sub>2</sub>でサイリスタを点弧し、またオフする場合はT<sub>3</sub>で信号がなくなったとするとT<sub>4</sub>で電流がなくなり過渡現象を伴わずに開閉することができる。

このようにサイリスタスイッチによるコンデンサの同期開閉を行っているために動作応答は平均1/2サイクルであり応答性に富みまた動作回数による寿命の問題もなく高い周波数の無効電力の補償に最適であり、したがってフリッカを防止することが可能である。なおブロックを多段に設けてコンデンサの投入数を調整し、きめこまかい電圧調整をすることによりフリッカ防止を行うことが可能である。図5にサイリスタ式フリッカ防止装置外観を示す。

### 3. 機 器

#### 3.1 変圧器

騒音、油などから特に選定、据付方法で検討を要するものであるが、騒音対策としては変圧器本体でカバーできる範囲も限度があり市街地にあるものとしては、屋内設置、地下設置、あるいは防音壁の設置が一般に多くなってきた。

また火災対策として都心のビル、地下などにおいては 20/30 級までは乾式変圧器が採用されているが、60/70 kV 級では SF<sub>6</sub> ガス封入変圧器が注目され始めている。最近都心のビルでも 60/70 kV 受電が増加の方向にあるため不燃化対策として最適であり今後の発展が期待されている。ただメンテナンス面では大容量となるとガスプロア、冷却器などが必要となるが現在でも 20/30 kV 級乾式変圧器においては冷却ファンは必要であり、オイルレス化のメリットのほうが多いものと思われる。

3/6 kV 級油入変圧器では 1 次開閉器付きの変圧器が一般化しつつある。これは変圧器 1 次側の断路器、開閉器、保護ヒューズ類を内蔵したものであって据付面積の縮小化がはかるメリットがある。

また特殊品としては、緊急用として移動用変圧器（1 次、2 次開閉器及び引込み、引出しケーブル付き）の計画もあり図 6. にその一例を示す。

#### 3.2 しゃ断器

最近のガスしゃ断器の進歩は目ざましく、当社においても 3/6 kV 級から超高压に至るまでほとんど各電圧階級のものが実用に供せられ好評を得ている。ガスしゃ断器の特長としてはしゃ断性能がよい、サーチを発生しない、などがまず挙げられるがそれ以外にも、メンテナンスフリーに等しい、オイルレスであることとも時代の要請にマッチした機器となっている。

現在一般に高圧以上ではん(汎)用性のあるしゃ断器としては、油入しゃ断器、磁気しゃ断器、空気しゃ断器、真空しゃ断器、ガスしゃ断器などがあるが、それぞれ使用条件、環境、経済性から最適のものを使用しなければならない。

また最近 60 kV 級のガスしゃ断器において、引出し形として断路器の省略をはかる方式がとられているが、更に 60 kV 級以上のしゃ断器では機器の複合化が進んでおり複合開閉器として使用されている、一般的な形としては断路器+CT+しゃ断器の形となっており、据付面積の縮小、保守の簡易さ、経済性などから大きな効果が期待され今後は大いに採用されるものと思われる。

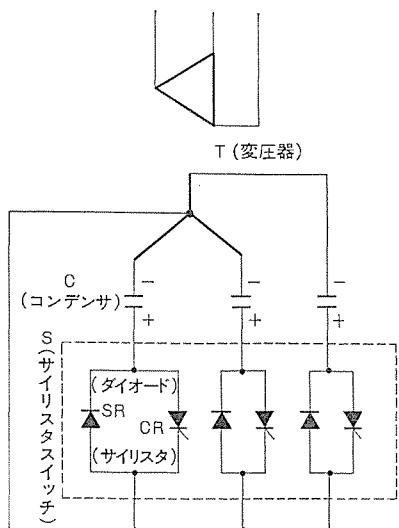


図 3. フリッカ防止装置三線結線図

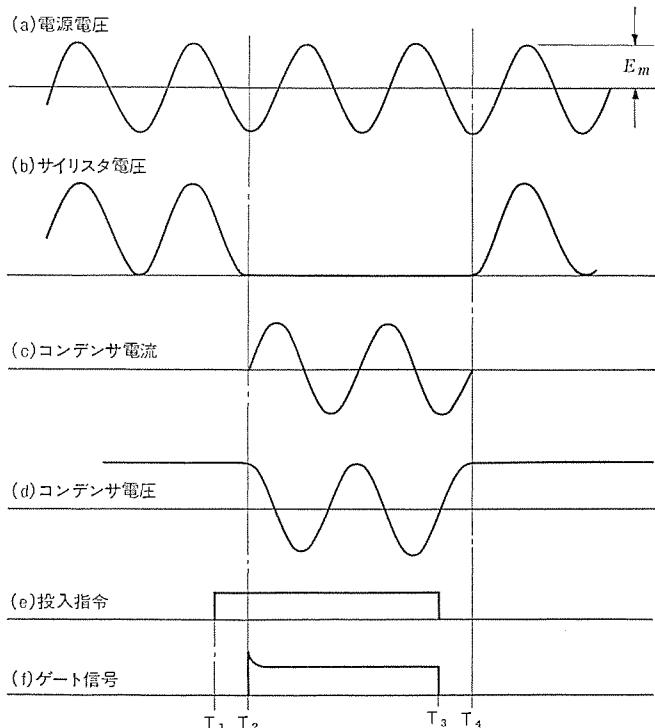


図 4. 動作説明図

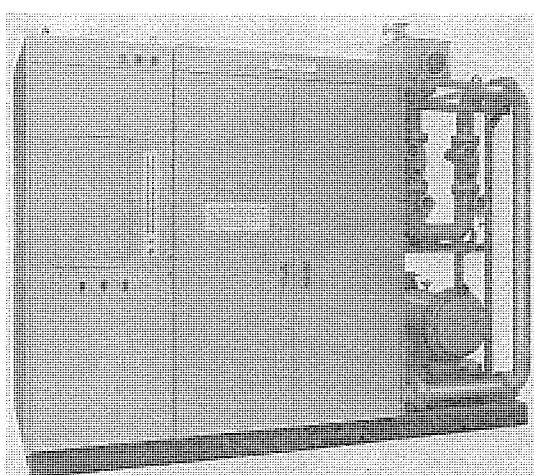


図 5. サイリスタスイッチ装置 三相, 6,000 kVA, 3 kV

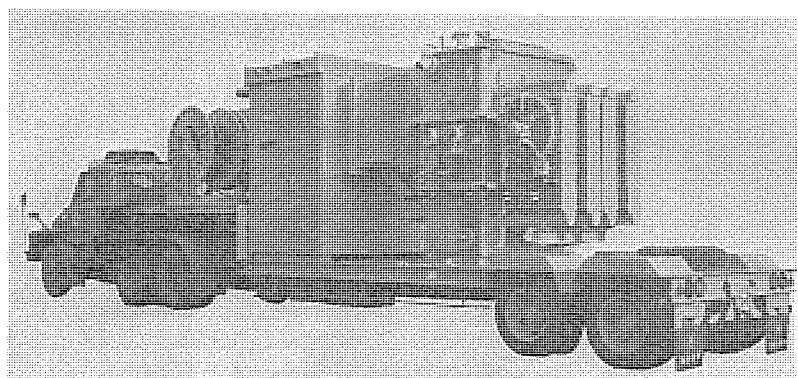


図 6. 移動用変圧器 2,000 kVA 13.8 kV - 6.9 kV / 480 V

表 3. 交流しゃ断器性能比較

	MBB	OCB	代表的な小油量しゃ断器	VCB	GCB
電圧 (kV)	3.6~12	3.6~300	3.6~24	3.6~36(72)	3.6~500
電流 (A)	600~3,000	200~4,000	600~2,000	600~3,000	600~8,000
しゃ断容量 (MVA)	100~500	15~15,000	150~1,000	100~1,500	150~48,000
性 能 性 能	進展故障しゃ断	不可能	不可能	不可能	可能
	短絡電流	アーク時間約1サイクル	アーク時間1サイクル以下	アーク時間1サイクル以下	アーク時間約0.6サイクル
	コンデンサ電流	再点弧を1回する場合がある	再点弧ほとんどなし	再点弧ほとんどなし	再点弧皆無
	誘導性小電流	アーク時間約6サイクル	アーク時間約2.5サイクル	アーク時間約2.5サイクル	アーク時間約0.5サイクル
	異相地絡故障	しゃ断可能	しゃ断可能	しゃ断可能	しゃ断可能
	脱調状態	一般に不可能	一般に不可能	一般に不可能	最悪条件でもしゃ断可能
	全しゃ断時間(サイクル)	5	3.5	5	3.5
アークの発生する部分に存する材料(火災の危険度)	不燃性セラミック 難燃性絶縁物	可燃油	可燃油	金属	金属及びSF <sub>6</sub> ガス
しゃ断時の騒音	大きい	小さい	小さい	小さい	小さい
本体外に逸出するガス体	絶縁耐力の低いイオン化ガス	絶縁耐力の低いイオン化ガス 油分解ガス	絶縁耐力の低いイオン化ガス 油分解ガス	皆無	皆無(封じきり)
サージ電圧	低い	やや高い	高い	高い	低い
寿命	中	中	中	大	大

### 3.3 配電盤・開閉装置

配電盤の機能である監視・制御・保護の機能は受変配電設備の大容量化、高度化に伴ってますます重要度を増しているが、最近では空調、防災、動力などを含めた総合的なシステムとしてこれを少人数により効率的な運用をはかるためロガー、電子計算機、CRTなどを導入し近代化が進み従来のイメージと大幅に変わりつつある。一方比較的小規模な受変配電設備においても、合理化・省力化をはかるため、遠方監視制御装置、日報、記録計器、最大指示計、故障記録計、デジタル指示計などの採用が強力に推進されている。

開閉装置としては、しゃ断器技術の進歩を背景に閉鎖化、縮小化、ユニット化が進められており、閉鎖配電盤としては低圧より154 kV級までが屋内、屋外ともに製作されているが最近ではSF<sub>6</sub>ガスを利用したガス絶縁開閉装置が60 kV級以上で多数採用されるようになってきた。

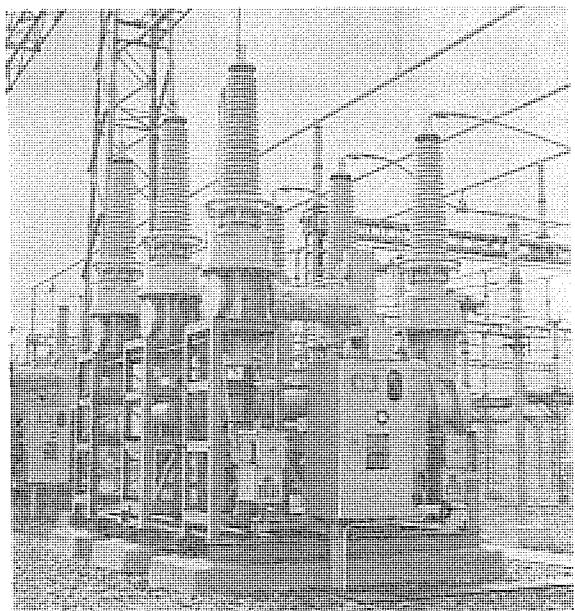


図 7. 154 kV 複合開閉装置

### 3.4 遠方監視制御装置

自家用受変電設備の特長として、配電系統が複雑である、ファイダ数が多い、自家発電設備がある、2次変電設備が各所に散在していることなどがあげられ、これらを合理的に運営・管理するためには中央監視制御システムの設置が必要となり、これに要する情報の伝送手段として遠方監視制御装置が採用されている。

遠方監視制御装置は従来より種々な方式があるが、近年半導体技術及び伝送技術の進歩により機能・信頼性は一段と向上している。また従来、遠方監視制御装置の対象機器にはしゃ断器、断路器、変圧器、発電機などの主機がほとんどであったが、最近では主機以外に冷暖房制御、防災設備なども対象となり取扱う情報が多様化されかつ増大し、情報の重要度、量、伝送路の制限条件なども制限があり、個々のシステムに最適の伝送方式をもった遠方監視制御装置が開発され実用化されている。各種方式について分類してみると対向方式による分類では

(1:1) × N 方式 1:N 方式

の2方式があるがそのそれぞれの特長を表4に示す。

伝送路による分類では有線と無線があるが、有線の場合通信ケーブル

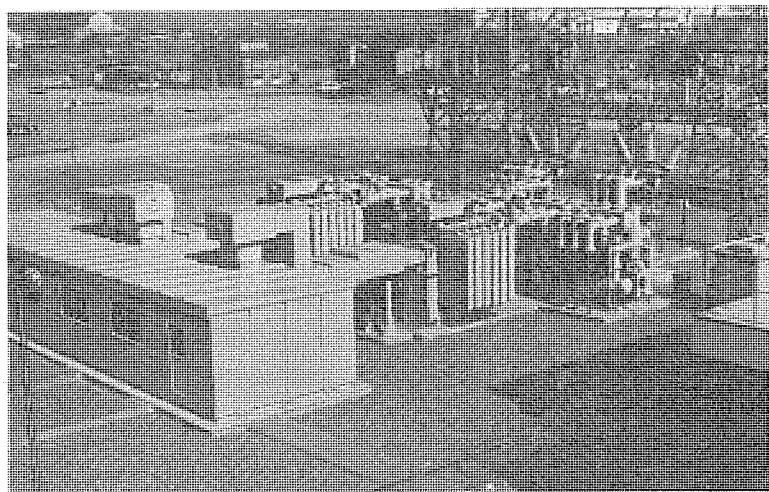


図 8. 全屋外 60 kV 変電所 (60 kV GIS+Tr+6 kV 閉鎖盤)

表 4. 対向方式の比較

項目	(1:1)×N 方式	1:N 方式
情報伝送時間	速い N被制御所独立に情報伝送するため、全情報伝送時間が短い	速い 1被制御所ごとにN箇所まで直列に情報伝送するため、左記のN倍以上の時間が必要
信頼性	1装置が故障しても障害の影響は1被制御所に限定されて、他の装置は正常に運転できる	制御所側装置が故障すると、全被制御所に影響する。Nの大きい場合は制御所共通部を2重化する必要がある
拡張性	最終形態が未定でも、独立した1:1装置を随時増設することができる	増設時、制御所側装置を若干改造する必要がある
フロアスペース	大	小 制御所側の回路を共用しているため、装置は小形となる
計算機などとの接続	複雑 P/I/O点数はN組必要である	簡単 P/I/O点数は被制御数に関係なく1組でよい
経済性	Nが少ない場合は有利	Nが多ければ多いほど割安となる
適用	1.情報の高速処理を必要とするシステム 2.1被制御所当たりの情報伝送項目数が非常に多い場合	1.情報の中、低速処理が許されるシステム 2.被制御所数が多いシステム

ルを布設する私設線と電電公社線を借用する方法がある。次に当社の各種遠方制御装置について述べる。

### 3.4.1 多段多重式遠方監視制御装置

この装置は比較的少数の連絡線で多数の項目の監視制御ができる選択機構を備えた装置であり回路構成は簡単である。仕様としては、連絡線……0.9~1.2 mm $\phi$  12心、制御表示500量、伝送距離約15km、回路素子……ワイヤスプリングリレーとなっている。

### 3.4.2 MELDAC 400 遠方監視制御装置

計測をデジタルサイクリック方式とし、精度の向上、状態監視を計測回路と共にすることにより装置の簡略化をはかっている。符号方式は電気学会通信専門委員会制定の「サイクリックデジタル情報伝送装置仕様基準」に準拠している。仕様としては、連絡線……1P、容量…

…制御80、表示100、計測12量、伝送方式……常時サイクリック、時分割、多重伝送方式、回路素子……IC、電電公社ワイヤスプリングリレー、変調方式……FS変調方式としている。

### 3.4.3 MELDAC 500 遠方監視制御装置

この装置は前述の MELDAC 400 と符号方式などの基本原理は同じであるが、対向方式を制御は 1:N、表示・計測は (1:1)×N 方式とした大規模な集中監視制御システム用である。仕様としては容量…制御  $60 \times N$ 、表示  $80 \times N$ 、計測  $12 \times N$  となっており適要分野は被制御所数が多く、使用できる連絡線の数が少ない、あるいは電電公社線を使用する場合で、中央処理装置に計算機、データロガーを使用する大規模なシステムに適する。

### 3.4.4 三菱データウェー

この装置は計算機間及びCRTなどのリンクを構成するシステム、あるいは多くのプロセス入出力を定期的にスキャンすることにより入出力を行うシステムに最も適した伝送システムである。図9.に構成例を示す。

仕様はステーション数…最大15、ステーション間距離…最大1km、全長…最大16km、ケーブル本数…3本、接続コントローラ…最大16ステーション、ビット伝送速度…1.5mビット/秒となっている。

### 3.5 日報作成装置

従来日報、月報などの作成業務は保守員が行っていたが、合理化装置として日報作成装置が幅広く採用されている。この装置の使用により

- (1) 日報作成の労力を削減でき、人員の効率的配置ができる。
- (2) 同時に正確なデータの記録ができる。
- (3) デジタル呼出し表示を行うことにより監視制御盤の縮小ができる。
- (4) 記録の集中により設備の合理的な運用ができる。
- (5) 将来の設備計画に貴重なデータを提供できる。

などの効果がある。当社ではこの装置の適要する工場、ビルの規模、性格により三つのタイプの装置を製作している。

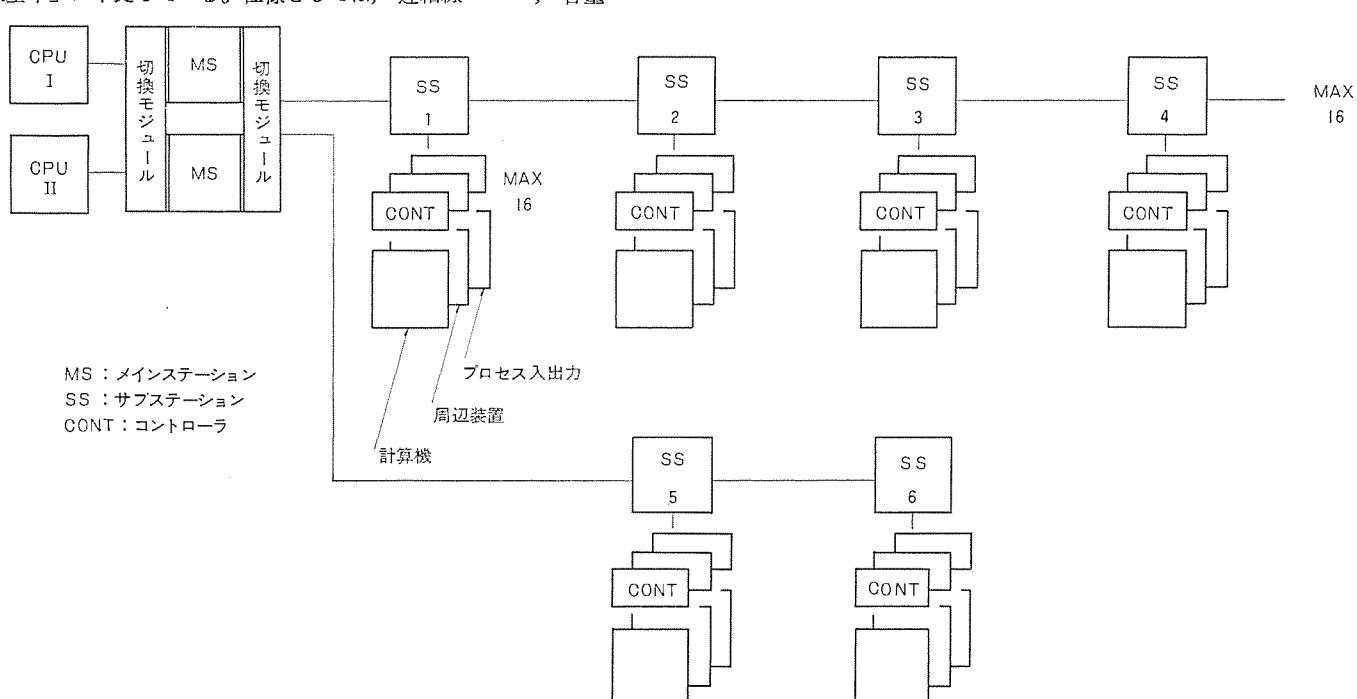


図9. 三菱データウェー構成例

表 5. システムの選定

項目	システム	MICAM-3400	MELDAC-2100	ミニコン システム	
概要	比較的小規模でデータ作成を主目的とし経済性を重視したシステム	プログラム処理により、あらゆる機能に対応できる拡張性フレキシビリティに富んだシステム	日報作成だけでなく、制御、自動検針追加可能なシステム		
変換器部のハードウェア	変換器出力は1次入力に対応した信号に変換し、スケールファクタは変換器にもち、変更は取りかえによる	変換器出力はすべて統一信号に変換。			
制御方式	ワイヤードロジック方式	プログラム制御方式			
演算	パルスカウント処理	ディジタル処理でプログラムによる演算機能			
機能	1. データ記録 2. 上下限監視 3. 1点呼出し表示 4. 時刻表示 5. デマンド監視	1. データ記録 2. 上下限監視 3. 1点呼出し表示 4. 多点呼出し表示 5. グループ表示 6. 時刻表示	7. 運転故障記録 8. 特殊演算 9. 月報作成 10. デマンド記録	1. データ記録 2. 上下限監視 3. 選択呼出し表示 4. 時刻表示 5. 運転故障記録 6. 月報作成	7. デマンド記録 8. デマンド制御 9. スケジュール運転制御 10. 無効電力制御 11. 変圧器台数制御 12. 自動検針
遠制・CDT 電算機との組合せ	不可	可	可		
フレキシビリティ	入力点数、順序の変更にはカード交換にて対処	入力点数の増減はユニット、カードをビルディングブロック構成で増減するプログラム機能がパッケージ化されているのであらゆる変更は、プログラムの追加変更、ピンボードの設定変更のみで対処			
入力	アナログ入力 PT, CT, プロセス信号 (DC 4~20 mA, 10~50 mA 等) 測温抵抗体、熱電対、その他	パルス信号 (無電圧 a 接点) 接点信号 ( ) コード信号 (BCD コード等 論理レベル信号)			
データけた数	標準 3けた	標準 4けた			
計測精度	アナログ ±1% (FS) パルス ±1パルス	アナログ ±0.1% (FS) ただし検出器、変換器を含まず パルス なし			
印字方式	—	零サブレッシュン方式			
電源	AC 100/110 V ±10% 50/60 Hz ±2 Hz				
周囲条件	温度 0~40°C (-10~60°C 保存) 湿度 30~90%				
絶縁耐圧	AC 1,000 V 1分間	AC 2,000 V 1分間			

### 3. 5. 1 MICAM 3400 システム

比較的小規模でデータ作成を主目的とし、経済性を重視したシステムである。日報作成としては、定時記録、任意時記録ができるほか一定時間内のデマンド表示、電力量の1日の合計量も印字できる。また呼出し表示が可能で測定したい測定点をセレクタスイッチにより選択点のデータを表示するほかデジタル表示器により現在時刻を表示する。

### 3. 5. 2 MELDAC 2100 システム

パッケージ化されたプログラムの処理により、あらゆる機能に対応できる拡張性、フレキシビリティに富んだプログラム制御方式のはん用データロガーである。機能としては MICAM 3400 システム以外に上下限監視記録、多点呼出し表示、グループ表示、運転・故障記録、特殊演算記録、月報作成などが行える。

また CDT・遠方監視制御装置を使用して伝送してくるデータは、ロガーと CDT・遠方装置を直接カップリングし、ワードシリアル・ビットパラレルのレベル信号形態で信号受授を行う。

### 3. 5. 3 ミニコン システム

このシステムは、ミニコン (MELCOM 350-7) を使用し、従来の日報

作成の機能に簡単な制御、自動検針などをオプションとして追加できるものであり、ソフトウェアのパッケージ化、ハードウェアの小形化を計っている。機能としては前記 MELDAC 2100 の機能以外に、デマンド制御、スケジュール運転制御、無効電力制御、変圧器台数制御、自動検針などが行えるものである。

以上3方式の概略について述べたが各タイプの機能、性能面のおもな相違点は表 5 のごとくであり用途、経済性を勘案して選定を行っている。

### 4. むすび

以上自家用受配電設備の近代化に対する最近の傾向を、無統制に概略的に説明したが、最近は新しい技術がソフト、ハードを含めて開発されかつ新しい材料の発明が著しいものがある。使用者に満足していただく電力機器の開発と製造技術の発展、システムの開発につとめることは、メーカー技術者の責任であり、これに対してご支援をいただくとともに、本文を自家用受配電設備の計画のご参考に供したいと考える次第である。

# 最近の中央監視・制御方式

渡辺秀雄\*・長井孝\*

## 1. まえがき

中央管理室の管理範囲が近年次第に拡大の方向をたどり、今やビル、工場などを含め、その対象となる設備も受変電機器だけにとどまらず、建築設備機械や各種エネルギー設備まで包含したものになろうとしている。また設備そのものもその規模において、機器の種類において、各構成の複雑さにおいて従来とは比較し得ないような大形化、高度化の傾向が顕著である。

ここで当然従来どおりの考え方では平常の運転管理の適正化の困難さに加え万が一、異常が発生した場合は、その対策、処理方法を誤るおそれが大きくなつたことがあげられる。

従来の中央監視制御方式が上述の理由から見直しの時期にきており、これら対象設備側からの要求を満足させ、従来並みの小人数の管理員で全設備を<sup>(把)</sup>握り、合理的な運転管理を可能とし、万一の事故時には速応性のある適切な対応処置がとれるようなシステムの出現が要求されるゆえんである。

ここに当社の最近の中央監視・制御方式と装置を紹介する。中央監視方式の計画に当たって、その都度、模索し、検討を加え、計画者の感覚によって左右される要素が多い千差万別の仕様固めに要する多大のエネルギーを少しでも省くことができればと考える。

## 2. 中央監視、制御対象の拡大と集中化傾向

自家用受変電設備は各種ビル（デパート、事務所、住宅、病院、ホテル、雑居ビル等）を始め、各種生産工場、各種公共設備（トンネル、上下水道設備、空港、港湾等）に設けられる。が、これらはそのほとんどが受変電設備以外の多くの監視、制御対象設備を有しており、これらを含めた中央管理を当然考えるべきである。中央管理に含まれる対象設備としては下記のようなものがある。

- (1) ビル……熱源設備、空調設備、防災設備、給水設備、サービス、管理設備（テナント検針、案内設備等）
- (2) 工場……熱源設備、空調設備、防災設備、エネルギー源設備（自家用発電所設備、圧縮空気設備、用水設備、ガス設備など）その他生産機械設備等
- (3) 各種公共設備……各種の設備によって異なるが非常に多くの関連設備がある。  
(交通管理設備、信号設備、標識設備、……水系制御設備、水処理設備……)

これら雑多な設備がその対象となるため、中央におけるその集中管理業務も当然ふくそうしてき、かつ高度化が要求されることは自明である。従来はそれぞれの設備単位において運転管理業務を行っていたのが一般であったが、膨大な設備の合理的運用指向の面から各設備相互の有機的な関連における集中制御管理は今や欠くことができなくなつており、一方、高度な追従制御に対する人力の限界、操作員（技術者）の減少対策からしても中央における集中監視、制御

システムの必要性があげられる。

## 3. 中央監視制御方式の現状と問題点

従来の中央管理設備も基本的な機能は満足している。すなわち、管理対象設備の状態のは握、異常発生時の操作員への警報、中央よりのリモート・マニアル制御は行えるようになっている。

そのシステム構成は、下記のようなものである。

- (1) 対象設備系統のグラフィック表示盤
- (2) " 機器の状態が一目では握できる状態、故障表示盤
- (3) " 機器と対応した選択スイッチ、制御スイッチを有する制御盤
- (4) 動的な状態の直視できるITV設備
- (5) 日報、月報、故障、操作記録用データロガー
- (6) オペレーションガイドを果たすCRT設備

これらは対象設備全般についての状態は握、制御を行うためには十分であるといえるが、この構成の見直しが昨今必要とされている理由は下記のとおりである。

- (1) 対象設備範囲が広くなり、かつ大規模化するに従いグラフィック化すべき設備系統も大きく複雑になり、機器状態、故障などの表示灯も多くなる。したがってグラフィック表示盤の幅も大きく複雑になり、全設備の監視制御を少數操作員では管理困難となる決定的な問題点がある。
- (2) 制御対象機器も多くなり、操作盤の大形化、多数の選択スイッチ、制御スイッチがあり、誤操作の可能性が生じる。
- (3) 夜間など保守員不在時における異常発生に対する体制は、現在守衛所など閑連場所にブザー警報等で行っているが、その内容は握は中央管理室まで行き確認しなければならない。
- (4) データロガー、CRTなど中央に電子計算機を導入したシステムも多くなっているが、画像の枚数が多くなってくるため、画像作成のためだけに計算機メモリの多くが使用されているのが現状である。
- (5) 中央管理室の床面スペースが広く必要である。
- (6) 計画者の共通した統一思想が得られにくく、製作仕様決定までに時間がかかるばかりでなく、製作段階における仕様の変更など発生する可能性も多い。
- (7) 多くの全設備を有機的な関連において総合管理を行う必要が生じ、常時きめ細かい追従制御を行うことによる運転経費の節減も設備が大きいだけに見逃し得ない問題となる。また非常時対策もますます複雑となって困難になっている。

このようなことから当然新しい中央監視・制御方式及びそのシステム構成のイメージが浮かんでくるが、ただこれら要求を満足するだけでなく、更にこれらのシステムが普遍化し、少ない仕様条項だけで提供できるような標準化された、かつ経済性に富んだシステムであることが必ず(須)の条件となろう。

#### 4. 中央監視・制御盤の改良点と指向すべき方向

上記したような問題点がそのまま新しい中央監視、制御システムの改良点となる訳であり、そのシステム構成内容の改良や、構成材料の改良によって今後の指向すべき方向が決定されることになろう。

##### (1) 大形グラフィック系統表示盤の省略

各種対象設備の系統を表示するグラフィック表示盤は省略し、これを何枚かのフィルムに収め、必要時にCRTに表示するようにし、グラフィック表示盤の機能を代行させる。

##### (2) 個別の選択スイッチ、制御スイッチの共通化

従来の各機器ごとに設けている選択スイッチ、制御スイッチは操作性を考えた上、集約化し、キャラクタディスプレー装置を併用しながら、機器のデバイス番号を確認し操作面を簡素化しながらも操作の確実性を計る。

(3) 延長警報（守衛室、宿舎等）は音声自動放送装置を使用する。従来の延長警報はブザーぐらいで行っているが、その異常内容が不明であるために不要な混乱を招くこともある。詳細な内容までは出さないまでもその故障の部位と概要を自動的に音声放送を行うことにより、あらかじめその対策処置の緩急をは握ることができ、適切な行動がとれるようになる。

以上の3点を骨子とした考えに基づいた、新しい当社の監視盤について以下種々紹介することにする。もちろんそのおのの内容については機能と経済性を勘案した上、各グレードにランク付けされることになるが、いずれもその改良、指向すべき基本的な考え方は、一貫した共通のものであることはいうまでもない。

### 5. 中央監視・制御盤の機能及びその計画

#### 5.1 中央監視制御盤の計画に先立って考慮すべき問題

各種対象設備に対する中央監視盤の計画に当たって考慮すべき共通事項すなわち当然具備すべきものは下記に列記するものがあげられる。

##### (1) コンパクト化

一人又はごく少數の操作員で広範囲な対象設備を運転、管理し得るような監視、制御、警報のトータルシステムであることが必要である。

##### (2) 操作の簡明化

制御対象機器に対応する多数の制御スイッチを一人又はごく小人数で操作する場合操作性が悪く、誤操作の発生する可能性も大きいところからこれら誤りなく確実に行えるような、人間工学的見地からの配慮、フェイルセーフ的な配慮が必要である。

##### (3) システム構成のフレキシビリティ化

対象機器ごとの表示モード、警報モードはそれぞれに要求が異なり、バラエティに富んだものが普通であると考えられる。またシステム全体の構成についても、その対象設備の規模に合わせて適宜その種類、大きさが異なるが、各標準のユニットとして自由に選択構成できるような設計とする。

##### (4) 計画性の画一化、単純化

先にも述べたが中央監視、制御盤の構成、ディスプレー方式、デザイン等については種々な要因を満足させ、その上に更に計画者側、製作者側、使用者側などのイメージ、感覚、好みを満足させる必要があるためにその製作仕様の決定には少なからず労力を費やし、時間的にも経済的にも、計画中のウエイトはかなり大きなものであった。このために各装置が、万人が理解できるような明快な統一した基本思想に

基づいて構成されていること、システムのハードウェア中、中央監視、制御盤については使用者側に受け入れられるような条件を満たした画一的な構成として、各設備ごとより出る特別な仕様は吸収されるものであることなどが必要である。

##### (5) 省力化、合理化

対象設備の拡大化に反し操作員の削減傾向がある以上、管理業務中の単純業務、常時の追従業務など大きく操作員の労力を要するものの自動化を図る必要がある。またシステム全体が機能的にも協調とバランスのとれたものであり、その効果の少ない機能、効果の大きい機能を見極めた上合理的な機能構成をもつことが必要である。また設備全般を握り各設備相互の有機的な構成において総合的に管理運営のできるようなシステムであること。

##### (6) 装置の消費電力の低減化

多くのロジック及び表示灯のため従来はかなりの容量の電力を必要としたが、これら中央システムの消費電力は極力少ないものであること。

##### (7) 運転、保守の簡易化

操作要員、保守要員など技術者の減少、人件費の高騰、管理技術の複雑、高度化傾向を見越し、運転管理業務の容易にして、かつフェイルセーフ的配慮の払われたものであること。保守、メンテナンスに関しては特に集中化作業の可能な構成とすること。特に非常時に対する処置については、常時行い慣れている日常業務と異なり、不慣れからくる誤判断、誤制御が考えられるが、その処置を速応性と、適性判断をもって行えるようなシステムとすること。

#### 5.2 中央監視・制御機能の計画

中央監視・制御機能は、多くの設備ごとにそれぞれ現地に持たせる機能との協調をとることが必要である。これはその機能をどちらに持たせたほうがより経済的であり、より効果的であるか、機能メリットに対する投資額などの比較において決定すべきである。すべての自動制御機能を中央に集めることは、必ずしも最良のシステムとはならない。中央に持たせる機能の基準は下記のようなものがある。

##### (1) 日常業務 (i) 常時監視を必要とする業務 (監視)

##### (ii) 単純業務 (定時・定形記録)

##### (iii) 追従処置業務 (フィードバック制御)

##### (iv) 定形制御及び変更制御業務 (パターン制御)

##### (v) 複雑な計算データによる高効率制御業務

##### (2) 非常処置業務 (i) 定位状態から異常モードへの移行制御業務

##### (ii) 発生復旧対策処置指示表示

##### (iii) 非常時の負荷制限御

##### (iv) 異常記録

各設備それぞれに特異性があり、この外にも挙げられる点があるが、基本的なこれら方針と、現実面とを併せ決定する必要がある。

先にも述べたように、その機能の内容については被制御対象設備によって、段階をつけたシステムを何種類か提供することになる。下記にその概要を述べる。

##### (a) 表1-(7)方式

- |    |                            |
|----|----------------------------|
| 機能 | 1) アンシェータ機能 (CRTコントローラ用出力) |
|    | 2) 表示・データメモリ機能             |
|    | 3) ミニグラフィック表示制御機能          |
|    | 4) 信号伝送系と制御盤とのインターフェース機能   |
|    | 5) 音声自動放送制御機能              |
|    | 6) データロギング機能               |
|    | 7) クリティカルアラーム機能            |

表 1. ディスプレイ方式の分類

組合せ方式		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ディスプレイ方式		○	○								
全系統機器の表示	ランプ1灯式	○	○								
	ランプ2灯式	(又は) ○	(又は) ○								
	LED 1灯式			○							
全系統母線表示	ランプ照光		○		○						
	ランプ1灯式				○	○					
	ランプ2灯式					(又は) ○	(又は) ○				
主要機器のみの表示	LED 1灯式						○	○	○		
	ランプ1灯式						○	○			
	ランプ2灯式										
ローカル機器の表示 (類似パターンのサブ設 (個1箇所分の選択表示)	LED 1灯式										
	ランプ1灯式										
	ランプ2灯式										
CRT表示(EVR)	専用デバイス使用							○		○	
CRT表示	CPU 使用								○		○

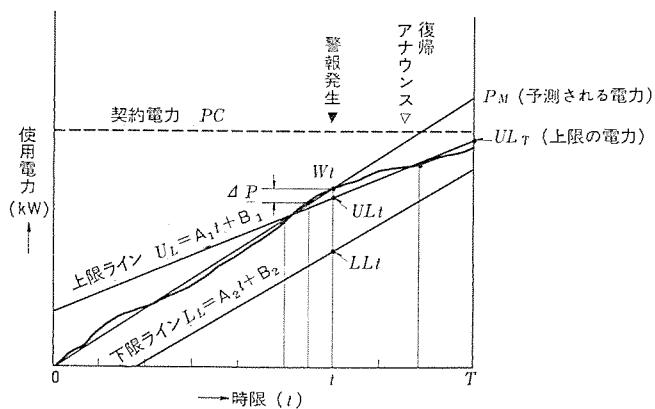


図 1. デマンド監視方式動作説明図

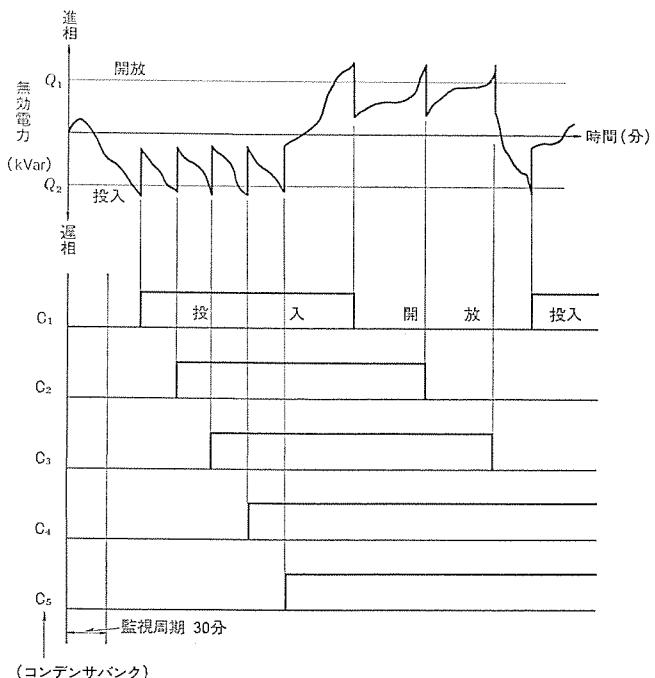


図 2. 無効電力制御方式動作説明図

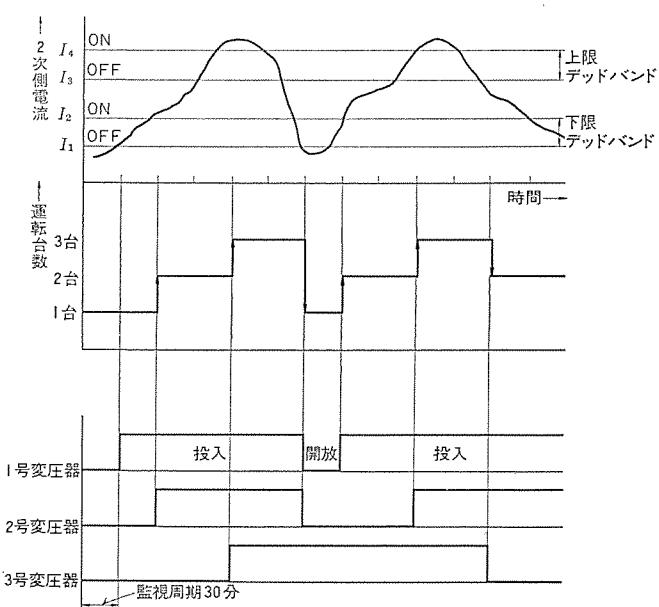


図 3. 変圧器台数制御方式動作説明図

## (b) 表 1-(9) 方式

機能 1) 上記(a)と同一機能(ただし 3)のみなし)

## 2) 自動制御機能

(i) スケジュール運転

(ii) デマンド監視(図 1.)

(iii) 無効電力制御(図 2.)

(iv) 運転台数制御(図 3.)

(v) 停復電処理及び故障処理ガイド表示

## (c) 表 1-(10) 方式

機能 1) 上記(b)と同一機能

## 2) 自動制御機能

(i) 統切換・負荷制限処理ガイド表示(図 4.)

(ii) 自動検針

(iii) 熱源機器の台数制御

(iv) 空調機器の台数制御(蓄熱そう槽を含む)(図 5, 6.)

