

昭和 37 年 9 月 15 日第 2 刷既読時迄 三菱電機技報 40 巻 5 号 (通巻 420 号) 昭和 41 年 5 月 25 日迄 (毎月 1 回 25 日発行)

MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報

Vol.40 May 1966
船用電機品特集・リレー特集

5

ソ連向け漁工船 СПАССК 号

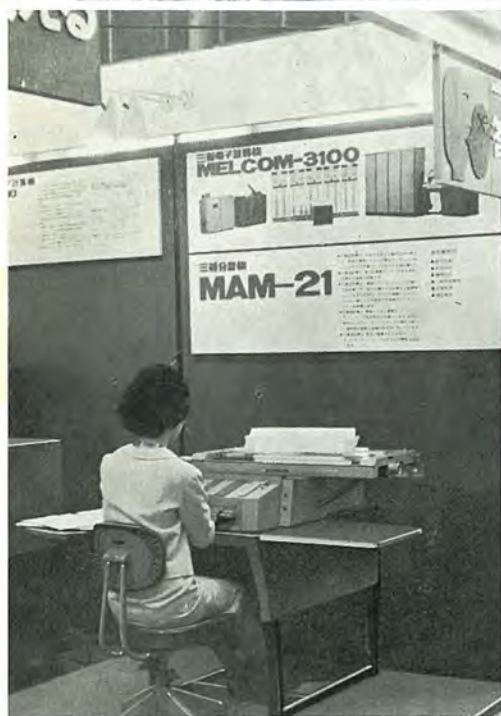


第7回大阪国際見本市開かる

第7回大阪国際見本市は、4月9日から29日までの21日間大阪市港区の見本市会場で開かれた。今年は、不況の影響で国内の参加が減り、会場も前回までの3会場(21万 m^2)から1会場(16万5千 m^2)となった。これに比べ外国からは、国交正常化後初の韓国をはじめ4カ国の初参加国を含む34カ国と今までの最高を記録するなど、積極果敢な出品をしている。

4年後に控えた「万国博」のリハーサルとしても意義深いものがあり、規模は、小さくなったが出品者は、皆な積極的に、充実したものとなり、会期中の引合額も前回なみの模様である。

当社も、三菱グループの一環として、各種新製品、新技術进行展示し好評を博した。





リレー特集・船用電機品特集

目次

《特集論文》 リレー特集

水力発電所用保護装置	山本潤二	755
事業用火力発電所保護方式	斎藤 功	762
自家用火力発電所用保護方式	久松章三	770
ディーゼル発電機保護方式	久松章三	777
高周波発電機保護装置	久松章三・西山 卓	779
系統用変電所の保護継電装置	森 健・長町恒資	781
配電用変電所における保護継電装置	長町恒資	796
低圧ネットワーク方式の信頼度と将来	森 健	801
自家用変電所における保護継電装置	美濃順一	810
電鉄用変電所の保護装置	新名昭吉	816
化学用直流変電所の保護装置	美濃順一	823
ポンプ場の保護装置	石井清隆	826
誘導電動機のはん(汎)用保護継電器	岡戸弘行・中沢俊郎・宇佐美勝洋	828
配電変圧器の NT-2 形, NT-3 形回路シャ断器	木村雅夫	834

《特集論文》 船用電機品特集

三菱船用 E 種電動機	酒向 潔・土井克彦	838
船用交流発電機の最近の動向	馬場俊晃	843
船用配電盤	元木和春・境 正昭	853
船用起動器	末永 登	863
船用主機遠隔操縦装置	山地正城・鶴 史雄	873
ソ連向け漁工船電機品	境 正昭・末永 登・桂木義夫	884

《普通論文》

NFT 形トライバックシャ断器	高野直治・岩崎行男・山本啓一	895
-----------------	----------------	-----

《電子計算機利用シリーズ》

変圧器短絡強度の電子計算機による解析	大谷清二・渡辺次男・坂田邦寿	904
--------------------	----------------	-----

《技術解説》

コアメモリスタック (その 4)	水上益良	913
------------------	------	-----

《新製品紹介》

世界一軽い三菱プラスチック電気ドリル RD-6R-1 形新発売・三菱砂コン器 SF-2 形新発売・三菱オートラジオ AR-300 シリーズ〈オートニカ〉新発売・不思議な風の扇風機クールライン新発売・三菱自動エアータオル ET-1501 形新発売		922
--	--	-----

《ニュース・フラッシュ》

MC-20V 形電解加工機東ドイツ見本市でゴールドメダル受賞・警察向け全トランジスタ無線機コンクール 1 位入賞・大蔵省造幣局溶解鋳造設備完成・全トランジスタ式 MELCOM EA-7410 形アナログ計算機完成・人間工学用制御動作解析装置完成・7 Gc 帯伝搬試験用全固体送信機を NHK へ納入		925
---	--	-----

《特許と新案》

リアクトル装置・インバータ装置・開閉装置・転封装置・半導体制御整流素子		893
-------------------------------------	--	-----

《表紙》

1. ソ連向け漁工船 СПАССК 号

三菱重工業横浜造船建造のソ連向け漁工船 СПАССК 号で、本船は昭和40年12月に就航しており、同形船は全部で8隻建造中である。この漁工船は総トン数18,000G/Tの超大型漁工船であり、漁獲品は船内工場でほとんど全自動で処理されている。当社は本船向けとして、主発電機 6×650 kVA、配電盤、甲板補機モータおよび船内鮮魚処理工場用総括制御装置一式を納入し、いずれも好調に働いている。

2. 第7回大阪国際見本市開かる。

3. 三菱トライバックシャ断器

4. 三菱冷蔵庫





SPECIAL COLLECTION OF RELAYS SPECIAL COLLECTION OF MARINE ELECTRIC APPARATUS

CONTENTS

SPECIALLY COLLECTED PAPERS—SPECIAL COLLECTION OF RELAYS

Protectiong Devices for Hydraulic Power Stations.....	755
Junji Yamamoto	
Protective Relaying of Public Utilities' Thermal Power Plants	762
Isao Saitō	
Protective Systems of Industrial Thermal Power Plants	770
Syozō Hisamatsu	
Protective Relaying of Diesel Generators.....	777
Syozō Hisamatsu	
Protective Devices of High Frequency Generators	779
Syozō Hisamatsu • Takashi Nishiyama	
Protective Relaying of Primary Substations on Power Systems	781
Takeshi Mori • Hisahi Nagamachi	
Protective Relaying of Distribution Substations.....	796
Hisashi Nagamachi	
Reliability and Future Consideration of 2'dary Network Systems	801
Takeshi Mori	
Protective Relays of Power Consumer's Substations.....	810
Junichi Mino	
Protective Devices of Railway Substation	816
Shōkichi Nina	
Protection of DC Substation for Chemical Plants	823
Junichi Mino	
Protective Relay Applications for Pump Plants.....	826
Kiyotaka Ishii	
Induction Motor Protective Relays.....	828
Hiroyuki Okada • Toshiro Nakazawa • Katsuhiko Usami	
Type NT-2 and Type NT-3 Circuit Breakers for Use with Type CSP Transformers	834
Masao Kimura	

SPECIALLY COLLECTED PAPERS—SPECIAL COLLECTION OF MARINE ELECTRIC APPARATUS

Mitsubishi Marine Induction Motors of Class E Insulation	838
Kiyoshi Sakō • Katsuhiko Doi	
Recent Trend of AC Generators for Marine Use	843
Toshiaki Baba	
Marine Switchboards.....	853
Tomoharu Motoki • Masaaki Sakai	
Starters for Marine Use	863
Noboru Suenaga	
Remote Control Systems of Marine Main Engines	873
Masamura Yamaji • Fumio Tsuru	
Electric Apparatus on Fish Factory Ships of U.S.S.R.	884
Masaaki Sakai • Noboru Suenaga • Yoshio Katsuragi	

TECHNICAL PAPERS

Type NFT Tripac Breakers	895
Naoharu Takano • Yukio Iwasaki • Keiichi Yamamoto	

APPRICATION OF COMPUTERS FOR USER-SERIES

Analysis of Mechanical Strength of Transformers with Digital Computers.....	904
Seiji Ōtani • Tsugio Watanabe • Kunikazu Sakata	

TECHNICAL EXPLANATION

Core Memory Stack —(4)—	913
Masuyoshi Mizukami	

NEW PRODUCTS

	922
--	-----

NEWS FLASH

	925
--	-----

PATENT AND UTILITY MODEL

	893
--	-----

COVER EXPLANATION

Illustrated here is a ship for fish cannary ЦПАССК built for the Soviet Union in Yokohama Shipyard of the Mitsubishi Heavy Industries Ltd, put in service in December, 1965. Eight vessels of the same type are to be built in total, each being a super large cannary ship of 18,000 gross tons. The fish catch is mostly processed on board by full-automatic operation.