(v) 防災管理機能

(vi) 月報、期報作表

ここで(a)の方式については、この機能処理をシーケンサ又はマイクロコンピュータ等で行うことになり、(b)(c)の方式程度の制御機能を有した場合の処理装置にはミニコンが使用される。(c)の場合設備の情報が多くなったり、機能処置が多くなれば中形コンピュータになることもある。

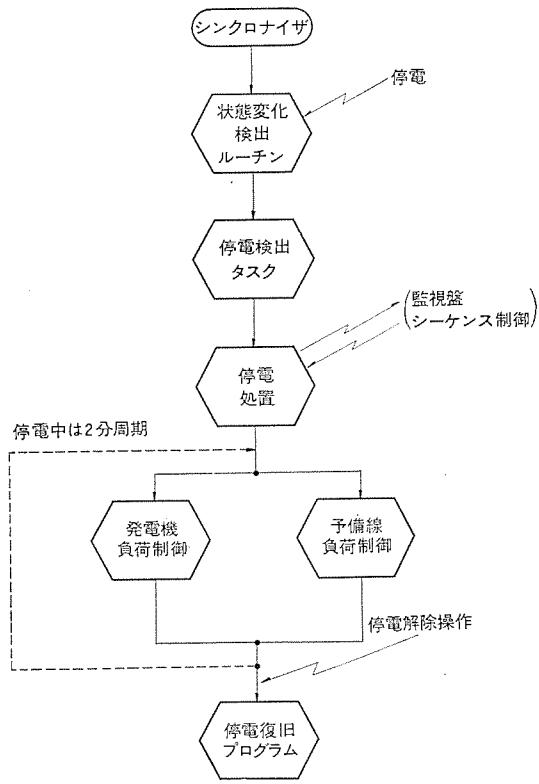


図 4. 負荷制限フロー構成

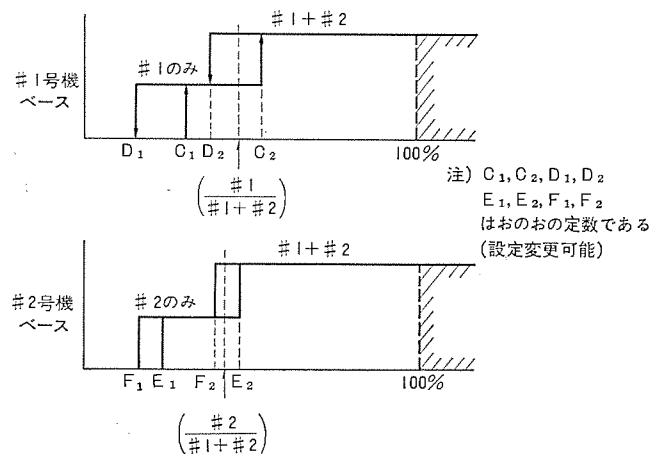
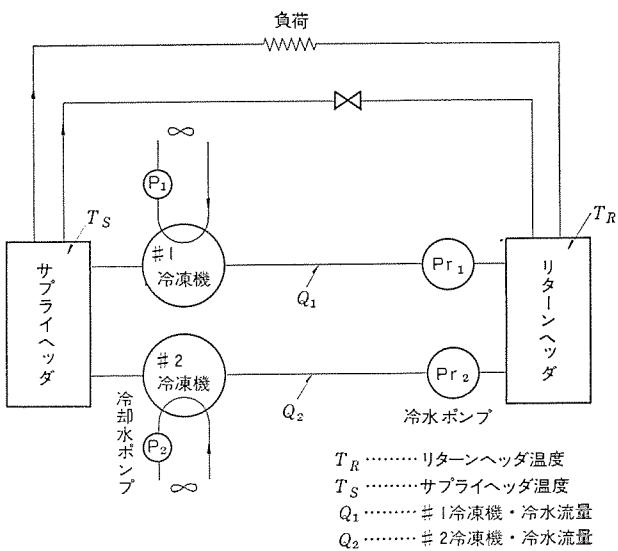
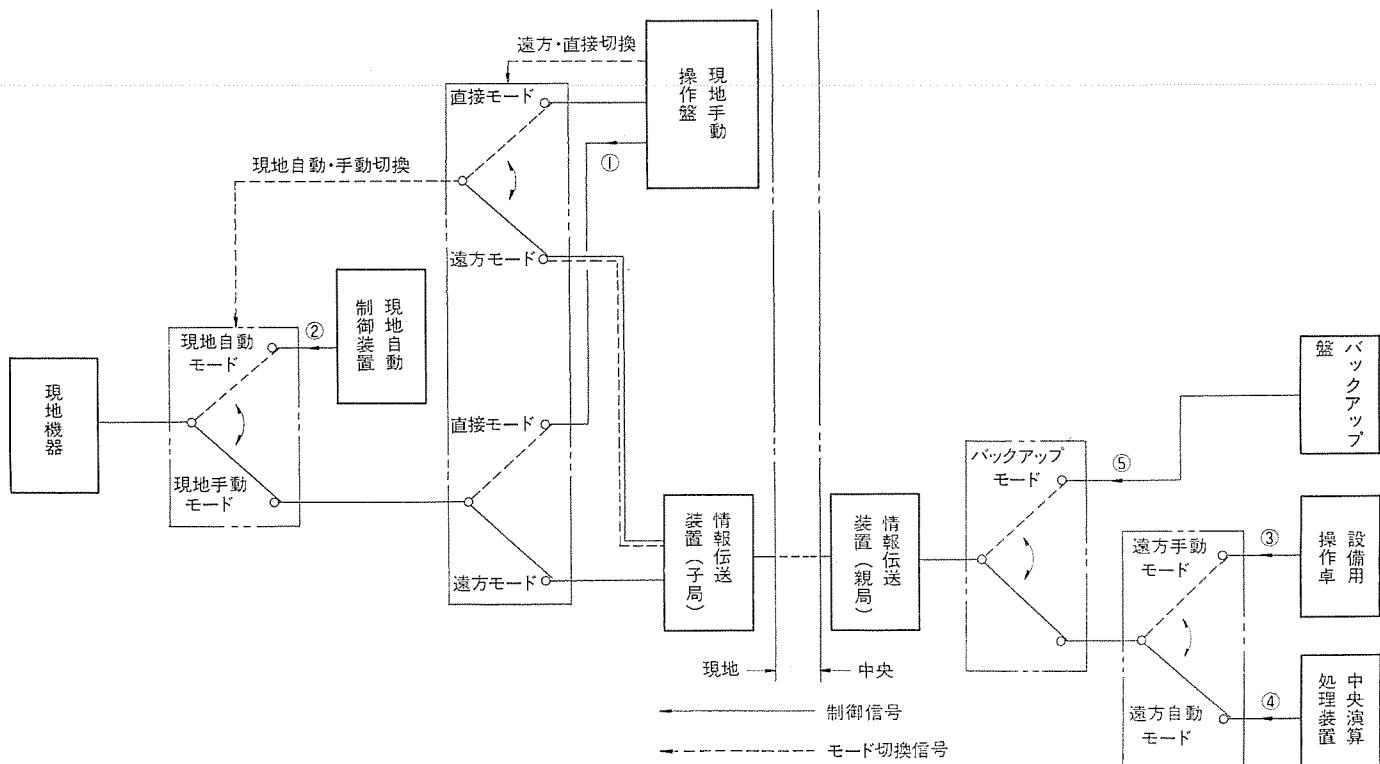


図 6. 冷凍機制御例



中央監視システム導入時の制御モードは図7.のようになる。

### 5.3 中央監視制御盤の計画

中央監視室の床面積は、設備そのものの大形化、管理範囲の拡大から、次第に広くなる傾向にあるが少数操作員でこれを総括管理するうえで困難をなくし、機能的な盤とする必要がある。

#### 5.3.1 監視制御盤のデザイン

(1) 監視盤は操作員と機械系との唯一の接触界面であり、これが設備に比例して拡大する一方では、限られた操作員との接触界面にアンバランスが生じる。操作員が機械への帰属を強制され、機械に振り回される結果、人間らしい使命感の喪失を生じないような環境をデザインにより作り出す必要がある。

(2) 設備の大形化、管理対象の拡大傾向があるにしても、監視制

御盤は一人のオペレーターが座位で監視ができる、立位で操作ができるように、人間工学的な寸法を制御盤形状に反映させる必要がある。

(3) 制御盤をユニット化し、各盤ごとに機能的に分割し、標準化率を高め、性能の保証ができるようにする。そのため各設備ごと(例えば電力系統、空調系統、防災系統、etc)に整然と分割する。

(4) 設備種類が多くなって、横方向に列盤が長くなても、操作員の注意が制御盤全面に均等にゆきわたるような寸法形状とする。

(5) 制御盤面の器具配列も表示機能、制御機能別に区分する。表示器具は垂直面のディスプレーパネルに、制御器具は水平面のコントロールパネルにレイアウトする。ディスプレーパネルは、立位の操作員の視線に直交させるような形状寸法とする。

今後の中央監視制御盤は以上の条件を加味してまとめられるべきであり、そのうち断片的には従来のものについても考慮し、実施されているところもあるが、総括的にその方向をまとめたものである。

#### 5.3.2 使用材料と構造

(1) きょう(框)体についてはFRP(強化プラスチック)材を制御盤きょう(框)体に使用し、すべて同一形状のものとして、各機能ユニットに対応させて横方向に列盤としてレイアウトができる、機能の変化についてはディスプレー パネル、コントロール パネル上のレイアウトを変化するだけで対応できるものとする。

(2) 各機能ごとのユニットを列盤にすることによって、全体として円弧状になり、操作員の管理がゆきとどいたものとなる。

(3) 従来の板金構造では得られない有機的な形態が可能となり、操作員へ新鮮なイメージを与え、柔らかい心理効果も期待できる。

(4) 管理対象設備が少ない場合には円弧状にならない列盤方式の形態のものも考えられる。

#### 5.4 監視ディスプレー装置の計画

監視ディスプレーの方式は多くの種類があり、この選択は正に計画上の焦点といってよい。これを適切に選ぶことは非常に困難である。過去の慣習があり、私観が入り、好みが入った意見に左右され決断にくいものである。次に各種のディスプレー方式の組合せをあげる。

表1.の組合せ方式において、1と2は全く従来の方式であり、3についてはLEDで大幅に縮小化されるが、まだ設備の規模により盤の大きさが左右される要素が残る。4と5についてはこの点かなりフレキシビリティ部分を吸収し得る方式であるが、一人制御までへの縮小は果たし得ない。6案については主系統の運転に必要な主要

機器だけはLEDで常時表示され、かつフレキシビリティの大きなローカル機器については、パターン化されてLEDで縮小表示されることで更に標準化率を高くしている。7についても同様なことがいえる。しかし6の系統表示、機器表示はそれぞれのローカル機器の最大公約数的なデバイスとなるに反し、7のCRTではそれぞれに対応した表示ができるメリットが出る。8については7とは基本的には差異はないが、計算機のメモリが画像パターンのため多く必要となる。9、10案については最もハードウェア面でフレキシビリティが吸収でき、スペックフリーが達せられる方式であるといえる。しかし10は8同様計算機のメモリを多く必要とすることもあって、9を主体に考える。

要するに1~10の中で、7、9が今後計画の対象となる方式と考えてよい。

7についての概略構成を図10.に示す。これは主要機器のみをLEDにより表示し、系統の詳細表示は専用の

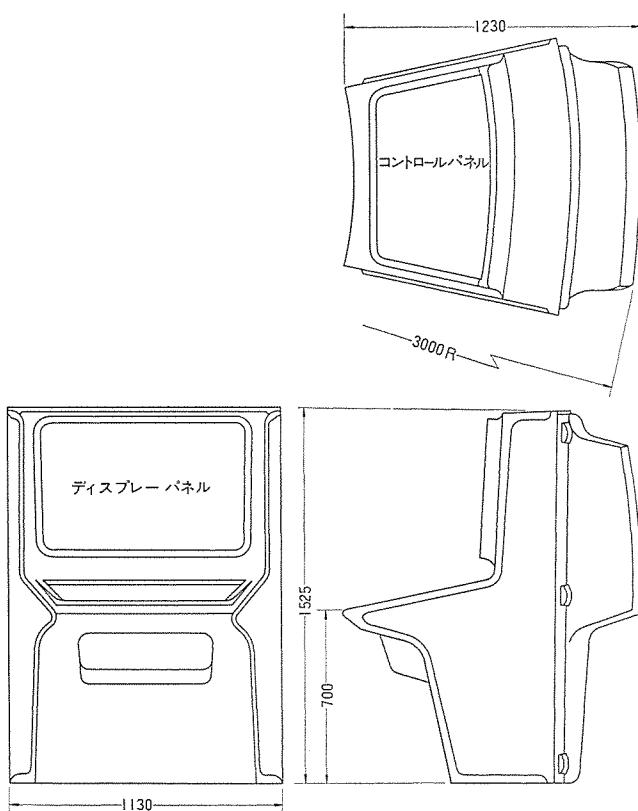


図8. 中央監視・制御盤外形図(1ユニット)

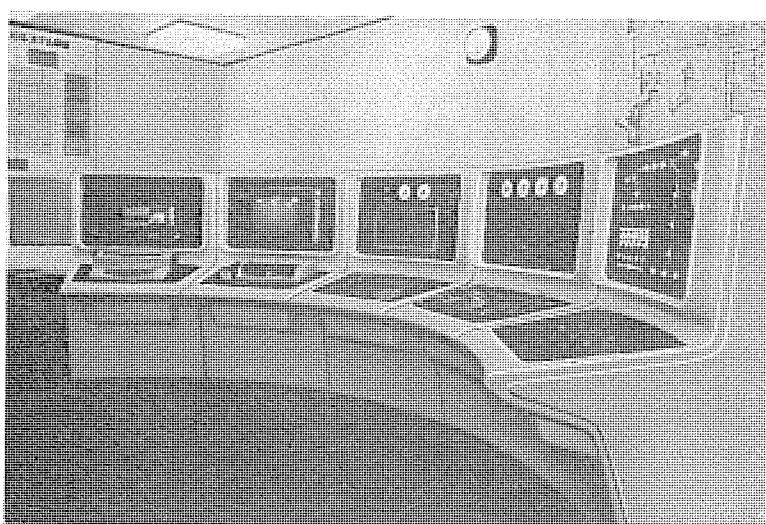


図9. 新しい中央監視・制御盤

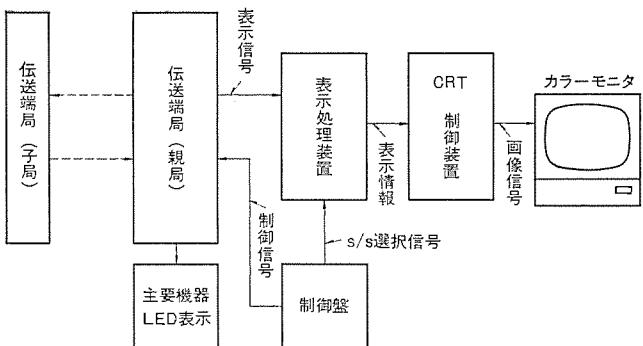


図 10. ディスプレー 装置 (その 1)

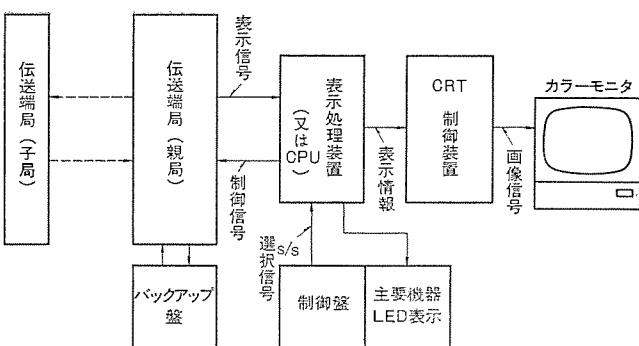
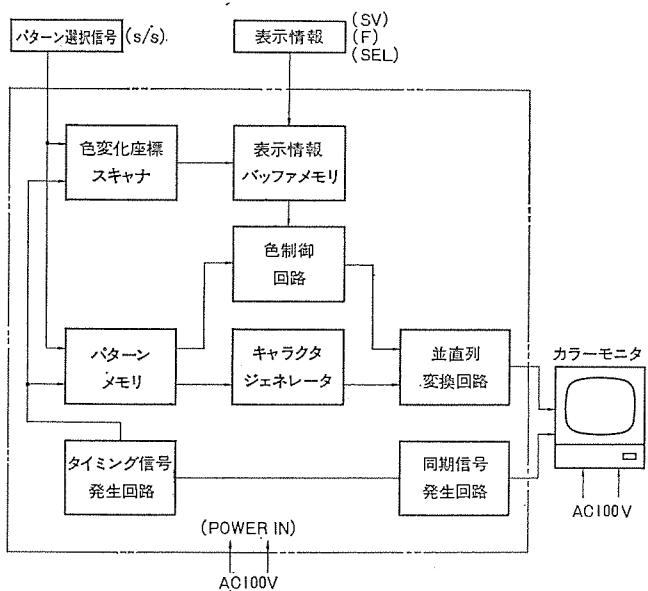


図 12. ディスプレー 装置 (その 2)



- 注)  
 1. パターン選択信号 (s/s) …… 図形パターン選択信号  
 色変化させる座標内容指示信号  
 2. 表示情報信号 (SV) …… 表示情報 …… 機器の入切状態信号  
 (F) …… フリッカ情報 …… 短フリッカ信号  
 (SEL) …… 機器選択情報 …… 長フリッカ信号

図 11. 表示処理装置詳細

デバイス (CRT) によって行う。表示処理装置詳細は図 11. に示す。9についての概略構成を図 12. に示す。これは図 10. における主要機器 LED 表示装置がなく、全く CRT 表示となったものである。図 10. において主要機器の表示を表示処理装置 (又は CPU) 出力から行う方法も考えられるが、このときは表示処理装置 (又は CPU) 停止時のバックアップ方式を考慮しておく必要がある。なお CRT は CPU により制御するものではなく、専用 デバイスを設けて画像を検索し、スポット信号と重畠させて表示する方式を使用する。こ

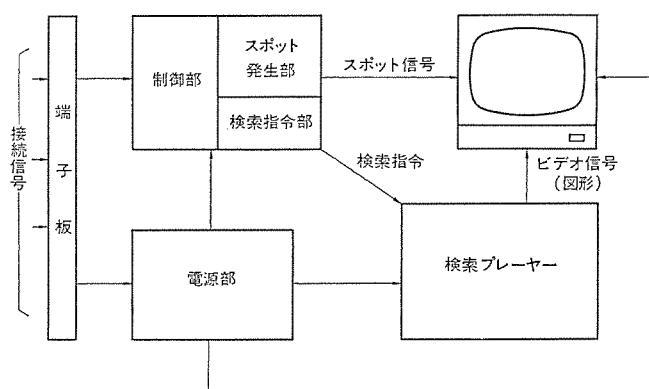


図 13. CRT 制御装置 ブロックダイヤグラム (専用 デバイス)

の装置の ブロックダイヤグラム を図 13. に示す。

## 6. む す び

本稿は最近の諸般の情勢からの要求を満たす中央監視・制御盤のあるべき姿、実現すべき機能について述べた。これらは既に開発を完了し個々には使用実績のあるものであるが、ここに総合的に見直し各機能の相乗的な効果もねらい、製作に当たっては各装置のごくわずかの仕様を決定するだけでよいような、洗練された標準仕様の監視・制御盤の実現を目指したものである。このような マンマシン インタフェースはさまざまな利点は挙げられるものの、その反面、人間の機微を満足し切れないうらみは残る。すなわち最も関心の深い マンマシン インタフェースが選択の自由度がなくなり、画一的なものとなり計画者としての不満、操作員としての不満が残ることも考えられる。あまりにも合理化、簡素化された時点では、何についてもこのような反動はありがちであるが、この監視制御盤が機能的にも、形態的にも吟味され、十分満足するものであれば、この点そのような デメリットはカバー できると思う。

# 受変配電系統の保護方式

藤沢 繁\*・天野 恒\*\*・管井 英介\*\*・松本 忠志\*\*

## 1. まえがき

電気設備の異常、故障が重大事故に発展して不測の損害災害に至らないよう保護装置を設けることが必要である。これにはまず故障の発生ひん(頻)度そのものを少なくするよう例えば9章 絶縁協調にあるように要所要所に避雷器を設置するなどの積極的予防策を講じることも肝要であるが、変圧器、電動機、電路など多くの機器は故障が起こるまで使う(一般需要家にあっては事前に更新取替えをすることは少ない)ので必ず故障が起こるという前提で保護装置を設けることが必要である。これら保護装置(しゃ断器、計器用変流器、継電器類など)は保安装置であるから、これについては事前更新を心掛けるとともに、何らかの形で後備保護のある設備としておくことも必要である。

## 2. 保護継電装置の適用にあたって

保護方式には区間保護方式と、限時選択保護方式がある。

電気系統的には区間保護方式が最も理想的で問題点も少なくなるが、すべてに適用すると費用的に高くなるので、限時選択保護方式で間に合うところはこれで済ませるようにし、両者をうまく混用して所定の機能を果たせるようにしているのが現状である。通常自家用電気設備の大半は限時選択保護方式で構成されているが、この方式で行詰ったときには区間保護方式を取り入れることを考えれば容易に解決することができる。またこの中間段階的なものとして電圧抑制を掛けるなどの方法もあり、これはおもに変圧器の1次側と2次側との間の選択分離に使って効果的となるものである。

区間保護方式はある単位区間ごとに故障発生点がその区間内か区間外かを判別選択して検出する継電装置により、該当区間だけを迅速に電源から切離す方式で、母線保護(バスプロ)、表示線保護(パイロット保護)、回線選択保護(バランス保護)、変圧器比率差動保護などがこれに該当する。

限時選択保護方式は、樹枝状系統で電源から遠い末端部ほど継電器の動作時間を速くし、電源に近くなるほど継電器の動作時間を遅くしてこの間段階的な時間差により停電区域の縮小化を計ろうとするもので、過電流継電器がこの主役を占める。ただしこの方式は同一電位系統内では通常4段階くらいまで制約されかつ変圧器をはさんで上位側、下位側の電位系統とも合わせ全体的に緊密な連系プレーを必要とする。

需要家にあってはまず受電点の継電装

置(これは電力供給者側の要求に沿うものでなければならない)に始まり、以下これを基礎に置いた上で順次構内の保護方式を決めてゆくことになる。

## 3. 特高受電部の保護方式

### 3.1 受電方式

特高回路の受電方式は受電容量、受電電圧、負荷の重要度などにより、表1.のような方式が考えられる。なかでも、もっとも一般的な方式は1回線受電方式であるが、常用予備1CB受電方式、常用予備2CB受電方式も多く採用されている。並行2回線受電方式はとくに大容量の需要家用として採用されており、また、ループ受電方式は大都市の高層ビル用などに採用されている。そのほかに、表1.では割愛しているが、大都市都心部ではスポット・ネットワーク受電方式が採用される場合もある。

### 3.2 保護方式

1回線受電、常用予備1CB受電及び常用予備2CB受電はいずれも使用時は1回線で受電しており、保護方式の考え方としては同じものでよい。すなわち電源が一方向であるから、電流の大小により故障の有無を判定する過電流継電方式が標準的に採用されている。ここではこの過電流保護について述べ、他の保護方式については後の項で改めて述べることにする。

図1.は常用予備2CB受電方式の代表例である。この場合の継電器は

短絡保護(51R)： CO-16 I形 過電流継電器

表1. 特高受電方式の代表例

受電方式	1回線受電	常用予備1CB受電	常用予備2CB受電	ループ受電	平行2回線
受電部	DS CB CT MOF	常用予備 DS CB CT MOF	常用予備 DS CB CT DS MOF	ループ常用 DS CB CT DS GPT MOF	平行2回線 DS CB CT DS GPT MOF DS GPT DS
单線結線図					
回線数	1	2	2	2	2
回線しゃ断器	1	1	2	2	2
MOF	1	1	1	1	2
代表的な保護方式	過電流保護	同左	同左	表示線保護	回線選択保護

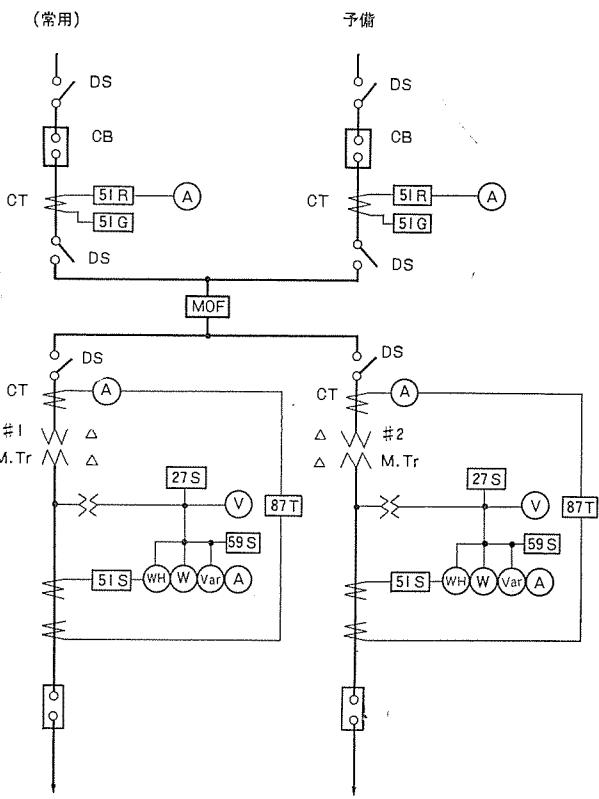


図 1. 常用, 予備 2CB 受電設備 単線結線図

地絡保護 (51 G) : COG-2 形 小勢力過電流繼電器  
又は CO-18 形 過電流繼電器

が標準に使用される。

CO-16 I 形 繼電器は JEC-174 A の規格に準拠した誘導円板形過電流繼電器で、おののの単独に動作値整定可能な瞬時要素と反限時要素を備えている。これの適用にあたっては

- (1) 電力会社送電端の繼電器との協調
- (2) 変圧器 2 次側短絡時の時間協調

を考慮する必要がある。このため、瞬時要素の動作は、変圧器 1 次側の短絡故障のみに応動し、変圧器 2 次側の短絡では動作しないよう整定する。また反限時要素は、変圧器 2 次側の繼電器と動作時間の協調をとり、変圧器の 2 次側故障では、2 次側繼電器のほうが必ず早く動作するよう動作時間の整定を行う。動作値は契約最大電力の 150~170 %程度に整定する。

地絡保護には COG-2 形又は CO-18 形の繼電器を用いるが、これの使いわけは一般には次のようにしている。(1) COG-2 形繼電器はとくに消費 VA を小さくした繼電器であるから、変流器の 3 次巻線を使用するばあいなど負担に制限があるときに使用する。(2) CO-18 形 繼電器の電流整定タップは最小 0.5 A しかないので、それ以下のタップが必要なばあいは COG-2 形 繼電器を使用する。COG-2 形 繼電器では 0.25 A からのタップを有している。このような例を参考のために出してみる。有効分地絡電流、最大 100 A、CT 比 400/5 A、30 % 地絡検出目標、繼電器は残留回路に接続、このばあい繼電器電流は、

$$100 \times 0.3 \times 5/400 = 0.375 \text{ (A)}$$

すなわち COG-2 形 繼電器の 0.35 A タップを使用すればよい。

#### 4. 主変圧器の保護方式

小容量の変圧器では経済的な理由で受電部の過電流繼電器を兼用さ

せていることもあるが 1,500 kVA 程度以上の変圧器の保護には比率差動繼電器が使用される。これは(1)技術基準によれば 5,000 kVA 以上の特高変圧器には内部故障を検出する装置を設ける必要があるが、この方法として比率差動繼電器がもっとも適している。(2) 2 バンク以上の変圧器が設置されている場合、故障変圧器を選択することが可能。(3)感度、信頼度の点から過電流繼電器だけでは不十分、などの理由からである。

比率差動繼電器には誘導円板形の CAT 形と、高速度形の HUB-2 形があり、特高受電回路には CAT 形がよく使用されている。変圧器保護を行うにあたり問題となる励磁突入電流に対しては、この CAT 形繼電器では動作時間 (0.2~0.5 秒) で逃げているが、高速度保護を要求される系統とか、動作時間だけでは励磁突入電流による誤動作が防止できない場合には、HUB-2 形繼電器を使用する必要がある。HUB-2 形繼電器は、励磁突入電流の高調波分にはとくに第 2 高調波成分が多いことに注目して、この第 2 高調波で抑制し誤動作を防止するものである。

#### 5. 母線保護繼電装置 (バスプロリレー)

従来送電線、トランス等の機器についてはその保護装置が十分考慮されていたが、自家用変電所の負荷の重要性から次に示すような利点も考えて、電気所のかなめ(要)である母線の保護装置が自家用変電所にも最近数多く採用される傾向にある。

- 特長 (1) 事故母線部分の高速選択しゃ断による供給の継続
- (2) 負荷から受電までの感度、時間協調問題の解決
- (3) 設備機器の損傷防止
- (4) 人体に対する危険防止

(5) 事故点は(把)握による復旧操作の迅速化

母線保護繼電器は電圧差動、電流差動の 2 方式あるがいずれも保護対象母線につながる各端子 CT 2 次を差動接続し、電流差動の場合も入力装置出力側で差動接続を行っている。自家用変電所では現在運用、CT 等の関係から電流差動が大半を占めている。

図 2. に単母線常用 - 予備 2 回線受電変電所の代表例を母線保護を高圧側に 1 組、低圧側に 2 組を用いてその保護範囲を破線で示している。このような場合変圧器保護にも差動方式を使用すると下位から上位までの時間協調はすべて不要となり、低圧側フィーダだけを考慮すればよいことになる。また、変圧器 2 次側事故については区

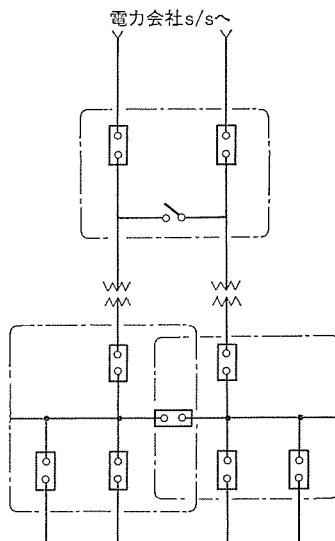


図 2. 自家用受電設備 単線結線図 (常用 - 予備 2 回線受電)

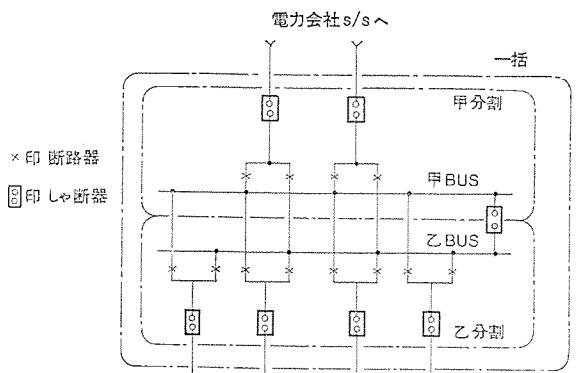


図 3. 複母線方式 単線結線図

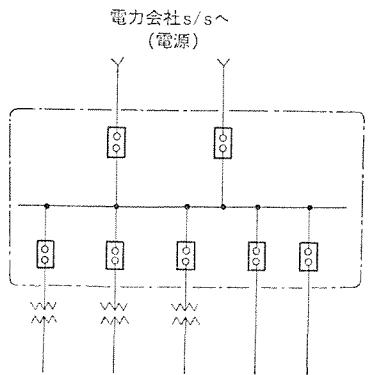


図 4. 簡易母線単線結線図 (单母線)

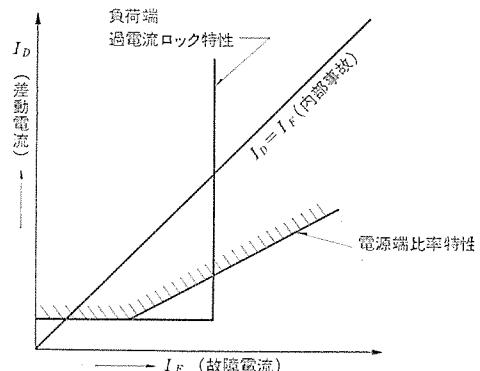


図 5. 比率特性

間選択ができるので停電区間を少なくとも半分にすることが可能になる。高圧側については、相手電気所（送電端）の距離継電器などのリーチが変圧器内部まで見ている場合母線保護を設けることにより送電線、母線の事故区間判別が迅速、確実にでき、その指令を受電線自動切換装置に与え、切換操作、ロック操作を高速確実に行うことができる。

図 3. に複母線方式の例を示す。この場合は甲、乙母線にそれぞれ電流差動方式の分割保護を、全体に電圧差動方式の一括保護を設け AND による 2 重化を計り図に示すようなトリップシーケンスを構成する。電圧差動は専用 CT を必要とし入力の切換えができる反面装置構成が簡単になる特長があり一括保護に多く使用されている。電流差動は入力装置出力側での切換えが可能となり断路器条件との連動により運用に合わせて差動回路の構成ができる。また CT も負担数 VA 以下で他保護用との共用が可能となっている。

図 4. に簡易母線変電所の一例を示す。通常、自家用受電変電所などは電源端子、負荷端子の区別が明りようであり、その特殊性を考慮し、電源 = 2 端子、負荷 = 5 端子、以下で適用できることを条件に、前述の母線保護装置に比べ性能的に劣らず、小形、安価な簡

易母線保護装置を開発完了し、現在 50 set 以上の納入実績がある。動作力は全端子 CT 電流の和を用い、他装置との CT 共用、端子による CT 比の相違があつても問題なく使用できる。また抑制力は、電源端子により得て動作力との比率差動方式を採用し、電源外部事故による貫通 CT 誤差電流があつても十分な誤動作防止が可能となっている。負荷端 CT の過電流域特性不良に対策として過電流ロック方式を採用しており負荷端外部事故に対する誤動作を防止している。図 5. にこの装置比率特性を示す。

## 6. 線路保護

自家用変電所の受電送電線保護に使用される保護方式及び構内の送電線保護に最近使用される傾向が多くなった距離保護、回線選択保護、表示線保護について述べる。

### 6.1 距離保護継電装置 (DZ リレー)

図 6. にその保護範囲を示す。この方式は系統の電圧 ( $V$ ) 電流 ( $I$ ) をそれぞれ PT, CT から得てそのインピーダンス変化を検出する性質上、誤差を考慮して図に示すように 80 % 整定しかできないが、自家用変電所の場合 1 回線受電あるいは片端非電源（負荷）のケースが多く、また負荷側に変圧器があればその中まで距離継電器のリーチを延ばすことが可能となる。したがって高速度（トリップ指令まで 3 ~ 以内）保護として使用されている。なお距離継電器には 2 及び 3 段保護が備えられており主保護区間の 2 重化、広域後備保護を行えるように構成されている。

なお当社にはリレー換算オーム値が 0.1 Ω 整定可能な静止形距離継電器シリーズが完備しており、短距離送電線にも威力を發揮している。

### 6.2 回線選択保護継電装置 (バランスリレー)

図 7. に示すように 2 回線送電線が条件となっており、事故回線と健全回線のインピーダンス差を距離継電器により検出するよう構成した

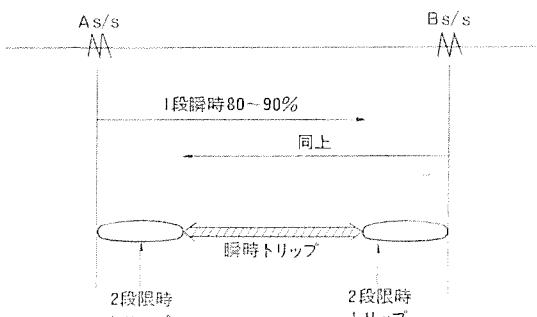


図 6. 距離保護範囲

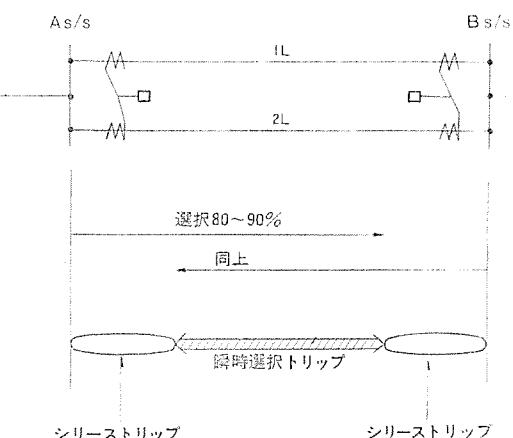


図 7. 回線選択保護範囲

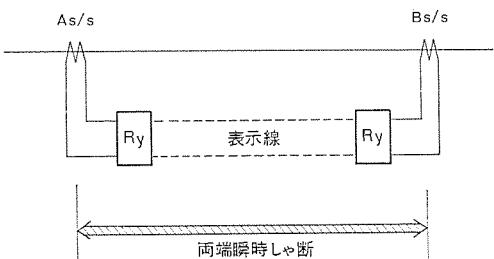


図 8. 表示線保護範囲

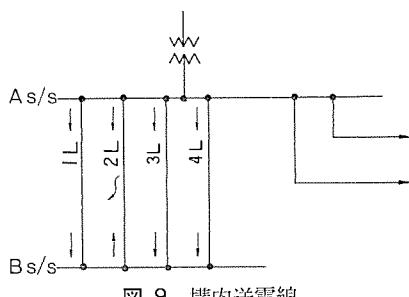


図 9. 構内送電線

ものである。したがって誤差精度の関係から少なくとも 2~3 km 以上（架空系）の送電線こう（亘）長を必要とする。自家用変電所 2 回線受電の保護に多く使用される。なお後備保護には通常 5 章に述べた距離保護が使用される。

### 6.3 表示線保護継電装置（パイロットリレー）

図 8. に示すようにこの方式は両電気所の電流を表示線（電力通信保安ケーブル、通常 0.9 φ）を介して結び差動保護を行うものである。したがって保護範囲内全域の事故検出が可能になるとともに 1 端非電源の場合でも両端瞬時しゃ断が可能となる大きな特長を備えている。なお高抵抗接地系では短絡保護＝正相分電流差動、地絡保護＝零相分電流差動、を行い合計 2 対の表示線を用いる方式が多く採用されている。

この方式も差動原理を用いている関係上、母線保護と同様他装置との時間協調は無視することができる。

この装置はワイヤ布設工事が必要となるが、近年、電気所の無人化、省力化の動向に伴い布設されている遠方制御装置、電話などのワイヤの一部を流用してこの装置を設けるケースが多くなっている。一方、図 9. に示すような構内送電線で重要負荷が電流容量の関係から数回線（ケーブル）で結ばれている場合、過電流保護、距離保護では全回線しゃ断となるが、表示線保護を用いれば事故回線のみの選択両端しゃ断が可能となり、残り回線で無停電確保が可能となる。

またこの装置は必要に応じて、保護に使用しているワイヤを共用して別途転送信号を相手電気所に送ることが可能であり、転送しゃ断又は表示に使用できる。

## 7. 構内配電系統の保護継電協調

需要家、構内配電系統の保護協調は電力会社の系統と十分とれていることが第一条件である。

構内配電系統の異常現象としては、短絡（過負荷を含む）、地絡過電圧及び不足電圧等々があるが、ここでは特に電力会社の系統との保護協調が問題となる過電流保護協調について述べる。

### 7.1 過電流継電方式

構内配電系統には、樹枝状、放射状、ループ状系統など、種々あるがこれらの保護継電方式は、樹枝状（放射状）系統においては図 10. に示すような段階時限方式による過電流継電方式が一般に適用され

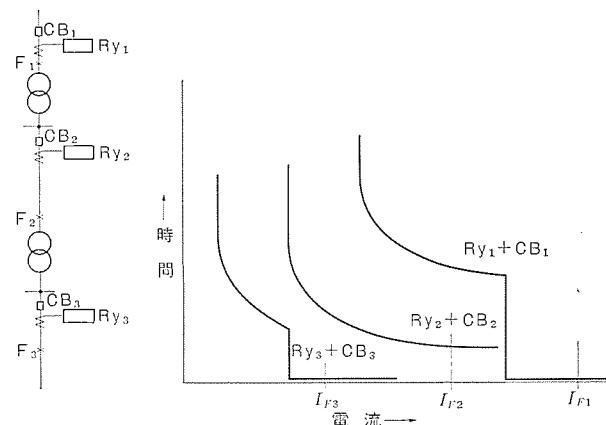


図 10. 過電流保護協調（例）

表 2. 過電流継電器の慣性特性

区分	動作値消費 VA	動作時間	通電時間	規 格
誘導形	—	—	0.6×T <sub>10</sub>	JIS C 4602 高圧受電用誘導形過電流継電器
	1 VA 以上	1.3 秒超過	0.85×T <sub>10</sub>	JEC-174 A 過電流継電器
		1.3 秒以下	動作時間 - 0.2 秒	
	1 VA 未満	—	0.6×T <sub>10</sub>	
静止形	—	—	0.9×T <sub>10</sub>	

- 注 1. T<sub>10</sub>：公称動作電流値の 1,000 % 入力を与えたときの公称動作時間  
2. 假時要素を最小動作値に整定（タップ値を最小）、最大動作時間に整定（タイムレバーを最大）して公称動作値の 1,000 % の電流を上表通電時間に示す時間だけ流したとき、繼電器は動作してはならない。

ている。一方ループ状配電系統に対しては方向過電流継電方式が用いられる場合もあるがループの形態にもよるが、継電時間が長くなり、電力会社系との協調がとれなくなるため、ループ系の保護には前述の表示線継電方式が採用される。なお樹枝状系統でも、段数が多くなるとこの場合も継電時間が長くなるため、重要配電区間に表示線継電方式などの高速度継電方式を採用する場合もある。

### 7.2 過電流保護協調の基本

過電流保護を行う場合には上記のように段階時限方式となるが、具体的には図 10. に示すように各“継電器（Ry）”+“しゃ断器（CB）”の動作時間が上位のものと下位のものとがクロスしないように協調をとる。これを式で示すと式(1)となる。

$$k_n R_n > R_{n+1} + B_{n+1} \quad \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 R<sub>n</sub> : 第 n 区間の継電器動作時間

k<sub>n</sub> : 第 n 区間の継電器の慣性係数

R<sub>n+1</sub> : 第 n+1 区間の継電器の動作時間

B<sub>n+1</sub> : 第 n+1 区間のしゃ断器の全しゃ断時間

なお式(1)の慣性係数については、表 2. のように定義され決められている。この慣性係数を無視すると下位系の事故時、上位系のしゃ断器も動作し、いわゆる直列しゃ断となつて不測の事態を招くので注意を要する。

この保護協調を検討するためのスタート点は受電点に要求される継電時間からはじまる。一例として特高受電保護における“継電器動作時間”+“しゃ断器動作時間”を受電変圧器 2 次側短絡事故時、0.6 秒とされている場合には、この時間を起点として構内の保護協調を検討することになる。

図 10. において、それぞれの区間の結び目に変圧器が介在しており変圧器の 1 次側と 2 次側で故障電流の区別が付けられる場合には、それぞの過電流継電器に瞬時要素を付けたもの（三菱 CO-16 I, CO-18 I 形等）を使用すれば保護協調がとれやすくなる。

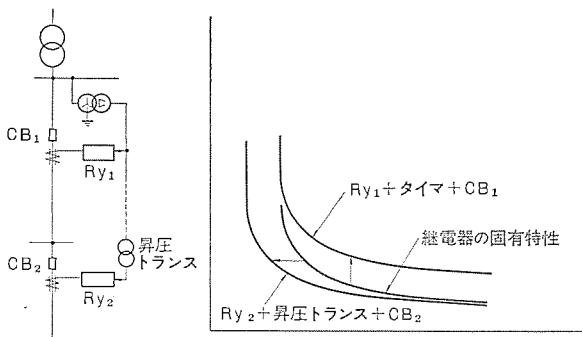


図 11. 昇圧式地絡保護(例)

### 7.3 電力ヒューズ

樹枝状系統における過電流保護では末端はとにかく最短時間で電路を切るようにすればよいので、短絡電流だけを対象に考えたときは電力ヒューズで間に合わすことも考えられる。ただししゃ断器とは本質的に機能が違うので電力ヒューズ同志の時間差協調はとれない。

またこれのみでは通常の負荷電流の開閉もできないので電力ヒューズと開閉用コンタクタを組合せたコンビネーションスイッチなるものがある。これは電力ヒューズの限流効果により電力ケーブルも細くすることができるなどの長所もあり経済的にもなるので最近は大いに活用されている。現在使用されているものは高圧 3 kV 6 kV とも定格電流は 200 A まであるが、しゃ断容量は 40 kA (3 kV で 250 MVA, 6 kV で 500 MVA いずれも対称値相当) であるので末端負荷回路の開閉装置にはほとんどこのコンビネーションスイッチが使用できることになり、保護協調上でもほとんどの場合矛盾なく使用できる。

### 7.4 地絡保護

構内における地絡保護は、図 10. のように各区間の結び目に変圧器が介在している場合には、その区間単位で地絡保護を考えればよいことになる。

構内配電線が 100 A 接地率の場合は地絡過電流継電器（三菱 CO-18, COG-2 形等）又は地絡方向継電器（三菱 DGB-3 形）を、また非接地系 3 kV 配電線には、この用途専用の地絡方向継電器（三菱 CWG-2 B 形又は TWG-1 B 形）を用いる。

一方、区間の結び目に変圧器が介在せず、図 11. のような場合には段階限時方式を適用することになる。

CO-18 形、COG-2 形及び DGB-3 形等の継電器には、動作電流整定用のタップと時限整定用のダイヤルとをもっているため段階限時方式の適用が容易であるが、CWG-2 B 形を使用する場合にはこうした整定部を有していないため、下位の CWG-2 B は電圧を昇圧し感度を上げ、上位の CWG-2 B は限時継電器を付加し、動作感度及び動作時間に差を設けることができる。

## 8. 買電自家発並列運転時の解列保護

買電系と自家系とが図 12. のように常時並列運転されている場合には、受電点に買電系に事故が発生した場合それを検出し並列を解列する保護装置が必要である。すなわち今まで買電電力と自家発電力の和でまかなっていた電力が、買電系の事故により自家発は事故点への供給電力と工場負荷の電力をと、更に買電系が停電した場合には工場負荷をすべてまかうことになり、自家発は過負荷となり工場の全系統が停電することになる。