The Mitsubishi Electric Corporation has supplied to the ships almost all the electric apparatus that involve main generators 6×650 kVA, switchboards auxiliary deck motors and sets of central control equipment for fish processing plants on board. They are all operating successfully.

UDC 621.311.21:621.316.3/.925

水力発電所用保護装置

山本潤二

三菱電機技報 Vol.40・No.5・P755~761

水力発電所の標準的な保護継電方式を、具体的な適用継電器の形名と適用上の注意を述べたものである。また一例として電源開発七色発電所において採用した継電器の分類表をのせている。

UDC 621.311.4:621.314.3/.925

高周波発電機保護装置

久松章三・西山 卓

三菱電機技報 Vol.40・No.5・P779~780

高周波誘導加熱用電源として使用される高周波発電機の電氣的保護装置を主体として、その適用、選定基準を説明し、今後の高周波発電機関係の保護装置の理解と適用の参考とするものである。

UDC 621.311.22:621.316.3/.925

事業用火力発電所保護方式

斎藤 功

三菱電機技報 Vol.40・No.5・P762~769

最近急激に発展してきた事業用火力発電所の電気機器に対する継電保護方式を、適用継電器、継電器の整定および継電器動作後の処置を中心に説明し、今後の事業用火力発電所の保護方式を理解するうえの参考と供するものである。

UDC 621.311.4:621.316.3/.925

系統用変電所の保護継電装置

森 健・長町恒資

三菱電機技報 Vol.40・No.5・P781~795

系統用変電所の保護継電装置は今後ますます高い信頼度を要求されるであろう。当社は従来多数の高信頼度継電器とその応用装置を開発し、系統用変電所に十分な保護能力を具備せしめてきたが、ここにおいて系統用変電所の保護継電装置をまとめてその骨子とするところを要約した。系統用変電所における保護継電装置を大別すれば、(1) 機器保護、(2) 母線保護、(3) 送電線保護に分類され、さらに送電線保護においては、搬送保護、表示線保護、線平衡保護、その他の保護装置および低速度再閉路、自動復旧などの関係があり、これらの保護装置について応用上の思想 ○ ととくに重要な部分についての解説を行なっている。

UDC 621.311.22:621.316.3/.925

自家用火力発電所用保護方式

久松章三

三菱電機技報 Vol.40・No.5・P770~776

最近の自家用火力発電所に適用する保護方式にて、電気関係を主体としてその適用、選定、トリップオーダーについて、発電機、受電関係、所内関係にわけ説明し、とくに自家用火力発電所の場合にのみ考慮すべき並列運転保護方式について詳述し、保護継電器使用に当たっての適用、選定基準を述べ、今後の自家用火力発電所用保護継電器の適用における参考とする。

UDC 621.311.4:621.316.3/.925

配電用変電所における保護継電装置

長町恒資

三菱電機技報 Vol.40・No.5・P796~800

配電用変電所において実用されている当社保護継電器および継電方式について述べてある。最近配電用変電所数は電力需要の増力に伴い、増加の一途をたどり、いずれの電力会社においても、ほぼ標準化されている感が大いだが、継電方式的にみた特長としては、遠方制御による無人化対策、配電線の地中化に伴う充電電流対策および、系統信頼度向上を目的とした変電回線保護の高度化をあげることができ、これらについてもごく簡単にふれている。

UDC 621.311.23:621.316.3/.925

ディーゼル発電機保護方式

久松章三

三菱電機技報 Vol.40・No.5・P777~778

ディーゼル発電機は普通非常用電源装置として使用される。すなわち電力会社系統と並列運転を行なうことは少ない。このディーゼル発電機の保護継電器の適用、選定基準について述べ今後の保護継電器の適用における参考とする。

UDC 621.311.4:621.316.3/.925

低圧ネットワーク方式の信頼度と将来

森 健

三菱電機技報 Vol.40・No.5・P801~809

この論文は、低圧ネットワーク配電が、わが国の配電に何故導入されねばならないか、導入するとすればどのような機器が必要か、そして三菱電機がこれに対していかに応ずることができるか、さらに今後の低圧ネットワーク配電の導入に当たっていかなる事項が問題になり、どのような方向に進むであろうか、という諸点を整理し紹介するものである。その結果、低圧ネットワーク方式が高信頼度無停電供給配電方式として最良であり、とくに地中配電では不可欠なものであると同時に必然的に400V配電への導火線の役割を演ずるものではないかと推論している。

UDC 621.311.4:621.314.3/.925

自家用変電所における保護継電装置

美濃順一

三菱電機技報 Vol. 40・No. 5・P810~815

近年各設備の合理化、自動化が叫ばれ諸設備の近代化が各所において行なわれているが、これらの一連の合理化自動化の進展とともに動力源として電力の占める役割も一段と重要になってくる。

自家用受変電設備は電力源としての電力所内給電の源泉であり、諸設備の生死をゆだねられているといっても過言ではない。このため受変電設備は停電することのない高信頼度のものとする必要があり、万一の場合には被害を最小限にとどめ一刻も早く送電を再開することが要求され保護装置としても十分検討し最良の装備としなければならぬ。

UDC 621.318.56

誘導電動機のはん(汎)用保護継電器

岡戸弘行・中沢俊郎・宇佐美勝洋

三菱電機技報 Vol. 40・No. 5・P828~833

誘導電動機の保護継電器として、電動機の過電流に応働するものと電動機の過電流ならびに温度の両者に応働する2種の形式があげられる。前者はいわゆる熱動式と電磁式があり、後者には熱動式と同じ原理で熱動安全器なるものがある。本文はこれらの個々につき構造、原理、特性ならびに適用上の問題点などの特色について述べている。とくに熱動式の過電流継電器については広い適用範囲と経済性から最も普及しているが、電磁式はその特色から特定の分野に活用がある。熱動安全器はその動作が直接主回路の開閉をなし、小形電動機と一体にしてはじめて有効な効果を発揮でき最も経済性ある保護装置である。

UDC 621.311.4:621.316.3/.925

電鉄用変電所の保護装置

新名昭吉

三菱電機技報 Vol. 40・No. 5・P816~822

現在、電鉄用変電所には直流用と交流用とがあり、直流用は国鉄をはじめ一般私鉄に、交流用は国鉄において新幹線、鹿児島本線などに広く採用されている。直流用の場合シリコン整流器の採用とともに、制御保護方式も大きく変わってきた。また交流用の場合は特殊負荷であるために電線保護方式は一般配電線とは異なったものとなっている。本文はそれぞれの単線結線図の具体例によりまず主として電鉄変電所特有のものの保護装置についての概要を述べ、受電線そのほかの付帯設備についても簡単に述べている。