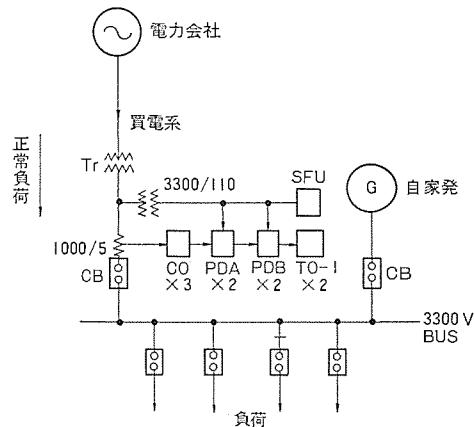


図 12. 自家発解列保護装置

買電系との解列保護には、①有効電力の流出保護（買電系の電源脱落時）及び②無効電力の流出保護（買電系の短絡事故時）、場合によっては③無電流検出保護（買電系の停電）などがある。

①に対しては三菱 PDA 形継電器が用いられ、PT, CT 2 次側で 110 V, 0.1~0.5 A の感度を有する。なおこの継電器を使用するばかり、自家発並入時の電力動搖による不要動作を避けるため限時継電器を併用する。また②に対しては三菱 PDB 形継電器が故障検出継電器（三菱 SFU-2 形）及び限時継電器と併用して用いられる。この PDB 形継電器は PT, CT 2 次側で 0.1~0.5 A (無効分) の感度を有する。③については三菱 TO-1 形継電器 (0.1~0.8 A) を用いて不足電流検出を行うことになる。

## 9. 絶縁協調

保護装置を広義に考えるときはこのほかに各機器、装置の信頼度の協調調和と絶縁強度の協調調和を計ることも大切である。絶縁協調は外雷内雷に対して各機器の配列、絶縁強度、異常電圧抑止策などを工夫実施することであるが、この中で最も大きい役割を演ずるのは避雷器の設置と地絡時の異常電圧抑制装置である。

避雷器の有効保護範囲は通常その設置点より 30~50 m 程度以内である。また電路中には架空線、ケーブル、変圧器などがありここをサーリー電圧が移行するときは、それぞれサーリーインピーダンスが異なるためこの接続点では透過と反射が起こり、時により進行波以上の高電圧となる。避雷器を架空線とケーブルの接続点に設置したり、変圧器の端子に近い位置に設置するのが良しとされるのはこの理由による。

地絡時の異常電圧抑制装置については、近年ケーブル配線が増えてきたため高圧系統についても問題視されるようになってきたもので、充電電流の多い系統（ケーブル系統）では、非接地系（GPT 接地系）ではなく抵抗接地系にして異常電圧の抑制を計らねばならない。特に高圧電動機を設備している所ではモータを焼損してしまう危険度が高いので必ず抵抗接地系にすることが必要と考える。

## 10. むすび

以上各種保護装置の特質、適用法、協調なども参考にして事故範囲の極限化、事故による損害の縮小化を計ったものとして、安心して使用できる設備としておかれることを推奨する。

### 参考文献

- (1) 特別高圧需要家受電設備、電気協同研究、29、4 号

# 受電用変圧器

崎村明生\*・白井満\*・板東央静\*

## 1. まえがき

我が国経済の高度成長に伴う電力需要の増加は、まことにめざましいものがあり、一般需要家における受電設備も大型化の傾向にある。また、変電所の敷地の縮小、環境保全面での公害防止などにより、機器設置場所は制約を受ける一方、安全性及び信頼度の点では、高水準の受電設備が強く望まれている。

ここに、受電設備のなかで最も重要な機器の一つである受電用変圧器について最近の傾向を取り上げ、それぞれの電力系統、使用目的、設置場所に応じた受電用変圧器、並びにそれに関連した事柄について述べる。

## 2. 受電用変圧器の傾向

受電用変圧器は、電力会社から供給される電力を工場並びにビルなどの動力、照明、その他の種々の負荷に適した電圧に変換することを目的としたものである。

変圧器は、電力需要の急速な伸展、信頼性の向上、経済性などから、近年ますます大容量化・高電圧化の傾向にあるが、一般需要家の主動力源設備である受電用変圧器もこの例外ではない。

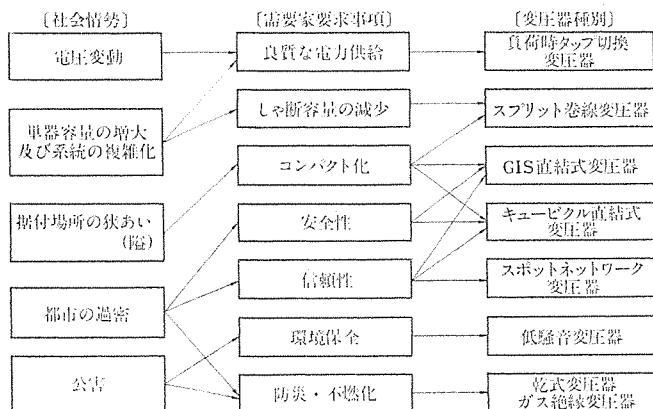
その結果、電力系統は複雑多様化し、電圧変動の増大、並びに変圧器2次側のしゃ断容量の増加をきたすことになった。これらに対処するため、前者では負荷時タップ切換変圧器を、後者ではスプリット巻線変圧器を採用している。

一方、十分な変電所用地の確保、都市の過密化、加えて公害問題はますます深刻となりつつあり、変圧器をよりコンパクトなもの、安全かつ高性能という要求が強くなってきている。

安全性、据付面積の縮小、保守の省力化を十分に発揮しているガス絶縁開閉装置(GIS)、及び全天候キュービクルに直結されるGIS直結式変圧器、キュービクル直結式変圧器が、上記の要求を満足させるものとして注目されている。

騒音防止地区では低騒音変圧器。防災・不燃化を要求されるビル・地下変電所・化学工場などではH種乾式変圧器・ガス絶縁変圧器

表1. 変圧器概略選定基準



と、それぞれの要求に応じたものを設計・製作している。

負荷密度の高い都心ビルでは、供給信頼度に万全を期するスポットネットワーク方式が採用されるが、この方式に用いられるスポットネットワーク変圧器が多くなりつつある。現在の社会情勢と、それに対する需要家要求事項、並びにそれぞれに適応した変圧器との関連を表1.に示す。

以上、おのおのの変圧器についての特長を挙げ、順次述べていく。

## 3. 負荷時タップ切換変圧器

負荷時タップ切換変圧器の設置が必要となる条件としては、電源側系統の電圧変動が大きい場合、負荷が変動負荷である場合、また故意に負荷側電圧を制御する必要がある場合(定電流負荷など)などであるが、最近の傾向として設備電気機器の有効利用に対する配慮や、精密電気機器の多用化などとあいまって負荷時タップ切換器の進歩・改良もめざましいものがあり、低価格・高性能・高信頼度のものがそろい、従来の負荷時タップ切換変圧器のネックであった保守・信頼性・価格などの面が大幅に改善されてきたこともあり、負荷時タップ切換変圧器の需要は、ますます増加の途をたどっている。また、最近になって省エネルギーの観点から設備電気機器の高効率利用ということが各方面で呼ばれているが、その一環として特に大口需要家などで自家発電と買電とを併用連系するための特殊連系装置用の負荷時タップ切換移相調整器・連系用変圧器の需要が目立っている。

以下、負荷時タップ切換変圧器の仕様選定に際しての参考資料として、負荷時タップ切換変圧器の特長・留意点について簡単に述べる。

### (1) 負荷時タップ切換器を取付ける巻線の選定

#### (a) 電源側巻線に取付ける場合

この方法は、電源電圧の変動が多く、負荷側出力電圧を一定にする場合に有利である。

#### (b) 負荷側巻線に取付ける場合

この方法は、負荷変動が激しい場合などで、負荷変動に応じて出力電圧を調整しようとする場合や、定電流負荷のように、故意に出力電圧を制御しようとする場合に有利である。

しかしながら、実際にはタップ切換器の切換能力・絶縁耐力などのタップ切換器自身の適合性能から取付方法が制約される場合が多い、すなわち電圧の高い巻線に取付ける場合には、高絶縁耐力が必要であるが、切換電流は少なくてすむ、また逆に低電圧巻線に取付けると、低絶縁耐力でよいが、大電流になる。したがって、変圧器本来の原理からすれば、どちらの巻線に取付けた場合にも、電源側巻線より負荷側巻線を通して見た総合的な巻数比で電圧・電流が変成されるわけであるから、結果的には基本性能は変わらないことになるので、電源側・負荷側の状態、経済性などを総合的に各場合に応じて検討し、最も有利な方式を決定しなければならない。

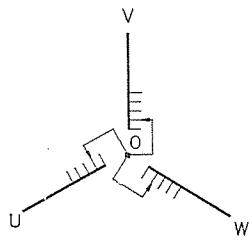


図 1. 星形結線

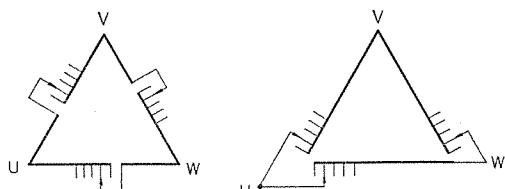


図 2. 三角結線

#### (2) 電圧調整範囲、タップ切換点数の選定

電圧調整範囲が広ければ広いほど、変圧器巻線の容量、及びタップ切換器の切換容量は増大するので、必要最小限にとどめなければ不経済になる。タップ切換点数は、1タップのステップ電圧値によって決定される。ステップ電圧が小さいほどきめこまかな電圧調整が可能になるが、不必要的微細な調整は避けなければならない。なぜならば、タップ切換器の寿命はほとんど切換動作回数で決定されるからである。

#### (3) 負荷時タップ切換器取付巻線の結線方式と取付場所

##### (a) 星形結線の場合

図 1. に示すように、星形結線の中性点に取付ける方式で、現在の負荷時タップ切換方式の主流になっており、切換器の三相間に発生する電圧が小さいうえ、段絶縁変圧器などでは切換器本体の絶縁階級を巻線の中性点と同等まで低減できる。

##### (b) 三角結線の場合

図 2. に示すように、タップ巻線が各相に分散するため、切換器の三相間に巻線の相電圧に近い電圧が発生することになり、高電圧回路の場合にはタップ切換器の絶縁が困難になる。したがって、場合によっては単相用切換器を2ないし3台使用することもある。

##### (c) 間接切換方式

前記(a), (b)の場合は、直接切換方式と呼ばれるが、タップ切換器能力の制約などで適合した切換器がない場合に採用される方

表 2. 負荷時タップ切換器適用一覧

負荷時タップ切換器形名	限流方式及び切換開閉器形式	標準切換能力(1タップ/相)	推奨タップ点数	使用回路電圧	最適変圧器結線
DR	抵抗式 油中切換	230 A×700 V	11点	77 kV 以下	入
		150 A×850 V		11 kV 以下	△
MRD	抵抗式 油中切換	400 A×1,750 V 280 A×2,500 V	11点	275 kV 以下	入
MRF	抵抗式 油中切換	800 A×1,500 V 480 A×25,00 V	11点	550 kV 以下	入
URS	リアクトル式 油中切換	400 A×400 V	17点	15 kV 以下	入 △
URA	リアクトル式 気中切換	400 A×400 V	17点	6.6 kV 以下	入 △

式で間接切換方式がある。この方法は、所要調整電圧電流を、切換器に適合した電圧・電流になるよう調整巻線を通して変成し、タップ切換えを行ってから再び回路に直列に接続された直列変圧器を介して主回路の電圧調整を行う方式である。したがって、直接式と比べて構成が複雑になる。

以上、負荷時タップ切換変圧器の仕様選定について述べたが、最近の三菱変圧器に用いられている負荷時タップ切換器の仕様選定一覧を表 2. に示す。

#### 4. スプリット巻線変圧器

電力需要の増大とともに、変圧器の単器容量も次第に大きくなっている。これは変圧器の信頼性の向上及び経済性によるものである。しかし2次側のしゃ断器の選定上、変圧器を2台に分割する必要が生じてくる。特に2次側電圧が6 kV, 3 kV の場合には、経済的なしゃ断容量を持ったしゃ断器に制約があり、このような場合にスプリット巻線変圧器を採用すると便利な場合がある。

##### (1) 適用上の特長

図 3.において、(a)のようにP/2 kVAの変圧器を2台にして、それぞれ独立の負荷回路にするよりは、(b)のようにP kVAの変圧器1台にして2次側母線に分岐させ、2つの負荷回路にするほうが、変圧器は経済的で、しかも据付スペースを節減できるのは当然のことである。

いま、(a), (b)の変圧器ともにおのおのの容量基準における%インピーダンスを同一とすれば、変圧器2次側しゃ断器は、(b)の場合には(a)の2倍のしゃ断容量のものを必要とする。

逆に、2次側しゃ断器を(a), (b)ともに同じしゃ断容量のものを使用するとすれば、変圧器容量基準における%インピーダンスが、(b)の変圧器は、(a)の変圧器の2倍になり、変圧器の経済性から制約されることになる。このような場合に(c)のスプリット巻線を採用すれば、経済性からは(a)と(b)の中間にあり、また2次側しゃ断器は(a)と同等のものを使用できる。

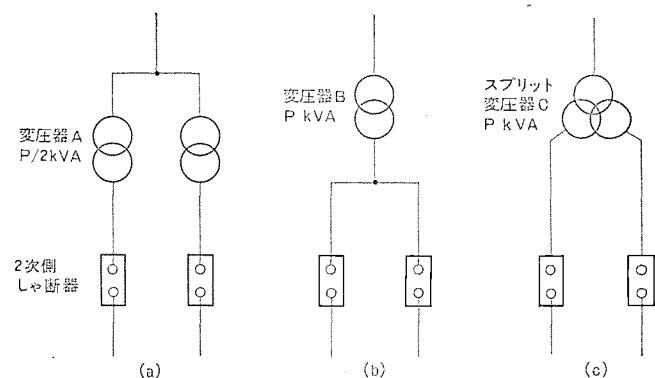


図 3. 負荷による変圧器の設置例

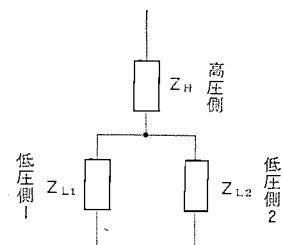


図 4. スプリット巻線変圧器のP kVAベースにおけるインピーダンス

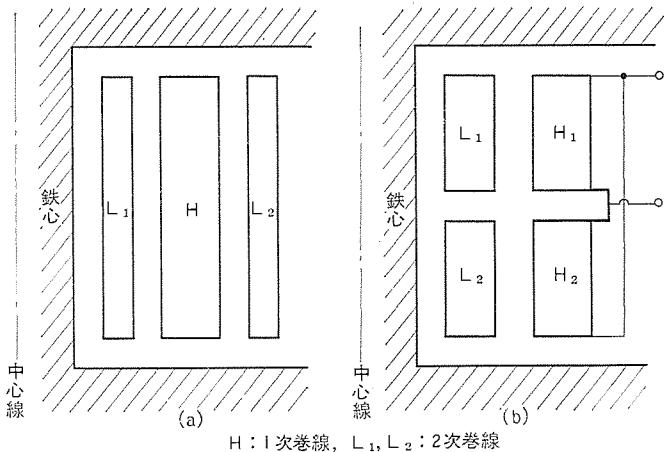


図 5. スプリット巻線変圧器巻線配置

表 3. 巻線配置によるインピーダンス値の比較

2次巻線容量基準	巻線配置(a)	巻線配置(b)
% Z <sub>H-L<sub>1</sub></sub>	Z	Z
% Z <sub>H-L<sub>2</sub></sub>	Z	Z
% Z <sub>L<sub>1</sub>-L<sub>2</sub></sub>	約2.2Z	約1.8~2.0Z

図 4. のように、スプリット巻線の % インピーダンスをそれぞれ  $Z_H$ ,  $Z_{L_1}$ ,  $Z_{L_2}$  とすれば、後に示すように巻線配置によって多少は異なるが、およそ次のようになる。

$$Z_H \approx 0$$

$$Z_{L_1} = Z_{L_2} \approx 2Z$$

ただし、Z は(a)変圧器の PkVA 基準における % インピーダンス。

このように、スプリット巻線は 2 次側しゃ断器のしゃ断容量を増大させることなく、本来 2 台に分けるべき変圧器を巻線の分割によって 1 台の変圧器にまとめることが可能で経済的であり、据付スペースの縮小などの利点を有している。% インピーダンスなどの特性についても別々の 2 台とほぼ同等と考えて差しつかえない。

#### (2) 巻線配置と % インピーダンス

内鉄形スプリット巻線配置は図 5. のように 2 通りある。すなわち、(a)の巻線配置は、1 次巻線 H を 2 次巻線 L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> の中間に配置させた径方向スプリット巻線である。H-L<sub>1</sub>, H-L<sub>2</sub> 間距離の適切な選定によって両者間の % インピーダンスを合わせることができる。また、(b)の巻線配置では、二つに分割された 1 次巻線を並列に接続し、それぞれに対応した 2 次巻線 L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> を上下に配置させる軸方向スプリット巻線である。いずれの巻線配置においても、2 次巻線 L<sub>1</sub>-L<sub>2</sub> 間の磁気的結合は比較的に疎となり、例えば 2 次巻線のいずれか一方の負荷が、電動機でそれを起動した場合に他巻線側負荷に及ぼす電圧変動は少ない。

これら巻線配置における % インピーダンスの関係を表 3. に示す。また、このような巻線配置は L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> の電圧が異なる場合にも適用することができる。ただし、L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> の電圧比の大きな場合には、おののの巻線絶縁、1 次巻線間絶縁が互いに異なるので、有利性が多少失われる。

### 5. GIS 直結式変圧器

GIS の本来のメリットを十分に生かすように GIS と変圧器とを直結しようという配慮から、GIS 直結形変圧器が誕生した。変圧器の電気的仕様には、特別に目新らしいものはないが、外観・構造上の特

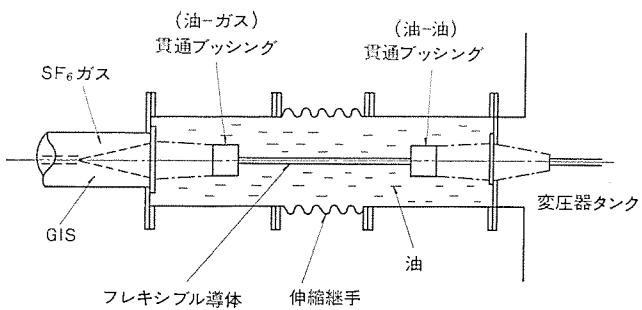


図 6. GIS-変圧器接続室構造図

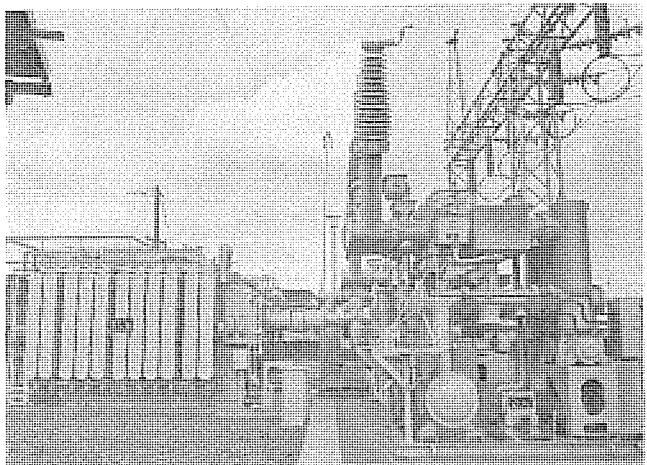


図 7. ガス絶縁開閉装置(GIS)直結式変圧器

長について簡単に述べる。

(1) ケーブル その他の GIS と変圧器間の中間接続部分が不要であるため、設置スペースが小さく、外観構造もシンプルでしかもケーブルなどの保守点検の手数が省ける。

(2) 充電部分が外部に露出しないので安全で、塩害などの汚損に対する心配がない。

#### (3) 接続室の構造

図 6. に示すように、変圧器と GIS 側ガス室とが完全に仕切られた絶縁油入りの接続室を介して GIS と変圧器の充電部とを接続している。また、接続室の中間にはペローズ式伸縮継手を使用しているため、相互機器間の有害な振動をしゃ断するとともに、熱膨脹などによる変位も吸収できる。万一、GIS 側のガスが接続室内に漏れても、変圧器本体側と完全に仕切られているので事前に発見可能で、SF<sub>6</sub>ガスが変圧器本体油中に混入する恐れはない。

### 6. キューピクル直結式変圧器

電気機器のほとんどすべてがキューピクルに内蔵されるが、変圧器は他の電気機器と比べてスペース的に大きいこと、屋内仕様と屋外仕様とで大差がないこと、當時相当量の発熱があり、冷却が大がかりになるとことなどの理由から、キューピクルに内蔵してもメリットが少ないので、変圧器のブッシング部分のみをキューピクル内に残して他の部分を屋外に設置するという発想から、キューピクル直結式変圧器という構造が生まれた。構造上、次のような特長がある。

(1) 変圧器ブッシングがキューピクル内にあるので、屋内仕様のものでよく、外部に充電部分が露出しないので安全で、塩害など汚損に対する考慮も一切不要である。

(2) ケーブル・架空線などの中間接続物がないので、据付スペースが小さくなり、外観もすっきりしたものになる。

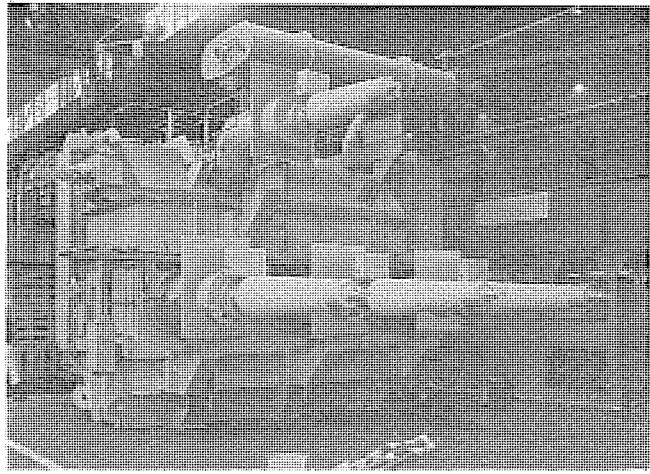


図 8. キュービクル直結式油入変圧器  
3 φ 50 Hz 60/60/15 MVA 157/22/6.6 kV

### (3) 概略構造

キュービクル 壁面に開口部を設け、この部分より変圧器のブッシング部をそう入し、変圧器側のフランジでこの開口部を密閉する。普通この開口部形状は、変圧器にブッシングを取り付けた状態で変圧器の脱着ができるように設計されているので、万一の場合の変圧器の脱着、及び据付時の組立に際しても十分に配慮されている。

## 7. スポットネットワーク変圧器

都市の過密化に対して電力供給の信頼度、機器保守の省力化、経済性に最も適した近代的な配電方式としてスポットネットワーク受電設備がある。このスポットネットワーク方式は、負荷の集中するビル関係が多く、超高層化されつつある今日では、不可欠のものとなっている。

スポットネットワーク変圧器の特長は、次のとおりである。

- (1) 逆電力しゃ断機能を満足させるため、定格電圧の90%電圧時における鉄損を大きく取らなければならない。
- (2) 事故時に供給電力をほとんど低下させることなく、連続して給電するため、130% 8時間の過負荷運転可能な条件が付加されている。

## 8. 変圧器の防音対策

受電用電気機器のうちには、変圧器や冷却扇、油ポンプのほかにしゃ断器、コンプレッサなどの運転中に騒音を発生するものがある。変圧器や冷却扇、油ポンプは、連續音であるのでその騒音を小さくすることが要求される。変圧器騒音の大きさは、JEM 1118に示されているが、更に騒音を小さくするには次の方法がある。

- (1) 変圧器鉄心の磁束密度を下げる。
- (2) 磁わい(歪)の小さい鉄心を用いる。
- (3) 鉄心・巻線などの変圧器中身をしっかり固定する。
- (4) 冷却扇・油ポンプを用いない自然冷却方式を採用する。
- (5) 防音壁を変圧器タンクに取付ける。

変圧器の騒音は、鉄心の磁わいによって発生する音が主で、その周波数特性は図9に示すとおり励磁周波数の倍調波成分が多い。磁わいは、磁束密度に応じて増減するので、鉄心の磁束密度を下げることは騒音を小さくする上で確実な方法であり、大体0.1 wb/m<sup>2</sup>当たり3 dBの割合で下がる。磁わいの小さな素鋼帯を用いることも、騒音を小さくするのに役立ち、最近ではハイバー鉄心も使用されるようになった。変圧器タンクや鉄心の共振周波数を騒音の周波数成分からはずすことや、鉄心や巻線を強固に固定することも、異常な騒音増加を防ぐのに役立つ。変圧器の騒音を外部的にしゃ音するには、低周波音に対する吸音率が高いロックウールを張り付けた図10のような構造の防音壁を変圧器タンクに取付ける方法が多く用いられる。防音壁による騒音低減の度合は表4に示すように、防音壁の種類によって異なり、例えば60 kV 10 MVA 変圧器を55 dB以下にするには、鉄板コンクリート防音壁が用いられる。

建屋の階上に変圧器が設置される場合には、設備室自体を防音処理することが望ましく、室内で音の反射による増幅作用がないように十分に吸音材を施すことが大切である。また、変圧器の振動が建屋の基礎に伝わって周囲の物に影響を与えないよう変圧器と床の間に防振ゴムを均一に敷き、固体振動をしゃ断することも大切である。

変圧器の騒音を敷地の境界で抑えようとする場合には、変圧器に

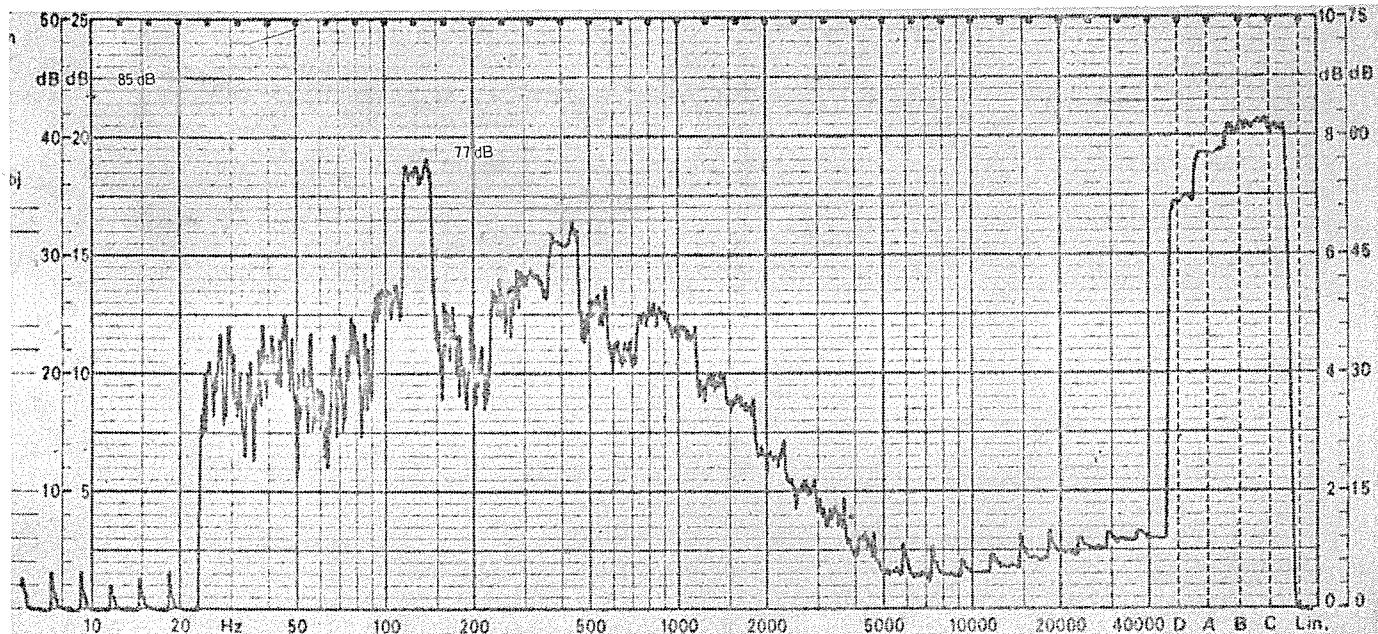


図 9. 変圧器騒音の周波数特性例 (三相 21 MVA 22/3.3 kV)

囲いへい(塀)を施したり、キューピクルを前面に設置して音の回折減衰を利用する方法もある。騒音は遠くなるほど小さくなり、この距離減衰の度合は図11に示すとおりであるが、最近では受電所周辺の騒音分布を電子計算機で計算し、敷地境界で騒音が小さくなる

表4. 変圧器の低騒音対策

低騒音対策	騒音低減量
磁束密度を下げる	~5dB
1重鉄板防音壁を設ける	6~10dB
2重鉄板防音壁を設ける	11~15dB
鉄板コンクリート防音壁を設ける	16~20dB
コンクリート建屋に収納する	21dB以上

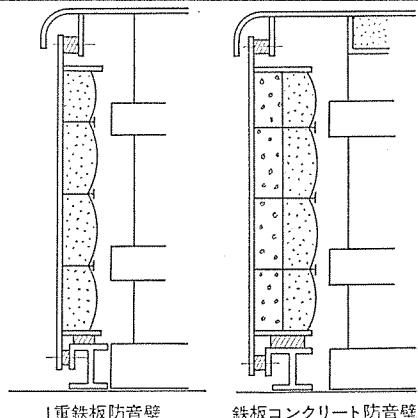
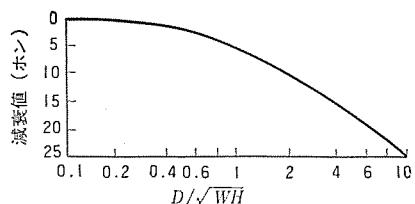


図10. 変圧器防音壁構造



ただし  $D$ =タンクより測定点までの距離  
 $W$ =タンクの長さ  
 $H$ =タンクの高さ

図11. 変圧器騒音の距離減衰

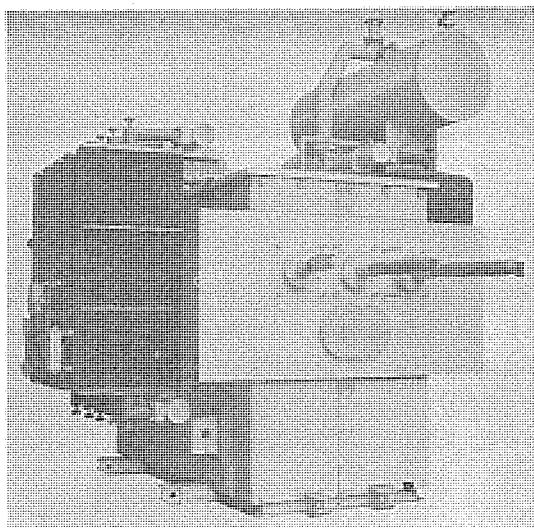


図13. 低騒音キューピクル直結式油入変圧器  
 $3\phi 50\text{ Hz } 4,000\text{ kVA } 66/6.6\text{ kV } 50\text{ ホン}$

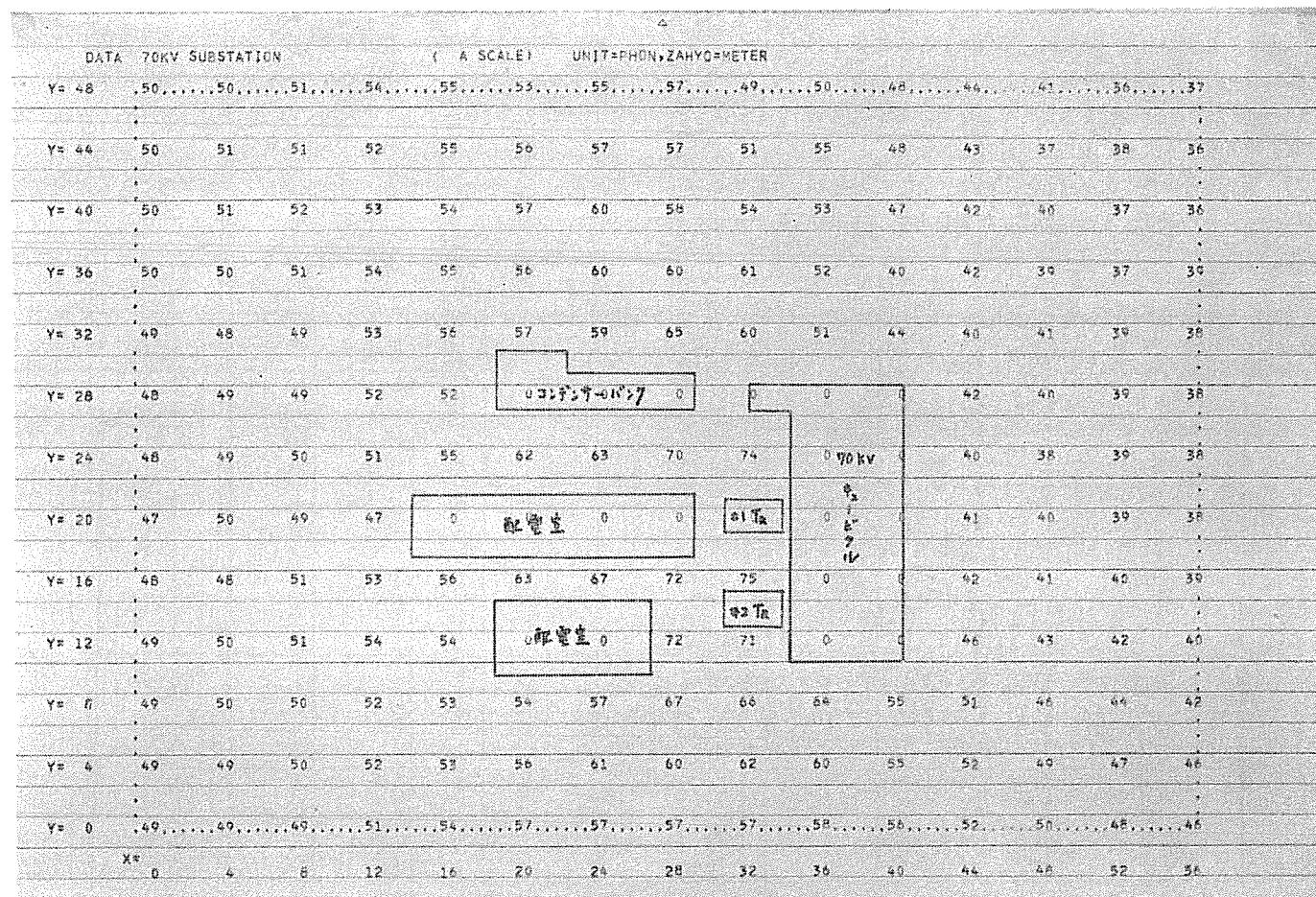


図12. 受電所周辺の騒音分布

ように機器の配置を考える方法が用いられている。

## 9. 変圧器の不燃化対策

変圧器を不燃化することは、受電設備の防災の点で大切な事柄である。受電設備の消火設備は、消防法第9条及び施行規則第6条に基づいて各市町村の条例で定められている。油入変圧器では、タンクを丈夫にしたり、放水管を設けるなど、変圧器事故を外部に波及させない処置がなされているが、消火設備としては、一般に固定式又は大形消火装置が取付けられる場合が多い。変圧器自体を不燃化したものとしては、H種乾式変圧器とガス絶縁変圧器とが挙げられる。

### (1) H種乾式変圧器

H種乾式変圧器の特長は、不燃性・非爆発性のものであり、変圧器の据付と保守・点検が簡単であること、耐熱性に富み、長い寿命が期待できることである。H種乾式変圧器に使用される絶縁材料は、マイカ・アスペスト・磁器・ガラスなどの無機材料をシリコンワックスで処理したもので、不燃性材料が多く使用されている。H種乾式変圧器は、キュービックに組み込まれる場合が多く、外部と隔離されているので、特に防火壁を設ける必要もなく、またキュービックは、風冷式変圧器の場合に冷却効率を向上させる風洞の役割を果たす。このように、不燃化の必要な場所で多く用いられ、30 kV以下で10 MVAまでの受電用変圧器として製作されている。

### (2) ガス絶縁変圧器

電気絶縁性に優れたSF<sub>6</sub>ガスを密封した変圧器が、最近製作されるようになった。ガス絶縁変圧器は、不燃性・非爆発性であり、湿気・ほこりの心配がいらず、保守・点検が簡易であること、変圧器騒音が小さく絶縁性に優れた軽量な変圧器である。変圧器には、常温で1.5気圧のSF<sub>6</sub>ガスが封入されているが、万一、異常な圧力上昇やガス漏れが発生した場合には、迅速に検出できるガス圧力検知器が備えられており、またSF<sub>6</sub>ガスが大気圧になってしまっても支障なく運転できる。SF<sub>6</sub>ガスは、無毒・無害で安全性に富んでいるほか、不活性であるので、変圧器に使用される絶縁材料の劣化がなく、長い寿命が期待できる。同一電圧を課電したときのSF<sub>6</sub>ガス中の部分放

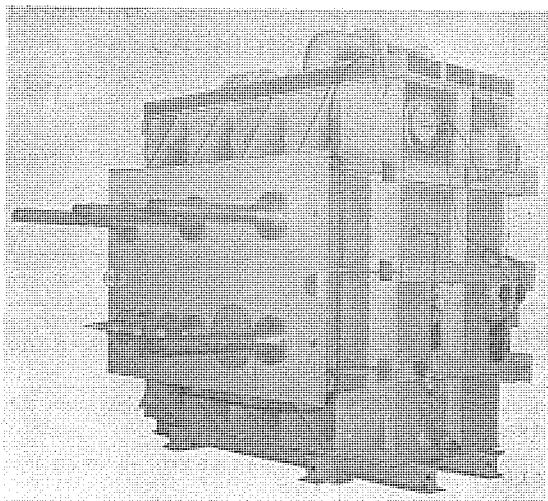


図 14. ガス絶縁変圧器 3φ 60 Hz 3,000 kVA 77/3.3 kV

電电流は、空气中と比べて約1/10と小さく、SF<sub>6</sub>ガスが耐電圧特性に優れているので、ガス絶縁変圧器は60 kV、70 kV受電用変圧器として使用され、3 MVA未満は自冷式を、3 MVA以上は風冷式が採用される。

## 10. 100 kV, 140 kV級受電用変圧器

受電用変圧器の受電電圧は、10~70 kV級が主であるが、経済性などによる最近の高電圧化傾向により、110 kV、154 kV受電も多くなりつつある。殊に、これらの受電電圧では、変電所機器据付スペースの縮小の面から、ガス絶縁開閉装置(GIS)・特高キュービックが採用されることが多いが、受電用変圧器も安全性・コンパクト化、更に耐汚損の要求から、充電部を露出しないGIS直結式変圧器、キュービック直結式変圧器、及びケーブル接続のエレファン式変圧器が、それぞれに応じて適用される。

受電用変圧器では、これら110 kV、154 kVの送電電圧を受け、直接3 kV又は6 kVに降圧される場合も少なくない。このように、変圧比の大きな変圧器が送電系統に接続されることにより、線路より雷サージ及び開閉サージなどの急しゅん(峻)波が侵入した場合には、静電的移行電圧によって低圧巻線が危険にさらされることがある。

この静電的移行電圧は、変圧器巻線の静電容量によって決まる。いま、低圧側巻線に移行する電圧V<sub>2</sub>は、高圧側印加電圧V<sub>1</sub>、高低圧巻線間静電容量C<sub>12</sub>、低圧巻線対地間静電容量C<sub>2e</sub>とすれば、次式で表わされる。

$$V_2 = C_{12}/C_{12} + C_{2e} \times V_1$$

C<sub>12</sub>、C<sub>2e</sub>の値は、電圧及び容量によって異なるが、通常、数千 pFであるから、これら巻数比の大きな変圧器では、高圧印加電圧の50%の程度まで移行する可能性がある。

このため、100 kV、140 kVより3 kV、6 kVに降圧する変圧器では、低圧側にサーヴィアブソーバとしてコンデンサを設置するか、静電放電器を取付けてこのような移行電圧に対処している。

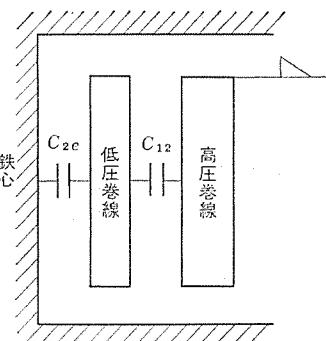


図 15. 変圧器静電移行電圧

## 11. むすび

昨今の社会情勢は、機器の経済性・安全性・信頼性に加え、環境保全を重んじ更に保守及び点検における省力化を要求している。今後も、これら要請に沿った製品の製作に心掛けたい。

# 自家用特高開閉装置

田和 穂\*・横山 登\*・大本 豊重\*・丸谷 朋弘\*

## 1. まえがき

自家用変電設備と一口に言っても、その用途は極めて多岐にわたり、その規模の大小や立地条件によって採用される電圧もまた広範囲にわたるが、ここでは電圧を特別高圧注(1)に絞り、下記各項の概要を述べることとする。

- (1) 製品概要とその適用
- (2) 特高開閉配電盤
- (3) ガス 絶縁開閉装置

注(1) 特別高圧とは、交流 7,000 V 以上の電圧を言うが、本文では 11~275 kV の範囲で記述する。

## 2. 製品概要とその適用

自家用変電設備に用いられる特高開閉装置のハードウェアは、おおよそ「閉鎖配電盤」と「ガス 絶縁開閉装置」とに大別され、その電圧範囲は次のとおりである。

特高開閉配電盤………11注(2)~154 kV

ガス 絶縁開閉装置 ……66~275 kV

そして、これらの装置は、おののその特色を生かして適材適所に多数使用されているが、本章ではそれぞれの概要とその適用について述べる。

注(2) まれには、大定格電流・大短時間電流のため、高圧の範囲においても、特高しや断器を用いることがある。

### 2.1 特高開閉配電盤の概要とその適用

特高開閉配電盤は、日本電機工業会標準規格に制定されている、3.3~33 kV の範囲に入るものと、66 kV 以上のものとに大別され、66 kV 以上のものについては、製造者によって若干基本的考え方の相違するものがあり、現在のところ、適用する規格はないが、当社では、33 kV 以下と同一思想ということを基本線として JEM-1153 を準用している。

閉鎖配電盤の使用される目的を考えてみると、

- (1) 人間に対する安全の確保
  - (2) 電力の長期安定使用
- の 2 点に絞られよう。

(1) の「人間に対する安全の確保」のための対策は、「接地された金属による匂いと、内部仕切りの施工」につきまとめて過言ではない。最近とみに重視される人的災害を防止するための、最小限に必要な要請であろう。

ちなみに、米国「ANSI-C 37・20」や、欧州「IEC-Publication #298」などにも、接地された金属による匂いと仕切りを要求していることでも、この要請の妥当性が認められるところである。

言い換えれば、電力を使用するための設備に保護継電器を設置するのと全く同じことであるとも言える。

日常、保守のために設備を監視する保守員の安全が確保されてい

ることは当然のことであり、また当然であるが故に軽視される面もあるが、最も重要なポイントである。

また、特高開閉配電盤には、原則として空気絶縁方式を採用しているが、これは絶縁材料として最も安全で、かつ劣化することのないものであると同時に、点検必要機器の目視が容易に可能となる。例えば、電力会社供給品（ケーブル終端箱、取引用変成器など）の目視点検、又は責任分界点や断路装置の目視による確認の容易さなど、これらも当然であるが故に忘れられがちな特長であり、やはり人間の安全確保に貢献するところ大なるものがある。