UDC 621.316.57:621.314.22

配電変圧器のNT-2形、NT-3形回路シャ断器

木村雅夫

三菱電機技報 Vol. 40・No. 5・P834~837

過負荷表示、過負荷および短絡シャ断をするための構造、その主要構成部であるバイメタル・接点・開閉機構・引はずし外機構・非常用レバー・モールド部品・極数など設計上の問題点、動作、保護特性について述べ、最後に適用規格の概要と試験成績について述べた。

UDC 621.311.4:621.316.3/.925

化学用直流変電所の保護装置

美濃順一

三菱電機技報 Vol. 40・No. 5・P823~825

近年わが国の重化学工業の発達著しく最近では海外への技術輸出も盛んに行われる様になった。これら種々の化学プラントには大電流直流電源設備が不可欠であり設備の大形化、合理化に答えて当社では変圧器と整流器を一体構造にしたレクチフォーマ整流装置を開発し多数製作納入し好評を博している。

化学プラントにおいては直流電源は絶対無停電が必須条件であり1回の停電事故による損害は数億円にも達するため設備としては高信頼度のものとする必要がある。保護装置もこれらの事情にかんがみ高性能で高信頼度の保護方式が要求され万一の場合にその被害を最小限にとどめる万全の装備が必要である。

UDC 621.313.333 [629.12]

三菱船用E種電動機

酒向 潔・土井克彦

三菱電機技報 Vol. 40・No. 5・P838~842

三菱船用E種電動機は、欧州各国ですでに採用されている国際寸法規格であるIEC寸法に準拠したもので、寸法的に従来のA種絶縁電動機より約2段階ちに小形化された画期的な電動機である。

ここでは、船用として多く用いられる開放形M200Lフレームまでを中心にしてその寸法、構造、特性、船用電動機としての特異点をまとめてみた。

UDC 628.12:621.316.3/.925

ポンプ場の保護装置

石井清隆

三菱電機技報 Vol. 40・No. 5・P826~827

最近のポンプ場、とくに上水道を中心としここに適用される保護装置の種類とその適用について、原動機関係、ポンプ関係、受電設備関係にわけ、代表的なものを説明し今後のポンプ場プラントの保護継電器適用の参考とする。

UDC 621.313.12.025:629.12

船用交流発電機の最近の動向

馬場俊晃

三菱電機技報 Vol. 40・No. 5・P843~852

昭和20年頃を境として、船舶の交流化、大形・高連化 および自動化が急ピッチで進められ、その船内負荷をまかなう交流発電機にも近代化が強く要求されるようになった。最近では自動式発電機にあっても、船内空間の有効利用と配線工事の簡潔化を目的として、"励磁装置のトップマウント形が、また保守・点検を最小とするために、全閉内冷形(空気冷却器付)とか、ブラシレス方式が広く採用される気運にある。本稿では、この船用交流発電機の変遷をながめ、あわせて、当社の標準発電機について、その構造ならびに材料、運転・保守上の問題点などを概説するものである。

UDC 621.316.34:629.12

船用配電盤

元木知春・境 正昭

三菱電機技報 Vol. 40・No. 5・P853～862

船用配電盤は船内の電気機器、電力回路の監視と制御を行ない、異常状態においては適切にこれらを保護するために必要な器具類を集中装備している。その動作および性能の良否は船の運航にも影響するほど重大でありまた種々の過酷な使用条件にも十分耐える必要がある。本文では発電機の制御、自動化機器を含む一連の機種および新しく標準シリーズとして完成したVA形、VS形配電盤についてその概要を述べる。

UDS 621.316.573:621.316.923

NFT形トライバックシャ断器

高野直治・岩崎行男・山本啓一

三菱電機技報 Vol. 40・No. 5・P895～903

ノーヒューズシャ断器のシャ断容量は現在のところAC 550 V, 35kA が限度であり、低圧回路の容量の増大にともなうシャ断容量の不足が目だちはじめたが、限流ヒューズを組み合わせたトライバックシャ断器ではAC 550 V, 100 kA まで大きくすることができた。過負荷および普通の短絡は従来のシャ断器の保護特性にまかせ、ヒューズは大短絡電流のみ限流・カットするようそれぞれ協調がとられている。シャ断試験の結果によるとヒューズ溶断時間とシャ断器接点の開極時間は比較できぬほどどちらも速く、シャ断時のアークはヒューズ ○ と接点の2個の間に発生し、アーク長が長くなりシャ断が容易で ○ ある。

UDC 621.316.7.1:629.12

船用起動器

末永 登

三菱電機技報 Vol. 40・No. 5・P863～872

最近の船舶自動化の発展に伴い、船用補機モータの制御についても、機関系統制御の集中化、相互インターロックは複雑となり、これら補機起動器についても、信頼度の向上、特性の改善、小形化、さらに種類の増加、低価格品が要求されている。

当社ではこれらの要求を満足するために、かねてから進めていた船用起動器の標準シリーズを完成し、AB, LR, NKなど船級協会規格も十分に満足する製品をうることができたのでここにその概要を述べる。

UDC 531.3:621.314.21.014.7.042.53:681.142

変圧器短絡強度の電子計算機による解析

大谷清二・渡辺次男・坂田邦寿

三菱電機技報 Vol. 40・No. 5・P904～912

外鉄形変圧器が短絡時に発生する電磁力を1000kVAモデル変圧器の短絡試験によって究明した。一方、三次元座を二次元法によって解析する場合の等価性について論じ、変圧器のような構造体は二次元法で十分解析できることを明らかにし、設計段階で電磁力を推定できるプログラムを開発した。さらに電子計算機を一種のシミュレータと考えて、計算機内で短絡電流による電磁力とコイル群構成材の動的性質より決定されるコイルの運動現象を解析し、高速度カメラの実測結果と比較したところ、良い一致をみたので、縮付圧力、コイル群構成材の性質を変えて短絡 ○ 強度を増加させる方法を検討した。

UDC 621.12-519:629.12

船用主機遠隔操縦装置

山地正城・鶴 史雄

三菱電機技報 Vol. 40・No. 5・P873～883

船舶の主機関であるタービンまたはディーゼル主機の遠隔操縦装置に関するものである。

遠隔制御には機械式・電気式・油圧式・空気式あるいはこれらを混用したもの、いろいろな方式がある。この文では機能、出力、速度さらに保守、経済性などのあらゆる点から各方式を比較検討している。

そして最後に現在用いられている高級に自動化されたりモートコントロール装置例について説明する。

UDC 621.374.3.002.61

コアメモリ・スタック(その4)

水上益良

三菱電機技報 Vol. 40・No. 5・P913～921

マトリックスプレーンを単語の情報ヒット数だけ積み重ねたメモリスタックの性能、小形化および特殊設計のものにつき概観し、次にこのスタックを使用する場合に問題となる使用温度範囲、電流マージンにつき考察した。すなわち温度変化がメモリのS/N 与える影響と広範囲で性能を安定にする方法および最適駆動電流振幅決定とその場合のマージンカーブである。

UDC 621.313.629.124.72

ソ連向け漁工船電機品

境 正昭・末永 登・桂木義夫

三菱電機技報 Vol. 40・No. 5・P884～891

ソ連向け漁工船を三菱重工横浜造船所では8隻建造中ですでに昨年末第1船は就航しており、残りも本年中には全船完成就航することになっている。

この漁工船は 18,000G/T の超大型船であり漁獲品は完全に船内工場処理できる装置をもっており、しかもほとんど自動化されている。当社は本船向けとして船内主発電機6×650kVA ACG, および配電盤、甲板補機としてウインドラス、ムアリング、スリッパウエイウインチなど、さらに船内鮮魚処理工場の総括制御装置一式を納入した。電機品はいづれもロイド船級を満足するとともにUSSR規格も取り ○ 入れて輸出船用として十分な考慮を払って製作した。

水力発電所用保護装置

山本 潤二*

Protecting Devices for Hydraulic Power Stations

Kôbe Works

Junji YAMAMOTO

For the economy of human labor and other several inherent features, hydraulic power stations are now in a trend of becoming one man control, which is promised to be almost standardized. In line with this, the protection method looks almost standardized, too, against the outbreak of faults, such as emergency stop, quick stop, no load no excitation running and alarm only. However, as to individual relays applied, their improvement is indispensable from the viewpoint of the performance and economy. Herein are described representative relay applications of today in reference to water wheels generators, transmission lines and a number of auxiliary machines.

1. ま え が き

水力発電所は火主水従の立場からピークロード時に速く起動停止を行なわなければならないこと、設置場所がへき地であるため極力運転人員を減らしたいこと、および制御対象が水であるため比較的制御しやすいことなどの理由によって最近ほとんどすべて一人制御方式がとられている。

したがって故障発生時の処置に対してもほぼ標準的な方式が定まっており、故障の種類と重要度によって非常停止故障、急停止故障、無負荷無励磁運転故障、および軽故障に分類されている。もっともこれは一般的な分類であって、その発電所の系統から見た重要度および制御方式によってどの故障をどの分類にいれるかは多少異なってくる。たとえば重要度が高い発電所では機器の安全性を保障できる範囲で運転を継続させるべきであり、小容量被遠方制御発電所などではどのような軽故障でも発電機を停止したほうが機器保守上優利である。また個々の適用継電器、あるいは継電方式にしても、その発電所の特質と経済性を考慮して採用機種が定められる。

一例として図1.1に電源開発KKの単線接続図を示す。また図1.2にこの発電所の故障の分類と適用継電器の一覧表を、図1.3に故障発生時の自動シーケンスブロック線図を示す。

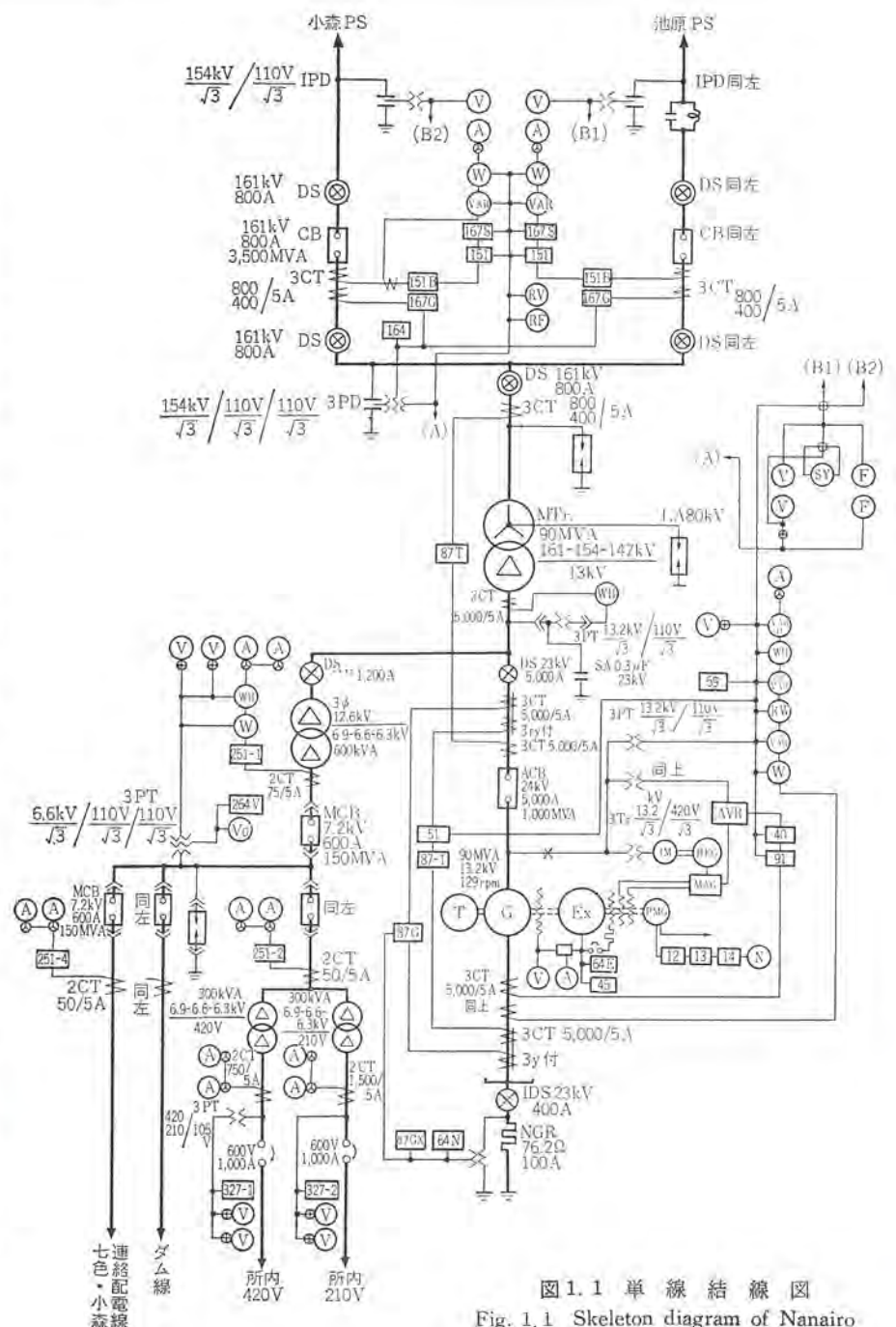


図1.1 単線結線図
Fig. 1.1 Skeleton diagram of Nanairo power station.

表 1.1 故障分類例

故障分類	器具番号	適用継電器	おもな定格	故障内容その他
非常停止 (36-1)	87-1	HAG-2-M	5~10~20%	発電機内部短絡
	87G	CWR-2-M	5~10%	* 内部接地
	(87GX)	CV-8-D	5.5~30V	同上用インターロック
	64N	CV-8-D	5.5~30V	発電機回路接地
急停止 (86-2)	12	D-5-D	90~180%	* 過速度
	38D2	角形温度計	0~100°C	* 軸受過熱第2段
	63Q3	PQ-1	—	油圧低下第2段
	81F	—	—	調速機電圧低下 (SFB-3-M) フィラメント断線 (SFA-4-M)
無負荷 無励磁 (86-3)	45	SVA-E	320~380V	励磁機過電圧
	40	HLF-M	—	界磁喪失
	51	COV-6-M	4~12A 80~100V	発電機過電流
	59	SFB-1-M	120~140V	* 過電圧
軽故障 (30F)	87T	HUB-2-M	—	主変圧器内部短絡
	96	SP-リレー	—	* 内部事故
	49AD	角形温度計	0~100°C	発電機空冷冷却器温度上昇
	90	—	—	AVR故障 (76-90 R.L. バイパス低電圧一括)
送電線 故障 (130F)	(76-90 R.L.)	D-5-D	—	AVR出力過電流
	49G	記録計	0~100°C	固定温度上昇
	33Q	(GM-4B)	—	圧油タンク油面低下
	33QB	FM-3	—	軸受油面低下
	33WC	S-FP	—	冷却水タンク水位低下
	38DI	角形温度計	0~100°C	軸受過熱第1段
	63AB	—	—	空気タンク圧力低下
	63Q2	PQ-1	—	油圧低下第1段
	64E	DGF-M	±0.125~±0.75mA	励磁機接地
	68Q	DWA-1-M	0~10mV	集油タンク混水
	69G	—	—	グリースポンプ故障
	69WA	FS	—	発電機冷却水不足
	69WB	FS	—	軸受冷却水不足
	151-1.2	COR-M	1.5~3A	送電線遠方短絡故障, 167 S (KRS-M) と組み合わせ
	151B1.2	CO-8-M	2~6A	* 至近端 *
	164-1	KV-M	10~25V	* 地絡故障, 167G (DG B-M) と組み合わせ
	63AL	—	—	屋外コンプレッサ故障
所内故障 (230F)	LA	—	—	アレスター動作
	264	CV-8-D	30~60V	所内高圧回路接地
	251-1~4	CO-6-M	4~12A	* 過電流
	347-1.2	CP-M	70~100V, 140~200V	所内低圧回路低電圧または逆相
	33WH	S-FP	—	所内排水ピット水位上昇
	64D	DGE-2-M	3~10kΩ	直流回路接地
	80	SVB-E	80~120V	直流電源低電圧
	NF 420	NF信号接点	—	NFブレーカ自動トリップ (420V回路)
	NF210	*	—	* (210V *)
	NFAC	*	—	* (交流 *)
	NFDC	*	—	* (直流 *)
	EL	—	—	エレベータ故障
	26DH	丸形温度計	0~100°C	所内変圧器温度上昇
	SET	—	—	通信関係故障
	27H	CV-7-M	50~130V	所内交流低電圧