ただし、66 kV を超えるものは空気絶縁距離が大きくなり、ハードウェア自身も大形化してくるため、屋内使用などにおのずと制限を受ける欠点があることは否めない。

次に、(2)の「電力の長期安定使用」のための対策を考えてみると、元来「電力の使用」という目的からすれば、

- (a) 必要機器と主回路導体
- (b) 必要計器・継電器類
- (c) 低圧配線及び空気配管

を、法令の定めるところに従って配置し、接続すればよい訳であるが、不時の電力停止に伴う人災防止、生産上の損害、公害問題などを考えると、このような機会損失を極力減少させる対策が要請されるのは、当然のことであろう。

この対策としては、電力を「長期にわたり安定」して使用することができなくなる要因を無くしていくことが結論である。これを表1.に示す。これを要訳すれば、「接地された匂いと、接地された内部の仕切りが必要で、かつ匂いは必要に応じて密閉可能な構造であること。」となり、これが閉鎖配電盤の持つ特長である。反面、腐食・結露・発熱などの問題が生じるが、これらについては各設置場所に応じた適切な対策がとられている。

以上が、閉鎖配電盤の概要で、特に据付 スペース 上に問題がない場

表 1. 電力の長期安定使用阻害項目とその対策

項目	対策
人間が誤って感電することによる事故	外周に接地された匂いを設ける 内部にも容易に充電部にふれられないような接地された仕切りを設ける
風、雨、雪害による事故、強風時の飛来物による損傷	外周に適度な強度を有する匂いを設け、防水形とする
地震による損壊	寸法が小さくなるため、一体基礎が経済的に可能となる
小動物などによる事故	外周に小動物侵入防止を考慮した匂いを設ける
汚損大気やじんあい、台風時の急速汚損による事故	外周に密閉された、又は必要なときに密閉可能な匂いを設ける
地絡事故の早期発見と除去	外周と内部の仕切りを接地された金属で製作する
事故発生時の波及防止	機器間に仕切りを設ける
単位回路ごとの点検	単位回路ごとに仕切りを設け、断路器を開閉することによって点検可能とする

合には特高回路のあらゆる用途に適合するものであり、中でも特に後述する 66 kV 以上の TSW 形 全天候 キュービクルは、屋外用ではあるが、主回路の多様性にフレキシブルに対応できる極めて市場指向性の強い閉鎖配電盤である。

その他、客先計画に対する適応性の良さ、閉鎖配電盤用機器の採用による信頼度向上、省力化、据付スペースの縮小化、美的感覚など、閉鎖配電盤ならではの特長が挙げられる。

## 2.2 ガス絶縁開閉装置の概要とその適用

SF<sub>6</sub>ガス（6 ふっか硫黄ガス）を絶縁と消弧媒体に使用した場合、極めて優れた材料であることが発見されて以来、66～275 kV（電力会社関係では 500 kV、将来更に高くなると考えられる）の特高開閉装置のイメージは大きな変化をとげた。

すなわち、デッドタンク形ガス絶縁しや断器を始め、各種機器をガス絶縁母線で連結して使用するガス絶縁開閉装置の出現は、特高開閉装置の占有空間を著しく減少させた。言い換えれば、ガス絶縁開閉装置は、66 kV 以上の特高開閉装置の据付スペースを大幅に縮小させ、かつ人間に対する安全と、電力の長期安定使用に貢献するものである。

ガス絶縁開閉装置は、特高閉鎖配電盤の主回路絶縁をガス絶縁に置き換えた一種の G 形閉鎖配電盤的な性格を有しているとも言え、基本的な考えは、2.1 節の特高閉鎖配電盤と共通性を有すると考えてよい。

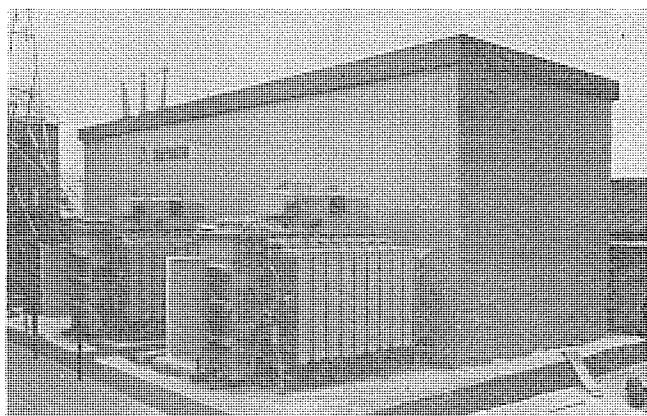


図 1. 80.5 kV 600 A TSW 形 特高閉鎖配電盤

## 3. 特高閉鎖配電盤

### 3.1 特高閉鎖配電盤の標準製作系列

三菱特高閉鎖配電盤の標準製作系列と内蔵機器の概要及びおのおのの系列における用途・適用・特長は、表 2. に示すとおりである。

### 3.2 特高閉鎖配電盤の点検

特高閉鎖配電盤に限らず、電力の使用に供せられる諸設備や機器は、基準となる条件のもとで長期間にわたって安定して使用できるものでなければならず、この基準の設定と維持が重要なポイントである。前者は設計基準であり、後者は保守基準である。

設計基準は、その設備や機器ごとに経済性、その他を勘案して決められるものであり、据付後の保守基準を軽減することが課題である。

特高閉鎖配電盤は、各種の機器や装置を一括して接地金属で覆うものであるから、開放式と比較すると、汚損に対する対策が既にとられていることになるので、この点だけでも省力化の方向に向かっていると考えてよい。

特高閉鎖配電盤を使用していく上においての点検は、大別すると次の 3 時点に分けられ、以下にそれぞれについての概要を記述する。

（なお、細部については、個々に発行されている取扱説明書によられたい。）

（1）運転前試験 （2）運転初期試験 （3）運転後試験

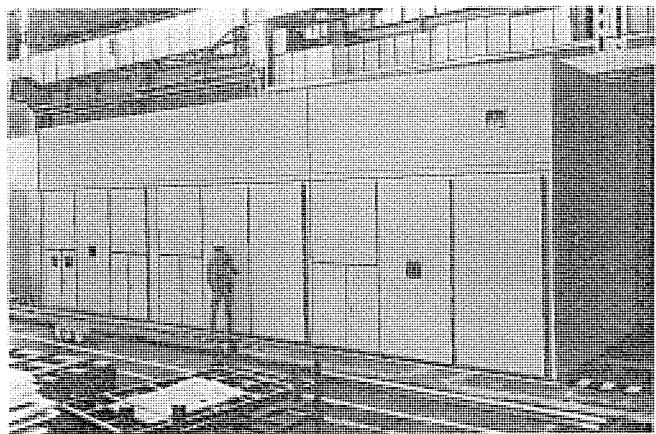


図 2. 66 kV 600 A TSBA 形 特高閉鎖配電盤

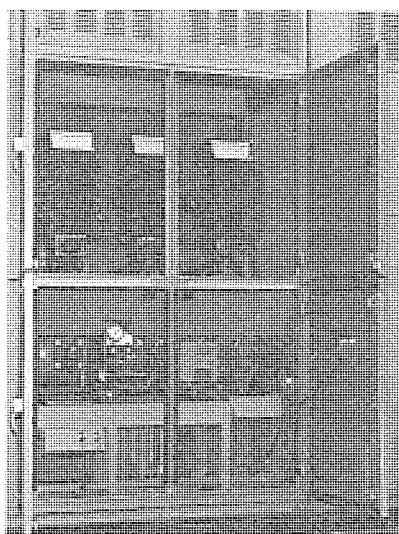


図 3. 12 kV 5,000 A TCB 形 特高閉鎖配電盤

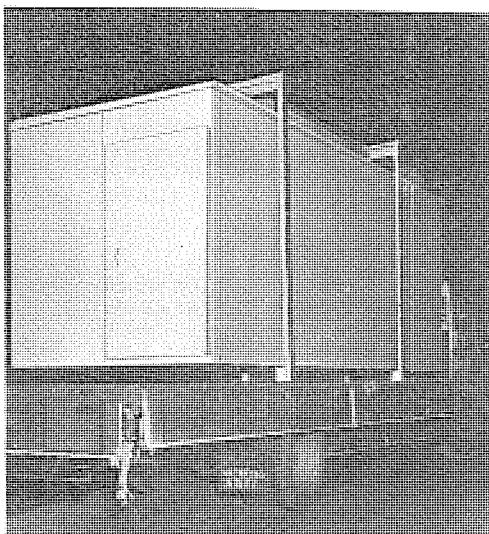


図 4. 23 kV 600 A TVWA 形 特高閉鎖配電盤

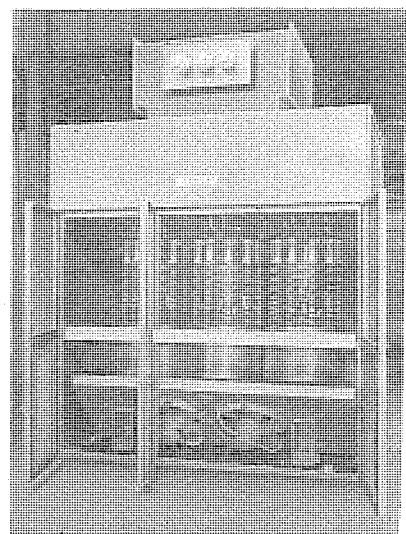


図 5. 1,500 kVA 22/3.3 kV SNW 用 TNP 形 特高閉鎖配電盤

表 2. 特高閉鎖配電盤の標準製作系列

	標準系列	定 格	構 造	屋 内 外	JEM の形	内蔵機器概要	用 途・適 用・特 長
1.	TSW (図 1.)	69 kV 又は 80.5 kV 1,200 A 以下 20 kA 単母線又は複母線 69 kV 又は 80.5 kV 3,000 A 以下 31.5 kA 以下 単母線又は複母線	全天候形 点検通路付	屋外専用	3 X	SFL 形ガスしゃ断器 RDF 形回転断路器 機器操作用コンプレッサ エアリング用コンプレッサ	受変電(施設、工場)、配電(施設、工場) 低圧室に点検通路を設けてあるので、天候に関係なく保守点検可能 電圧や回路に対する適応性が大きいので、客先条件(レイアウト等)受け入れが容易 外被には耐候性鋼板の使用、内部にはエアリング装置の設置により重汚損地区でも問題なく適用可能 カートリッジ化された機器操作装置が完全工場組立のものと発送されるので、現地工事期間短縮、信頼性向上 短時間停電による増設容易 複母線方式にすると系統運用、無停電切換、無停電増設、無停電保守点検上有利
		115 kV 又は 161 kV 1,200 A 以下 31.5 kA 以下 すべて単母線				SFL 形ガスしゃ断器 HSF 形刃形断路器 機器操作用コンプレッサ	
2.	TSBA (図 2.)	69 kV 又は 80.5 kV 600 A 以下 31.5 kA 以下 単母線	単位盤並置形	屋内専用	E	SFL 形ガスしゃ断器 RDF 形回転断路器 (主母線に絶縁母線使用) 機器操作用コンプレッサ	受変電(ビル、施設、工場)、配電(施設、工場) 盤高さを 4 M(ただし、電力ケーブルが床下分岐の場合)に統一縮小してあるので、はり下 4.2~4.3 m の建屋にでも設置可能となり、床面積の有効利用が図れる 盤間バスクタ接続箇所を最小に抑えるためには、柱スパン等の建屋設計が重要となる
3.	TGB	34.5 kV 1,200 A 以下 25 kA 単母線	単位盤並置形	屋内外ともあり	E	SFG 形ガスしゃ断器 VSF 形刃形断路器 AV 形乾式変圧器	受変電(ビル、施設、工場)、配電(施設、工場) E 形構造にして特に CB の保守点検の簡便化が図られている ガスしゃ断器採用と COMP 不要により、回路系統安定、保守点検の省力化が図れ、騒音に関する配慮不要 エアリング装置の併用により重汚損地区への適用も可能である
4.	TCB (図 3.)	23 kV 3,000 A 以下 40 kA 以下 単母線又は複母線	単位盤並置形	屋内外ともあり	E 又は F <sub>1</sub>	C形空気しゃ断器 VSF 形刃形断路器 機器操作用コンプレッサ	主として配電(施設、工場)、自家発(施設、工場) 大電流、大短絡容量を必要とする系統に最適な C 形空気しゃ断器を収納したものである ただし、空気しゃ断器の特性として操作音(しゃ断音)の大きいことが挙げられるが、閉鎖配電盤内に収納することにより低周波域の多い周波数特性となるので、人間への不快感は少ない 複母線方式にすると、系統運用、無停電切換、無停電増設、無停電保守点検上有利
		23 kV 3,000 A 以下 63 kA 単母線 23 kV 5,000 A 以下 110 kA 単母線			F <sub>1</sub>		
		11.5 kV 以下 3,000 A 以下 50 kA 単母線又は複母線			E 又は F <sub>1</sub>		
		11.5 kV 以下 5,000 A 以下 80 kA 単母線又は複母線 11.5 kV 以下 5,000 A 以下 110 kA 単母線			F <sub>1</sub>		
5.	TVWA (図 4.)	23 kV 1,200 A 以下 25 kA 単母線	全天候形 点検通路付	屋外専用	E	VPB 形真空しゃ断器 VSF 形刃形断路器	受変電(施設、工場)、配電(施設、工場) 低圧室に点検通路を設けてあるので、天候に関係なく保守点検可能 全製可搬式により現地工事期間短縮、信頼性向上 片面保守形であるから、据付面積が節約できる 真空しゃ断器採用と COMP 不要により、保守点検の省力化が図れ、騒音に関する配慮不要 外被に耐候性鋼板を使用してエアリング装置との併用により重汚損地区への適用も可能。短時間停電による増設容易。Tr 2 次盤や直流電源装置を列盤に収納可能
6.	TVP	23 kV 1,200 A 以下 25 kA 単母線	単位盤並置形	屋内専用	F <sub>2</sub>	VPB 形真空しゃ断器 RDF 形回転断路器 VSF 形刃形断路器 AV 形乾式変圧器	受変電(ビル、施設、工場)、配電(施設、工場) 真空しゃ断器と回転形断路器をコンパクトに組合せて F <sub>2</sub> 級とし、屋内専用ということで盤の縮小化が図られている 真空しゃ断器採用と COMP 不要により、保守点検の省力化が図れ、騒音に関する配慮不要
7.	TLWA	23 kV 1,200 A 以下 25 kA 単母線	全天候形 点検通路付	屋外専用	E	LDN 形少油量油しゃ断器 VSF 形刃形断路器	受変電(施設、工場)、配電(施設、工場) 少油量油しゃ断器を使用した点検通路付全送可搬式である Tr 2 次盤や直流電源装置を列盤に収納可能 保守点検省力化、騒音、重汚損地区への適用などは TVWA A 形と同様
8.	TLN	23 kV 600 A 25 kA 単母線	単位盤並置形	屋内専用	E	LDN 形少油量油しゃ断器 VSF 形刃形断路器	受変電(ビル、施設、工場) 少油量油しゃ断器を使用して、油入変圧器を直結構造とした内蔵機器パッケージ式閉鎖配電盤である 2 DS-1 CB 受電方式においては、受電用 DS に 3 位置切換断路器を使用し操作の単純化、誤操作防止、等が考慮されている
9.	TNP (図 5.)	23 kV 又は 34.5 kV 600 A SNW 専用	単位盤並置形	屋内専用	E	LCB-EX 形 Tr 動磁電流 開閉用断路器 AV 形 SNW 用乾式変圧器	受変電(ビル、施設) 油変圧器直結方式、乾式 Tr 収納方式、一部のものについては乾式 Tr 収納 Tr 2 次盤一体化方式等、標準化されたものが準備されている

### 3.2.1 運転前点検

特高閉鎖配電盤は、通常には官庁検査合格後、顧客へ引き渡すケースが多いが、中には据付以降を顧客側で施工される場合もある。

それは別として、運転に入る前に諸設備や機器が所定の状態にあり、かつこの状態が永続して維持されていくかどうかを必ず検査しておかなければならぬ。性能面については、据付後の試験検査や、最終チェックである官庁検査で検証されており、ここで主な対象となるのは、設置されている環境である。中でも、小動物侵入防止処置と、閉鎖配電盤底面よりの水分供給防止処置の良否が、重要なポイントであろう。

また、製品に考慮されている設置環境に対し、現場が著しく相違した環境である場合には、製品の性能発揮上問題になるので、事前打合せ、及び据付時の確認や対策が必要である。

### 3.2.2 運転初期点検

閉鎖配電盤を運転する上で注意を要するのは、盤内環境の変化であるが、この原因としては、蓄積されるものや寿命によるものと、初期的なものとに分けられる。

前者は、3.2.3項で述べるような点検でカバーされるが、後者については、運転当初の巡回点検項目の追加による監視と、可能な範囲における1年後の点検実施を推奨したい。

### 3.2.3 運転後点検

運転後の点検は、やはりそれぞれの機器の状態を基準条件以内に維持させるのが目的であり、特高閉鎖配電盤も各系列について取扱説明書が準備されており、製品引渡しと同時に顧客に手渡されている。各機器については、これらに従って保守が必要であるが、

- (a) 防せい(錆)の目的で施工されている塗料
- (b) 防水・防じん・密閉などの目的で設けられているパッキン類などの状態監視も重要なポイントである。

これらの寿命は、一般的に5年程度とされているので、適切な補修・取換えが、製品の状態を良好に保つことになる。

## 4. ガス絶縁開閉装置(GIS)

### 4.1 GIS の自家用変電設備への普及

当社のGISは、昭和43年以来、64箇所349ユニットの実績を有するが、自家用受変電設備としても、昭和47年に初めて設置されてより、急速な普及を見せていている。(表3.参照)

当初自家用受変電設備用GISの問題としては、電力需給用計器変成器(MOF)と受電端部であったが、電力会社との共同研究開発によって既に最も有効な手法が確立しており、我が国における建設例の16箇所でほとんどの事例が実績として存在している。

GISが採用されている主な理由として次の4点が考えられる。

(1) 用地の縮小化……

…これは、GISの開発に当たって最も主眼とされた点であり、多くの採用理由になっている。

建屋内に設置される場合、特にそのメリットが効果的であるが、屋外用としても、極めて狭小な敷地に受電設備が設置できた事例がある。(図6.)

我が国では、新設の変電所用地の入手が困難であったり、受電電圧の昇圧や受電電力を増強するに当たっ

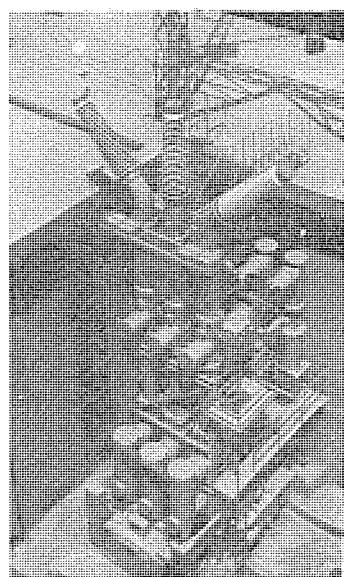


図6. 120 kV GIS

表3. GISの納入受注実績(電力会社納めは除く)

昭和49年12月31日現在

No.	納入先	納入年月	定格電圧(kV)	定格電流(A)	受電		しゃ断器定格しゃ断電流(kA)	主変圧器		MOF接続種別	MOF形名	MOF台数	使用状態		MOF納入電力会社
					回線数	接続種別		容量(MVA)	接続種別				GIS	Tr	
1	宇都興産(株)伊佐セメント工場	47-6	120	800	1	架空線	25	75	直結	直結	HS-10G	1	屋外	屋内	中国電力
2	名古屋市木道局猪高静木場	48-5	84	800	2	架空線	25	9×2台	直結	直結	HS-7G	2	屋外	屋外	中部電力
3	三菱石油(株)水島製油所	48-8	72	800	2	OFケーブル	31.5	30	直結	直結	HS-6G	1	屋内	屋外	中国電力
4	三菱電機(株)名古屋製作所	48-9	84	800	1	OFケーブル	25	7.5×2台	直結	直結	HS-7G	1	屋外	屋外	中部電力
5	三菱電機(株)新城工場	49-2	84	800	2	架空線	25	7.5	直結	直結	HS-7G	1	屋外	屋外	中部電力
6	藤沢製鋼(株)仙台工場	48-11	168	800	1	OFケーブル	40	20	直結	別置			屋内	屋外	
7	鐘ヶ淵化学(株)高砂工場所	49-5	84	800	1	OFケーブル	20	25.7×2台 7.5	直結	なし			屋外	屋外	
8	宇都興産(株)伊佐セメント工場	49-6	72	800	1	OFケーブル	20	20 30	OFケーブル	なし			屋外	屋外	
9	神戸製鋼所(株)高砂工場	49-7	84	2,000 1,200	2	架空線	25	10×2台	直結	直結	HS-7G	2	屋外	屋外	関西電力
10	宇都興産(株)中央変電所	50-2	120	800	1	OFケーブル	31.5	35	OFケーブル	なし			屋外	屋外	
11	三菱電機(株)熊本工場	49-11	120	800	1	架空線	25	4.5	直結	直結	HS-10G	1	屋外	屋外	九州電力
12	札幌市交通局東札幌変電所	50-1	72	600	1	OFケーブル	25	30	直結	直結	HS-6G	1	屋内	屋内	北海道電力
13	酒田共同火力発電所	50-10	168	2,000	1	架空線	31.5	390	OFケーブル	直結		2	屋外	屋外	東北電力
14	南海電鉄(株)難波会館ビル	50-12	84	800	1	OFケーブル	25	25×2台	CVケーブル	直結	HS-7G	1	屋内	屋内	関西電力
15	札幌市交通局琴似変電所	51-1	72	600	1	OFケーブル	25	30	直結	直結	HS-6G	1	屋内	屋内	北海道電力
16	日新製鋼所(株)呉製鉄所	51-1	120	1,200	1	OFケーブル	25	30×2台 85	直結	なし			屋内	屋内	

ても、変電所用地の拡大が困難である場合には、GISの採用が検討されるようになってきた。

(2) 重汚損地区の適用……重化学工業地区及び臨海地区的受変電設備にとって塩じん(塵)害対策は重大な問題点であり、充電部分及び絶縁部がSF<sub>6</sub>ガスに密封されているGISは、最も有効な対策である。

(3) 環境調和対策……新しい設備を設ける場合、周囲条件に悪影響を与えないような配慮が必要であり、住宅街や観光地の変電設備には環境調和を図ることが重要なポイントである。

最近では、視覚的調和だけでなく、騒音公害についても問題が生じてきているが、GISは、構造として対策が容易であり、変電所周辺対策として多くの問題が解決できるものと考えられる。

(4) 保守の省力化……GISの密封構造は、電気絶縁部の機能低下、例えばがいし(碍子)の表面汚損などが抜本的に解決され、また充電部や構造部などの大気中に曝露される部分が格段に少なくなっているので、腐食に対する保守が極めて省力化されてくる。

このほか、GISの高い信頼性から、変電所の無人化が進展され、将来、電力系統、特に開閉所部分の簡易化が行われることが考えられる。

#### 4.2 GIS の適用

自家用受変電設備としてGISの計画を行う場合、次の諸点について総合的検討が必要である。

- |              |                      |             |            |                |          |         |
|--------------|----------------------|-------------|------------|----------------|----------|---------|
| (1) 機器の構成と配置 | (2) 既設設備及び将来増設設備との対応 | (3) 安全性と信頼性 | (4) 保守の省力化 | (5) 地理的条件や気象条件 | (6) 環境調和 | (7) 経済性 |
|--------------|----------------------|-------------|------------|----------------|----------|---------|

また、在来形の受変電設備の設計手法や考え方をそのままGISに適用すると、合理的でない設備ができ上がることがある。

ここで、GISの標準・原則・機能に対する十分な認識が必要であり、基本的な要求機能を明確にし、その要求に最も適合したGISを選定する必要がある。自家用受変電設備としてGISを適用する場合に必要な諸問題を列挙し、関係各位の参考に供したい。

##### 4.2.1 構成配置

GISの構成配置を左右する要因として、主回路構成と敷地条件のほかに次の3点が重要な条件となる。

- |                           |                                 |                         |
|---------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| (1) 受電方式 (ケーブル引込み・架空線引込み) | (2) 主変圧器との接続方式 (ケーブル接続・直結・気中接続) | (3) MOFの形式 (GIS専用形・在来形) |
|---------------------------|---------------------------------|-------------------------|

受電方式としては、ケーブル引込み方式が、最もGISの特長を発揮できるが、主回路構成(受電回線数・変圧器バンク数)によっては、架空線引込み方式でも十分に合理的な構成が可能である。

変圧器との接続方式についても、用地的には直結方式が最も良いが、変圧器の増・改造にはケーブル方式や気中方式が有利である。

MOFは、GIS専用形式が最も合理的な配置を可能にするが、これは、電力会社設備であり、電力会社との十分な事前協議が必要である。

屋内設置の場合の注意すべき点としては、搬入方法・点検通路などについて建屋寸法との検討が必要である。

##### 4.2.2 環境条件

自家用受変電設備が設置される環境条件には、

- |          |           |                       |        |
|----------|-----------|-----------------------|--------|
| (1) 塩じん害 | (2) 腐食性ガス | (3) 気象条件 (温度・湿度・積雪など) | (4) 騒音 |
|----------|-----------|-----------------------|--------|
- などの問題があり、(1), (2), (3)については、特に過酷な環境で

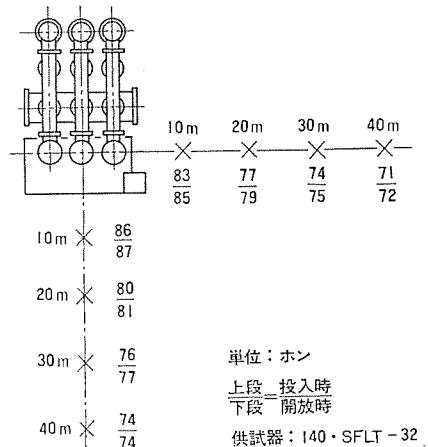


図 7. GCB 操作音

ない限り、標準GISがそのまま使用できる。

すなわち、充電部及び絶縁部がSF<sub>6</sub>ガスに密封されている主要部分については、全く心配がないが、操作装置・断路器操作連結機構などは、一般環境設計を標準としているので、積雪・氷結などが過酷な条件下にある場合には、氷結防止対策、密閉箱などの対策が必要である。しかしながら、在来形の屋外用断路器の対策については基本構造から考えて、充電部・絶縁部対策が不可能に近いのに比べると格段の相違があり、標準形GISに少しの改良を加えれば非常に過酷な条件でも適用が可能になる。

次に住宅地に隣接して設置される場合には、しゃ断器の開閉操作音が問題になることがある。GISに使用されているタンク形ガスしゃ断器の開閉操作音は、操作装置の機械的音響が主である。GIS用標準形の168kVしゃ断器でも図7.に示すような値であり、72/84kVしゃ断器では更に数ホン下回る数値が実測されている。その周波数分布は、低周波域の成分が多くて高周波成分が少ないので人間に与える不快感は少なく、標準しゃ断器でも環境上に問題にされることほとんどない。

更に特別な低操作音設計を行えば10~15ホンの低減が可能である。

##### 4.2.3 機器

GISの特質上、在来形と異なった観点より機器の選択や仕様を決める必要があり、在来形との相違点について述べる。

###### (1) 接地開閉器 (ES)

在来形では、通常、線路保守用として線路引入口にだけ設けるのが一般的であるが、GISの場所には充電部が露出していないので、機器を点検する際に必要な箇所にも設けられる。

例えば、しゃ断器の端子部や母線にも設けられることが多い。これは、在来形変電所におけるアースフック棒の使用に代わるものであり、点検システム・系統運営・増設時安全確保などを検討の上、設置場所を決定する必要がある。

###### (2) 断路器 (DS)

断路器の用途には、他の機器を点検するために設置される区分用断路器と回路を切換えるために設置される切換用断路器がある。最も多く使用される区分用断路器では、微小充電電流(1A以下)を開閉するのが一般的であるが、特例として変圧器の励磁電流(6A以下)を開閉するものもある。

###### (3) MOF

安全性と縮小化との観点から、ガス絶縁による密封直結方式が望ましいが、そのためにはGIS専用のMOFを供給される必要があり、

表 4. GIS 機器の定格一覧 (72~204 kV)

定格電圧 (kV)	72/84	120	168/204	
絶縁階級 (kV)	AC Imp	140/160 350/400	230 550	325 750
し や 断 器	形名	70-SFLT-32	100-SFLT-32 100-SFLM-40	140-SFLT-32/ 170-SFLT-32 140-SFLT-40 170-SFLM-50
	定格電流(A)	800, 1,200, 2,000 3,000	800, 1,200, (1,500) 2,000, 3,000	800, 1,200, (1,500) 2,000, 3,000
	定格しゃ断電流(kA)	20, 25, 31.5	20, 25, 31.5, 40	20, 25, 31.5, 40
	定格しゃ断時間(～)	5, (3.2), 3	5, 3	5, 3
	定格ガス圧 (kg/cm <sup>2</sup> ·g)	25kA以下4.0, 5.0	5.0	5.0
	操作装置	空気ばね操作		
	形名	70-GL 70-GR	100-GL 100-GR	140-GL 170-GL 140-GR 170-GR
	定格電流(A)	800, 1,200, 2,000 3,000	800, 1,200, 1,500 2,000, 3,000	800, 1,200, 1,500 2,000, 3,000
	定格短時間電流(kA)	22, 27, 32	22, 27, 32, 44	22, 27, 32, 44
	定格ガス圧 (kg/cm <sup>2</sup> ·g)	5.0	5.0	5.0
接 地 開 閉 器	操作装置	空気操作 (電動ばね操作, 手動ばね操作, 手動操作)		
	形名	70-GRE	100-GRE	140-GRE 170-GRE
	定格短時間電流(kA)	22, 27, 32	22, 27, 32, 44	22, 27, 32, 44
	定格ガス圧 (kg/cm <sup>2</sup> ·g)	5.0	5.0	5.0
母 線	操作装置	手動操作 (空気操作, 電動ばね操作, 手動ばね操作)		
	形式	三相共通/相分離形	三相共通/相分離形	相分離形
	定格電流(A)	800, 1,200, 2,000 3,000	800, 1,200, 1,500 2,000, 3,000	800, 1,200, 1,500 2,000, 3,000
	定格短時間電流(kA)	22, 27, 32	22, 27, 32, 44	22, 27, 32, 44
避雷器	定格ガス圧 (kg/cm <sup>2</sup> ·g)	5.0	5.0	5.0
	形名	SV-FT	SV-FT	SV-FT
	定格電圧(kV)	84/98	140	196/210
計器用変圧器	定格放電電流(kA)	10	10	10
	形名	EV-7 XA	EV-10 XA	GY-14/GY-17
	定格負担(VA)	200, 500	200, 500	200, 500, 1,000
	階級	1.0	1.0	1.0

十分な事前検討が必要である。

#### (4) その他の計画上に配慮すべき事項

当社の GIS の標準定格を表 4. に示す。経済性及び品質保証上の観点から、標準定格品の使用を推奨したい。また、屋内設置の GIS 室には換気扇を設けることが望ましい。これは、SF<sub>6</sub>ガスが万一放出された場合の酸素欠乏を防止するためである。GIS を現地に据付完了したときに耐電圧試験を実施する必要があるがこの際の配慮としてケーブル引込み方式では、試験用ブッシング又は CV ケーブルカートリッジを取付けられるように計画時点で検討しておく必要がある。

このほかに変圧器中性点、又は 3 次側より印加する方法もある。

#### 4.3 GIS 運転中の監視及び保守について

GIS は、さきにも述べたように、「完全密閉による高信頼性」とい

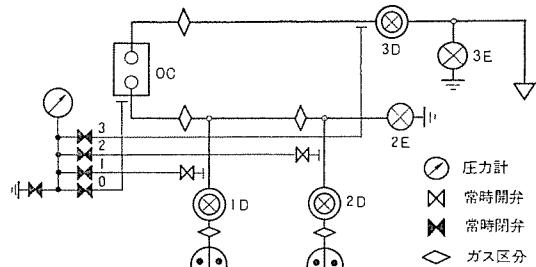


図 8. ガス系統図

う特長を有するため、しゃ断器のコンタクト及び、操作装置だけを在来機器なみに保守点検する必要があり、その他の部分については、無保守無点検をたてまえとしている。ただ、封じ切り機器の宿命である、「外部への SF<sub>6</sub>ガス漏れ」については、十分に監視しなくてはならない。SF<sub>6</sub>ガス機器のシール技術の信頼性は、昭和 40 年以来、今日まで無事故で好調に運転を続けている 3,000 台を超えるガスしゃ断器の実績と、GIS の生産実績とをみれば、非常に高いものであると言えよう。

#### 4.3.1 SF<sub>6</sub>ガス圧力(密度)の監視

ガス圧監視には、圧力計による目視と、温度補償圧力スイッチ(密度スイッチ)によって電気的に監視する方式との 2 方式を併用している。図 8. にガス系統の一例を示すが、各機器の点検時及び増設時に、停電時間を最小にするように、絶縁物を利用して適当にガス室を区分してあり、圧力計は 3 ~ 4 区分ごとに 1 個設け、温度補償圧力スイッチは、各ガス区分ごとに設置して監視する。

#### 4.3.2 GIS の保守点検

前述のように、GIS の機器内部については、しゃ断器のコンタクト点検だけであり、GIS であるが故に必要な保守点検項目は一つもない。逆に、GIS 採用による保守上のメリットとしては、次に挙げるようなものがある。

- (1) がいし清掃が不要
- (2) 接触部の酸化による局部過熱の点検が不要
- (3) 絶縁物の劣化がないため、絶縁抵抗の測定が不要
- (4) 鳥獣類侵入防止対策が不要

したがって、運転中に特に注意しなければならない項目は、全くなく、強いて挙げるとすれば、据付後の 6 か月間は、2 週間に 1 回程度の目視によるガス圧監視だけであり、この期間を経過すれば、2 ~ 3 か月に 1 回程度の監視で十分である。これらは、過去の GIS 生産実績が示すとおり、無事故で好調に運転を続いていることから推しても十分に納得のいくものであり、時代の要求である「省力化」に大きな貢献を果たすものである。

## 5. むすび

以上、自家用変電設備に供せられる特高開閉装置として「特高開閉鎖配電盤」と「ガス絶縁開閉装置」との概要を述べた。

これから自家用変電設備用機器には、「安全性」・「信頼性」・「公害対策」などに加えて「省資源」・「省エネルギー」面の要請が強くなることは必至であり、特高開閉機器の形態も「ガス絶縁開閉装置」の普及につれて機能優先形に変わっていくものと考えられ、今後の発展が大いに期待されるものである。

# 高低圧開閉装置及び機器

梶田 保雄\*・柿沼 清\*\*

## 1. まえがき

近年一般工場受配電設備、動力設備の近代化・高信頼度化とともに、高低圧閉鎖形開閉装置（閉鎖配電盤）の普及は目覚ましいものがある。一般に閉鎖配電盤は開放形に比べ

- (1) 充電部が露出していないので、人畜に対して安全である。
  - (2) 閉鎖されているので、外部からの損傷を防ぎ内部の機器が保護される。
  - (3) 事故の拡大を防止することが期待できる。
  - (4) 所用据付面積が少なくてすみ、建物の費用が節約できる。
  - (5) 工場で組立試験を終えた状態で輸送されるので、現地での据付工事・試験が容易で、工期が短縮できる。
  - (6) しゃ断器が引出形となっているものでは簡単に出し入れができる、また予備のものと取替えができるので、保守点検が容易であり、万一故障が起こったとき予備のものと速やかに入れ替えて、停電時間を短縮することが可能である。
- このような特長を有するために、閉鎖配電盤の普及度は増大し、適用分野も多岐にわたり用途に応じた各種のものが製作されるようになった。本文では高圧から低圧までの各種の閉鎖配電盤の種類と特長、最近の傾向などについてその一端を述べる。

## 2. 閉鎖配電盤の概要

### 2.1 閉鎖配電盤の定義

閉鎖配電盤とは、しゃ断器、断路器などの電力用開閉器、計器用変成器、母線・接続導体及び監視制御に必要な器具からなる集合装置で、接地された金属箱内に収納されたものと定義され、更に単位回路区分ごとに接地金属隔壁又は絶縁隔壁により離隔されているものを単位閉鎖配電盤といふ。

一般にメタルクラッド（略称 メタクラ）、キューピクルとよばれるものが閉鎖配電盤の代表的なものであるが、これらは米国規格 USAS-C 37-20 に定義されており、メタルクラッドは

- (1) しゃ断器は引出形で1次及び2次断路部は自動連結式であり、接続位置と断路位置の間は機械的に動かし得る断路機構を備えていること。
- (2) しゃ断器・変圧器・母線などの1次回路の主要部分は接地金属隔壁で隔離されていること。
- (3) すべての充電部分は接地金属壁で閉鎖されていること。また、しゃ断器を引出したときでも1次断路部をしゃへいするように自動シャッタを設けること。
- (4) 母線・接続部は完全に絶縁されていること。
- (5) 正当なシーケンスと安全操作のため鎖錠装置が備えられていること。
- (6) 2次制御器具と配線は接地された金属しゃへいによって高圧1次器具から隔離されていること。

のすべての条件を満足する必要があり、上記項目のいずれが欠けてもメタルクラッドではなくキューピクルということになる。

我が国では、これらの用語（メタルクラッド、キューピクル）は通称名として使用されているのが実情であり、閉鎖配電盤の等級を表すにはJEM 規格が用いられる。

### 2.2 閉鎖配電盤の等級

閉鎖配電盤の構造による等級は、JEM 規格により表1.に示すように大きく二つの観点、“隔壁と絶縁の程度”、“しゃ断器の取扱”について1~4、X~Zの条件を設け、その条件の充足度合によりA形からG形の順に等級があがるように規定している。

### 2.3 閉鎖配電盤の規格

閉鎖配電盤の JEM 規格は JEM-1153 が 1960 年に制定され、その

表 1. 閉鎖配電盤の形 (JEM-1153)

閉鎖配電盤の形								条件記号	具備すべき条件	
A	B	C	D	E	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	G		隔壁と絶縁の程度	しゃの取扱
○								隔壁と絶縁の程度	1	装置が一括して接地金属箱内に収納されており、かつ単位回路区分ごとに接地金属隔壁または絶縁隔壁により離隔されていること。
	○	○(1)	○(1)	○(1)					2	さらに、監視制御盤を開いたとき、主回路充電部に誤って触れる危険のないよう考慮され、かつ監視制御盤裏面および引込端子台など保守を必要とする低圧制御回路を安全に点検できること。
					○	○			3	さらに、主回路のおもな機器相互間、少なくとも、しゃ断器とその他の機器の間ならびに主回路母線および母線接続機器とその他の部分の間は、接地金属隔壁または絶縁隔壁により、主回路側と監視制御盤側とは、接地金属隔壁によりそれぞれ離隔すること。
							○		4	さらに、主回路の母線、接続導体および接続部は絶縁すること。
○	○	○						しゃの取扱	X	固定取付式の構造であること。
			○		○				Y	撤出できる構造であること。
			○		○		○(2)		Z	その主回路には自動連結式断路器(3)を、制御回路には手動連結式断路器を有する引出形であること。

注 (1) C形からG形までの単位閉鎖配電盤にあっては、しゃ断器と直列に接続された断路器の開閉能力以上の電流を断路器で開、閉しないようインテロックを備えていること。

(2) G形の閉鎖配電盤においては、しゃ断器における制御回路に自動連結式断路器を設けること。

(3) しゃ断器の自動連結式断路器と同等の機能を有する回転形断路器、ブレード移動式断路器などその断路器を開閉することにより主回路導電部に手を触れることなしにしゃ断器を容易に引出せるものにあっては、これを自動連結式断路器と同等みなす。

表 2. 高低圧開閉装置の規格

規格番号	規格の名称	適用範囲
JEM-1153	閉鎖配電盤	3.3kV~33kV の高圧または特別高圧電路に接続される閉鎖配電盤
JEM-1225	高圧コンビネーションスター	3.3kV または 6.6kV の電路に接続される高圧コンビネーションスター
JEM-1097	高圧交流配電箱	3.3kV または 6.6kV の電路に使用する高圧交流配電箱
JEM-1265	低圧閉鎖配電盤	600V 以下の低圧電路に接続される低圧閉鎖配電盤
JEM-1195	コントロールセンタ	600V 以下の低圧電路に接続されるコントロールセンタ

後2回の改訂を経て現在に至っているが、閉鎖配電盤の適用分野の多様化にともない表 2. に示すような諸規格が制定された。

適用電圧クラスでは JEM-1153, JEM-1225 及び JEM-1097 は高圧用, JEM-1265 及び JEM-1195 は低圧用である。

用途では、JEM-1153 及び JEM-1265 は一般配電給電線あるいは大容量負荷などの電力主幹回路用閉鎖配電盤を主対象とし、JEM-1225, JEM-1097 及び JEM-1195 は負荷機器、主に中小容量の交流電動機の制御を主対象とする閉鎖配電盤というようなおおむねの区別をすることができる。

### 3. 高圧閉鎖配電盤の各種

#### 3.1 磁気しゃ断器収納メタルクラッド開閉装置 (WN 形, FN 形)

WN 形 メタルクラッド は DHE 形 磁気しゃ断器を収納したもので、ANSI 規格の Metal-Clad Switchgear 及び JEM-1153 の G 形に相当するメタルクラッドで、高い信頼性を有するため電力系統の中権部に多用され、電力用、一般産業用及び輸出用として今まで最大の製作実績を有するものである。WN 形の主な特長は

- (1) 3~10kV クラスのシリーズ定格品が完備し、しゃ断器の操作機構は、電磁石操作式及び電動ばね操作式の2種類があり、適用上の選定範囲が最も広い。
- (2) 磁気しゃ断器は主回路・制御回路ともに自動連結式構造であり、かつ床面水平引出形なので専用の引出台車は不要であり取扱いが極めて簡単である。
- (3) しゃ断器盤に補助ユニット（計器用変成器、避雷器など）を設けられる場合が多いので、補助盤の必要性がほとんどなく経済的な

設備ができる。

(4) 磁気しゃ断器の安定したしゃ断特性により、発・電動機、変圧器、コンデンサなど、あらゆる回路の制御に適している。

(5) 主要外形寸法が2系列に統一されており、設備の計画や設計が容易である。

また、経済性を重点に設計され、JEM-1153 の E 形又は F<sub>2</sub> 形を満足するものとして、6kV 以下の DHE(P) 形 磁気しゃ断器を床面水平引出形に収納した FN 形 メタルクラッド がある。

図 1. は WN 形 メタルクラッド の断面図例、表 3. は WN 形 メタルクラッド の外形・定格を示す。

#### 3.2 真空しゃ断器収納メタルクラッド開閉装置 (FX 形)

VX 形 シリーズ の真空しゃ断器を多段積に収納した FX 形 メタルクラッド は JEM-1153 の F<sub>2</sub> 形に準ずるもので、多段積による床面積の縮小化、保守面での利点などにより、特に床面積の縮小が望まれるビ

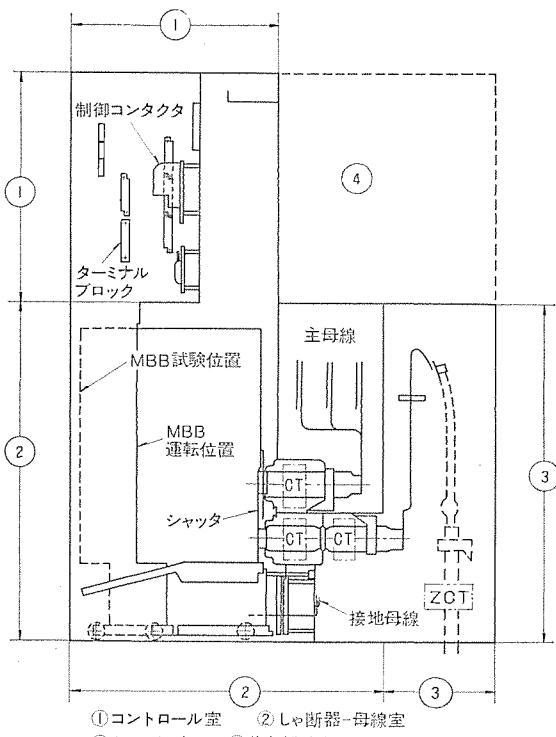


図 1. WN 形 メタルクラッド の断面

表 3. WN 形 メタルクラッド の外形・定格

ハウジング 名 称	メタクラ寸法				備考				
	屋内用 外形寸法 (mm)	屋外用 既略重量 (kg)	屋外用 外形寸法 (mm)	屋外用 既略重量 (kg)	形 名	定格電圧 (kV)	定格しゃ断電流 (kA)	定格電流 (A)	既略重量 (kg)
A フレーム	盤幅 660 高さ 2,300 奥行 1,700	600/1,200 A 用 730 2,000 A 用 820	盤幅 660 高さ 2,300 奥行 2,200	600/1,200 A 用 950 2,000 A 用 1,040	3-DHE-16 (3-DHE-16M)	3.6	16	600 1,200	280
					3-DHE-40 (3-DHE-40M)	3.6	40	1,200 2,000	330 355
					6-DHE-13 (6-DHE-13M)	7.2/3.6	12.5/25	600 1,200 2,000	325 350
					6-DHE-20 (6-DHE-20M)	7.2	20	1,200 2,000	340 365
					3-DHE-50 (3-DHE-50M)	3.6	50	2,000 3,000	690 800
B フレーム	盤幅 900 高さ 2,300 奥行 2,000	1,200 A 用 900 2,000 A 用 1,000 3,000 A 用 1,150	盤幅 900 高さ 2,700 奥行 2,500	1,200 A 用 1,150 2,000 A 用 1,250 3,000 A 用 1,400	6-DHE-40 (6-DHE-40M)	7.2	40	1,200 2,000 3,000	655 690 800
					10-DHE-25 (10-DHE-25M)	12.0	25	1,200 2,000	670 705

注 ( ) 内は電動ばね操作機構付き

表 4. FX 形 メタルクラッド の外形・定格

用 途		一 般 用				軽 負 荷 用		
収納給電数	式	2		3				
形	式	JEM 1153-F <sub>2</sub>						
定格電圧 (kV)		6.9		3.45				
絶縁階級 (号)		6 A						
収納しゃ断器	形 名	6-VX-13		6-VX-20		6-VX-13		
	準拠規格	JEC-181 (1971)						
	定格電圧 (kV)	7.2	3.6	7.2	3.6	7.2	3.6	
	定格しゃ断電流 (kA)	12.5	16	20	25	25	16	
	定格電流 (A)	600		1,200, 2,000 (注)		600		
	重量 (kg)	130		1,200A-145, 2,000A-160		130		
母線定格電流 (A)		600, 1,200, 2,000, 3,000				600		
外形寸法		幅	高さ	奥行	幅	高さ	奥行	幅
	屋内用 (mm)	700	2,300	1,700	700	2,300	1,700	700
屋外用		MC シェルタ				2,300+270		

(注) しゃ断器定格電流 2,000 A の場合は、補助ユニットと組合せて 1 面となる。したがってしゃ断器は 1 台しか収納されない。

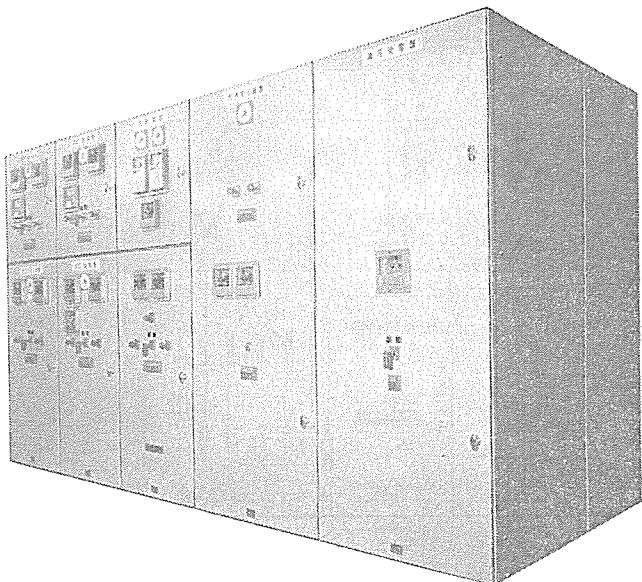


図 2. FX 形 メタルクラッド 開閉装置

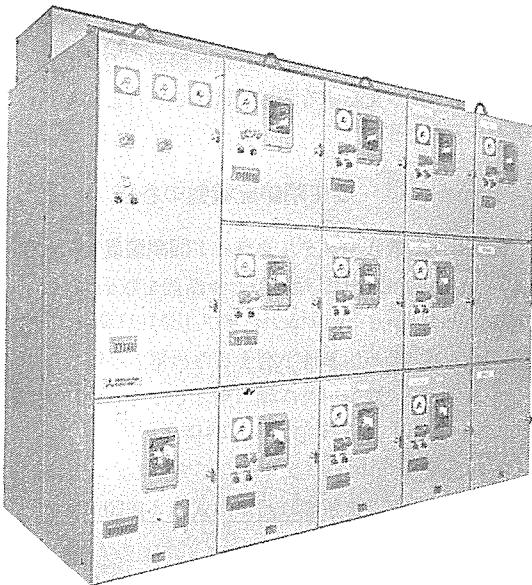


図 3. FH 形 高压コントロールセンタ

ル用をはじめ、一般産業用としても広く使用されている。主な特長は

- (1) 主開閉器としての真空しゃ断器は長寿命であり、主接点の保守は全く不要で、保守点検の手間が大いに省力化できる。
- (2) VX 形真空しゃ断器は小形・軽量で、1,200 A は 2 段積、600 A は 2~3 段積が可能であり集積度が高く、それだけ床面積が小さくてすむ。

図 2. は FX 形 メタルクラッド の外観、表 4. は FX 形 メタルクラッド の外形・定格を示す。

### 3.3 高压コントロールセンタ (FH 形, FV 形)

高压コントロールセンタはコンビネーションスイッチのユニットを多段積、高密度に収納したもので、高压誘導電動機の制御を主眼に設計した開閉装置である。収納されるコンビネーションスイッチとして高压気中電磁接触器と限流ヒューズを組合せた FH 形と、高压真空電磁接触器と限流ヒューズを組合せた FV 形がある。いずれも JEM 1153-F<sub>2</sub> 形、JEM 1225-M5 級に相当するもので主な特長は

- (1) 限流ヒューズの大きなしゃ断容量と、高い開閉寿命の電磁接触器の特長とを組合せたコンビネーションタイプなので、高压で比較的小容量の電動機制御には最も経済的な開閉装置である。
- (2) FH 形は 3 段積、FV 形は 4 段積が可能であり据付面積は極

めて小さくてすむ。

(3) 各ユニットは、それぞれ互換性があり、ユニットの変更・増設が容易である。

更に FV 形は真空電磁接触器を採用していることにより

(4) 保守の省力化と高い信頼性が発揮される。

図 3. は FH 形高压コントロールセンタの外観を示す。

### 3.4 油しゃ断器収納メタルクラッド開閉装置 (EK 形)

FK 形油しゃ断器を 2 段積に収納した EK 形 メタルクラッド は JEM-1153 の E 形に適合し、6 kV クラスは 150 MVA 600 A、3 kV クラスは 100 MVA 600 A までであるが

- (1) 絶縁導体を採用しており、JEM の E 形よりは事故拡大防止効果があり、信頼性が高い。
- (2) 小形で 2 段積が可能であり据付面積が小さくてすむ。
- (3) 安価な開閉装置である。

### 3.5 高压キュービクル開閉装置 (LH 形)

3~6 kV 級の電動機運転用、受配電設備用として JEM-1153 の A~D 形に準拠して設計された LH 形 キュービクル は、ポンプ・プロワ・コンプレッサなどの電動機運転用をはじめ、各種自家用受変電設備として広く使用されている。

主開閉器は磁気しゃ断器・真空しゃ断器・油しゃ断器・高压電磁

接触器など各種のものが収納可能である。また、電力ヒューズと電磁接触器を組合せたコンビネーションスタータとすることもできる。

#### 4. 低圧閉鎖配電盤の各種

低圧閉鎖配電盤は、収納される主開閉器として JEC-160 に準拠する気中しゃ断器を用いた FS 形パワーセンタ、配線用しゃ断器(ノーヒューズブレーカ)を主しゃ断器としたコントロールセンタタイプの閉鎖配電盤及びキューピカル形分電盤などが代表的である。

##### 4.1 FS 形低圧パワーセンタ

FS 形パワーセンタは、DS 形シリーズの気中しゃ断器を収納した低圧閉鎖配電盤を主体とし、隣接して設置した動力変圧器とバスダクトあるいは電力ケーブルで接続したものが標準的な構成である。図 4. は FS 形パワーセンタの標準スケルトンと配列例である。

JEM-1265 による低圧閉鎖配電盤の形は、F 形又は G 形に相当し、主な特長は

(1) 小形高性能の DS 形気中しゃ断器を多段積に収納できるので据付面積は非常に小さくてすむ。1,600 A フレームまでは 4 段積、

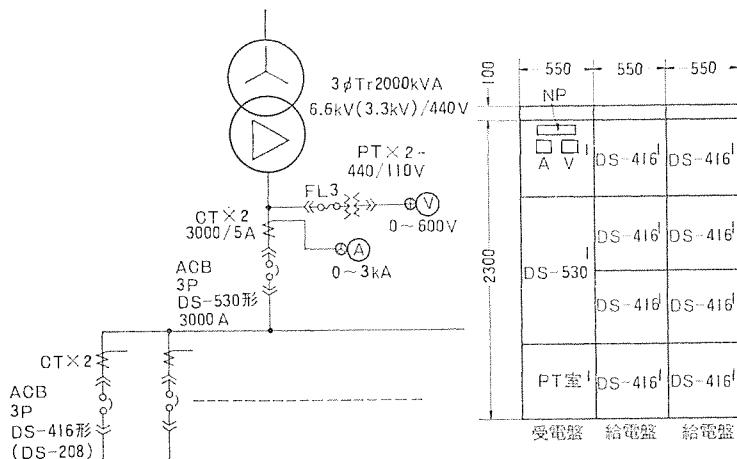


図 4. FS 形パワーセンタの標準スケルトンと配列例

3,000 A フームまで 2 段積が可能である。

(2) しゃ断器は主回路・制御回路とも自動連結式構造をもった引出形で、しゃ断器を接続・試験・断路の三つの位置に自由に置くことができ、いずれの位置でもとびらを閉じることができる閉鎖 3 段式の便利な構造である。

(3) 盤内の導体はアルミを使用し、接合部には溶接ジョイントを多用し、できるだけボルト締め接続部を少なくした信頼性の高い構造である。

(4) しゃ断器を収納した状態で輸送できるので、据付調整の時間が短縮される。

図 5. はしゃ断器を収納した標準盤の断面図、表 5. は DS 形低圧気中しゃ断器の定格を示す。

##### 4.2 E 形パワーセンタ

E 形パワーセンタは、業界一の納入実績を持つ E 形コントロールセンタの

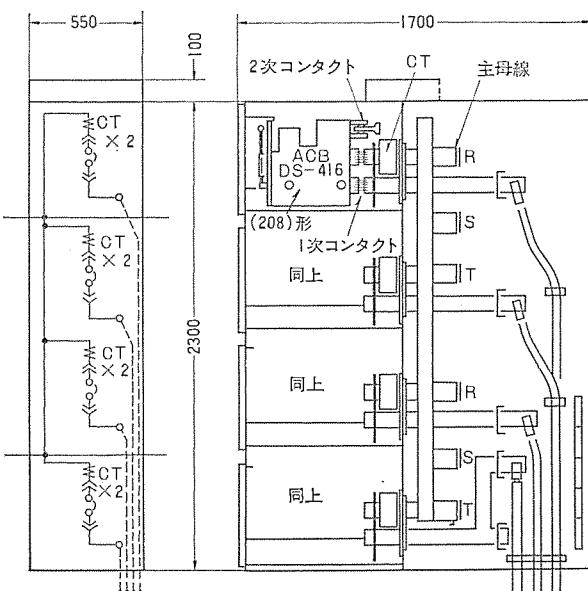


図 5. FS 形パワーセンタの断面図

表 5. DS 形低圧気中しゃ断器の定格

定格事項		形式記号	DS-208	DS-416	DS-530	備考			
準規格		JEC-160 (1964)							
定格電圧 (V)		600		線間電圧					
フレームの大きさ (A)		800		1,600	3,000	※※			
定格周波数 (Hz)		60 又は 50							
極数		3 又は 2							
定格しゃ断電流 (A)	瞬時引外し要素がある場合	600 V 500 V 250 V	22,000 30,000 42,000	42,000 50,000 50,000	50,000 50,000 70,000	短絡発生後 1/2 サイクルにおける交流分実効値			
	瞬時引外し要素がない場合		22,000	42,000	50,000				
定格投入電流 (倍)		定格しゃ断電流の 2.3		最初の周波の瞬時値の最大					
定格短時間電流 (A)		22,000	42,000	50,000	通電時間 1 秒				
定格投入操作電圧 (V)		AC, DC 100/110 200/220							
定格投入時間 (s)		0.07							
定格引外し電圧 (V)		AC, DC 100/110 200/220							
定格開極時間 (s)		0.04							
しゃ断時間 (瞬時引外し) (サイクル)		3							
重量 (kg)		95	98	135					

注) ※ 配電盤収納状態にて、配電盤の周囲温度は 40°C。

※※ ANSI 規格を適用のときは 3,200 A。

表 6. パワーセンタの変圧器容量別諸元

変圧器容量 (kVA)	上段 210 V 下段 440 V				寸法 (mm)											
	% z	2 次電流 (A)	バスダクト (A)	2 次短絡電流 (kA)	A	AA	AB	B	BA	BB	BC	C	CA	CB	CC	CD
200	3.9	550	600	17	1,170	720	110	600 以上	350	350	960	1,890	1,120	140	2,500	300
300	4.2	830	1,000	23.8	1,325	720	110	"	475	475	960	1,890	1,180	205	2,500	300
	3.6	420	600	13.2			110									
500	5.0	1,380	1,500	35.8	1,655	720	115	"	570	570	960	1,930	1,230	235	2,500	300
	5.0	660	800	17.1			110									
750	5.5	2,070	2,500	49.2	1,850	950	115	"	635	635	1,115	2,155	1,455	470	2,750	600
	5.5	985	1,000	23.5			110									
1,000	5.8	2,750	3,000	62.9	1,910	950	115	"	770	770	1,120	2,485	1,785	470	2,950	900
	5.8	1,310	1,500	30.0			115									
1,500					1,910	950		"	1,500	770	1,120	2,700	2,000	470	3,050	1,000
	6.6	2,090	2,500	41.4												
2,000					2,020	950		"	1,510	780	1,120	2,700	2,000	470	3,050	1,000
	6.5	2,640	3,000	55.5												

注) 2 次短絡電流は電動機寄与電流を含んだ概略値である。

面 形	寸 法 AC					
	1	2	3	4	5	6
E 形	620	1,200	1,820	2,400	3,020	3,600
CNF-E 形	735	1,470	2,205	2,940	3,675	4,410

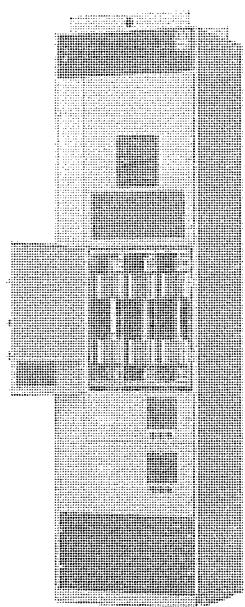
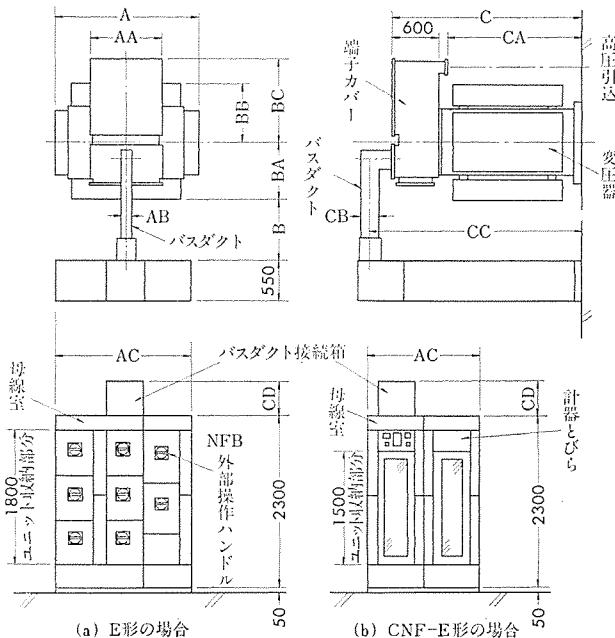


図 6. CLN 形限流装置を収納した盤

ハードを母体として設計・生産されており、既に数年前から納入され多くの実績を持っている。

#### 4.2.1 E 形パワーセンタの構成

E 形パワーセンタは、変圧器又は変圧器盤、低圧バスダクト、及び低圧 2



次盤から構成されるが、低容量の場合はバスダクトを省略してケーブル配線とする場合が多い。これはバスダクトとケーブル配線の経済分岐点が 800 A 程度にあるためである。

#### 4.2.2 E 形パワーセンタの特長

(1) E 形コントロールセンタと同様に、各分岐ごとにユニット化しているので、万一事故を生じても他のユニットへの波及を防止することができるなど、安全で信頼性が高い。

- (2) 各ユニットのNFBは、外部から操作ができ、必要に応じて投入防止の施錠ができるので、安全である。
- (3) 各ユニットのとびらには、電流計、信号灯などを設けることができる所以、ユニットごとの監視ができる。
- (4) ユニット化されているので、必要面数と据付面積が容易に算出できるなど、計画がやりやすい。
- (5) 接続点を極力少なくし、かつ信頼性の高い構造としているので、最もトラブルが多いとされている接続部のトラブルを減少することができ、かつ保守の省力に役立つ。
- (6) 原則として、B配線方式（ユニットへ直接配線する）を採用しているので、ユニット以降の配線系もセパレートされる。
- (7) 奥行が小さいので、前後面から容易に手が届くため、保守点検がやりやすい。
- (8) 世界に類のない限流性能を有するCLN形限流装置（永久ヒューズ）を収納することによって、460V、200kAの短絡電流域まで使用でき、かつ負荷に接続されるNFBを最小NF-100E形まで、選択しゃ断方式で適用することが可能である。
- (9) NVZB形漏電リレーを各ユニットに収納できるので、地絡時の瞬時しゃ断や、警報、表示が可能である。

また時延型漏電リレーを収納すれば、下位に接続される漏電しゃ断装置との協調選択しゃ断もできる。

- (10) ユニットの増設 母線を含めた外箱の増設などが容易である。

#### 4.3 CNF-E形キュービクル分電盤

CNF-E形キュービクル分電盤は、E形コントロールセンタの姉妹製品として設計され、動力回路や電灯回路の分歧盤として使用され、数多くの納入実績を持っている。

#### 4.4 CNF-E形キュービクル分電盤の特長

- (1) 各分歧NFBごとにユニット化しており、容易に脱着できる。
- (2) 各NFBは、横向きに取付けられているので、1面の外箱に多くのNFBが収納できる。(特にNF-100E形以下のNFBは、電源側を対向して横向きに取付けており、1ユニットに2個のNFBが収納できる。)
- (3) NFBの操作は、大とびらを開いて行うことができる。なお大とびらを開いた状態でも充電部は露出していないので安全である。
- (4) 大とびらには、透明プラスチックの窓が設けてあり、外部からNFBの開閉状態を見ることができる。
- (5) 大とびらの上部には、たて寸法300mmの小とびらが設けてあり、電流計、電圧計、電力量計、接地リレー等を取り付けることができる。
- (6) ユニット化しているので、面数と据付面積を容易に算出でき、計画が容易である。
- (7) ユニットの増設 母線を含めた外箱の増設などが容易である。
- (8) E形同様、接続点を極力少なくしており、かつ奥行が小さいので前後面から容易に保守点検ができる。なお、NV形漏電ブレーカ及びNVZB形漏電リレーの取付けも可能である。

#### 5. 高低圧閉鎖配電盤の傾向

##### (1) 小形化・高密度化

高低圧閉鎖配電盤をはじめ、3~6kVクラスの高圧盤においても、しゃ断器を多段積にする構造が一般的となり、軽負荷用のものでは3~4段積が可能になった。これはしゃ断器技術の成果によるところが大きく、しゃ断器自体の小型化とともに、真空しゃ断器やガスしゃ断器などの実用化により大きく進歩した。

##### (2) 高信頼度化

多段積構造に代表される集積度の高い閉鎖配電盤は、必然的に単位スペース当たりのエネルギー取扱い量が大きくなり、事故を発生したときの系統や機器に対する影響度が大で、ますます高信頼度のものが要求される。閉鎖配電盤の高信頼度化のためには

(a) 機器自体からの事故発生を極小化すること。

(b) 発生した事故の拡大波及を局限化すること。

の2点が必要であり、高信頼度機器、絶縁母線方式及び主要機器間の隔壁などの採用により具体化される。

##### (3) ユニット化・モジュール化

単なる閉鎖形から単位閉鎖配電盤が生まれ、電気設備の計画や増・移設を容易にしたが、更に単位閉鎖盤の徹底した標準化を行い、安定した信頼性の高い製造を容易にするようなモジュール化の方向に移りつつある。

##### (4) 省保守形機器

主しゃ断器は保守点検を要する代表的な機器であるが、この大きな傾向は油無し化であり、油しゃ断器に代わって磁気・真空しゃ断器が主流となった。更にはSF<sub>6</sub>を用いたガスしゃ断器も実用化されている。また、しゃ断器以外の主回路接続機器も絶縁特性のよいエポキシ樹脂やブチルゴムなどによるモールド絶縁が主流になった。

##### (5) 全天候屋外形

省保守形機器の採用が多くなる一方、限られた保守点検の機会を最大限に利用できるように、屋外用としては全天候形閉鎖盤(雨天のときでも保守点検に便利な点検スペースを有するもの)が多用されるようになった。

#### 6. むすび

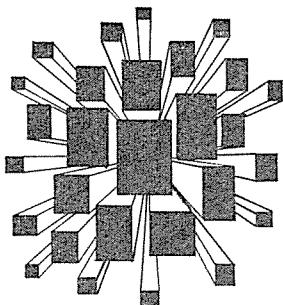
高低圧開閉装置は多機種そのものであり、ここにあげたものも当社で製作している閉鎖配電盤の代表的なものにすぎない。今後も新しい適用分野、系統の大容量化及び5章で述べたような傾向にそって、ますます多様化の方向に進むであろう。このような情勢をふまえ、新しい製品・技術の開発に目を向け、より安価で信頼性の高い開閉装置を提供できるよう改善に努めたい。

#### 参考文献

- (1) 木村、佐藤：三菱電機技報、47、No. 12 (昭48)
- (2) 堀田、高橋：三菱電機技報、47、No. 6 (昭48)
- (3) 石崎：閉鎖配電盤 (昭36) 電気書院

## 当社の登録実用新案

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1036336	石油ストーブの燃焼筒	杉内 豊・齊藤 勝	1039840	送風機の翼形羽根	水野間勝国・大旗 康文
1036337	車両用暖房装置	藤井 学・本田嘉之	1039841	エレベータかご室の目地保持装置	山田春夫・谷口道夫
1036338	車両用暖房装置の制御装置	藤井 学・本田嘉之	1039842	温風機	慶野長治・後藤完二
1036339	自動車用暖房装置における制御装置	藤井 学・本田嘉之	1039843	石油ストーブの燃焼筒保持装置	安原治夫
1036340	自動車用暖房装置	藤井 学・本田嘉之	1039844	石油ストーブのやかん転倒防止装置	安原治夫
1036341	給水機	三宅良明・前中和義	1039845	石油ストーブ	安原治夫
1036342	車体傾斜角制御装置	龟田康幸	1039846	ラインフローファン	岸本 健・小倉新三
1036343	車体傾斜装置	北岡 隆・龟田康幸	1039847	暖房器具	二川暁美
1036344	列車	龟田康幸	1039848	車両用暖房装置の制御装置	藤井 学・本田嘉之
1036345	車体傾斜角検知装置	龟田康幸	1039849	自動車用暖房装置	藤井 学・本田嘉之
1036346	強制車体傾斜制御装置	山田健司	1039850	包装箱	井上員成
1036347	傾斜角度指令装置	龟田康幸	1039851	エアカーテン装置	浅野 忠
1036348	直線形石油燃焼器	小林恵治・大塚信夫	1039852	組立式冷蔵庫の化粧わく	河村伊佐夫・林 八郎
1036349	導体の機械的接合装置	片山敬一	1039853	冷蔵庫の箱体	林 八郎
1038435	加熱板	丸山哲朗	1039854	暖房機	斎藤辰夫
1038436	冷蔵庫	中島 勇	1040328	冷蔵庫	織田隆嗣
1038437	油圧エレベータのブランジヤ結合装置	山上孝俊	1040779	二段伸縮マニプレータ	四方三二
1038438	電気掃除機	加藤 哲・榎 道治	1040780	電気機器	藤井 保・藤原弘兵
1038439	電気掃除機の集じん装置	加藤 哲	1040781	負性抵抗増幅器の入出力分離回路	中原昭次郎・折目晋啓
1038440	暖房装置	岩崎善彦	1040782	表示灯装置	立石俊夫
1039085	自励式交流発電機	岩田年勝	1040783	扱い形式の学科試験装置	大鳥羽幸太郎・吉田修己
1039086	ヘアードライヤー	武井久夫・小川 昇	1040784	固定装置	忍 正義
1039087	送り装置	林 正之・山根満徳	1040785	回路しゃ断器	横山誠一・河野教人
1039088	円形けい光灯器具	井上員成	1040786	食器洗浄機の排水装置	{小川 昇・村岡和典 関根文男
1039089	円形けい光灯器具	井上員成	1040787	管状発熱体の支持装置	慶野長治・後藤完二
1039090	電解加工装置	久慈陽一・葉石雄一郎	1040788	金属ハロゲン化物入高圧水銀灯	土橋理博・高井美則
1039091	多回路制御装置	新川成美	1040789	半導体直接発振器	吉田元彦
1039092	開閉装置の操作装置	杉中輝明	1040790	同調回路	楠 和郎
1039093	空気調和装置	玉山 穏	1040791	周波数表示装置	石井利夫
1039094	中継接続端子	内田 清	1040792	電子レンジの高周波漏えい(洩)防止装置	望月雅之
1039095	締結装置	八木信郎	1040793	管状発熱体	中村富家・慶野長治
1039096	回転磁気ヘッド装置	国井郷志・南野弘廸	1040794	高周波加熱器	柴田 実
1039097	石油燃焼機の種火装置	{小原英一・小林恵治 清水 誠	1040795	高周波加熱装置	望月雅之
1039098	電動機軸の防水装置	稻垣武次	1040796	内燃機関点火装置	{三木隆雄・日野利之 伊藤 勝
1039099	自動車用暖房装置	藤井 学・本田嘉之	1040797	接触スイッチ装置	赤松昌彦・酒井勝正
1039100	偏航回路	大久保永造	1040798	管状発熱体	慶野長治・後藤完二
1039833	防水形押釦開閉器	林 昇寿・武谷勝次	1040799	管状発熱体	{慶野長治・中村富家 浅見安三
1039834	電圧調整装置	佐藤正通	1040800	発熱体	町原義太郎・近藤正司
1039835	電動噴霧器	{服部信道・岩田尚之 森田清司	1040801	ハンドル装置	加藤道明
1039836	電動噴霧器	服部信道・森田清司	1040802	回転電機の永久磁石取付装置	宮下梅夫
1039837	絶縁ボルト	長野光佑・秋定三津男	1040803	管状発熱体	慶野長治・後藤完二
1039838	コロナ測定装置	{浅見辰巳・渡辺忠勝 平林庄司	1040804	ハンドル装置	小島隆男
1039839	誘が(蛾)灯用捕虫器	佐々木武敏			



# 特許と新案

## 電解加工装置 (特許 第 634918 号)

発明者 久慈陽一

この発明は、電源として定電圧特性を用いた電解加工機において、加工間げき(隙)を流れる流量を検出して、自動的に間げきを一定に保つように制御するものである。

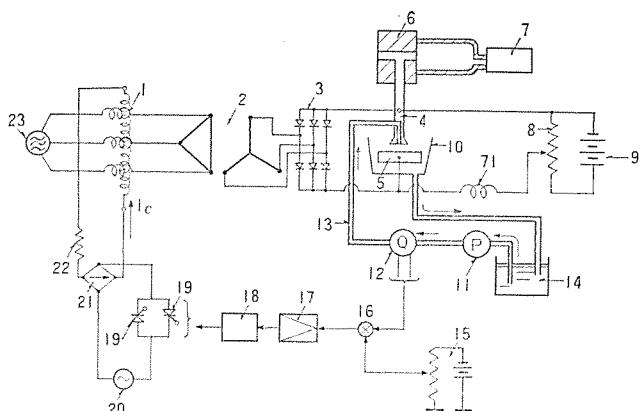
以下この発明を図により説明する。

流量計(12)で測定した信号と回路(15)からの基準流量信号とを比較器(16)で比較し、その差出力で点弧回路(19)を点弧し、交流電源(20)からの加工電流を制御する。

そして、電解液の比抵抗が下がると加工電圧を一定に保つために、サーボコイル(71)によりサーボ弁(7)，シリンドラ(6)を介して加工間げきが広がる。供給液圧一定であるから電解液の流量増加が生じ、これを流量計(12)で検出し、サイリスタ(19)を介して加工電流を増加させる。加工電流が大きくなると自動的に間げきが小さくなり元の値になる。比抵抗が大きくなったときも同様にして制御される。

この発明によれば加工電流を制御して電解液の流量を一定に保つ

ようとしているので、能率的で正確に電解液の流量を一定にしかも自動的に保持することができ、高精度加工を実現した。



## 半導体装置 (特許 第 656703 号)

発明者 清水潤治・船川繁・中田仗祐

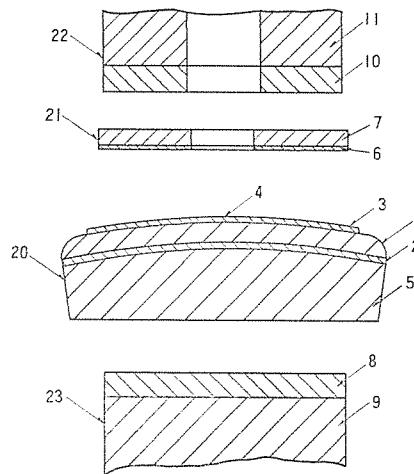
この発明は加圧接触形の半導体装置に関するものである。

電力用の半導体素子においては、半導体基板とその支持板をろう付すると、バイメタル効果によるわん曲ゆが(歪)みが必然的に発生するため、これが導電体あるいは冷却体との平面接触に際して均等な接触が得られるよう何らかの処置を加えなければならない。従来においては、半導体エレメントの両面を平面かつ平行となるよう平面研磨(磨)仕上げしていた。

しかしながら平面研磨仕上げができない半導体エレメントの場合は、この従来方法が施せないので、この発明は、かような場合でも圧接面の接触が全面にわたって密接され、半導体素子内で機械的接触を行われている各構成材料間の熱ゆがみを軽減し、かつこれら相互間の滑動性を保障しようとするものである。

図はこの発明の電力用サイリスタエレメントで、エレメント及びこれと圧接する電極体を示す分解断面図である。(20)はサイリスタエレメントで、シリコン円板(1)の一面には合金はく(箔)(2)によってモリブデン円板(5)を合金接合し、他の面には陰極アルミニウム蒸着層(3)とゲートアルミニウム蒸着層(4)を形成する。このようにシリコン円板(1)とモリブデン円板(5)とを合金接合すると、両者の熱膨張係数の相違によりシリコン面がとつ(凸)となる方向にわん曲する。この場合、モリブデン円板は平面研磨によって平面にし得る十分な厚みを有しているが、他の面、すなわち陰極アルミニウム蒸着層(3)とゲートアルミニウム蒸着層

(4)はわん曲ゆがみを除去するのに十分な厚みを有していないため、この面を平面研ますることはできず、従来のごとき方法を適用することは不適当である。それで陰極蒸着層(3)の表面に対しては、これに沿ってたわみ得るリング状の板を接触させる。(21)は陰極蒸着層(3)に当接させる陰極滑動補償板で、モリブデンリング(7)の片面にアルミニウム蒸着層(6)が形成されている。このモリブデン製の陰極滑動補償板(21)は陰極導電体(22)とサイリスタエレメント(20)との間に圧接される。陰極導電体(22)は銅ブロック(11)に銀板(10)がろう付されたも



# 特許と新案

のである。一方 モリブデン円板(5)に接触する陽極導電体(23)は銅ブロック(9)に銀板(8)がろう付されている。

図示のごとく(22), (21), (20), (23)のすべての中心を合わせてから、(22)と(23)の外側から押圧力を加えると、陰極導電体(22)の銀板(10)は、陰極滑動補償板(21)が陰極蒸着層(3)の曲面に沿ってたわみ密着するまで変形が起り、組立前に存在していたそれぞれのすき間を完全に埋め尽くすことができる。その結果としてサイリスタエレメント(20)から陰極及び陽極導電体(22), (23)の外部表面に至る間の熱抵抗ならびに電気抵抗が押圧力を高めるに伴ってある一定値

に飽和し、その値がそれぞれ接触面をろう付した場合とほとんど変わらないものとなる。

そしてモリブデン製の陰極滑動補償板(21)が、熱膨脹係数の大きい銅製の陰極導電体(22)とろう付していないため、相互に滑り得るだけでなく、さらにサイリスタエレメント(20)ともろう付していないため、この間でも滑り得ることであり、いずれか一方にろう付したものに見られる膨脹収縮作用による応力が、ろう付層やサイリスタエレメント(20)に加わることがないものである。

## プロジェクタのスライド検出装置 (特許 第 674792 号)

発明者 池田勝敏・仁田周一

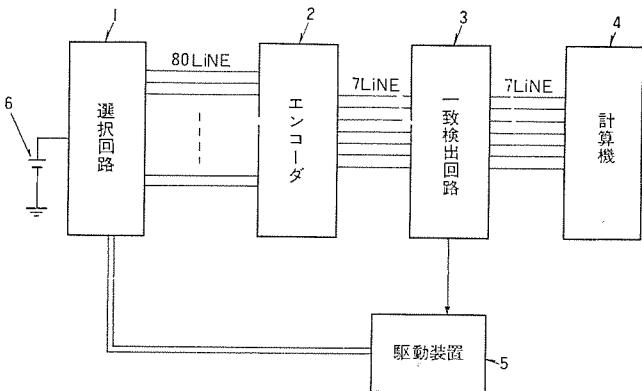


図1

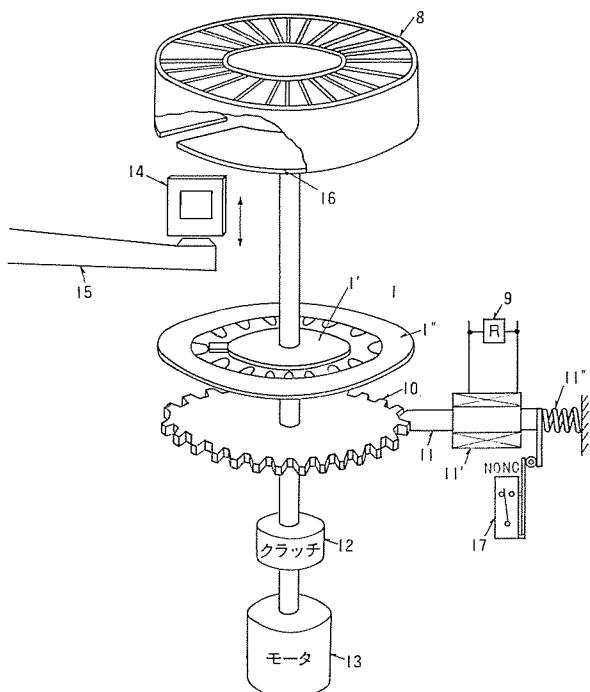


図2

この発明はマガジンに収容された多数のスライドの内の任意の一枚をデジタル計算機からのデジタル出力による指定あるいは手動による指定によって選択し、これをスクリーンに投影するプロジェクタのスライド検出装置に関するものである。

図1, 2. に示すようにこの発明は、電圧をかけられた一接点を有するロータ(1')が回転して多接点を有するステータ(1'')の一つの接点を選択する選択装置(1)と、上記ステータ(1'')の各接点をそれぞれ対応する符号に変換する符号化装置(2)と、この符号化装置(2)の出力と計算機(4)または手動により設定された選択すべきスライドを指示する信号とを比較する一致検出装置(3)と、この一致検出装置(3)からの一致信号あるいは不一致信号により、上記ロータ(1')の回転軸に取り付けられ、スライドの数に対応するだけのギヤを有するストップギヤ(10)にストップ(11)を打込んだり引き抜いたりし、さらに上記ロータ(1')の回転軸に取り付けられ、スライド(14)を収納するマガジンケース(8)から上記計算機(4)または手動により指定されたスライド(14)をアーム(15)により取り出したり收めたりするように駆動する駆動装置(5)とから構成されている。

今、符号化装置(2)の出力と計算機(4)の出力のコードが全く一致していて一致検出装置(3)の出力が“1”となっている時は、モータ(13)は停止し、ストップ(11)がストップギヤ(10)にかみ合い、アーム(15)と共に計算機(4)出力が指定したスライド(14)が、下がって投影されている。

ここで計算機(4)の出力が変化し他のコードを指定すると、一致検出装置(3)は不一致を示す出力“0”となり、まずアーム(15)が上升して投影していたスライド(14)をマガジンケース(8)の中に收める。次にソリノイド(11)を励磁してストップ(11)をギヤ(10)から引き抜き、かつリレー(9)を動作させてモータ(13)を回転させ、ロータ(1')により計算機(4)からの指定コードに対応するステータ(1'')の接点を探す。この探索により一致が検出されるとストップ(11)をギヤ(10)に打込んでマガジンケース(8)の回転を止め、次いでアーム(15)の下降により新しく選ばれたスライドを投影する。

こうして任意の順序で任意の時間に非常に速く、一枚のスライドを選択し投影することができる。

# 関西電力(株)奥多々良木発電所向け500kV640MVA変圧器

祖開克二\*・大野孝雄\*・大谷洋司\*・岩井博通\*

## 1. まえがき

長年にわたり、275 kV 送電が、我が国電力輸送の主幹系統として運用されてきたが、更に大電力輸送を可能にする 500 kV 送電が、昭和 48 年に送電開始されたのを皮切りに、現在、すでに東京電力及び関西電力において実運用に入っている。500 kV 送電線は、今後、拡充されるに伴って我が国電力輸送の重責を担う大動脈となるが、三菱電機では、既に超々高圧変圧器を延べ 94 台、18,600 MVA 完成し、更に、延べ 27 台、9,050 MVA を製作中で、製作を行った変圧器の形式は、単相・三相・特別三相・单巻・2巻線・3巻線・スプリット巻線・ケーブル直結式・各種 タップ 切換方式・リクトル等、あらゆる形式を網羅しており、この豊富な製作経験のもとに、我が国 500 kV 変圧器のさまざまな需要に答えて大いに寄与できるものと期待している。

当社では、かねて製作中であった関西電力(株)奥多々良木発電所向け主変圧器が、このほど完成をみたので、この変圧器の概要について報告する。

奥多々良木発電所は、世界でも有数な大容量純揚水発電所で、昼間ピーク負荷等に対処して火力・原子力発電と組合せて電力の効率運用が図られている。原油価格の高騰あるいは公害規制の面から、我が国が持つ数少ないエネルギー源である水力が改めて見直されつつあるが、今後、原子力発電所の建設などとともに、ますます揚水発電の有用性が高まり、建設が促進されるものと考えられる。奥多々良木発電所の主変圧器は、揚水発電用として代表的な変圧器である。

この変圧器の低圧側は、発電電動機 2 台につながるスプリット巻線変圧器であるが、スプリット巻線の 500 kV 大容量変圧器としては、当社が、さきにアルゼンチンのエルチココン水力発電所用に製作し、現在、営業運転に入っている三相 バンク 540 MVA、500 kV 変圧器<sup>(1)</sup>に続くものである。

## 2. 変圧器の定格その他

変圧器の定格等については、次のとおりである。

### (1) 主変圧器

形 式： 特別三相 60 Hz 負荷時電圧調整器別置  
送油水冷式 外鉄形 フォームフィット形

定格出力： 1 次 L<sub>1</sub> 320 MVA  
L<sub>2</sub> 320 MVA

2 次 H 640 MVA

定格電圧： 1 次 L<sub>1</sub> 18 kV 三角形

L<sub>2</sub> 18 kV 三角形

2 次 H 509.375 kV 星形

(中性点別置三相電圧調整器により、550～  
468.75 kV 可変)

絶縁階級： 1 次 20 号

2 次線路 BIL 1,550 kV  
2 次中性点 60 号 (交流 132 kV, 30 分)

インピーダンス： H-L<sub>1</sub> 間 18 % (320 MVA 基準)

H-L<sub>2</sub> 間 18 % (320 MVA 基準)

L<sub>1</sub>-L<sub>2</sub> 間 できる限り大

端 子： 1 次 離相母線に接続  
2 次 ケーブル直結

### (2) 負荷時電圧調整器

形 式： 三相 60 Hz 中性点接続 別置式  
送油水冷式 外鉄形 フォームフィット形

電 圧： 励磁側 L<sub>1</sub> 18 kV 三角形

L<sub>2</sub> 18 kV 三角形

調整側 ±40.625 kV 星形

切換タップ点数： 27 点 (±13 均等 ステップ)

絶縁階級： 励磁巻線 20 号

調整巻線 60 号 (交流 132 kV, 30 分)