故障分類	器具番号	適用継電器	おもな定格	故障内容その他
軽故障 (30F)	29G	—	—	炭酸ガス放出
	63AG	—	—	屋内コンプレッサ故障
	29T	—	—	主変圧器火災
	88QT	—	—	* 油ポンプ故障
	69WT	—	—	* 冷却水不足
	26T	丸形温度計	0~100°C	* 温度上昇
	51I	—	—	発電機過電流
送電線 故障 (130F)	63QC	—	—	OFケーブル油圧低下
	151-1.2	COR-M	1.5~3A	送電線遠方短絡故障, 167 S (KRS-M) と組み合わせ
	151B1.2	CO-8-M	2~6A	* 至近端 *
	164-1	KV-M	10~25V	* 地絡故障, 167G (DG B-M) と組み合わせ
所内故障 (230F)	63AL	—	—	屋外コンプレッサ故障
	LA	—	—	アレスター動作
	264	CV-8-D	30~60V	所内高圧回路接地
	251-1~4	CO-6-M	4~12A	* 過電流
	347-1.2	CP-M	70~100V, 140~200V	所内低圧回路低電圧または逆相
	33WH	S-FP	—	所内排水ピット水位上昇
	64D	DGE-2-M	3~10kΩ	直流回路接地
	80	SVB-E	80~120V	直流電源低電圧
	NF 420	NF信号接点	—	NFブレーカ自動トリップ (420V回路)
	NF210	*	—	* (210V *)
	NFAC	*	—	* (交流 *)
	NFDC	*	—	* (直流 *)
	EL	—	—	エレベータ故障
	26DH	丸形温度計	0~100°C	所内変圧器温度上昇
	SET	—	—	通信関係故障
	27H	CV-7-M	50~130V	所内交流低電圧

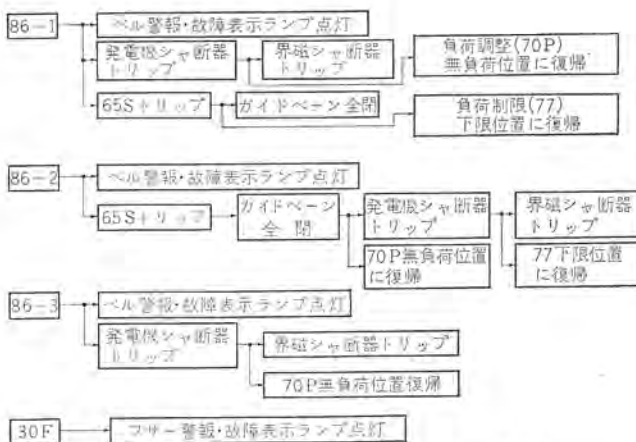


図 1.2 故障処置自動シーケンスブロック線図
Fig. 1.2 Automatic sequence block diagram for fault disposal.

2. 水車関係保護装置

2.1 水車本体

水車本体の直接的な故障対象には回転数、軸受温度、軸変位などがあり間接的なものには潤滑油不良、軸受油面低下、冷却水不足、水車起動渋滞などがある。

2.1.1 水車過速度 (#12)

図 2.1 に一般的な検出回路を示す。これは発電機軸に直結し

た回転計発電機、あるいは調速機用永久磁石発電機 (PMG) を電源とし、飽和トランスと整流器を内蔵した RC-3 形補助箱を通して D-5A-D 形直流電流継電器を接続したものである。この回路には回転計やほかの速度継電器 (低速度・規定速度などの検出用) がそう入されている。過速度継電器の動作設定値は、客先から要求される水車の速度上昇率の保証値、すなわち全負荷シャ断時の最大速度上昇値の約 5% 増しにとられる。一般的にこの値は約 130~150% である。

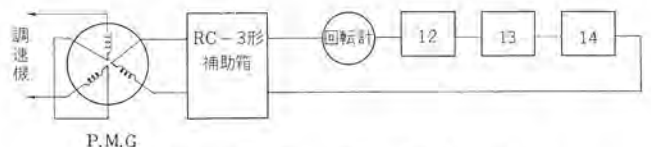


図 2.1 速度継電器 Fig. 2.1 Speed relay.

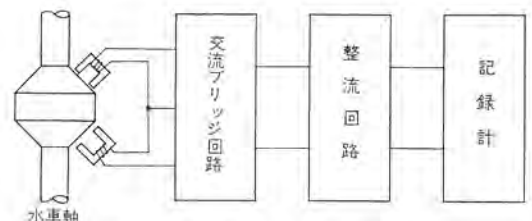


図 2.2 軸上下検出回路
Fig. 2.2 Vertical shaft movement detection circuit.

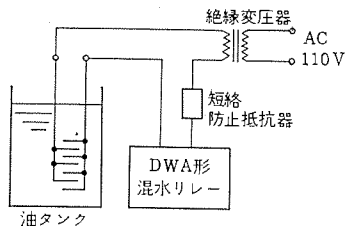


図 2.3 混水継電器 Fig. 2.3 Water mixture relay.

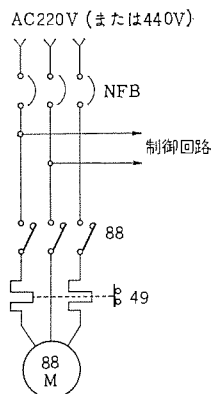


図 2.4 補機 Fig. 2.4 Auxiliary machine.

2. 1. 2 水車軸受温度上昇 (#38D)

蒸気張力式角形温度計に内蔵した2個の警報接点を使用する。この二つの接点は互いに独立に動作点を設定でき、一つを軽故障警報用、ほかの一つを水車急停止用として使用する。一次接点は指針にとりつけられたもので電気容量が小さいので、指示計内部に補助リレーを内蔵し、DC 100 V 3 A を通断することができる。温度指示をとくに必要としない場合は液体膨張式温度継電器が用いられる。これは動作トルクが大きく、直接 マイクロスイッチ または水銀スイッチを動作させることができる。

2. 1. 3 軸上下検出器

デリヤ形水車では水車の構造上、ランナとケーシングとの間のクリアランスが小さいので、流量急変時の推力により、ランナが押し上げられたり押し下げられたりして、ケーシングとランナとが接触するおそれがある。そこで、このようなときの水車軸の上下運動を記録して、規定範囲を越えないかどうかを監視しなければならない。図 2.2 にこの監視装置のブロック構成図を示す。

水車軸に取付けられた検出コイルは軸の移動によって一方の空ゲキが増し、他方の空ゲキが減るように配置されている。磁気回路中の空ゲキが変わると鉄心入りコイルのインダクタンスが変化して交流ブリッジ回路のバランスがくずれる。このアンバランス電圧を整流、分圧して記録計の入力としている。

2. 1. 4 軸受混水継電器 (#68WB)

図 2.3 に示すように、混水検出器、DWA-1-D 形混水継電器、絶縁変圧器、および短絡防止抵抗器からなる。混水検出器は多くの極板を正負交互に向い合わせに配列したものであり、この間ゲキを油中に混濁した水滴が橋絡したとき、回路の抵抗値が減少して DWA-1-D 形継電器が動作するものである。DWA-1-D 形継電器は、ハン用継電器である D-5-D 形直流電流継電器と同一形式のものである。検出器の据え付け場所としては、動作原理上、油タンク底部で常に油流の生じている所が望ましい。なお混水継電器は一般には軸受油タンクには設けず、集油タンクのほうに設けられることが多い。

2. 1. 5 流水継電器 (#69WB)

軸受油槽の冷却水不足あるいは断水を検出するもので、水車運転中とのインターロックをとったうえで軽故障警報を行なう。

FS 形流水継電器は管中に設けたパケットの動きを、メカニカルシールを介して外部に伝達し流量を指示する構造となっている。同時に、流量低下して警報流量以下になれば直接 マイクロスイッチを動作させる機構を有している。標準品としては流量 16~2,000 l/min、耐圧 5~10 kg/cm² のものが数種の流量幅および耐圧値によって分類さ

れている。なお警報流量は指定された定格流量の +10%~ -40% の範囲において可調整である。

2. 1. 6 起動渋滞 (#48)

一般の一人制御発電所で運転員が常駐する所ではあまり必要としないが、無人発電所の場合は水車起動時、なんらかの原因でメーカーズどおりに起動が進行しない場合に、自動的に水車を停止状態までもとしてやることが要求される。

普通、水車の起動時間は主弁の全開時間や同期揃速時間を入れても、約 5 分を越えることはないで、起動渋滞検出継電器としては当社ハン用継電器である JD-300-E 形時限継電器を使用できる。

2. 2 調速機

当社および三菱重工 KK で製作される現在標準的水車用調速機には次のような電気式および機械式調速機がある。

電気式調速機

EA-II 形 トランジスタ式標準電気式調速機

EA-III 形 トランジスタ式高級電気式調速機

機械式調速機

A-V 形高級機械式調速機

これらの調速機はそれぞれの特長によって次のような保護継電器を適用している。

EA-II, EA-III 形調速機

増幅器用直流電源電圧異常 (80GP, 80GN)

D-5-D 形直流電圧継電器

アクチュエータ油圧低下 (63QA)

A-V 形調速機

ベンジラム 駆動モータ回路過電流および低電流 (81MA)

OCD-2-D 形交流電流継電器

2. 3 補機

水力発電所の補機には次のようなものがある。

圧油ポンプ、返油ポンプ、グリースポンプ、潤滑油補給ポンプ、コンプレッサ、冷却水ポンプ、給水および封水用ストレーナ、上ラタ排水ポンプ、所内排水ポンプ、ドラフト排水ポンプ、その他。

このように補機の種類および数量は比較的少なく、ポンプの容量も 0.4~7.5 kW の小容量のものが多く、圧油ポンプとか給水ポンプなどの大きなものでも 100 kW を越えるものは少ない。したがって電源としては一般に 3 相 210 V あるいは 420 V が採用される。

水力発電所の場合補機が低圧、小容量であるというほかに、電源容量が大きいので故障が発生しても発電所外部に及ぼす影響が少ないこと、ポンプ駆動電動機として全て直入れカギ形誘導電動機を採用しているので故障の機会が非常に少なく、なるべく簡易な回路が望まれること、継電器のミissetting などによる誤動作によって、主機の運転に影響を及ぼすことをきらう。などの理由によって一般には図 2.4 のように、電動機の過負荷保護用として TR 形 サーマルオーバーロード継電器 (49)、また相間短絡故障保護にはノーヒューズブレーカの電磁トリップ機構を備えているにすぎない。

誘導電動機保護用の一般的な継電器には、このほかに CO-5I-D 形過電流継電器、BL-1-D 形熱動過負荷継電器、CP-D 形逆相過電圧継電器、CV-7-D 形低電圧継電器、などの適用が考えられる。これらは電源変圧器からのパワーケーブルが長い場合とか、電動機容量が比較的大きくて電動機が使用される場合など、故障時の影響が大きいにときに採用される。このときの過電流リレーの整定値は、起動電流および許容電源電圧変動範囲においては動作しないように考慮のうえ、さらに電源側に設置されているほかの

モータ断器との協調も考えて整定しなければならない。

3. 発電機関係保護装置

発電機関係の故障には機械的な故障と電気的な故障があり、前者には軸受温度過熱、軸受潤滑油混水、軸受油面低下、軸受および空気冷却器用冷却水断水、冷却器空気温度上昇、発電機火災、などがある。これらに適用する継電器は2.1節の水車関係保護装置で述べたものと同様なのでここでは省略する。

なお発電機火災の検出にはサーモスタットによる温度検出法と、煙検知による方法がある。消火装置には手動により水を放出する方式と、自動的に炭酸ガスを放出する方式がある。炭酸ガスの自動放出は火災検知継電器と発電機内部の電気的故障発生検知継電器(87-1, 87-2, 87G など)の両方が動作したときに行なうようにしている。

次に電気的故障検出継電器について述べる。

3.1 発電機回路保護

3.1.1 発電機内部短絡保護 (87-1)

比率差動継電器が採用される。当社の製品として従来から一般によく使用される経済的な単相誘導円板式のCAG-D形比率差動継電器3個、あるいは3相高速度式のHAG-2D形比率差動継電器1個を適用する。

最近のように発電機の単機容量が非常に大きくなり、故障発生時に系統に与えるジョウ乱が大きくなれば、一般に高速度形が採用される。このHAG-2-D形はとくに外部故障や外部ジョウ乱の過渡時の高調波に対して応動しにくい特性を持っている。

一方内部故障に対しては、大体60ms以内の高速度で故障を検出できる。しかしこの継電器に使用する変流器としては、定常時および過電流域ともその特性差の非常に小さいものが必要であり、一般にはHAG-2-D形継電器最小動作値(普通は比率タウ値10%に選び、そのときの最小動作値は0.4Aである)の $1/10$ 以下であることが望ましい。

3.1.2 発電機層間短絡故障 (87-2)

図3.1のように発電機が多重星形の多巻線コイルのときは、各相の巻線のスロット内部での層間短絡故障を、比率差動継電器によって検出することができる。これは層間短絡時の各巻線内部誘起電圧の差異によって循環電流が流れるのを検出するものである。多重星形巻線であっても、ワンターコイルのときは層間短絡故障は生じえないのでこの継電器は必要としない。

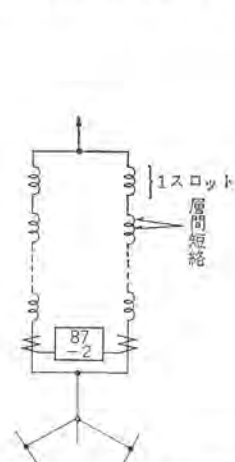


図3.1 発電機層間短絡
Fig. 3.1 Generator layer short.

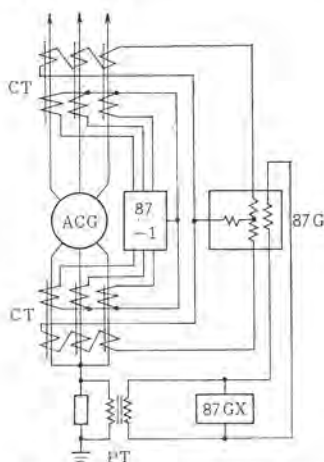


図3.2 発電機比率差動継電器
Fig. 3.2 Generator ratio differential relay.