端 子： 励磁側 相間仕切板付 バスダクトで主変圧器に直結  
調整側 油ダクトで主変圧器中性点 ブッシングに直結

### (3) 主変圧器と負荷時電圧調整器とを組合せた外形寸法

床面積 11,320 mm × 15,590 mm

高 さ 10,720 mm

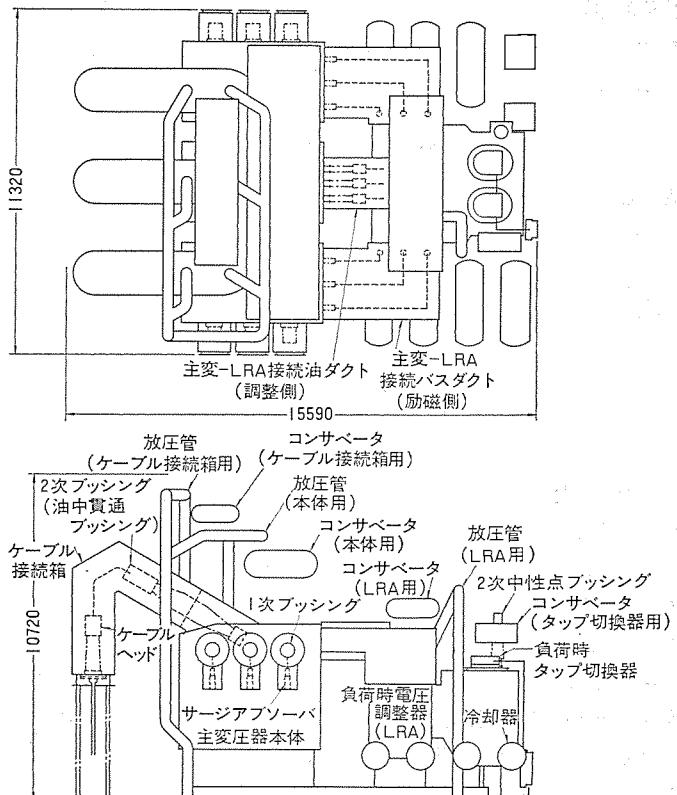


図 1. 外形図

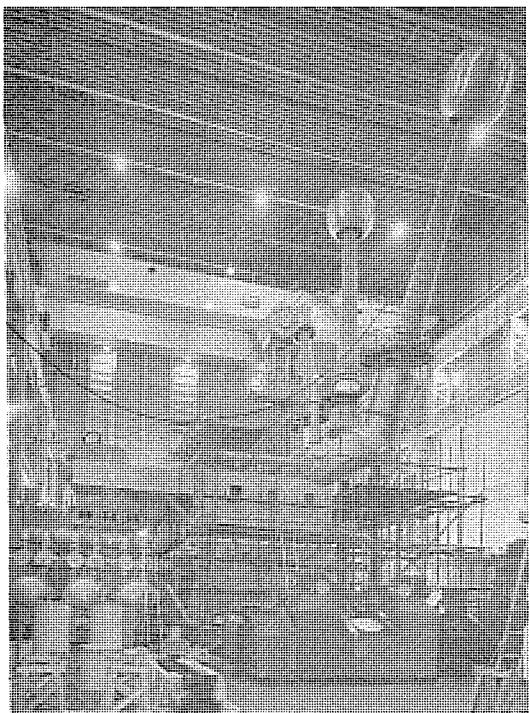


図 2. 500 kV 640 MVA 変圧器

奥多々良木発電所は、兵庫県の市川と円山川の分水界に位置して設置されており、市川水系の上部貯水池と、円山川水系の下部貯水池間で貯留水を反復使用して発電を行う、地下式発電所になっている。このため、変圧器室も発電機室に隣接して地下に設けられており、2台の発電電動機と変圧器間は、変圧器タンク両側壁に設けられた2回路の低圧側端子とそれぞれ独立して離相母線で接続され、高圧側は500 kV ケーブル1回路により、屋外開閉所に接続されている。

図1.は、この変圧器の主要寸法を示す外形寸法図、図2.は工場組立完成写真を示すが、図2.では、高圧側は、試験を行うためにエレファンット室に500 kV 気中ブッシングを取り付け、500 kV 油中貫通ブッシングに接続した状態である。

### 3. 特長

変圧器は、当社標準の外鉄形 フォームフィット構造で、鉄道・道路・地下坑道の輸送制限に入るため、主変圧器には特別三相方式を採用して輸送寸法・重量を軽減した。

外鉄形 フォームフィット変圧器の構造・特長については、これまでにもしばしば紹介されているので、一般的な説明を割愛するが、大きな特長の一つは、巻線配置に高低圧交互配置を使用していることで、交互配置巻線の場合、大容量器でも、交互群数を増加させることによって巻線1群当たりのアンペアターンが無理のない領域にとどめられるので、過大な電磁機械力や漏れ磁束の集中が避けられ、また、大電流巻線は容易に並列回路を増やしてコイル電流を減少させることができる。この変圧器の場合、大容量器で、500 kV 変圧器のためにインピーダンスもかなり高くなっているが、巻線交互群数に8群構成を採用し、全体に過酷にならないように設計することができた。

変圧器は、負荷時タップ切換器をじか(直)付けした負荷時タップ切換変圧器としても製作可能であるが、この変圧器では、変圧器中身主要部を簡潔にして信頼性を高めるために外部構造がやや複雑になるが、タップ巻線、及び機械的要素の多い負荷時タップ切換器を分離する高圧中性点別置電圧調整器方式が採用された。

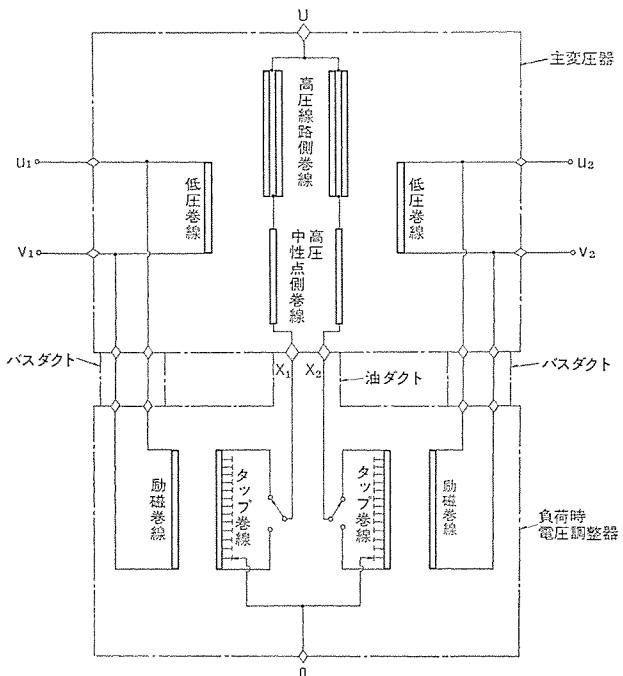
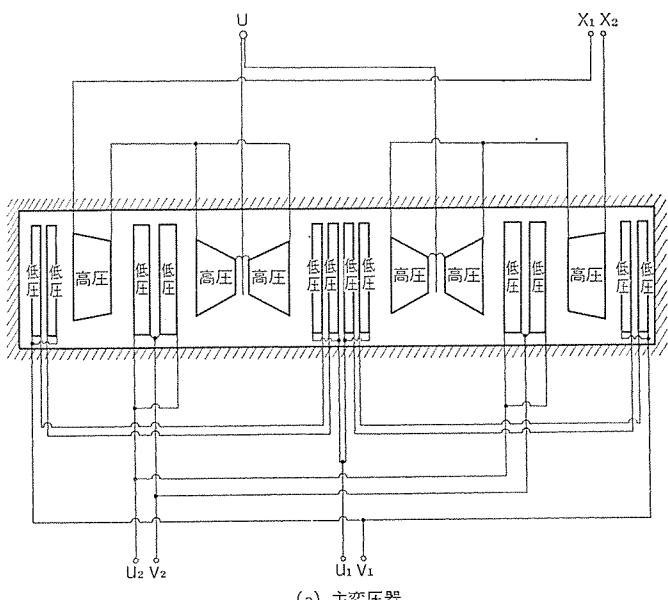
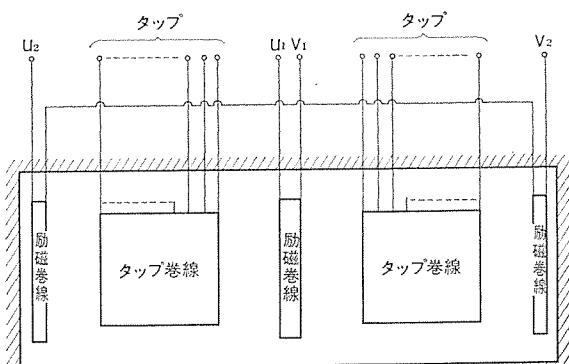


図 3. 変圧器結線 (1 相分)



(a) 主変圧器



(b) 負荷時電圧調整器

図 4. 卷線配置 (1 相分)

#### 3.1 結線及び巻線構造

変圧器1相分について、図3.は結線図、図4.(a)は主変圧器の巻線配置図、図4.(b)は負荷時電圧調整器の巻線配置図を示す。

低圧巻線は、等容量・同電圧の2巻線に分離されたスプリット巻線であるが、この場合、特性は次のような条件を満たすことが必要とされる。

- (1) 低圧巻線一方のみの負荷状態で支障なく運転できること。
- (2) 高低圧間のインピーダンスが、いずれの低圧巻線に対してもほぼ等しいこと。
- (3) 低圧巻線一方のみの負荷状態での高低圧間インピーダンスが、2巻線同時負荷時のインピーダンスのほぼ2倍(同一容量基準)であること。

このように、特性をそろえる必要があるので、電圧調整器もスプリット巻線として両方の低圧側より励磁を行っている。

外鉄形変圧器には、交互配置巻線を使用していることから、巻線を分離して引出すことが容易であり、また、鉄心の脚数を変えないで容易にスプリット巻線変圧器としての特性が得られる特長を有している。主変圧器についてみれば、図4.(a)の巻線配置にすることにより、

- (1) スプリット変圧器としてほぼ完全な対称性をもつ。
- (2) 低圧片側巻線負荷状態では4群構成の変圧器として動作し、同時負荷時には8群構成の変圧器として動作してインピーダンス条件を満足する。
- (3) 片側負荷時の漏れ磁束の生じかたは、片側巻線容量の通常の変圧器と同様であり、片側負荷による不平衡な漏れ磁束は生じない。

などの特長をもっており、電圧調整器についても、図4.(b)に示すとおり、巻線群構成が、主変圧器の1/2になる以外は全く同様である。

主変圧器の高圧巻線は、線路群及び中性点群を2組設けて並列に使用しており、各線路群は、更にコイルを2並列対称配置とした鼓形巻線構造、中性点群は、当社が従来より超高圧以下に一般的に採用している通常の巻線構成である。鼓形巻線構造は、当社が、超々高圧変圧器巻線に多く採用している方式で、線路端の巻線間主絶縁寸法が不要になり、経済的な巻線設計にできるとともに、絶縁上にも線路端に電界が集中することがなくして耐圧の優れたものにすることができた。

主変圧器と電圧調整器との高圧側接続は、電圧調整器のタップ巻線を2並列とし、同じく2並列の主変圧器巻線中性点側端子におののおの独立して接続している。主変圧器及び電圧調整器は、どちらの低圧片側巻線も、高圧2並列の巻線群に対して完全に対称な配置にしているので、低圧両側負荷はもちろん、片側負荷時においても高圧巻線の2並列間は、タップ巻線を含めて線電流の1/2分流になる特長を有している。

### 3.2 絶縁

絶縁構造は、当社が超々高圧変圧器開発時に最重点項目として開発を行い、洗練を加えつつ完成させた外鉄形E形サージプルーフ絶縁を採用した<sup>(3)</sup>。外鉄形変圧器は、段絶縁が容易に行えるとともに、その効果が大きく、段絶縁にすることにより、対他巻線及び鉄心等の接地面に対する主絶縁中の電界をほぼ一様に平行した分布にすることができる。高圧側巻線線路群は、鼓形にすることで特に、この効果が大きい。

外鉄形E形サージプルーフ絶縁は、基本的に絶縁物を電界に合わせて等電位面に沿った配置とし、プレスボードと油げき(隙)の合理的な配分によって電界を均等化した絶縁構成で、更に、細部についても、

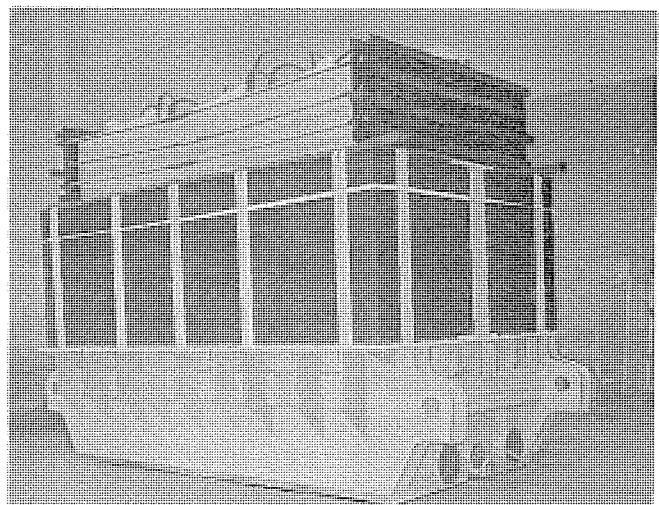


図5. 変圧器中身

- (1) 電界集中の生じやすいコイル、あるいは静電板の端部に曲率半径の大きいシールド線を設けて電界集中を緩和する。
- (2) 鉄心角部をしゃへいする。
- (3) 電位傾度の高い部分を誘電率及び耐電圧の高いプレスボードで覆い、電界集中の緩和、耐圧上昇を図る。

などにより、絶縁耐力の改善及びコロナ防止対策を行ったものである。

製作に当たり、安定した品質で所期の特性が得られることを主眼にして巻線・絶縁物の加工・組立は、空気調節を施した工場内で行い、加工・組立精度を高め、じんあい除去にも効果をあげている。当社では、技術的な管理基準のほかに、特殊作業は指名業務にするなどの技能管理、あるいは、日常清掃の徹底等を通じて作業に対する認識を深めている。

### 3.3 鉄心、その他の中身部品

鉄心には冷間圧延の素鋼板を使用し、額縁形に積層して、外箱側板の張力によって全周を強固に締付ける、当社標準の外鉄形フォームフィット構造である。鉄心形状・構造が簡単で、かつ、鉄心締付けが均一に行われる所以、磁気特性の加工劣化が少ない特長を有している。

外鉄形変圧器の場合、巻線からの口出しリードは、すべて平面的に広い中身本体上部へ引出しているので、リード間の絶縁距離を大きく確保でき、更に、高圧線路側ブッシングの位置を適当に決めて高圧リードを最短でほぼ中央に位置させ、回りに低圧リードを配置して電位的にもバランスのとれた構成にし、安全度の高い設計ができた。

当社では、巻線電流によって生ずる漏れ磁束の大きさ・方向を電子計算機で求めている<sup>(3)</sup>。計算結果と実測との対応については、既に単相100MVA 735kVの試作変圧器、及び三相バンク1,000MVA 400kV変圧器で、磁気シールド鉄心内の磁束量及び空間磁束密度を測定して良く合致することを確認しており、今回もスプリットの両側負荷あるいは片側負荷時の漏れ磁束を詳細に求めて最適量の磁気シールドを外箱内面・鉄心脚部に配置し、構造物中の漂遊損の発生を最小限に抑えるようにした。

### 3.4 負荷時タップ切換器

タップ巻線は、2並列であるが、負荷時タップ切換器についてもおののおののタップ巻線に三相MRF形負荷時タップ切換器を適用し、2台を並列使用した。タップ切換器の仕様は、1ステップ電圧1,804V、最

大電流  $788/2=394$  A, タップ点数 27 点である。2台のタップ切換器は、3.1節で述べたように、低圧両側あるいは片側負荷時のいずれにおいても対称使用であり、2台間で負荷分担の不均衡あるいは、異常電圧が生ずる恐れはなく、また、切換動作途中の不ぞろいによって生ずる電流の不均衡についても、2組の高圧巻線間のインピーダンスによって電流を平衡させているので無視できる。

### 3.5 500 kV 油中貫通ブッシング

高圧側には定格電流 2,000 A の 500 kV 油中貫通油入コンデンサ ブッシングを使用した。このブッシングは、1,500 MVA 級の 500 kV 変圧器にも適用できるもので、ブッシング単体を精密試験した結果、雷インパルス耐電圧 1,800 kV、開閉インパルス耐電圧 1,290 kV、商用周波耐電圧 840 kV (1分間) に耐え、長時間耐圧・部分放電測定・温度上昇試験などについても問題なく満足できる結果であった。

### 3.6 冷却器

冷却器には、送油水冷式 2重管形冷却器を使用した。使用台数は、主変圧器用 5 台、電圧調整器用 1 台、共用予備 1 台である。冷却水は、水車の吸出し管から取水し、吸出し管へ放送出する循環経路で、最大水圧が約  $15 \text{ kg/cm}^2$  と高く、冷却器は、この 1.5 倍の水圧に耐えるように設計され、耐圧試験の結果も問題のないものであった。

## 4. 試験

主変圧器と電圧調整器とは、単独で 3 相組立を行い、それぞれの試験及び電気的に組合せた試験を実施し、更に、両者を完全に組合せた状態で試験を実施した。主な試験項目は、次のとおりである。

#### (1) 単独試験

(a) 単独特性試験

(b) 耐圧試験

(c) 部分放電測定

#### (2) 電気的組合せ試験

(a) 組合せ特性試験

(b) 長時間耐圧・課電試験

(c) 部分放電測定

(d) 温度上昇試験

#### (3) 完全組合せ試験

(a) 組合せ特性試験

(b) 騒音・振動測定

(c) 構造検査

耐圧試験については、商用周波耐電圧 680 kV (1分間)、雷インパルス耐電圧 1,550 kV、及び開閉インパルス耐電圧 1,290 kV、並びに長時間耐電圧 476 kV (常規電圧 × 1.5, 2時間)、及び長期課電 397 kV (常規電圧 × 1.25, 常規電圧 1年間相当) を印加し、これに異状なく耐え、商用周波耐電圧、長時間耐電圧及び長期課電試験中に行った

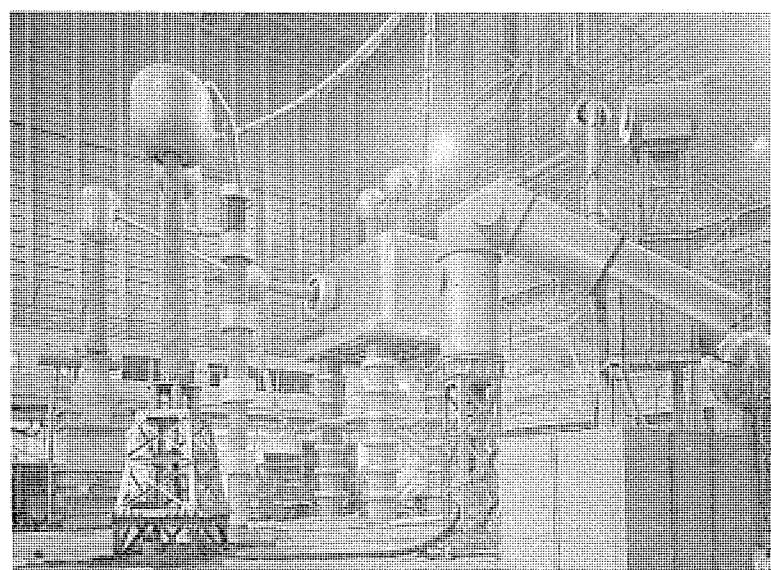


図 6. エレファント室 - 500 kV OF ケーブル組合せ試験

部分放電測定結果も極めて良好であった。スプリット巻線としての特性は、同時負荷及び両片側負荷時のインピーダンス測定及び負荷試験により、両者の特性が良くそろって仕様を満足し、使用条件になんらの支障のないことが確認された。

なお、変圧器本体とは別に、あらかじめ 500 kV 油中貫通ブッシングと OF ケーブルとを組合せたエレファントケース単独の試験が行われ(図 6. 参照)、商用周波耐電圧 750 kV、雷インパルス耐電圧 1,550 kV 及び開閉インパルス耐電圧 1,290 kV に耐え、部分放電測定結果にも全く問題がなかった。

## 5. むすび

関西電力(株)奥多々良木発電所向けとして製作した 500 kV 640 MVA 変圧器を紹介した。この変圧器の製作に当たって採用された設計内容・構造・方式等は、今後に建設される揚水発電用主変圧器にそのまま適用できるばかりでなく、広く 500 kV 昇圧用変圧器に応用できるものと考えられる。

終わりに、この変圧器製作に際してご指導を賜った関西電力(株)並びに当社水力計画のかたがたに深く感謝の意を表する次第である。

## 参考文献

- (1) 菅、武智、富永：三菱電機技報、46, No. 7, 777 (昭 47)
- (2) 村上、田村、神谷：三菱電機技報、41, No. 3, 414 (昭 42)
- (3) 玉置、博多、柳：電連大、70, 270 (昭 48)
- (4) 坂田、清水、三浦、西山：三菱電機技報、41, No. 3, 418 (昭 42)
- (5) 田村、神谷、菅、三浦、富永：三菱電機技報、45, No. 9, 1071 (昭 46)

# 500kVガス絶縁変電所用ガスしゃ断器の輸送試験

高橋康英\*・奥津尚宏\*\*・本吉健郎\*\*・今瀧満政\*\*・土江瑛\*\*

## 1. まえがき

最近の電気機器は、その使用電圧・電流の定格が増大する傾向にあり、したがって、構造が大きくなり、機器をいかにして輸送するかが設計上の重要なポイントになってきている。変圧器については、その重量及び構造上、特殊な車両を使用した輸送が必要であり、既に輸送方法の検討は十分になされてきている<sup>(1)</sup>。他方、開閉機器の場合、がいし形しゃ断器などにおいては、部品に分けて普通のトラックでの輸送が可能である。最近のガス絶縁変電所(以下、GISと略称)に使用される大形タンク構造のしゃ断器には特殊な車両を検討する必要がでてきた。特に、500kV級のタンク形しゃ断器では、その電気的な絶縁上より必要な寸法が輸送限界に近くなる。また、組立状態での輸送における中身の強度も十分に検討されなければならない。更に、大形のトレーラーで輸送することになると、運転可能な時間帯が夜間に限られてくるので、車の速度をどの程度まで上げることができるかは、1日のうちにどこまで運べるかということと関連し、安全性と経済性とから判断すべき重要な問題である。ここでは、GISの構成部品の中でも最も大きなしゃ断器タンク(CBタンクと略称)の輸送に当たり、車両の振動解析と、輸送試験におけるデータの処理及び解析方法について検討した結果をまとめた。

## 2. CBタンクの輸送方法

大形構造物の輸送方法としてのトレーラ輸送には、次のような種類の車両が使用される。

- (1) 一般トレーラ(平台車、低床台車)
- (2) ガーダー式トレーラ
- (3) シュナーベル式トレーラ
- (4) フルトレーラ
- (5) ドリー

変圧器の輸送には、シュナーベル式トレーラを使用しており、これは、構造物の重量が大きく、剛性が十分にある場合に使用される。いずれにしても、一般道路では、高さ3.8m、長さ16.5m、総重量27tの制限があり、これを越えるような場合には種々の拘束がある。CBタンクの輸送を考える場合、高さの制限から一般的のトレーラは使用

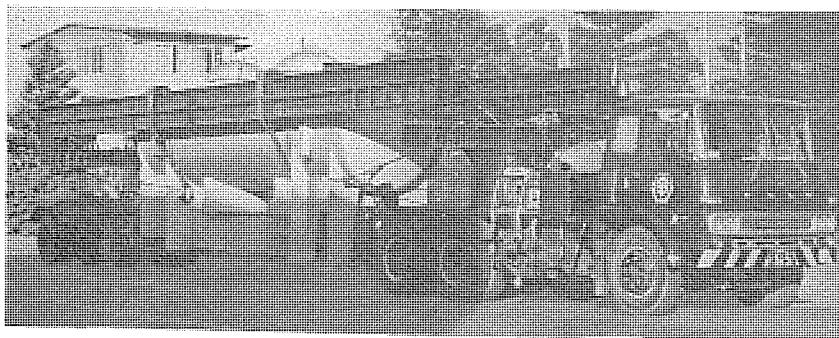


図1. ガーダー式トレーラによるCBタンクの輸送

不可であり、タンクの形状から判断してガーダー式トレーラが適している。これは、図1.に示すように、2本のはり(梁)でかごを担ぐようにタンクにワイヤをかけてつり下げるものである。タンクの重量がそれほど大きないので、はりはH形鋼を2本合わせたもので十分である。タンクは、荷造りしないで、振れ止めとして下部を前後に引張って固定している。ガーダー式トレーラは、セミトレーラトラクタの一形式であるが、車体の振動は、振動モードが多く、比較的振動の大きい車である。特に運転台のピッキング振動は大きい。

## 3. 大形車両の振動とその解析

大形車両における積荷の受ける振動に影響を及ぼす要因は、路面のおうとつ、車輪及びばね、荷台の剛性、積荷自身の剛性などである。振動源としては、路面からの入力が主であると考えられるが、そのほか、エンジンの振動、振動系のアンバランス、荷重点の移動などがある。CBタンクの輸送に使用したセミトレーラトラクタでは、路面から伝わる振動以外はそれほど大きくない。ここでは次の項目にわけて検討していく。

- (1) 路面の特性
- (2) 車両の振動
- (3) 積荷の振動
- (4) 車速と振動
- 3.1 路面の特性

大形車両で輸送を行う場合、輸送コースの道路状況のうち、道幅、カーブの曲率半径、橋の重量制限、ガードやトンネルの高さ制限などは、前もって調査しなければならない重要な項目である。

さきにも述べたように、車両の振動のうち、荷物に關係する主要因は路面のおうとつである。一般に、車速を増していくと振動加速度は大きくなる。これは、路面のおうとつによる変位入力振動が、車速を増すにしたがって周波数が速くなることや、衝撃が大きくなることなどによる。同じ振幅であれば、加速度は周波数の2乗に比例して大きくなるからである。他方、車両の固有振動数が入力の周波数より低い場合には、周波数が高くなればなるほど、積荷に伝わる振動は小さくなる。

路面のおうとつの特性を表現する方法については、定常確率過程

として解析し、パワースペクトルで表現する方法が広く利用されている<sup>(2)</sup>。この方法は、路面のおうとつの波を路面上の長さを基準として表現するものである。おうとつの波の大きさを  $f(x)$ 、 $\Omega$  を単位長さ当たりのおうとつの数、すなわち、空間周波数とする、路面のおうとつのパワースペクトル密度(以下、おうとつスペクトルと略称)  $\pi(\Omega)$  は、次式で定義される。

$$\pi(\Omega) = 4 \int_0^{\infty} A(\tau) \cos 2\pi\Omega \cdot \tau d\tau \dots \dots (1)$$

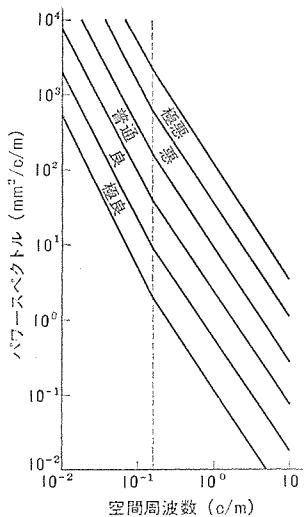


図 2. 路面おうとつスペクトル  
(ISO/TC 108/WG 9 の規格案)

ここに、 $A(\tau)$  はオートユリレーションであり、 $\pi(\Omega)$  は、例えば  $(\text{mm}^2/\text{c}/\text{m})$  の単位をもつものである。

この路面のおうとつスペクトルは、路面の状況を表現するものであり、国際的な統一規格を作成する動きがある<sup>(3)</sup>。ISO/TC 108/WG 9 で規格作成の作業が進められており、路面のおうとつスペクトルを 2 本の折線で近似し、路面のおうとつの程度を 5 段階に分類する方法がとられている。この案を図 2. に示す。路面のおうとつスペクトルを使用して車両の振動系の伝達関数を用いると、積荷の振動のスペクトルが得られる。この振動のスペクトルによって積荷の振動が解析されるのであるが、これについては以下の項で触れる。

### 3.2 車両の振動

セミトレーラ トラクタの荷台及び積荷の振動について考えると、その振動モードが数多くある。上下振動、水平振動、ピッキング、ローリング、ベンディングなどがその主なモードである。

今回、輸送に使用したトレーラは、図 3. に示すような構造をもつガーダー式トレーラである。最も振動の大きいと考えられる上下方向についてその振動系をモデル化すると、図 4. に示すようになる。他の方向の振動を考慮に入れると、解析が複雑になり、この程度の自由度の解析でも、特性を十分には握ることができる。

走行時には、図 4. の振動系において、前部と後部には振動入力として、路面のおうとつがホイール間隔  $l_1$  を車速  $V$  で割った時間  $t_1$  の差で等しい波形が入る。したがって、前部の変位入力を  $x_0(t)$  とすると、後部は  $x_0(t+l_1/V) = x_0(t+t_1)$  になる。この振動系の振動方程式をつくると、次のとおりである。

$$M_1 \ddot{x}_1 + C_1(x_1 - x_0(t)) - C_3(x_3 - x_1) + k_1(x_1 - x_0(t)) - k_3(x_3 - x_1) = 0 \quad (3)$$

$$M_2 \ddot{x}_2 + C_2(x_2 - x_0(t+t_1)) - C_3(x_4 - x_2) + k_2(x_2 - x_0(t+t_1)) - k_3(x_4 - x_2) = 0 \quad (4)$$

$$\frac{M_3}{2} \ddot{x}_3 + C_3(x_3 - x_1) + C_3(x_4 - x_1) + k_3(x_3 - x_1) + k_3(x_4 - x_1) = 0 \quad (5)$$

$$\frac{I}{2} (\ddot{x}_3 - \ddot{x}_4) + \frac{C_3 l_2}{2} (x_3 - x_1) - \frac{C_3 l_2}{2} (x_4 - x_2) + \frac{k_3 l_2}{2} (x_3 - x_1) - \frac{k_3 l_2}{2} (x_4 - x_2) = 0 \quad (6)$$

ここで、 $I$  を質量  $M_3$  で長さ  $l_2$  の一様な断面の棒とすると、 $I = M_3 l_2^2 / 12$  となるが、支持点がタンクの中央へ寄っていることなどから、

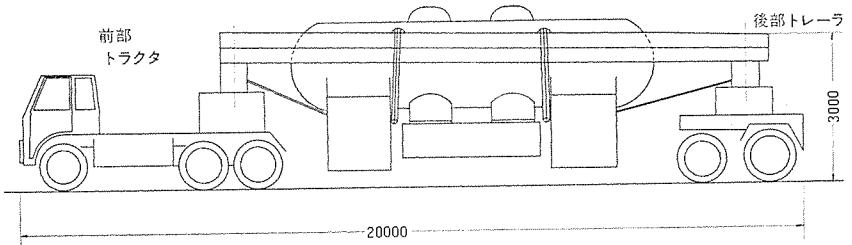


図 3. ガーダー式  
トレーラの概略図

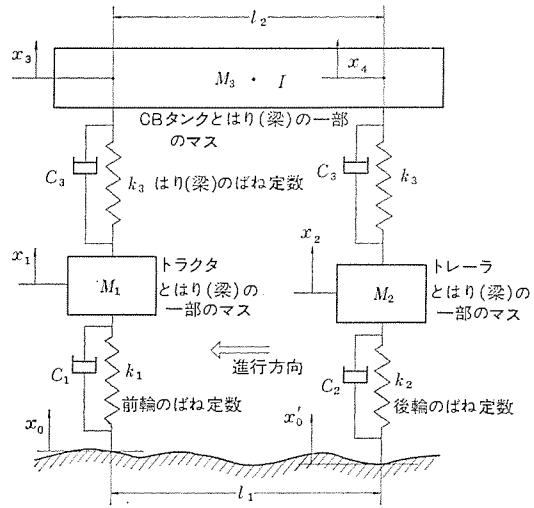


図 4. 4自由度モデル

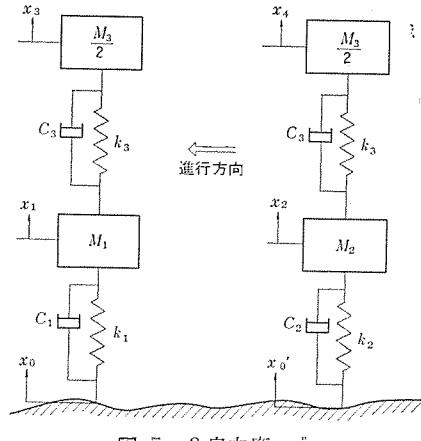


図 5. 2自由度モデル

実際の  $I$  は上の値より大きい。そこで、 $I = M_3 l_2^2 / 4$  とおくと、上の式(5), (6)は簡単になり、次の 2 組の 2 自由度系に分割される。

$$M_1 \ddot{x}_1 + (C_1 + C_3) x_1 - C_3 x_3 + (k_1 + k_3) x_1 - k_3 x_3 = k_1 x_0(t) + C_1 x_0(t) \quad (7)$$

$$\frac{M_3}{2} \ddot{x}_3 - C_3 x_1 + C_3 x_3 - k_3 x_1 + k_3 x_3 = 0 \quad (8)$$

$$M_2 \ddot{x}_2 + (C_2 + C_3) x_2 - C_3 x_4 + (k_2 + k_3) x_2 - k_3 x_4 = k_2 x_0(t+t_1) + C_2 x_0(t+t_1) \quad (9)$$

$$\frac{M_3}{2} \ddot{x}_4 - C_3 x_2 + C_3 x_4 - k_3 x_2 + k_3 x_4 = 0 \quad (10)$$

上式は、振動系が図 5. に示すような二つの系に分割されることを意味する。したがって、2自由度系の上下振動として解析し、積荷としては2箇所に振動入力があるものとして解析すればよいことになる。

### 3.3 積荷の振動

積荷の振動としては、さきにも述べたように、ワイヤでついたつり部

からの変位振動として加振力が作用する。タンク自身は、車両の振動の周波数範囲(1~20 Hz)ではほぼ剛体と考えてもよいので、内部の支持筒・消弧室・抵抗・コンデンサ・シールドリングなどの振動が問題になる。これらの水平方向振動については、耐震試験で加振試験を行って十分な検討がなされているので、主として上下方向について検討していくべき。

### 3.4 車速と振動

路面のおうとつスペクトル  $\pi(\Omega)$  は、空間周波数に対する密度であるので、車速  $V$  で  $\Omega$  を割ると、おうとつの時間周波数  $f$  によるおうとつのスペクトル  $R(f)$  が求められる。すなわち、

$$R(f) = \pi(\Omega)/V \quad \dots\dots\dots (11)$$

となる。

車両及び積荷の振動特性を  $z(f)$  とする。 $z(f)$  は、路面よりの振幅入力に対する積荷の加速度応答として求められる。積荷の振動スペクトルを  $Q(f)$  とすると、

$$Q(f) = |z(f)|^2 \cdot R(f) = |z(f)|^2 \cdot \pi(\Omega)/V \quad \dots\dots\dots (12)$$

となる。

したがって、実際の輸送試験で車両の振動系がわかれば、路面のおうとつスペクトルを推定することができる。また、路面のおうとつスペクトルについては、一般的に道路の質によってそのスペクトルが求まるので、車両及び積荷の状態がわかれば、各速度に対する応答スペクトルを推定することができる。 $Q(f)$  は、グラフ上では速度が増せば、右側に寄っていく曲線となる。

応答のスペクトル  $Q(f)$  をもとにして積荷の振動を考える。応答の周波数  $f_a \sim f_b$  の間の波高値の分布において、

$$\sigma^2 = \int_{f_a}^{f_b} Q(f) df \quad \dots\dots\dots (13)$$

は、その分布の分散値となる。応答の分布の形が、統計的にその特性がわかった確率分布に従う場合には、その分散がわかれれば分布の形がわかる。分布の形は、 $f_a$ ,  $f_b$  の幅が狭くなると、すなわち、バンドパスフィルタを通した波形のピーク値の分布を考えると、レーー分布となり、全周波数範囲ではガウス分布になる<sup>(4)</sup>。分布の形がわかつていれば、この  $\sigma^2$  より最大値や各振動レベルのひん度などの推定が可能になり、強度の検討も行うことができる<sup>(5)</sup>。

### 4. 積荷の振動とその強度解析

さきに積荷の受ける振動及び応力のタイムヒストリーデータの発生とその評価について検討した。ここでは、このデータをもとにして積荷の受ける被害を推定することを考える。積荷の受ける被害は、その外力の最大値及び各外力レベルの発生ひん度を知ることができれば、材料の強度との対応で推定することができる。このためには、外力波形の波高値の分布の形を統計的に求める必要がある。そのほか、波形の周波数成分についても知る必要があり、これは、フーリエ分析や、さきに述べたパワースペクトルによって求められる。

外力の加わる場合の寿命の推定については多くの法則がある。例えば、変動応力による破壊は、累積繰り返し数比  $\sum n_i/N_i$  が、1になると起こるとする Miner 説、応力繰り返し中の塑性ひずみが疲れ寿命を定めるという Hempel らの説、S-N 曲線よりランダム荷重に対する  $\sigma-N$  曲線を求めるという Fuller らの説などである。一般には、簡便な Miner 説を修正した修正 Miner 説を使用している。

これは、 $\sigma_1$  の応力を  $n_1$  回、 $\sigma_2$  の応力を  $n_2$  回加えた場合、 $N_1$ ,  $N_2$  を  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  で単独に加えた場合の破断繰り返し数として、

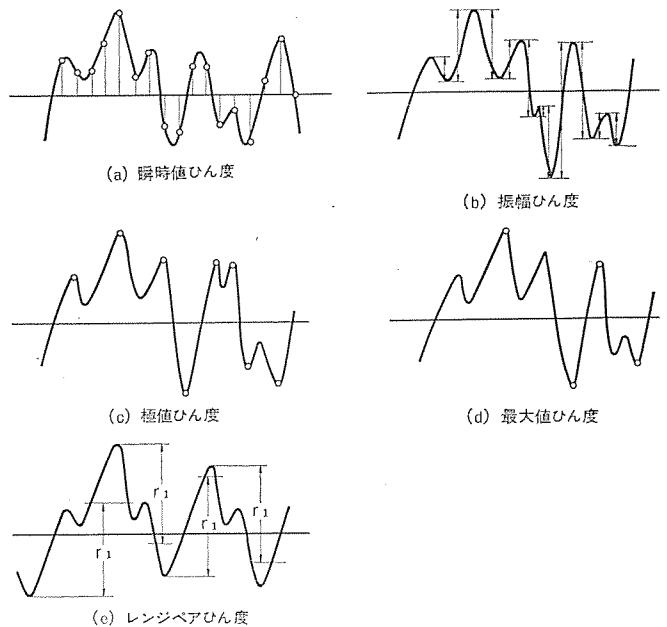


図 6. 各種ひん度分布の求め方

$$\frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} = C \quad \dots\dots\dots (14)$$

が成り立つと破壊するとして、一般には

$$\sum \frac{n_i}{N_i} = C \quad \dots\dots\dots (15)$$

となる。応力  $\sigma$  の分布の形がわかれば、上式の左辺は推定できる。波高値分布を求める方法としては、次のものがある<sup>(6)</sup>。

- (a) 瞬時値ひん度
- (b) 振幅ひん度
- (c) 極値ひん度
- (d) 最大値ひん度
- (e) レンジペアひん度

これらのひん度の求め方を図 6. に示すが、そのおのおのの利用法や特長を以下に述べる。

#### 4.1 瞬時値ひん度

不規則波の等時間間隔における波の大きさを求め、大きさを幾つかのレベルに分け、それぞれのレベルごとの一定時間あたりの発生ひん度を求める。この方法では、疲れに影響する振幅が生かされない欠点がある。分布の形はガウス分布となる。

#### 4.2 振幅ひん度

波形中の極小値と極大値との振幅の幅の値について各レベルでの発生ひん度を計数するものであって、下向きの大きな波には、途中に小さい山と谷があるため、本来一つの大きな波として計数されるべきものが、二つの小さい波に分けられてしまう。このため、材料の受けける被害を過小に評価することになる。

#### 4.3 極値ひん度

波形中の極大値あるいは極小値を全部数え、これらに担当する振幅の波が存在すると考える。図 6. (c) における二子の山の波において山の両側の極大値で大きな波の存在を仮定することになり、材料の受けける被害を過大に評価してしまう。

#### 4.4 最大値ひん度

極値ひん度においては、小振幅に基づく極値を取り除いた方法でひん度を求めるもので、平均値とクロスしない小振幅は取り除き、最大値を求める。

#### 4.5 レンジペアひん度

波形中の上昇振幅と、それに続く大きさの等しい下降振幅とを1組にし、その組数を数える方法である。図6.(e)のように、ある振幅  $r_1$  を定め、時間を追って上昇と下降の振幅の対を求める。

## 5. 輸送試験

輸送試験の目的は、まず第1に、どれほどの速度で運転すれば、製品が安全であるかということであり、次に、輸送コースの道路状況をつかむことである。試験には、開発試験用の実物のCBタンクを用い、実際の輸送と全く同じように、ガーダー式トレーラに積み込んだ。

道路条件が比較的よい国道や、市街電車の石畳道などの非常に悪い道路を選び、速度を変えた場合の振動を測定したり、更に道路上に木材を敷いてその上を通過するなどの試験も行った。

また、実際の輸送コースとして当社伊丹製作所から和歌山県の紀の川までのコースを選んだ。試験方法と、そのデータの処理について以下に述べる。

## 5.1 試驗方法

試験項目として、トレーラの振動系の定数を求ること、道路の状況を調べて速度と振動との関係を求ること、積荷に発生する振動と各部のひずみとを調べることである。

トレーの振動系の定数を求める方法として、荷を積込む前と、積

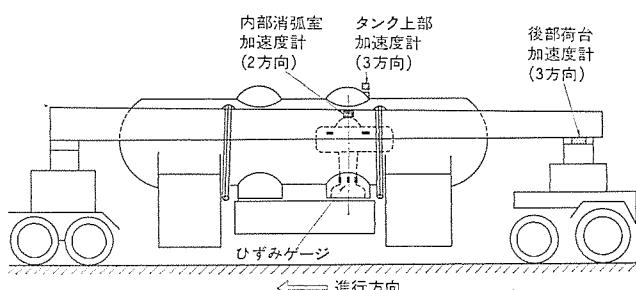


図 7. 加速度及びひずみの測定場所

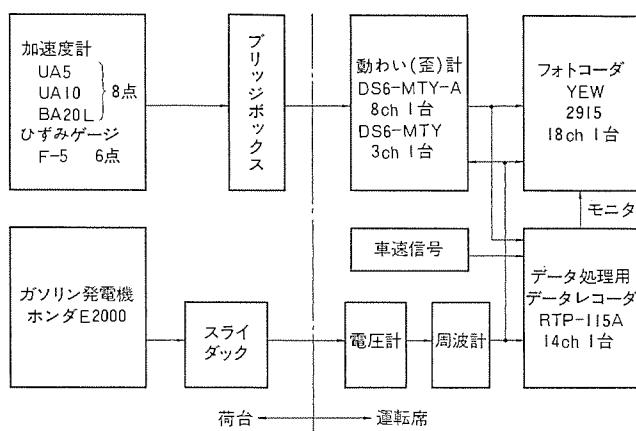


図 8. 測定回路図

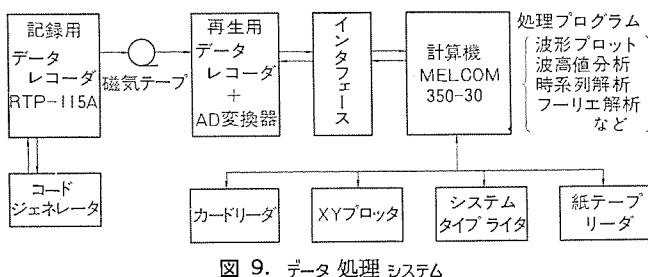


図 9. データ処理システム

込んだ後の荷台の各部の高さをスケールで測定し、その変位量から各部のばね定数を求める。

輸送時の測定項目は、振動加速度とひずみとであり、これらの測定素子の取付場所を図7.に示す。荷台・タンク上部・消弧室に加速度計を取り付け、振動系・振動伝達を解析する。測定計測器及び結線図を図8.に示す。この測定では、データの解析をA-D変換器と電子計算機を組合せたデータ処理システムを利用して行うこととする目的とし、データのすべてを14チャンネルのデータレコーダに記録した。振動のモニタとして12チャンネルのフォトコードを使用し、波形及び走行時の記録を書込んだ。計測器は、ブリッジボックスと発電機とを荷台に載せたほか、すべてを運転席後の寝台に配置した。多チャンネルのデータレコーダを使用したので、測定員は運転席に2名乗るだけで長時間の測定が容易に行われた。