当社の適用継電器は、前記の内部短絡故障と同じくHAG-2-D形比率差動継電器を使用する。

3.1.3 発電機内部地絡故障 (87G)

水車発電機の中性点は、地絡故障検出のために一般に100A抵抗接地されている。発電機内部故障検出継電器として、CWR-2-D形比率差動継電器を適用する。これは図3.2に示すように前記発電機内部短絡故障検出用CTに、JEC143に準拠した30ターンの3次巻線を設け、これにより発電機内部地絡故障による零相電流を検出する。

一方CTの負担VAを極小とし、継電器の感度を上げるために100A接地抵抗の端子電圧をPTを通して継電器に導入している。もちろん外部地絡故障の場合は電流要素が抑制力となって働くので、PT要素によって誤動作するおそれはない。なおCWR-2-D形比率差動継電器は非常に高感度であるため、配電盤になんらかの衝撃がかかると誤動作のおそれが生ずる。これを防止するために、接地検出用PTにCV-8-D形接地電圧継電器を設けて87Gのインターロックとする。(87X)これは単なるインターロック用であるからタウ値は5.5Vに選んでおく。

3.1.4 発電機回路地絡保護 (64)

前記のように発電機中性点が100A抵抗接地されている場合には、CV-8-D形接地電圧継電器により発電機と主変圧器間の地絡故障を検出する。タウ値は5.5~30Vのものを使用する。

発電機中性点が柱上変圧器接地される場合がある。これは主変圧器と発電機の間にモータ断器を持ってないユニット式発電所で、発電機の内部と外部の接地事故を区別する必要のない場合とか、あるいは接地電流を非常に小さく抑えて接地時に高調波による異常電圧の発生や、通信線への誘導障害を防止する場合に行なわれるものである。この方式は接地電流が非常に小さいために、発電機に比率差動継電器(87G)を適用することができず適用継電器は抵抗接地と同じくCV-8-D形接地電圧継電器、タウ値5.5~30Vが用いられる。また地絡事故発生時の処置としても、発電機非常停止など早急な処置をとる必要はなく、単に警報のみを行なうことが多い。

3.1.5 過電流保護 (51)

適用継電器にはCOV-6-D形またはCOV-8-D形過電流継電器が用いられる。これは発電機回路短絡故障時に比率差動継電器など高速度形継電器が動作しなかった場合の後備保護として一般に用いられているが、そのほかにAVR動作不良により過励磁あるいは低励磁となったときの発電機過電流に対する後備保護も兼ねている。

しかしこれらの継電器はいずれも次の理由によって、回路電圧が80V以下に低下したことを条件に動作するようになっている。すなわち、送電線や所内高圧回路に適用している過電流継電器との動作時間協調の点から、発電機回路の過電流継電器動作時限を必ずしも最小時限に整定することはできない。たとえば各所の過電流継電器に動作順位をつけた場合、それぞれの時限間隔は、モータ断器を確実に選択モータ断するために少なくとも3~4c/s程度の時限間隔をおかなければならない。ところが一方、発電機3相短絡時の過渡電流は、短絡直後には過渡インピーダンスによって約300%の短絡電流が流れたとしても、約0.5秒後には約200%以下に低下し、さらに2秒もたてば100%電流以下になってしまう。したがって普通の誘導円板形のCO形過電流継電器ではとうてい適当な時限協調をとることはできない。

COV 形過電流継電器は低電圧にて閉じる接点を CO 形過電流継電器の動作コイルに入れたものである。これを使用すれば、適当な時限協調を得るために、電流整定値をたとえ発電機定格電流以下にしてもさしつかえないわけである。

3. 1. 6 過電圧保護 (59)

適用継電器として SFB-D 形瞬時過電圧継電器が用いられる。この過電圧継電器は AVR 故障時の後備保護として考えられるものであり、発電機最大電圧変動率の約 5% 増しとして 130V 前後に整定される。なお整定値が SFB 形継電器の整定範囲を越える場合は、分圧のために SH 形補助変圧器を用いる。

3. 2 励磁装置保護

発電機の励磁方式には直流回転励磁機、交流回転励磁機（ブラシなし励磁機）、および静止励磁機がある。また励磁装置に最も関係の深い自動電圧調整器（AVR）には、BJ 形接点式 AVR、磁気増幅器形 AVR、サイリスタ式 AVR、およびごく小容量発電機にのみ使用される SR 形多接点式 AVR がある。

以下これらを含めて一般的な励磁回路保護継電器について述べる。

3. 2. 1 界磁喪失継電器 (40)

界磁回路に直流低電流継電器を入れる方式は、発電機 3 相短絡故障時にアマチュアリアクションによる界磁電流減少によって誤動作するおそれがあるので、当社は発電機端子電圧と電機子電流によって界磁喪失時の発電機端子側からみたインピーダンス変化を検出する HLF-D 形界磁喪失継電器を使用している。この継電器は界磁喪失を検出する LF 要素と、界磁喪失の進行によって生ずる低電圧を検出する LV 要素とからなり、両要素が動作したときに発電機回路シタ断器および界磁シタ断器を引きはずし、発電機無負荷無励磁運転とする。

HLF 形継電器に脱調検出要素を付加した HFS-D 形継電器がある。この脱調検出要素は無限大母線の電圧と発電機電圧との位相が 120 度以上ずれたことを検出するものである。無限大母線電圧としては、たとえば主変圧器の高圧側電圧に発電機電流によるラインドロップ補償電圧を加えて近似することができるので、送電線側に変成器を設けている場合に HFS 形継電器を採用できる。

3. 2. 2 発電機界磁地絡保護 (64E)

同期機の界磁回路は励磁機、界磁シタ断器、界磁調整抵抗器、スリップリング、界磁コイルなどからなっているが、これらの回路はいずれもアースに対して絶縁されている。したがってある個所が、1 点接地故障を生じても故障電流は流れず、機器の運転上なら支障はない。しかし 1 点接地故障は続いて 2 点接地故障に発展するおそれがあり、発電機軸受の焼損、励磁機コイルの焼損など重大事故の発生が考えられる。

そこでまず 1 点接地故障が生じたときにこれを検出し、警報を行なうために当社 DGP-D 形界磁接地継電器を適用する。これは図 3. 3 に示したように、負性抵抗器を使用したブリッジ回路からなり、たとえば界磁コイルの midpoint 付近すわちブリッジのバランス点

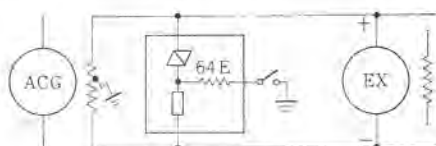


図 3. 3 励磁回路接地
Fig. 3.3 Exciting circuit grounding.

で接地故障が発生しても、励磁機電圧の変動に伴う負性抵抗器の抵抗値変化によってバランス点がくずれ、接地検出継電器が動作するようになっている。この継電器は非常に高感度であり、定格電圧 DC 220V、整定値 0.25mA において界磁回路正側および負側の接地抵抗値 200kΩ 以上の故障を検出することができる。

3. 2. 3 AVR 装置保護

BJ 形および SR 形接点式 AVR では回路の構成上とくにその必要がないので、2 次的な後備保護として発電機過電圧継電器 (59) を有するだけである。磁気増幅器形およびサイリスタ形ではバイアス電源低電圧 (80-90) として D-5-D 形直流電圧継電器を、また AVR 出力過電流継続 (76-90R, 76-90L) として出力回路に入れた分流器に D-5-D 形直流電圧継電器を接続し、これと時限継電器の組み合わせで故障警報を行なう。

3. 2. 4 静止励磁機整流回路保護

静止励磁機の整流器は、一般に複数アーム組を使用して三相全波整流を行なっている。この各組の整流素子電圧降下を利用し、ブリッジ回路を組んで素子の短絡、焼損、断線などの事故を検出できる。検出装置としては素子構成枚数によって、磁器増幅器を利用したもの、あるいは単に微少電圧継電器を利用したものがある。