## 5. 2 データの処理及び解析<sup>(7)</sup>

測定データの処理方法を図9.に示す。測定したデータは、磁気テープのアナログデータについて、モニタのオシロを参考にし、速度や道路状況などの各条件で振動解析する部分を決め、コード信号をテープに入れる。そして、このテープをデータ読取装置にかけ、電子計算機によって波高値分析・時系列解析などの計算を行う。この処理を行って次の項目についてデータをまとめていく。

- (1) 波形のはき出し
  - (2) 波高値分析
  - (3) 時系列解析（オートユリレーション、パワースペクトル、トランスペクター ファンクション、ほか）
  - (4) 路面のうらとつ スペクトル

## 6. 試驗結果

試験結果として得られたデータは非常に多く、解析結果も膨大な量になるが、以下に主な結果を述べる。

## 6.1 トヒニラと蘿荷の振動系

トレーラに荷を積込んだときの各部のたわみの測定結果を図10.に示す。このデータは、左右のアンバランスを平均してまとめたもので、実際には積荷の片寄りのために左右のアンバランスがあった。

この変位量から 図 4. の振動系のばね定数を求めた結果を 表 1. に示す。この表には各部の質量と、次のようにして求めた減衰定数も示している。減衰定数は、減衰比率を  $\zeta$  とすると

によって求められる。この値は、トーラでは 0.1 前後と考えてよい。

表 1 の定数をもつ 2 自由度系の振動応答を計算し、振動伝達関

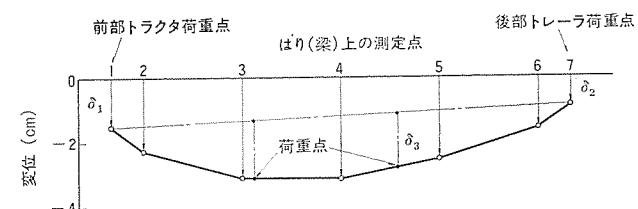


図 10 草を積込むときのトヨエ 各部のたわみ

表 1 振動系の各定数

	質量 $M$	ばね定数 $K$	減衰定数 $C$	備考
1	7 kg/cm/s <sup>2</sup>	4,700 kg/cm	36 kg/cm/s	$\xi=0.1$
2	9 "	8,000 "	53 "	"
3	17 "	4,200 "	38 "	"

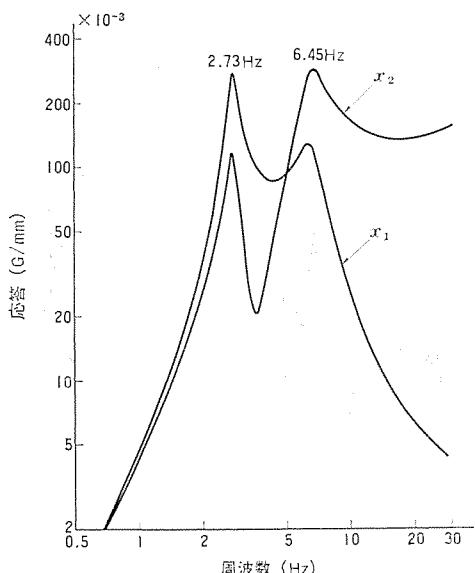


図 11. 2自由度系の応答曲線

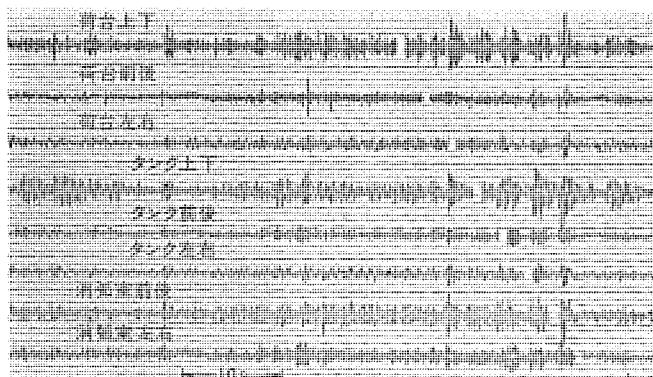


図 12. 各測定点の加速度波形のオシロ

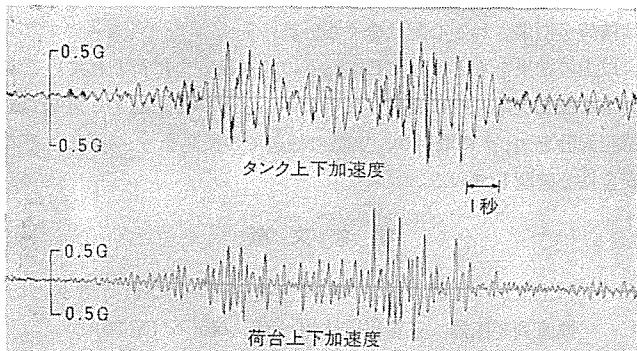


図 13. ウエーブアウトによる波形

数  $z(f)$  を求めることができる。図 11. に後部の荷台と積荷との振動系について計算した結果を示す。

## 6.2 振動波形

輸送時の各部の振動波形の例を図 12. に示す。これは、普通の国道を約 35 km/h の速度で走行中のものである。図 13. は、以下に述べる波高値分析・時系列解析を行った部分のデータをプロットで波形として描いたものである。データ点数は、1,024 点であり、車両の固有振動数の振動成分が卓越していることがわかる。

## 6.3 波高値分布

図 13. に示した波形について瞬時値の分布を計算した例を図 14. に示す。このデータは、データ処理システムで計算したものであり、分布形は、ガウス分布に近い形である。最大値を統計的に推定するには、

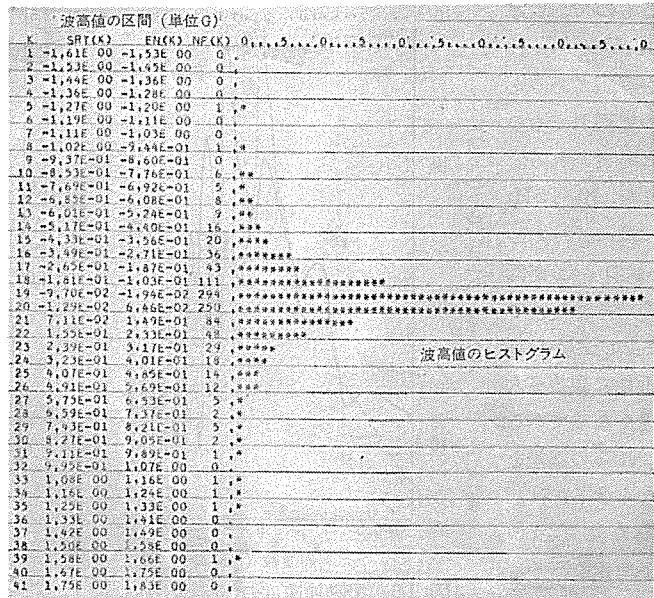


図 14. 波高値分析結果の例

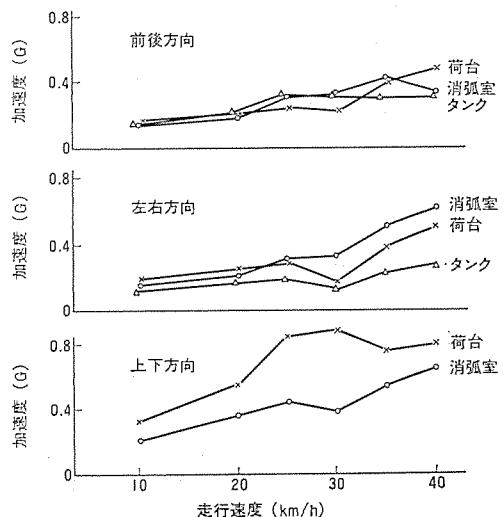


図 15. 走行速度と振動加速度との関係

この分布の分散を求め、信頼限界を定めればよい。

車の速度に対してその時の振動の最大値を求めてグラフ化したものが図 15. である。車速の上昇とともに加速度は大きくなる傾向がはっきり出ているが、一部、荷台の上下振動で 25 km/h から 40 km/h まで変わらないデータもある。これには、次の原因が考えられる。まず、全く同じ道を繰り返し走行したデータでなく、多くのデータの平均として表していないので、ばらつきがあること、そのほか、車のばねの非線形性などによって振動加速度応答があるレベル以上は出にくくなることなどである。

## 6.4 時系列解析

振動波形の周波数特性・伝達特性などを解析する時系列解析プログラムによって解析を行った結果を示す。この計算ではオートユリレーション、パワースペクトル、2 系列のクロスユリレーション、トランスファー ファンクション等を計算する。ここでは、図 13. に示した荷台の上下振動と、積荷の上下振動について計算した結果を示す。図 16. は、荷台及び積荷の振動加速度のパワースペクトルであり、図 17. は、荷台から積荷への振動伝達関数である。

パワースペクトルの計算例では、最大のスペクトルを持つ周波数に対し、その両側に小さい山が幾つかあるが、これは、サイドローブといわれ

るもので、サンプリングのデータ数が有限であるために現れたものと考えられる。また、10~25 Hzでは、パワースペクトルのレベルが低く、解析のダイナミックレンジから判断して誤差が大きくなっている。これらの誤差をなくすには、多くのデータの平均化を行うことが必要である。

## 6.5 路面のおうとつスペクトル

路面のおうとつスペクトルを式(12)によって計算する。伝達関数  $z(f)$  は、図 12. に示すものを使用し、荷重・積荷の応答スペクトル  $Q(f)$  は、図 17. に示すものを使用する。

式(12)を変形すると、

$$\pi(\Omega) = \frac{Q(f) \cdot V}{|z(f)|^2} \quad \dots \dots \dots (17)$$

となり、速度  $V$  を 35 km/h として計算した結果を図 18. に示す。この解析データは、普通の国道のものであり、特に良好な道路ではないが、図 4. の規格値と比較すると、 $\Omega$  が  $10^{-2} \sim 10^{-1}$  で普通の範囲にあり、 $10^{-1} \sim 10^0$  では少し良くなっている。 $10^0 \sim 10^1$  ではタンク上部のデータから計算したものが傾向として特異になっている。これは、 $Q(f)$  のデータがこの辺では誤差が大きいことも原因していると考えられる。この例でもわかるように、一般的に普通道路のおうとつスペクトルとして規格値を使って積荷の振動スペクトルを求めれば、積荷の受ける振動解析が可能である。

## 7. CB タンクの輸送に対する強度

試験結果から CB タンクの輸送に対する強度を検討する。トレーラの最高速度は、加速できるパワーから 40 km/h が限度であることがわかった。また、道路条件の悪い所では、運転席のピッキングが激しく、運転手の乗心地上、車速を上げることは困難であり、おうとつの多い道路では 10 km/h ぐらいが限度になることもある。このようなことを考え合わせると、積荷の発生加速度は、最大 1 G (p-o) 程度である。CB タンクの振動の周波数成分として 2.8 Hz が最も卓越しており、これは、この振動系の共振周波数と一致する。タンク内部の構造物の共振周波数は 10 Hz 前後であり、振動の伝達は小さく、応力的にも全く問題がないことがわかった。

## 8. むすび

CB タンクの輸送を大形トレーラで行うことになり、輸送方法と、輸送試験における計測とデータ処理の方法とを検討し、輸送における

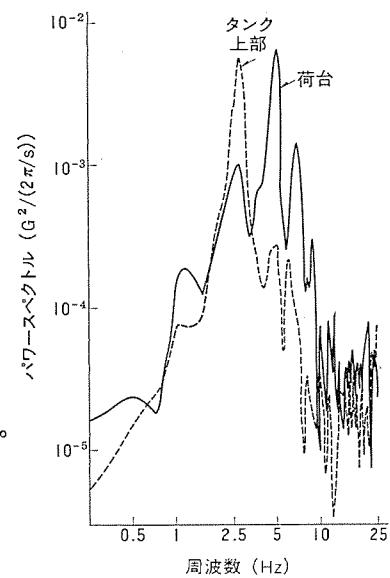


図 16. 振動加速度のパワースペクトル

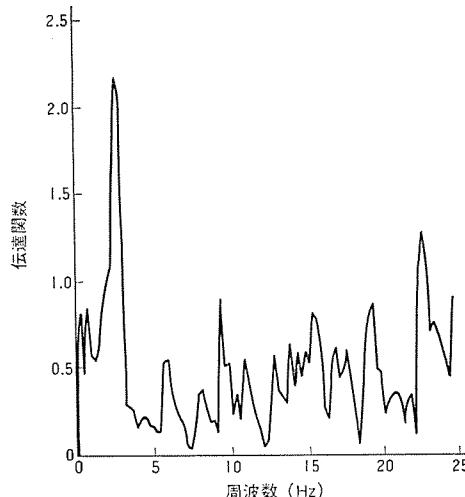


図 17. 伝達関数の計算例

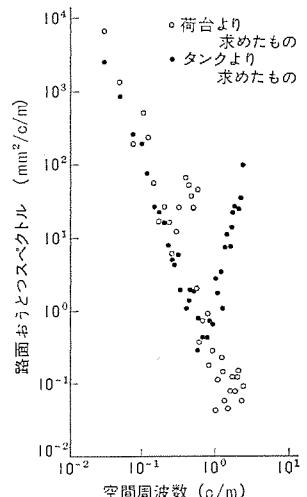


図 18. 路面おうとつスペクトル

製品の安全性を確認した。この試験によって明らかになったことをまとめると、以下のとおりである。

- (1) 大形トレーラ輸送における振動は、路面から伝わってくる振動が主であり、路面のおうとつスペクトルと、簡単な振動モデルの伝達関数により、積荷の振動のスペクトルを求めることができる。
- (2) 輸送試験における測定に多チャンネルのデータレコーダを使用し、データ処理システムを用いてデータの解析を行った。この方法では計測が容易になり、データを解析しても短期間に多くの情報を得ることができる。
- (3) 積荷の振動強度の検討方法として振動のスペクトル又は波高分布を求め、統計的に最大応答と、各振動レベルでの波高値のひん度をもとにして寿命を推定することができる。
- (4) CB タンクを輸送する方法として、ガーダー式トレーラを使用する場合、最高速度は 40 km/h が限度であるが、この程度の速度では積荷が損傷される心配は全くない。

以上の結果をもとに CB タンクの輸送は安全に行われているが、異常な振動が輸送中に発生していないかどうかを確認する意味で衝撃記録計をタンクに取付け、実際の輸送での振動をチェックし、その安全性を確認している。

## 参考文献

- (1) 村上ほか：275 kV 260 MVA 主変圧器および負荷時タップ切換直列変圧器、三菱電機技報、35, No. 6 (昭 36)
- (2) 兼重：路面おうとつ特性の解析、いすゞ技報、No. 50 (昭 42)
- (3) 稲生：大型車の振動と問題点、自動車技術、28, No. 4 (昭 49)
- (4) J. Curtis : Concepts in Vibration Data Analysis, Shock and Vibration Handbook, 2.
- (5) 高橋：耐震強度検討のための統計的手法による応答計算、電気学会講演論文、409 (昭 48)
- (6) 中村：実働荷重疲れ実験の総括、機械学会誌、73, No. 621 (昭 45)
- (7) 桑原ほか：最近の計測データ処理システム、三菱電機技報、47, No. 8 (昭 48)

# 変電所周辺の騒音計算

田村 清\*

## 1. まえがき

各種機器騒音が重要視されてきている今日、変電所においても変圧器の騒音対策が、不可欠な問題となってきた。防音対策を施すには、まず、変電所の騒音分布を計算し、それを基にして効果的かつ経済的な方法をとらなければならない。最終的には境界線上の騒音レベルが問題になるわけであるが、実際の変電所においては建物だけでなく、しゃ断器をはじめとする小形しゃ音物体が散在している場合も多く、地面の質もまちまちであるので、正確に騒音分布を計算するのは極めて困難と言える。したがって、実際にはできるだけ単純化したモデルで計算せざるを得ない。特に、計算機を用いて簡便に計算したい場合には、配置の単純化が必要になってくる。以下に、今回行った計算機による騒音計算に用いた基本的な計算法を述べ、計算例を紹介する。

## 2. 音の減衰の計算

一般に、有限な大きさの音源から出た音のエネルギーは、距離とともに減衰する。また、途中にしゃ音物体がある場合にはしゃ音減衰が生じて観測点の音のレベルは次の代数式で表される。

$$\begin{aligned} \text{観測点レベル(dB)} &= \text{音源レベル(dB)} - \text{距離減衰(dB)} \\ &\quad - \text{しゃ音減衰(dB)} \end{aligned} \quad (1)$$

したがって、距離減衰及びしゃ音減衰が分かれれば、観測点の騒音レベルはほぼ決定されるわけである。

### 2.1 距離減衰

音源が点音源である場合には、音のエネルギーは、球拡散するとして距離  $r$  の点の音圧レベルは

$$SPL = SPL_0 - 20 \log \frac{r}{r_0} \quad (2)$$

で与えられる。

ただし、 $r_0$ ：音源から基準点までの距離 (m)

$SPL_0$ ：基準点の音圧レベル (dB)

変圧器のように大きさを持つ音源に対しては、式(3)で表される実験式が広く使われている(図1.)。

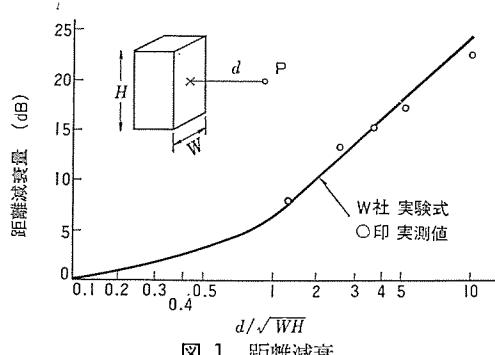


図 1. 距離減衰

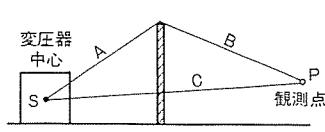


図 2. 無限長壁によるしゃ音

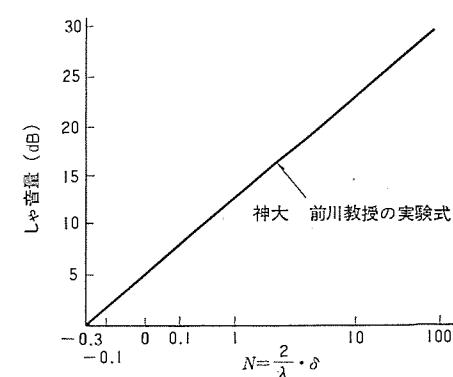


図 3. 無限壁の回折減衰

$$SPL = SPL_{JEM} - \left( 4.4 + 20 \log \frac{d}{\sqrt{WH}} \right) d > 1.7 \sqrt{WH} \quad (3)$$

ここで、  
d : 変圧器からの距離 (m)

$SPL_{JEM}$  : JEM(1117) 規格の騒音レベル (dB)

W : 変圧器横幅 (m)

H : 変圧器高さ (m)

式(3)は形から見ると、点音源に面積効果  $10 \log(WH)$  を加味したいわゆる面音源の形式であるが、もともとモデル試験から導かれたものである。また、近距離における距離減衰式として、式(4)、(5)をプログラム用に数式化した。

$$SPL = SPL_{JEM} - \left( 3.57 \frac{d}{\sqrt{WH}} + 2.93 \right) \quad (4)$$

$\sqrt{WH} < d < 1.7 \sqrt{WH}$  の場合

$$SPL = SPL_{JEM} - 6.5 \frac{d}{\sqrt{WH}} \quad (5)$$

$d \leq \sqrt{WH}$  の場合

変圧器幅 W は観測点から見た透影幅をとるのが普通で、ここに一種の指向性が含まれていることになる。

### 2.2 しゃ音減衰

音源から見て観測点の方向にへい、あるいは建屋などのしゃ音物体が存在する場合には、音波はそのしゃ音体の回りから回折して伝ば(播)するので、回折(しゃ音)減衰を生ずる(図2.)。

しゃ音減衰の計算法は種々発表されているが、へいの場合であると、最も一般的に用いられているのは、次の式(6)から N を求め、図3. から減衰量を求める、R. O. Fehr の方法がある<sup>(1)</sup>。

$$N = \frac{2}{\lambda} (A + B - d) \quad \lambda : \text{波長} \quad (6)$$

この場合、変圧器中心部に点音源があると考えても近似計算上には問題ないとみている。N は、回折理論における zone number に相当する量である。以上は無限長壁についての考え方であるが、図4. に示すような有限長のへいについては、側面からの回折も考慮しなくてはならない<sup>(2)</sup>。計算法だけを示すと、上面及び側面からの

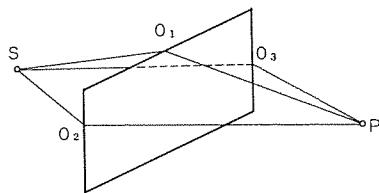


図 4. 有限長壁の回折

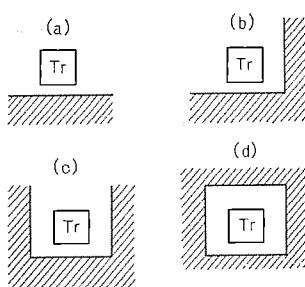


図 5. 防音囲い壁

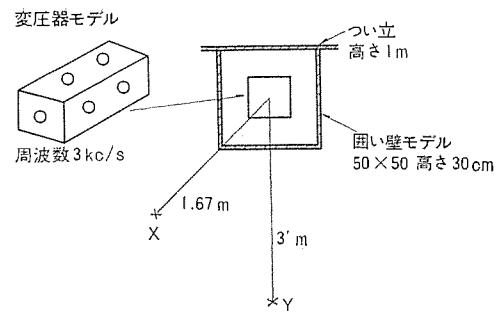


図 6. 囲い壁モデル実験

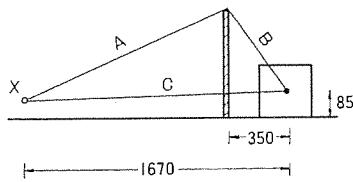


図 7. X 方向の計算

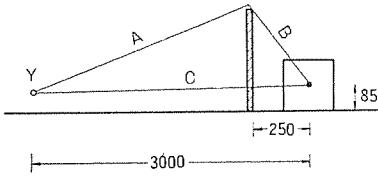


図 8. Y 方向の計算

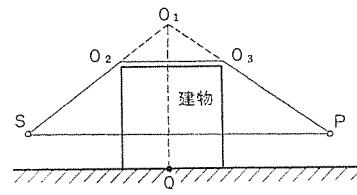


図 9. 建物による回折

各回折経路に対する  $N$  の値を  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$  とし、それに対するしゃ音量 (dB) をそれぞれ  $[N_1]$ ,  $[N_2]$ ,  $[N_3]$  とすると、それぞれの経路による寄与は、

$$L_1 = L_0 - [D] - [N_1]$$

$$L_2 = L_0 - [D] - [N_2] - [-N_1]$$

$$L_3 = L_0 - [D] - [N_3] - [-N_1]$$

で表され、これらをデシベル (dB) で合成すれば、P 点のレベルが得られる。ただし、 $L_0$  は音源レベル (dB),  $[D]$  は距離減衰 (dB) を表す。通常、 $N_1 > 0.5$  であれば、 $[-N_1]$  を無視しても差しつかえない。図 3. は実験曲線であり、純音、騒音のいずれについてもほぼ正しい（誤差  $\pm 2$ , 3 ポン）として計算を行っている。

ところで、しゃ音へいには図 5. (b, c, d) に示すような囲い壁がある。図の斜線部ではしゃ音減衰が生じるが、(c) や (d) では壁内の build up があるので、計算は複雑になってくるが、build up 分を音源レベルに含めてしまう方法もある。囲い壁のしゃ音に関するデータは少なく、計算方法も確立されていないようである。図 5. (d) の形状については、今回、無限長へいとして計算を行った。一例として、この形状のモデル実験結果を次に示す。

図 6. は、実験に用いた変圧器及び囲い壁モデルと測定点 (X 及び Y 点) を示している。モデルは 30 分の 1 縮尺で、音源には 3 kHz のワープルトーンを用いている。無限長へいの計算例を示すと、

X 点 (図 7.) は

$$A=1346 \quad B=410$$

$$C=1671$$

$$N=\frac{2}{113}(1346+410-1671)$$

$$=1.52$$

$$\text{減衰量 } [N_x]=14.8 \text{ dB}$$

Y 点 (図 8.) は

$$A=2763 \quad B=310$$

$$C=3001$$

$$N=\frac{2}{113}(2763+310-3001)$$

$$=1.29$$

$$\text{減衰量 } [N_y]=14.0 \text{ dB}$$

表 1. 囲い壁モデル実験結果			
	壁面処理	計算値	測定値
X 点	有	14.8	12.0
	無		13.5
Y 点	有	14.0	13.5
	無		12.5

表 1. に計算値と測定値とを示す。実測値は、囲い壁が有るときとないときとの測定値 (dB) の差である。ここで、実測値は壁内 build up をみていないので、もし 1 次イメージ分 (3 dB) だけを考慮すれば、実質的に 15~16 dB となり、計算値と比較的近い値になる。

図 5. に示すような 2 方、あるいは 3 方が囲い壁の場合には、1 枚壁の計算方法 (前述) に基づいて上面及び側面からの寄与を計算している。

次に、建物によるしゃ音であるが、普通に考えられるのは図 9. で等価的な高さのへい ( $O_1Q$ ) に置き換える方法である。建物のほうが、へいよりもしゃ音効果が大きいことから、当然の考え方と言えよう。

しかし、今回のプログラムでは実測データを考慮し、安全側をとる意味で最短経路  $S-O_2-O_3-P$  と直達距離  $SP$  との差を計算している。後者のほうが計算も簡単である。

### 3. しゃ音物体による音の反射

前章で距離減衰及びしゃ音減衰の計算の考え方を述べた。実音源について、任意の点を計算できる。次に、へい又は建物による反射音を考慮する必要がある。特に、図 5. に示したような囲い壁では、多数回反射によって build up する。簡易計算を行う場合には一般的に、反射率を 1 として 1 次イメージまで取れば十分である。イメージは図 10. に示すように、各反射面について音源と対称な位置に 1 個ずつ取り、反射面を見込む角  $\theta$  の内部の点だけを対象に計算する。実際には、見込み角  $\theta$  の外部の点も反射音の寄与を受けるが、近似計算上、無視できる程度に小さいと仮定して考える。

ここで、イメージ率なる量を定義しよう。これは、反射面の大きさと音源、計算点の位置とで決まる量であり、反射音が直接音と比べてエネルギー的に寄与する割合を示す一種の反射係数である。例えば、小さな反射面でも、音源が近接していれば、そのイメージ音源は、

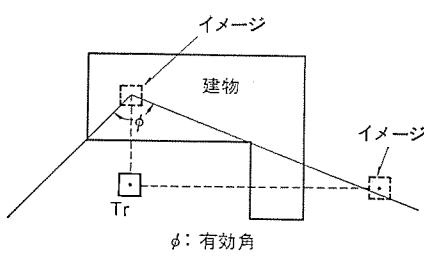


図 10. 音源 イメージ

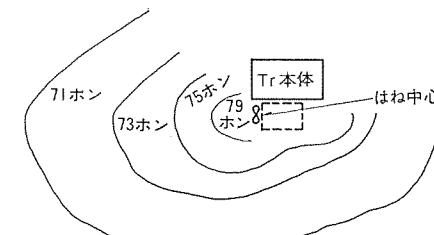


図 11. ファンの指向性

ほぼ実音源と同程度のエネルギーを放射するとみているのである。

#### 4. 音源の指向性

変圧器の指向性は、式(3)の  $\log(d/\sqrt{WH})$  に示したように、観測点から見た変圧器幅  $W$  によって表されているだけであり、今回、これ以外の指向性は考えていない。放熱器を有する変圧器では、特に対角線方向に正面より大きな音を出すと考えられる。

また、ファンは点音源とみなしても差しつかえないが、実測データによると、比較的近距離では距離  $r$  に対して  $15 \log r$  ぐらいで減衰するようである(図 12.)。

この指向性は、図 11. のように、だ(稍)円状になっている。今回は、ファンの風方向からの偏角  $\theta$  に対して、

$$\alpha_P = \frac{0.4}{0.4 \cos^3 \theta + \sin^2 \theta} \quad \dots \dots \dots \quad (7)$$

なる指向係数を用いた。垂直方向の指向性は考えていない。

#### 5. 音のレベルの計算

音のレベルは、周波数ごとに計算した音のエネルギーをすべて足し込むことによって得られる。すなわち、中心周波数  $f_i (i=1, N)$  に対するしゃ音減衰  $B_i$ 、距離減衰  $D$ (一定)、音源レベル  $L_{st}$  とすると、この音源によるP点のレベル  $SPL$  は、次式で与えられる。

$$SPL = 10 \log \left[ \sum_i 10^{\frac{L_{st}-D-B_i}{10}} \right] (\text{dB}) \quad \dots \dots \dots \quad (8)$$

また、 $m$  個のレベル  $SPL_1, SPL_2, \dots, SPL_m$  の合成は、式(9)によって計算される。

$$SPL_{\text{TOTAL}} = 10 \log \left[ \sum 10^{\frac{SPL_1+SPL_2+\dots+SPL_m}{10}} \right] \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

指向性(係数  $R_\theta$ )を考慮するとすれば、式(8)に  $10 \log R_\theta$  を加えればよい。指向性がない場合には  $R_\theta=1.0$  である。

#### 6. プログラム

プログラムに含まれる計算の特長を表2.に示す。変圧器は5台まで、ファン又は点音源の数は、変圧器ごとに20個までインプットできる。また、しゃ音物体数は6個までで、計算できる形状は、図13.に示す9種類である。1台の変圧器については、各mesh点で図14.

表 2. プログラムの特徴

音 源	変圧器本体、ファン、その他の点音源
指 向 性	ファンは標準指向性のみ考慮 変圧器は透視幅による指向性のみ考慮
周 波 数 特 性	考慮している(1/3 Band)
位 相	考慮せず
イ メ ー ジ	1次イメージ考慮

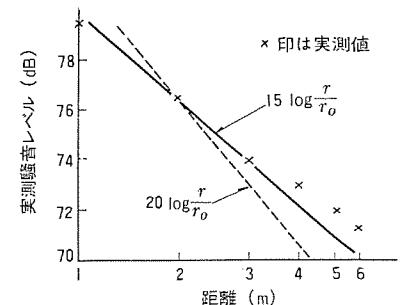


図 12. ファン騒音の距離減衰例

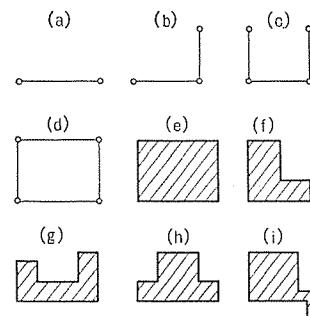


図 13. インプットできるしゃ音物体  
(斜線は建物、その他は壁)

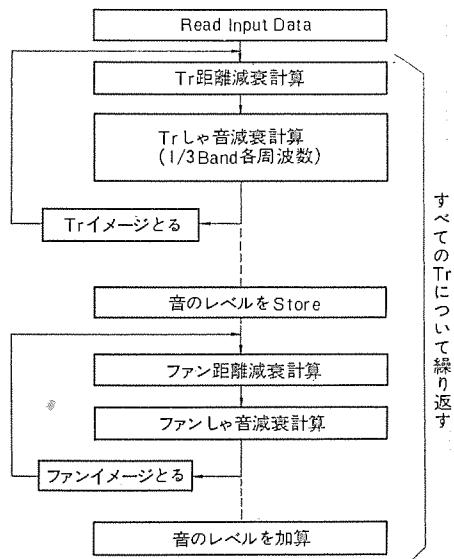
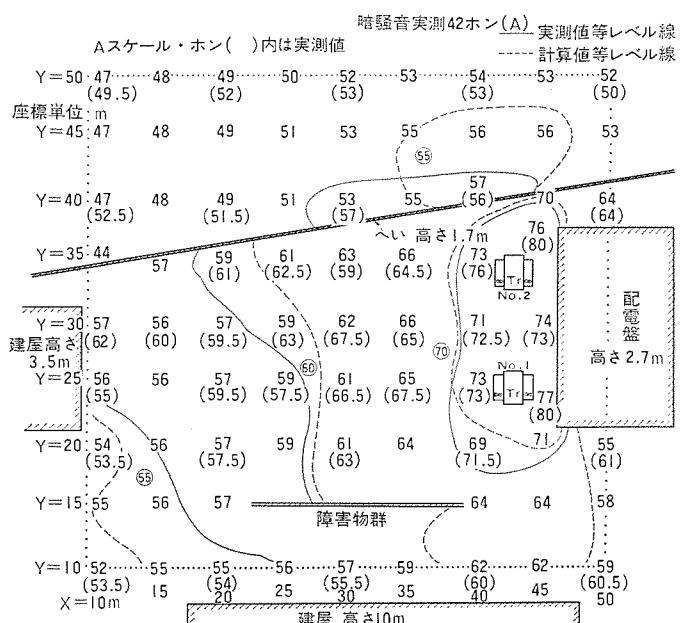


図 14. 概略フロー

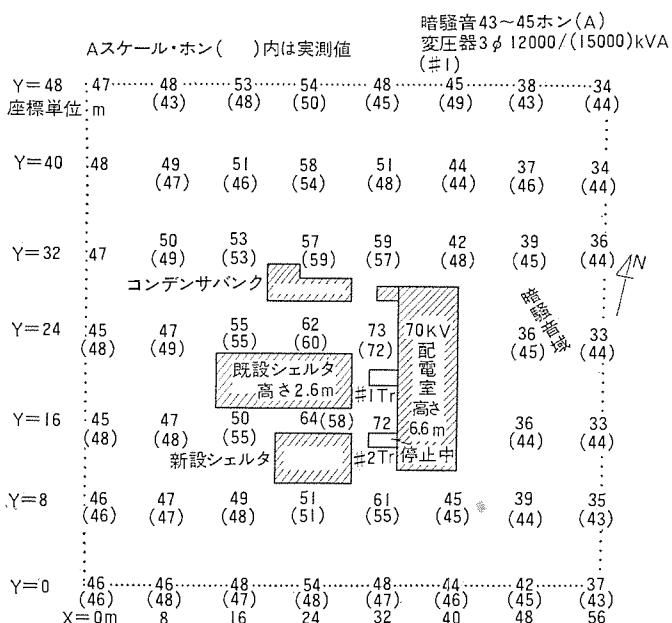
のような計算フローに従って計算する。図14.のフローを各変圧器について繰り返し、全部終わってから store された音のエネルギーをレベル (dB) に変換する。アウトプットは、各 mesh 点のレベルを map 状にして打ち出している。

#### 7. 計算例

図15.~17.に実際の変電所の計算例を示す。( )内は実測値である。全体的にみて計算値と実測値とはほぼ一致していると言える。周辺部での誤差は、一部を除いて大体3dB以内に入っている。一部では5~6dBほどの誤差を生ずる所もあるが、これは位相の関係や周囲条件をは(把)握しきれないとからくると考えられる。騒音計算において位相を考慮することはほとんど意味がないと考えられる。なお、図17.では、コンデンサバンクのリアクトルなど、変圧器以外の音源がかなり大きな音を発していることが、実測値からも想像され、



### 図 15. 計 算 例 1



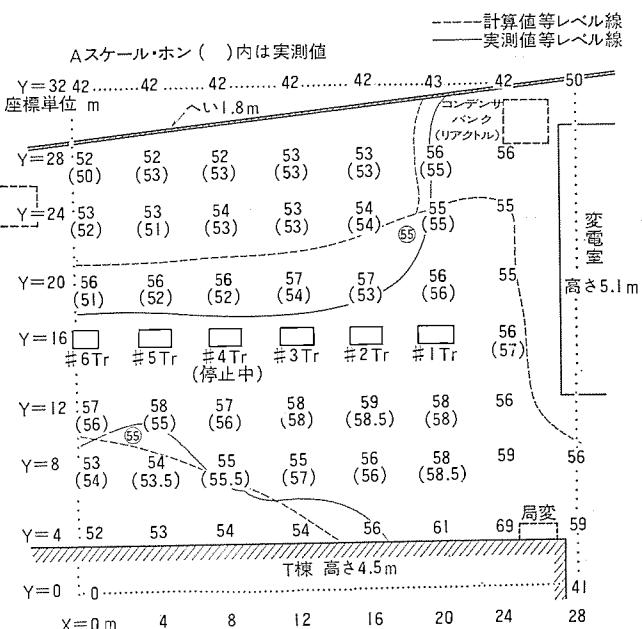
### 図 16. 計 算 例 2

それらをどのように処理するかが一つの問題点である。計算例においては何個かの点音源で近似して インプット している。

計算時間は、計算例のいずれも 5 秒以下 (IBM 370) である。

### 8. むすび

前述のように、今回の騒音計算プログラムは、既に数式化され、あるいは一般的に用いられている変圧器騒音理論をベースに、実験データを組み入れて比較的短時間に全体の分布を把握できるようにしたものであるが、計算上に問題となる点は、図18.に示すように、音源と計算点とを結ぶ直線がしゃ音物体の付近を通る場合であ



### 図 17. 計算例 3

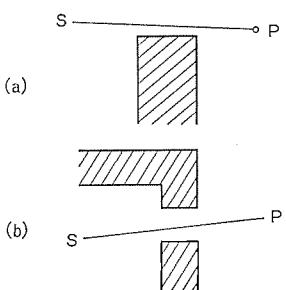


図 18. しゃ音が考慮されない ケース

る。計算システムから言うと、このような場合は、しゃ音の対象にならないが、実際にはしゃ音効果があると考えられるからである。これを計算するのはかなり面倒なので今回は省略したが、精度を上げるには大いに必要な点である。

本稿では音の距離減衰及びへいなどによるしゃ音の計算方法などについて述べた。今回のプログラムは変電所を対象にしたものであり、特に設計段階での予測計算に適している。また、運転中の音源に対して囲い壁などの防音対策を施す場合の設計基準となり得る。音源としては変圧器とファンであるが、他の音源であっても形状が似ていれば同様の取扱いができる。なお、しゃ音実験などによって詳細なデータを得ることに努めている。最後に、本稿並びにプログラム作成に際し、いろいろとご教示、ご協力をいただいた関係者のかたがたに厚くお礼を申し上げる。

## 参考文献

- (1) 騒音防止対策指針, JEAG 5001-1971, 44
  - (2) 騒音対策ハンドブック, 2編 4章
  - (3) 日本音響学会誌 21, 1 (昭 40)
  - (4) ロッシ, 「光学」

# 保護継電器自動試験装置

坂本文雄\*・野沢輝夫\*・吉田勉・林和昌\*

## 1. まえがき

電力系統保護継電器は、電力系統の電圧、電流と位相差の3要素から、系統の異常の有無を検知し、系統保護を行うが、今回開発に成功した、保護継電器自動試験装置(ATRと略称する)は、計算機制御により、電力系統を模擬した電圧、電流、位相差を、継電器に供給してその動作特性を測定するものである。

ATRシステムの主なポイントは、下記の3点である。

- (1) ほとんどの製品の検査に適用できる。
- (2) 遠隔場所にある複数の端末装置に接続した供試品を順次走査し、試験することができる。
- (3) 供試品を試験するプログラムが簡単である。

これらのポイントは、保護継電器の需要者においても便利に使用し得ることを意味し、設備保全の有力な手段となるであろう。

以下に ATRシステムの概要を紹介する。

## 2. システムの機能と構成

### 2.1 機能の概要

#### 2.1.1 適用継電器の種類

ATRシステムへの供試品として適用できる保護継電器は多機種あるが、一見多種にみえる継電器も動作別に分類してみると次のとおりになる。

##### (1) 電圧、電流継電器

電圧又は電流が規定値以上(以下)になったことを検出して動作する継電器。

##### (2) 電力方向継電器

電圧と電流の位相が、保護方向の故障と逆方向故障では $180^\circ$ 反転することをみるため、その電力の方向を検出して動作する継電器。

##### (3) 距離継電器

電流  $I$  を整定インピーダンス  $z_s$  に流した整定電圧  $z_s I$  と系統電圧の大きさと位相とを比較して、整定期外を検出して動作する継電器。

##### (4) 比率作動継電器

平常時保護範囲内に流入、流出する電流のベクトル和が零で、故障時には零でないことを検出して動作する継電器。

##### (5) 電圧平衡継電器

同一母線につながる二つのPT出力電圧の平衡状態を監視し、もし不平衡が生じた場合電圧差を検出して動作する継電器。

このような種類の継電器に適用できる万能形の試験装置とするため、各種類に共通する諸特性に着目して試験をする方法をとった。

### 2.1.2 試験項目

ATRシステムを利用して行う試験項目は下記のとおりである。

#### (1) タップ値特性

各タップにおける動作値、復帰値特性。

#### (2) E-I 特性

電流の大小による電圧の変化又はインピーダンスの変化を表す特性。

#### (3) 位相特性

電圧-電流、電圧-電圧などの間でおのおのの絶対値と位相との関係を示す特性。

#### (4) 比率差動特性

電流-電流、電圧-電圧の間で同一位相内におけるそれぞれの絶対値の関係を表す特性。

#### (5) 動作時間、復帰時間特性

継電器への入力変化に対する応答速度を表す特性。

このように主として動作特性試験を行うが、このほかに、DC制御電圧変動試験やCT回路消費VA測定が可能である。

### 2.1.3 データ処理機能

各試験で得られたデータは1回の測定ごとにオンライン処理を行い、ロギングタイプライタに印字される。その内容は

#### (1) 各パラメータ

#### (2) 動作値、復帰値、又は動作時間、復帰時間の最大と最小

#### (3) インピーダンス計算の結果

#### (4) 動作値の誤差

である。データ例については3.4節に述べる。

### 2.2 全体構成

図1にシステムの全体構成を示す。システムのセンタは建屋の2階に設置し、計算機盤、タイプライタ、及び電源部が配置され、その周囲の

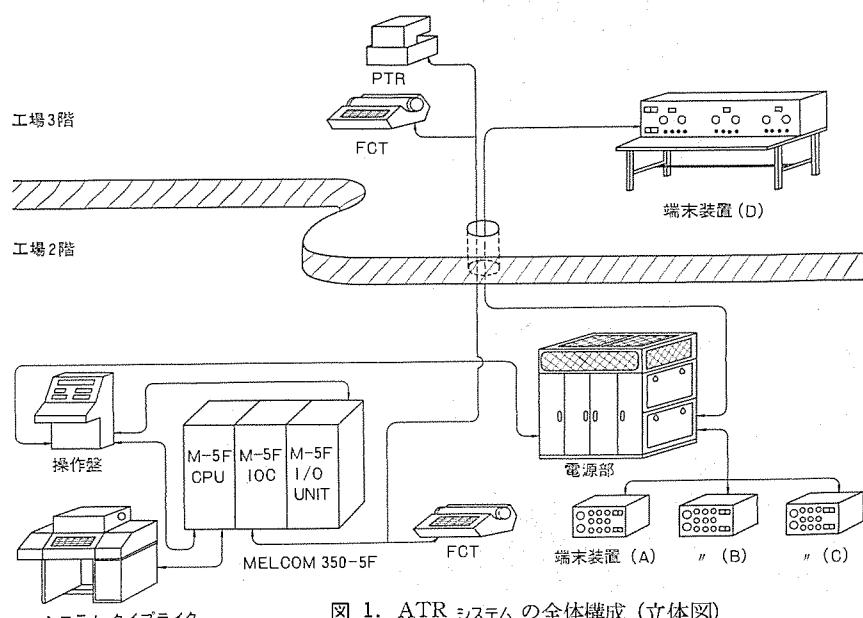


図1. ATRシステムの全体構成(立体図)



図 2. 計算機盤

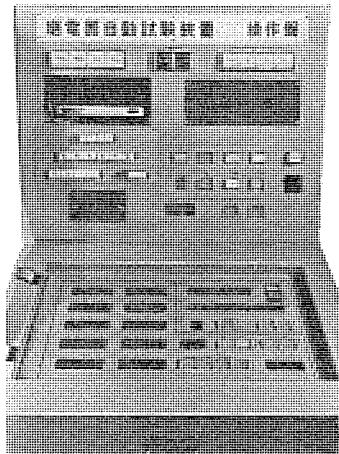


図 3. 操作盤

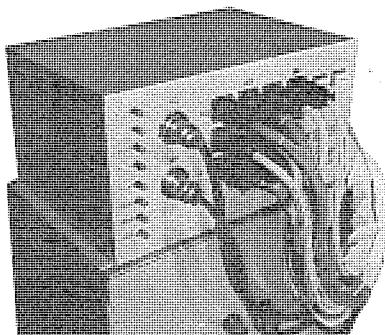


図 4. 端末装置 (A), (B), (C)

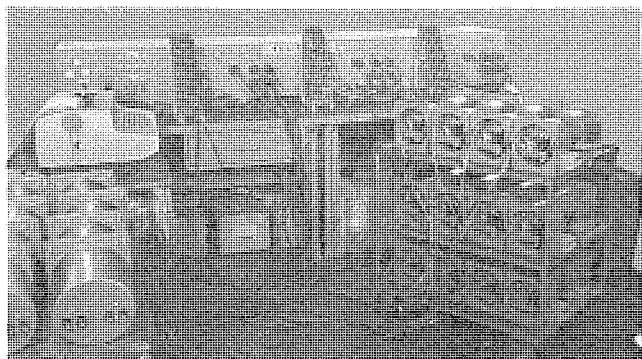


図 5. CO 形 緊電器を試験中の端末装置 (D)

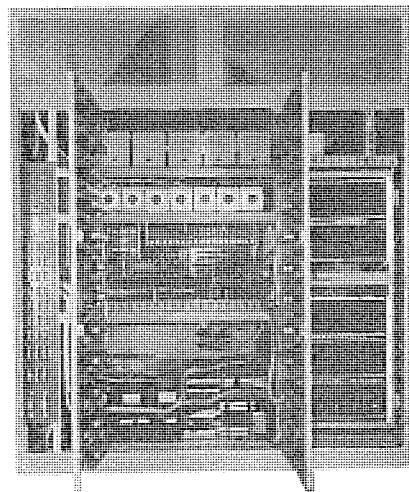


図 6. 電源部の内部

試験場に端末装置が 3 台分散配置し任意に供試品を接続して試験できるようにしている。これらは主として開発品の試験に使用される。別の端末装置(D)は同じ建屋の 3 階に設置し主として製品の試験に使用される。

計算機盤は制御用電子計算機 MELCOM 350-5F を収納し、記憶容量 16KW、プロセス入出力点数 250 点が装備されている。図 2. にその外観を示す。

システムの運転、表示、監視を行う操作盤は図 3. にその外観を示すが、ここにはデジタル位相計、デジタルミリセカンドカウント、AC-DC 変換器を収納し、供試品の動作時の位相、動作時間、電圧、電流を測定、又は変換し、計算機盤に転送する。またこの操作盤はデスク形になっていて、デスクの部分は試験プログラム作成のためのデジタルスイッチ群と、電源部の保守点検を行うための手動操作スイッチ類を取りつけている。

周辺機器としては、システムタイプライト、ロギングタイプライト、及び紙テープリーダを持ち、システムの管理、データの印字、試験プログラムの読み込みを行う。

各端末装置からは、起動及び停止の操作を行わせることができるが、端末装置(D)は、試験プログラムテープのインプット、運転状況の表示が可能でありセンタとは独立して試験に関する指示を行うことができる。図 4. に端末装置(A), (B), (C) の外観を示し、図 5. に CO 形 緊電器を接続して試験中の端末装置(D)を示す。

### 2.3 電源部の構成

このシステムで最も意を用いて設計をしたのは電源部であるが、その内部を図 6. に示す。電源部の機能は、計算機盤から送られてくる制御信号に応じて模擬入力電圧、電流を発生し、端末装置を通して供試品に印加する。図 7. にブロック図を示す。2.1.1 項で述べたとおり、保護緑電器は单一入力で動作する簡単なものから複数入力を必要とするものまであるが、このシステムでははん(汎)用性を持たせるため工夫をこらしている。すなわち図 7. に示すように主電源は三相 200 V で 50 Hz, 60 Hz, 及び MG を用いた可変周波数電源、の三つであり、供試品の仕様に応じて自動的に切換えられる。更に調整回路に印加され絶対値と位相差を決める。この回路は、 $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  及び  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  の 6 回路があり、おのものは独自に設定することができます。各回路の絶対値調整回路や移相調整回路は、動作原理図を図 8. に示すが、タップトランジスタ、抵抗器を電磁コンタクトで順次に切換える方法をとっている。各回路の設定範囲を表 1. に示す。

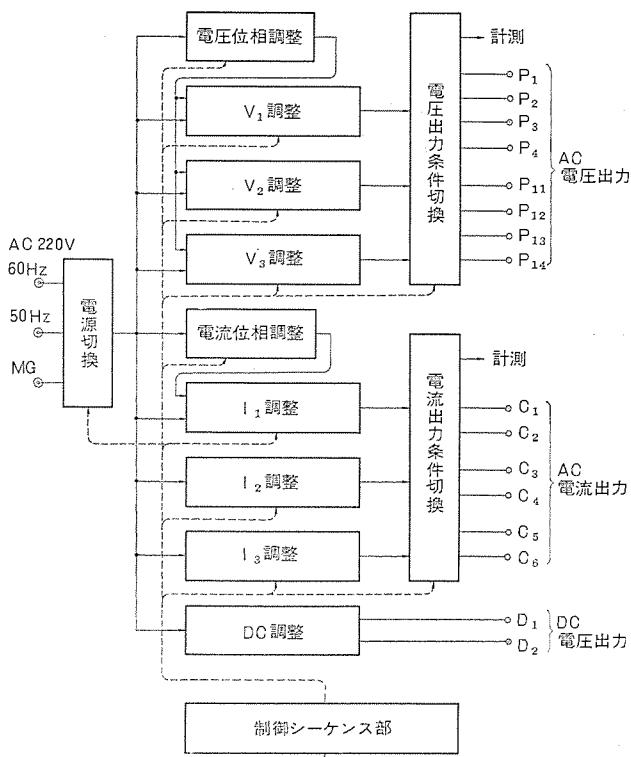


図 7. 電源部回路構成 ブロック 図

表 1. 電源部の各調整回路の設定範囲

調整回路	範 対 値 調 整		位 相 調 整			
	範 囲 (レ ン ジ)	ス テ ッ プ	範 四	ス テ ッ プ		
V <sub>1</sub>	0~0.999 V	0.001 V	0°~360°	1°		
	0~9.99 V	0.01 V				
	0~99.9 V	0.1 V				
	0~199.8 V	0.2 V				
V <sub>2</sub>	"	"	0° 120° 240°	—		
V <sub>3</sub>	"	"	0°~360°	1°		
I <sub>1</sub>	0~9.99 mA	0.01 mA	0° 180°	(1°)		
	0~99.9 mA	0.1 mA	ただし 15 A 以下にて (0°~360°) (設定可能)			
	0~99.9 A	0.001 A				
	0~9.99 A	0.01 A				
	0~99.9 A	0.1 A				
I <sub>2</sub>	"	"	0° 120° 240°	—		
I <sub>3</sub>	"	"	"	—		
I <sub>1'</sub>	0.5 1 2 5 10 20 30 40 50 A	—	0°~360°	1°		

注) I<sub>1'</sub> は虚負荷電流、他はすべて実負荷電流

さて調整回路を経た各信号は、出力条件設定回路に入るが、ここでは、供試品の機種に応じて各信号の組合せを決める。表 2. に電圧について、ベクトル図による設定条件を示す。

電源変動や負荷変動による設定値誤差に対しては、サーボ機構と負荷インピーダンス調整器を用いて補正している。更に電源部はトランジスタなど、消費電力の大きい機器を多く内蔵しているので、装置の異常監視には特に注意を払っている。

#### 2.4 試験プログラム作成パネル

このパネルは図 3. の操作盤のデスク部分に当たり、試験プログラムを作成するパネルである。1回の試験について必要な試験条件を10グループのデジタルスイッチ群により設定し、計算機にインプットする。この操作を繰り返すことにより、所望の回数の試験プログラムが作成され、紙テープにプリントされる。最高100回まで設定することができる。なお表 3. に設定すべき試験条件を示す。

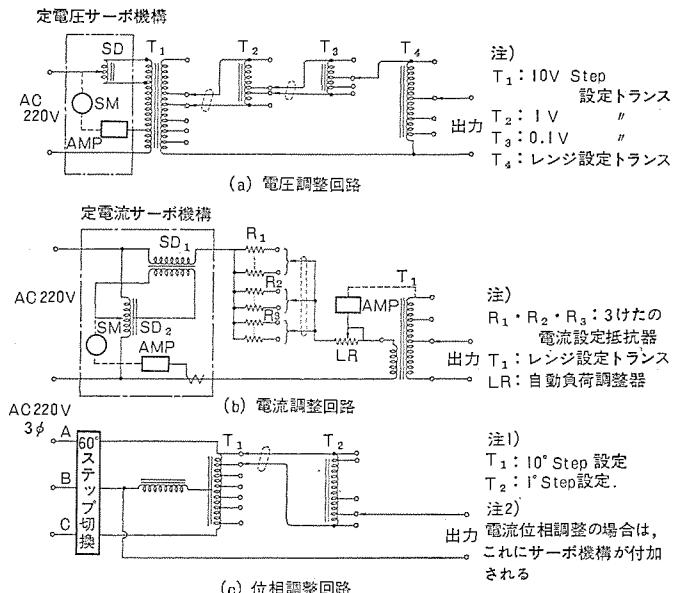


図 8. 電源部各調整回路の動作原理図

表 2. 電源部の電圧出力条件

カース	電圧出力構成					適用			
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>11</sub>	P <sub>12</sub>	P <sub>13</sub>	P <sub>14</sub>	
1	P <sub>4</sub>	P <sub>1</sub>	V <sub>1</sub> (V <sub>φ</sub> )						地絡故障検出リレー地絡方向リレーのV <sub>0</sub> 電圧入力 64G 67G 50G
2	P <sub>3</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>				地絡方向距離リレー等のE <sub>Δ</sub> , E <sub>1</sub> 電圧入力 44G 64G
3	P <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	V <sub>1</sub> (V <sub>φ</sub> )						短絡故障検出リレー短絡方向距離リレー等のE <sub>Δ</sub> 電圧入力 27G 44S
4	P <sub>3</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>				三相形リレーの2δS試験のE <sub>Δ</sub> 電圧入力 50S
5	P <sub>3</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>13</sub>	P <sub>12</sub>			三相電圧平衡リレーのE <sub>Δ</sub> 電圧入力 60S
6	P <sub>13</sub>	V <sub>3</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>12</sub>	P <sub>11</sub>				三相形リレーの3δS試験の三相平衡電圧入力 27G 44S 50S
7	P <sub>3</sub>	V <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>1</sub>			逆相電圧リレーの三相逆相電圧入力
8	P <sub>4</sub>	P <sub>1</sub>	V <sub>3</sub>	P <sub>13</sub>	P <sub>12</sub>	P <sub>11</sub>			三相平衡電圧を基準とする地絡方向リレーのV <sub>0</sub> , E <sub>Δ</sub> 電圧入力 67G

注) E<sub>Δ</sub>: 線間電圧 E<sub>1</sub>: 相電圧 V<sub>0</sub>: 零相電圧

表 3. 試験条件設定内容

No.	設 定 項 目	内 容
1	テスト項目	リレー特性試験項目の設定
2	DC 制御電圧	表 1. に示す DC 電圧の設定
3	周波数	試験電源周波数の設定
4	リレータップ	リレータップ (最大 17 個) の設定
5	出力回路	三相リレーの入力回路 (A, B, C 相) の設定
6	出力接点	三相リレーのリレー接点 (A, B, C 相) の設定
7	要素接点	多要素リレーの要素別接点 (V <sub>1</sub> , V <sub>2</sub> , V <sub>3</sub> ) の設定
8	接点種類	a コン b コンの区別
9	リレー動作条件	例えば過電圧動作か不足電圧動作かの区別, etc
10	電流出力条件	電流出力条件のケース設定
11	電圧出力条件	表 2. に示すケース設定
12	I <sub>φ</sub> 電流位相	
13	V <sub>φ</sub> 電圧位相	
14	I <sub>1</sub> , I <sub>2</sub> , I <sub>3</sub> の電流値	
15	V <sub>1</sub> , V <sub>2</sub> , V <sub>3</sub> の電圧値	
16	I, V, V <sub>φ</sub> の可変調整	I <sub>1</sub> , I <sub>2</sub> , I <sub>3</sub> , V <sub>1</sub> , V <sub>2</sub> , V <sub>3</sub> , V <sub>φ</sub> のいずれを可変にするかの設定
17	急変前電圧	動作時間テストの急変前電圧の設定
18	ミリセコンドカウンタレンジ	動作時間測定器ミリセコンドカウンタのレンジの設定
19	可変時間	可変テストにおける可変インターバル (0.5s, 1.0s etc) の設定

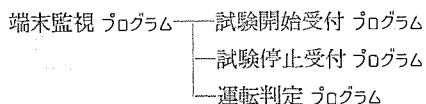
### 3. ソフトウェアの構成

#### 3.1 概要

ATR システムのソフトウェアはオンラインリアルタイムでの試験実行、計測処理、試験プログラム作成のため、使用者のリクエストに答えて多様なタスクを処理できるように構成されている。全体構成は、図 9 のとおりである。図において、スーパバイザはアプリケーションプログラムの実行管理、割込処理、プロセス入出力、周辺機器の制御を行っている。以下アプリケーションプログラムについて説明する。

#### 3.2 端末監視プログラム

このプログラムは下記のようなプログラム群で構成されている。



#### 3.2.1 運転開始受付プログラム

端末装置からの試験開始要求割込みにより起動され、試験開始受付登録メモリエリアに端末装置番号、試験開始プログラムのアドレスを登録するプログラムである。このプログラムを実行後、運転判定プログラムに起動をかけ、実行制御を移す。

#### 3.2.2 試験停止受付プログラム

端末装置からの試験開始要求割込みにより起動され、試験実行中の端末装置からの停止要求の場合、直ちに試験実行を停止する。試験実行を登録されている端末装置からの停止要求の場合は登録内容を取り消す。

#### 3.2.3 運転判定プログラム

使用者からの試験実行要求に対して、試験実行中か否かを探索し、使用中でなければ試験開始受付登録メモリエリアに登録されている端末装置の試験を実行するためにシステムイニシエーションを行うプログラムである。このプログラム実行後、電源部制御プログラムに起動をかけ実行制御を移す。

以上三つの端末装置監視プログラムが実行されると、3.3節の電源

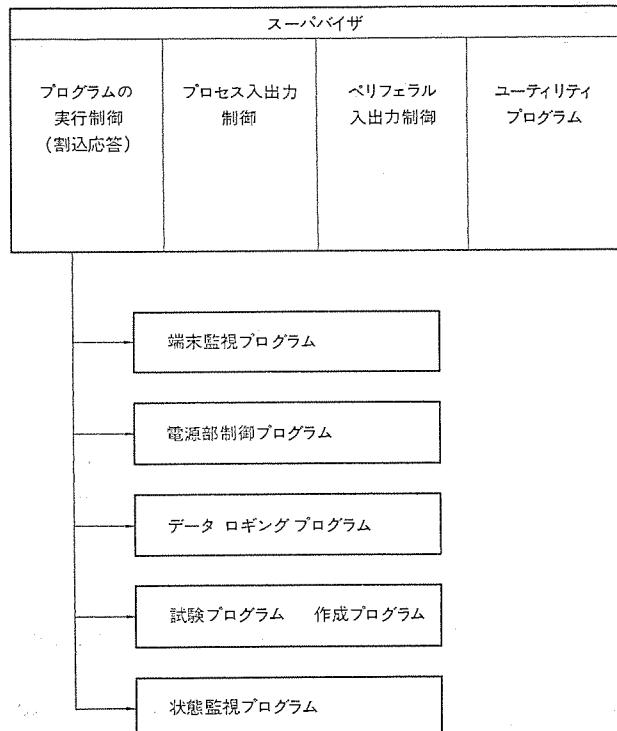
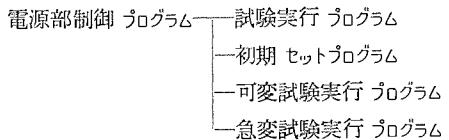


図 9. ソフトウェアの構成図

部制御プログラムのイニシエーションが行われ、供試品の試験実行が可能になる。

#### 3.3 電源部制御プログラム

電源部制御プログラムは、次のプログラム群で構成されている。



##### 3.3.1 試験実行プログラム

運転判定プログラムにより起動され、試験開始を要求された端末装置を電源部に接続し、使用者の作成した試験プログラムに従って試験を実行するプログラムである。

このプログラムにより使用者の作成した試験プログラムを解読し以下の各プログラムの実行制御を行い試験終了後データロギングプログラムに起動をかけ、実行制御を移す。

##### 3.3.2 初期値セットプログラム

試験実行プログラムにより起動され、使用者の作成した試験プログラムで指定されている内容に電源部を制御し模擬信号入力を供試品に印加するプログラムである。

##### 3.3.3 可変試験実行プログラム

試験実行プログラムより使用者の試験プログラムの試験項目が可変試験指定の場合起動され、試験プログラムの指定に応じた模擬信号を、供試品の状態を判定しながら、送りこみ、動作値又は復帰値を探すプログラムである。

##### 3.3.4 急変試験実行プログラム

試験実行プログラムより使用者の試験プログラムの試験項目が急変試験指定の場合に起動され、急変すべき模擬信号を供試品の状態を判定しながら送りこみ、供試品の動作値又は復帰値を探すプログラムである。

これらのプログラムを実行することは、あたかも人が供試品の状態を判定しながら電源部を制御しているかのように試験を行う。この機能の概略フローチャートを図 10. に示す。

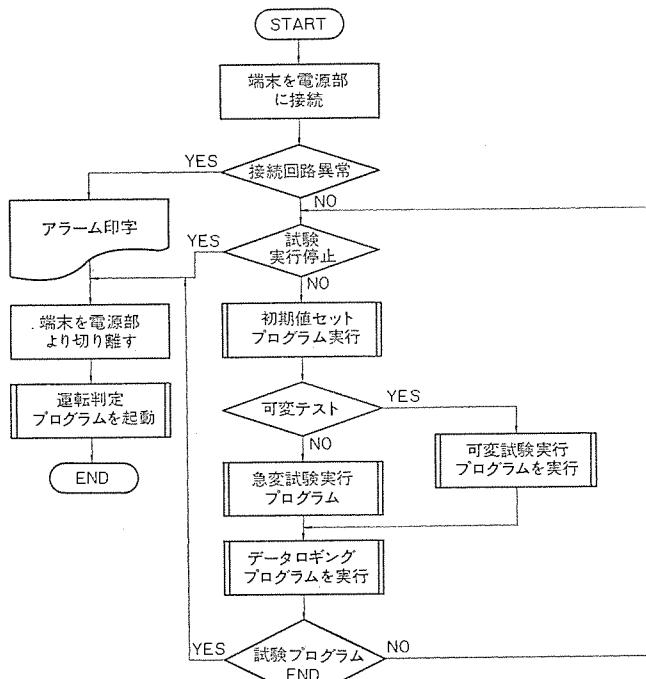
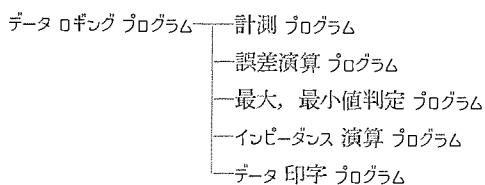


図 10. 電源部制御プログラム概略フローチャート

### 3.4 データ ロギング プログラム

データ ロギング プログラム は次の プログラム 群で構成されている。



計測 プログラム は、試験実行 プログラム により起動され、可変試験実行の場合、電圧、電流、位相を計測し、急変試験実行の場合は、供試品の動作時間又は復帰時間、動作回数を計測する プログラム である。この プログラム 実行後、可変試験の場合は誤差演算 プログラム に起動を

```

e-i characteristic
unit;ul circuit(in;a out;a ) contact;b dc; 12v ac;60hz
on (tap;lt2,2t2,3t3)
11 vi=100.5 v(284) i2= 11.2 a(-3) *i2= 11.0 a(-0) 2.2%
12 vi= 95.5 v(284) i2= 9.19 a(-1) *i2= 9.00 a(-0) 2.1%
13 vi= 90.7 v(284) i2= 7.35 a(-0) *i2= 7.00 a(-0) 5.0%
14 vi= 85.3 v(284) i2= 5.37 a(-0) *i2= 5.50 a(-0) -2.1%
  
```

(a) E-I 特性

```

op time R re time check
unit;ul circuit(in;a out;a ) contact;b dc; 12v ac;60hz
(tap;lt2,2t2,3t3)
27 vi= 110 v(285)/vl= 000mv(285) op= 5.1/-7.5 re=27.7/31.5 (ms)
unit;ul circuit(in;a out;b ) contact;a dc; 12v ac;60hz
(tap;lt2,2t2,3t3)
28 vi= 110 v(285)/vl= 000mv(285) op=12.8/15.0 re=20.3/42.0 (ms)
unit;u2 circuit(in;a out;a ) contact;b dc; 12v ac;60hz
(tap;lt2,2t2,3t3)
29 vi= 110 v(285)/vl= 000mv(285) op= 9.8/11.2 re=28.7/30.1 (ms)
unit;u2 circuit(in;a out;b ) contact;a dc; 12v ac;60hz
(tap;lt2,2t2,3t3)
30 vi= 110 v(285)/vl= 000mv(285) op=17.6/20.2 re=39.3/41.7 (ms)
  
```

(b) 動作、復帰時間測定

図 11. データ印字例

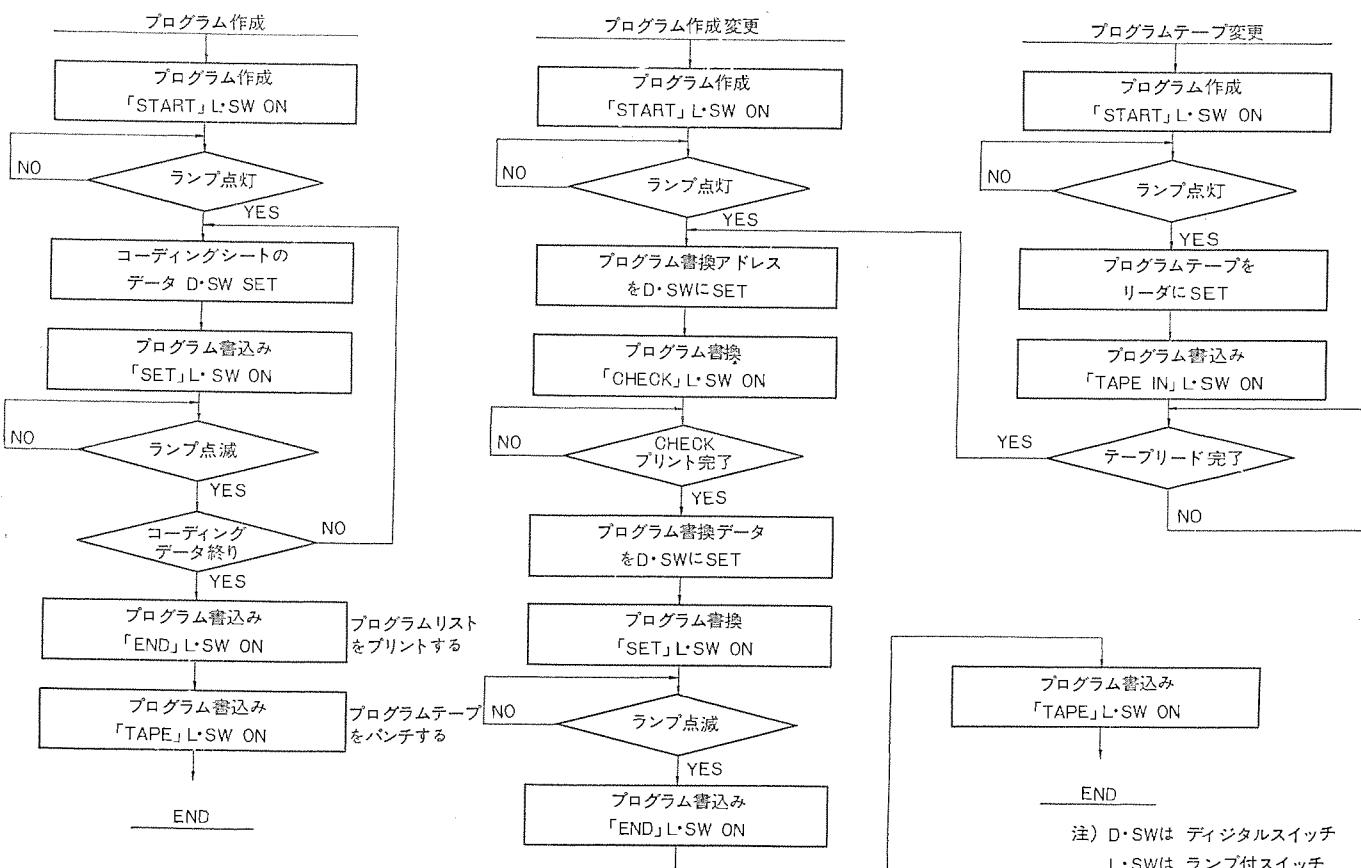


図 12. プログラム 作成 パネル 操作 フローチャート

かけ、急変試験実行の場合は、最大、最小値判定 プログラム に起動をかける。

誤差演算 プログラム は、計測 プログラム により起動され、使用者の試験 プログラム で可変指定された試験入力の初期値に対する供試品の動作値又は復帰値の誤差を算出する プログラム である。

最大、最小値判定 プログラム は、計測 プログラム により起動され、急変試験実行後、計測された動作時間又は復帰時間より最大、最小値を判定する プログラム である。

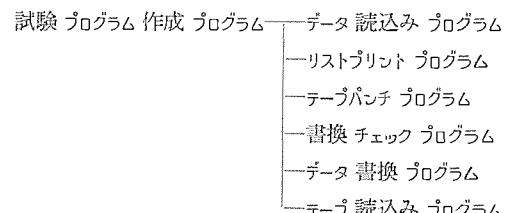
インピーダンス 演算 プログラム は、誤差演算 プログラム により起動され、使用者の試験 プログラム でインピーダンス 演算を必要としているか否か判断して、必要な場合、計測値を用いてインピーダンス 演算を行う プログラム である。

データ 印字 プログラム は、最大、最小値判定 プログラム 又は、インピーダンス 演算 プログラム により起動され、試験表題、パラメータ、データを ロギング タイプライタ に印字する プログラム である。印字例を図 11. に示す。

この プログラム 実行後、次の試験を行うために、試験実行 プログラム に起動をかける。

### 3.5 試験プログラム作成プログラム

試験 プログラム 作成 プログラム は、次の プログラム 群で構成されている。



いずれも操作盤の プログラム 作成 パネル からの押ボタンスイッチ により起動され、試験 プログラム の作成に用いられる。

図 13. コーティング用紙

データ読み込みプログラムは、書込みSET割込みにより起動され、プログラム作成パネルのデジタルスイッチ群の内容を試験プログラム作成メモリエリアに書きこむプログラムである。

リストプリント プログラムは、書込み END 割込みで起動され、プログラム作成 メモリエリア の内容を システム タイプライタ に印字する プログラム である。

テープパンチ プログラムは、テープパンチ 割込みにより起動され、プログラム作成 メモリエリアの 試験 プログラムを紙 テープ に パンチ する。

データ 書換 プログラム は、書換 SET 割込みで起動され、指定されたアドレス に対応する プログラム 作成 メモリエリア の内容を、デジタルスイッチ群の内容に書きかえる プログラム である。試験 プログラム の一部を変更するときによく用いられる。

書換 チェック プログラムは、書換 チェック 割込みにより起動され指定された アドレス の内容を システム タイプライタ に印字させる プログラム である。前述の書換 プログラム で書きかえ を場合の確認に使用する。

テープ読み込みプログラムは、テープ入力割込みにより起動され、試験プログラムテープの内容を、プログラム作成エリアに書きこむプログラムである。現在のプログラムの一部を変更しないときに使用する。

以上が試験プログラム作成プログラムの機能である。このようにATRの試験プログラムはオンラインで作成することができ、装置のか稼動率をあげている。なおプログラミングの操作手順を図12.に示す。またこのプログラミングに用いられるコーディング用紙を図13.に示す。

ほかに状態監視プログラムがあり、システムのハードウェアの異常を監視し、保護を行っている。

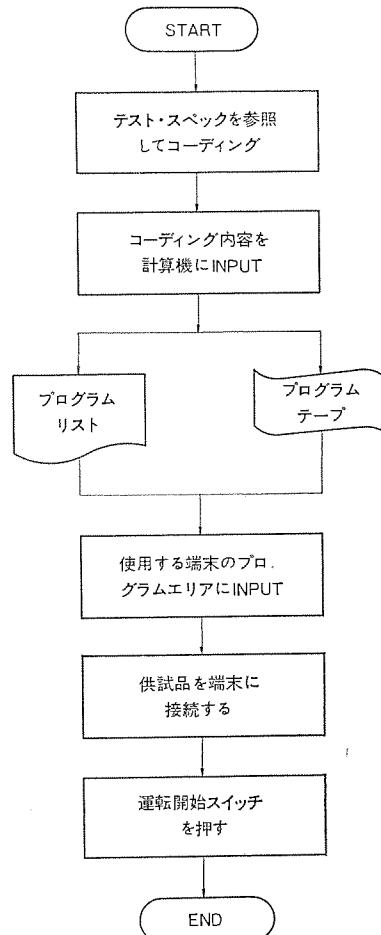


図 14. ATR システム 操作 フローチャート

以上 ATR の ソフトウェア の概要を説明した。既に明らかかなようにこれらの ソフトウェア は、すべて割込指令で起動され、実行終了後スルーパライザ に実行管理を移す。また各 プログラム 群にはタスクレベル が割当てられ、各 プログラム 群の実行優先順位に従って、リアルタイム 处理が円滑に行われる。最後に ATR システム の操作 フローチャート を図 14. に示す。

4. む す び

メーカにおける試験の省力化の具体的な方法として実現された ATR システムの概要を紹介した。被試験器である保護継電器は、アナログ信号機器であり、かつ大電圧、大電流信号を必要とするため、強電信号と制御用弱電信号との分離、発熱に対する配慮などが必要であり、設計上、及び工事面でいろいろ工夫をこらした。更に、今回は断念したが、CRT、XY プロッタ等による、諸特性の表示、記録、更には供試品の自動接続に至るまで、一貫した試験の自動化を試みたい。また今回の経験を生かして、適用機種を拡大し、更に内容の充実した、自動試験装置を計画中である。

当社の登録実用新案

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1040805	回転形整流装置	船橋仁人	1044399	壁面用照明器具	林久美雄・桂秀年
1040806	締付装置	林正之・井上修			{二木盈行・鈴木政勝
1040807	高電圧装置	光岡宏	1044400	内燃機関の始動電動機	森下暉
1040808	冷凍室開閉扉用係止機構の取付装置	丸山正明・木南勤	1044401	水銀灯の内管支持わく	佐々木武敏
1040809	変速機の潤滑油シール装置	岩田尚之・岩崎公一	1044402	コンデンサ開閉装置	光岡宏・多田一彦
1041950	ガスしゃ断器	稻村彰一	1044403	レーザヘッド	宮川日出男
1041951	機器の収納箱	大脇至	1044404	トランジスタTV受像機の水平偏向回路	大塚洋俟
1041952	電気ふとん類の温度調節装置	{東邦弘・中村富家 高梨靖士	1044405	微同調装置	秋元克幸
1041953	水銀放電灯	土橋理博・若林正雄	1044406	半導体直接発振器	白幡潔
1041954	電気毛布の温度制御装置	中村富家・大竹操	1044407	交流負荷制御装置	喜多興一
1041955	電気かみそり	福田興司	1044408	マガジン式テープレコーダのマガジン着脱装置	上村達雄
1041956	エレベータ用ガイド	瀬原田三郎・中谷博	1044409	極数変換形誘導電動機の運転装置	坂田保男
1041957	電熱器の過熱防止装置	渡辺進	1044410	電気あんか	滝沢芳昭
1041958	高電圧回路の測定装置	川畠隆夫	1044411	ブラシレス同期電動機の励磁装置	宮本誠
1041959	空気調和機	安田光男・渡辺雅典	1044412	ガラス窓防護緩衝用マット	田嶋尚志・宇川彰
1041960	スライドプロジェクタ	仁田周一・池田勝敏	1044413	印刷配線板用部品取付ボルト	{阪本稔・近藤邦昭 浜村正夫
1041961	電気掃除機	加藤悟・榎道治	1044414	広帯域周波数弁別器	浅野寛・竹内秀夫
1043567	冷凍機の霜取り装置	高田弘明	1044415	広帯域周波数弁別器	浅野寛・竹内秀夫
1043568	内燃機関の点火装置	大西正義	1044416	内燃機関点火装置	三木隆雄
1043569	温風暖房装置	奥田文一・慶野長治	1044417	内燃機関点火装置	三木隆雄
1043570	遠心送風機	大旗康文	1044418	機関着火用配電器の換気装置	荒川利弘
1043571	送風機の羽根車	坂本隆博	1044419	突極同期機の回転子磁極装置	森与志彦
1043572	溶接ワイヤ送給用ライナ	鶴飼順・後藤洋治	1044420	浮き流し式のり養殖網干出し装置	{大久保貫一・木名瀬武男 織井勝雄
1043573	半導体光電変換装置	中尾佳生・宮本雄二	1044421	のり養殖網干出装置	{大久保貫一・木名瀬武男 織井勝雄
1043574	ストリップ接続端の位置決め装置	{松原彦治・補野恵嗣 武田明通	1044422	のり養殖網干出装置	{大久保貫一・木名瀬武男 織井勝雄
1043575	車両用暖房装置の制御装置	藤井学・本田嘉之	1044550	電気煮炊具	{野畠昭夫・高橋正晨 大沢和夫
1043576	電気掃除機	長領元・福田興治	1044551	回転軸の取付装置	服部信道・岩田尚之
1043577	自動車用暖房装置	藤井学・本田嘉之	1044552	電気掃除機	加藤悟・田山勇
1043578	掃除機用吸口の刷子制御装置	武井久夫・加藤悟	1044553	扉化粧板の取付装置	戸塚次郎・駒形栄一
1043660	隧道内無線中継装置	{笠田雅昭・中川幹雄 馬場武・渋谷健治	1044554	電気掃除機	高橋豊
1044386	電動機の制御装置	伊藤七男・渡辺進	1044555	電気掃除機	細野孝雄
1044387	可変速度電動機	長領元	1044556	スイッチ	高石皎
1044388	トランジスタモータ回路	藤井学	1044557	電気掃除機のちり落し装置	加藤悟・田山勇
1044389	ブシュップル形トランジスタ電動機	藤井学	1044558	電気掃除機の集じん(塵)装置	武井久夫・南日国伸
1044390	ブシュップル形トランジスタ電動機	藤井学	1044559	エレベータ用緩衝装置	加藤淳治
1044391	機関回転速度検出装置	二出川忠・内藤靖雄	1044560	バキュームスイッチ	大西正義・林正博
1044392	回路しゃ断器	長谷川清博	1044561	ポンプ	井上脩・鈴木良三
1044393	表示装置	柳下和夫	1044562	電気掃除機	南日国伸
1044394	バス停車信号装置	岡本弘之	1044563	冷蔵庫	加藤俊郎・木南勤
1044395	回転軸の軸変位検出装置	岡本孝治	1044564	電気掃除機	南日国伸
1044396	回路しゃ断器の操作装置	堀田滋矩・可知延夫			
1044397	リードアンテナ装置	山口哲夫・大塚半三			
1044398	双投カムスイッチ	金沢勲			

当社の登録実用新案

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1044565	電気掃除機	南日国伸・武井久夫	1049879	電動噴霧器	服部信道・森田清司
1044566	締付装置	谷本嘉裕	1049880	密閉形電動圧縮機	大石善堂
1044567	自動車用暖房装置	藤井学・本田嘉之	1049881	閉鎖配電盤のシャッタ装置	梁川美孝
1044568	扉枢着装置	田中毅	1049882	閉鎖配電盤のシャッタ装置	梁川美孝
1044569	電磁ブランジャ装置	長尾良章・松本文雄	1049883	車両用送風装置	関口由紀夫・近藤信幸 堀田晴久
1044570	冷蔵庫	田中毅	1049884	回転電機のヒューズ溶断検出装置	長良高
1044571	冷蔵庫	中島勇	1049885	製氷機	酒井誠記
1044572	空気調和機の配管収納装置	鈴木太八郎・高橋克己	1049886	トランジスタモータの制動装置	藤井学
1044573	マンコンペヤの手すり駆動装置	鬼頭勝己	1049887	製氷機	酒井誠記
1044574	電磁駆動式往復動ポンプ	藤原弘文	1049888	気体膨脹式救命いかだの投下装置	宇川彰
1044575	往復動ポンプの弁装置	鈴木良三	1049889	回路しゃ断器	中本勝博
1044576	溶接機のフラックス供給装置	飯田幸雄	1049890	内燃機関点火装置	市川和
1044577	電気掃除機	武井久夫	1049891	シート状発熱体の温度制御装置	野畑昭夫・中村富家
1046848	アンテナ	森川洋	1049892	扉風機	大嶋英明・吉村勉
1046849	負荷測定装置	松岡宏昌	1049893	立て軸回転機の案内軸受装置	山本明
1046850	負荷測定装置	松岡宏昌			
1046851	電気こたつのコード導出装置	滝沢章・鈴木勇二			
1046852	酒容器のキップ	小川昇・丹野正道			
1046853	平板の支持装置	小林広			
1046854	セレクタスイッチ	吉田日出夫・小池辰秀			
1046855	温水器内蔵流し台の給水給湯装置	馬淵公作・宮崎昭信 高橋隆雄			
1049876	トランジスタモータ回路	藤井学			
1049877	たな	大岩克弘			
1049878	回路しゃ断器の引外し装置	中山豊			

正誤表

本誌49巻5号「漢字情報処理システム」のうち誤りをつぎのように訂正します。

ページ	誤	正	備考
396	表1	表2	表1と表2入れかえ
397	表2	表1	

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 49 No. 8 商品特集

特集論文

- 《クリーンレンジ》の商品化
- 最近の電子レンジ
- 三菱オートサービスシステム冷蔵庫
- 最近のカラーテレビ
- オーディトリアム用スピーカーシステム
- スピーカーキャビネット板振動の解析

普通論文

- MFHX-50 SA形マルチタイプエアコン
- 《MELCOM-COSMOシリーズモデル700》のオペレイティングシステム・UTS/VS
- UHF帯小形マイクロストリップアイソレータ
- シンクロ電機↔変換器《DISYREXER-100シリーズ》との応用

<b>三菱電機技報編集委員</b> 委員長 松岡治 常任委員 三輪進 副委員長 神崎遼 " 吉山裕二 " 武藤正 委員 飯田春吉 常任委員 伊藤一夫 " 大田重吉 " 宇佐見重夫 " 細谷一雄 " 北川和人 " 久保博司 " 祖父江晴秋 " 熊本永 " 塚本信雄 " 橋爪基 " 久松章三 " 林昇寿 " 日野雅行 (以上50音順) " 本間吉夫  7号特集担当 小瀬喜久二	<b>三菱電機技報49巻7号</b> 昭和50年7月22日印刷 昭和50年7月25日発行 定価1部300円(送料別)無断転載を禁ず 編集兼発行人 松岡治 印刷者 高橋武夫 印刷所 東京都新宿区市谷加賀町1丁目12番地 大日本印刷株式会社 発行所 東京都千代田区丸の内2丁目1番2号(〒100) 豊電エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報社」Tel.(03)218局2494 発売元 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地(〒100) 株式会社オーム社書店 Tel.(03)291局0912, 振替口座 東京20018
--	---

N E W S F L A S H

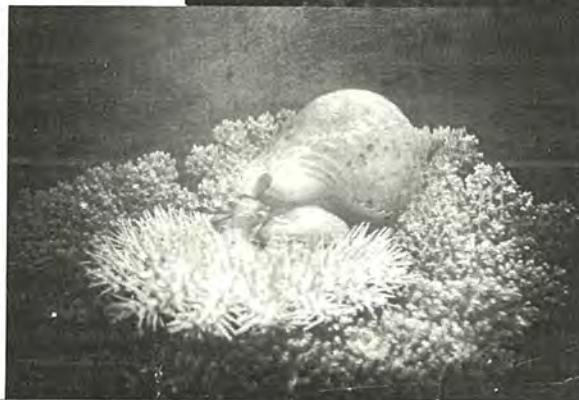
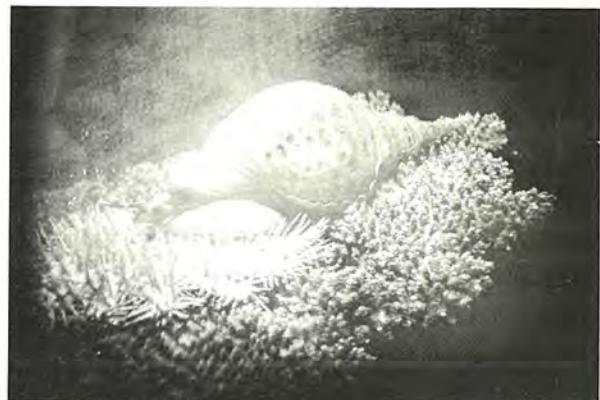
## 三菱ホロミラージ

ホログラフィ(完全立体影像)とは、レーザー光線を使って被写体を立体的にシートフィルムの上に焼き付け、水銀灯の照射により、像を立体的に再現するものです。三菱ホロミラージは、このホログラフィ技術を沖縄海洋博の目玉の一つとするために三菱電機が独自に開発を進めたものです。ホログラムの大きさは横80cm、縦60cm。立体視深度は、ホログラムを中心にして、前方とび出し寸法が40cm、また奥行き方向にも40cm沈んだ形にも表現できます。

立体像は両眼の見る映像のズレや、両眼視線の交角や水晶体の焦点合わせをずれさせる、二眼方式やシネラマ方式のような不完全なものではなく、空間に完全な立体で実像を光学的に表現するものです。いくら完全立体だと言っても、実際に目で見る以外に写真にとって証明するのは困難ですが、写真は、この立体影像を左から右にカメラの位置を変え、また上部から下部に位置を変えて写した画像です。

映像は、沖縄のさんごが鬼ひとでに食われ、この鬼ひとでをほら貝が食べている、天敵関係にある状況を撮ったのですが、極めて画像は明瞭でありカメラの位置の違いによって異なる面の画像が写し出されており、実物を色々な角度からとったものと同じように、フォログラム立体像が完全立体であることがわかります。

沖縄の三菱海洋館では、これらの立体像の表現を、浦島太郎が亀にのって龍宮城に行くシーン、イルカに乗った少年、ヌードの海女、さんご礁とひとでとほら貝の4つを表現することにしています。



さんご礁を鬼ひとでが食べ、鬼ひとでをほら貝が食べているシーンのホログラム像を写真に撮ったもの(上から下に位置を4ヶ所変えて撮影・F8 5秒 ASA100)