3. 3 補機関係

発電機補機には潤滑油補給ポンプ、風洞内集じん器、オイルリフトポンプ、ブレーキ用コンプレッサなどがある。これらの保護装置は 2. 3 節水車関係の補機の項で述べたものと同じく、カゴ形誘導電動機の保護が主となるのでここでは省略する。

4. 所内回路保護装置

所内回路は大きくわけて所内高圧電源回路、地方配電線回路、所内低圧電源回路、および直流制御電源回路に区分できる。これらの一例は図 1. 1 および図 4. 1 を参照願いたい。

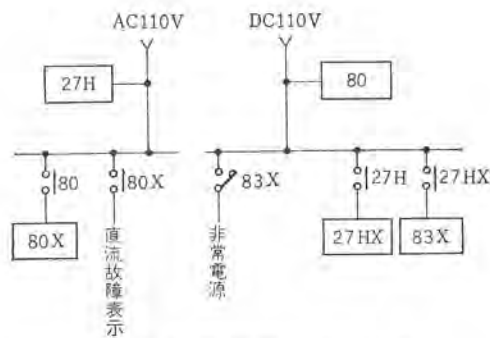


図 4. 1 制御電源切り換え

Fig. 4.1 Control power source change over.

4. 1 所内高圧電源回路

保護対象として所内変圧器保護・高圧回路短絡保護・接地保護がある。所内変圧器保護継電器には衝撃圧力継電器（またはブッフホルツ継電器）・蒸気張力式温度継電器・CAT-D 形変圧器比率差動継電器・CO-8-D 形過電流継電器・BL-D 形過負荷温度継電器などが適用できる。

一般には高圧回路全部を含めて過電流継電器のみを置く場合が多い。高圧回路は発電機回路からの分岐母線、およびその先の 6 kV, 3kV 回路を含んでいる。各分割回路のシタ断器ごとに CO-(8)-D 形過電流継電器が用いられ、全回路に対して CV-8-D 形接地過電圧継電器が設けられる。過電流継電器の動作特性設定は、主発電機回路の過電流継電器との協調を考え、短絡故障に対しては

できるだけ早く動作させるように、末端配電線には瞬時要素付きを使用することもある。

4.2 地方配電線回路

一般には CO-6-D 形瞬時要素付過電流継電器により短絡保護を行なうが、配電線が複数本になると、このほかに CWG-3-D 形選択地絡継電器を用いる。これは非常に高感度で振動により誤動作のおそれがあるので SE-3-D 形接地過電圧継電器と組み合わせて使用すべきである。

負荷側からの要求によっては、RC-2-D 形再閉路継電器を使用することがある。

4.3 所内低圧電源回路

これは電灯変圧器および動力変圧器の低圧側回路をすべて含むもので、交流制御電源もこの一部に含まれる。低圧回路が多岐にわたるときは、これらを一括して DB 形 シュ断器あるいは大電流の NF ブレーカが設けられる。いずれも過電流電磁引きはずし機構を持っているのでとくに過電流継電器を使用する必要はない。

分電回路には NF ブレーカが用いられる。負荷が小さく 50A フレームで定格電流を満足する場合でも、シュ断容量の点で 100A フレームを必要とする場合が多いので注意を要する。

所内交流電源が故障すると、制御表示ランプ回路、屋内電灯、およびシュ断器用コンプレッサなどは蓄電池からの直流電源に切り換えられる。この切り換えのために、CV-7-D 形交流低電圧継電器(27H)が用いられる。

4.4 直流制御電源

水力発電所においては蓄電池を絶対的な制御電源と考えているので、水車の起動停止、事故時の処置、などすべてこの直流電源に信頼性をおいている。したがって2点接地による短絡事故を防ぐために、全回路をアースから浮かしており、一点接地事故を生じたときには警報表示を行なう。

これに使用する DGE-D 形直流回路接地継電器(64D)は非常に高感度であり、3~10k Ω の接地故障を検出できる。また直流低電圧故障(80)には SVB-E 形直流低電圧継電器が使用され、これが動作時には直流故障表示継電器回路を所内交流電源回路に自動的に切り換える。

なお直流電源電圧は、一般に DC100V が採用されている。

5. 主変圧器保護

変圧器保護継電器には SP 形衝撃圧力継電器・ブッフホルツ継電器・変圧器油温度継電器・CAT-D 形または HUB-2-D 形変圧器比率差動継電器・CV-8-D 形接地過電圧継電器・CO-8-D 形過電流継電器などがある。

SP 形およびブッフホルツ形継電器は変圧器内部短絡時のアークによって生ずるガス膨張を利用したもので、大容量変圧器では一般に SP 形がよく使用される。なおブッフホルツ継電器は二段動作になっており、一段目で警報、二段目でシュ断器自動引きはずしを行なう。

主変圧器油温度継電器は、2.1 節でも述べた蒸気張力式温度計に内蔵した接点を利用したものである。このほか、サーコイルをそうし、これを記録温度計に入れ、この警報接点を使用して警報表示を行なう場合もある。

主変圧器回路の相間短絡故障検出(87T)には一般に HUB-2-D 形高速度比率差動継電器が使用される。これはとくにシュ断器投入時の励磁ラッシュ電流および外部事故発生時の第2高調波によ

る誤動作防止にすぐれている。なお小容量変圧器、あるいは所内変圧器には、経済的な誘導円板形の CAT-D 形比率差動継電器が採用される。

主変圧器高圧側が非接地の場合は、変成器中性点を接地し、三次巻線に CV-8-D 形接地過電圧継電器(64T)を設ける。

主変圧器高圧側が直接接地されておれば、CO-8-D 形過電流継電器(51N)を接地回路にそう入することができる。

87T の後備保護として CO-8-D 形過電流継電器(51T)を主変圧器の高圧側に設ける。この動作値整定は、87T および発電機過電流継電器(51)あるいは所内高圧過電流継電器、などとの時限協調を考慮のうえ、定めなければならない。

6. 母線および送電線保護

水力発電所の母線基本形は単母線が多く、ごく大容量でマスター

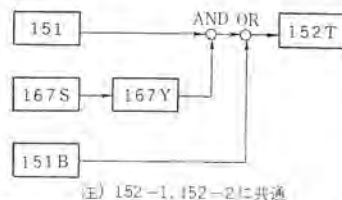
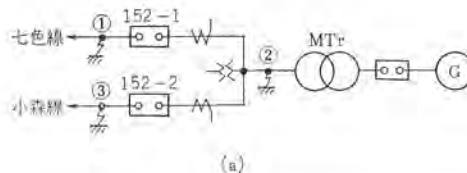
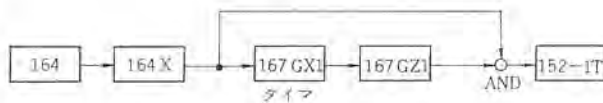


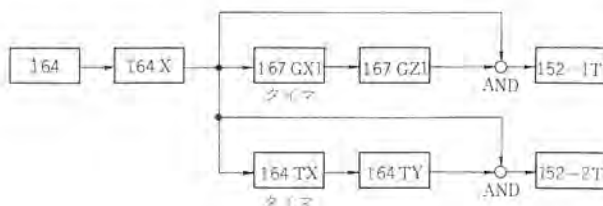
図 6.1 送電線短絡時のトリップオーダー
Fig. 6.1 Trip order of transmission line short circuit period.



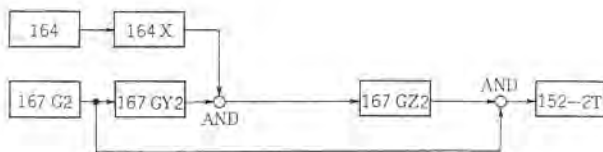
(a)



(b) ①点地絡の場合



(c) ②点地絡の場合



(d) ③点地絡の場合

図 6.2 送電線地絡故障時のトリップオーダー
Fig. 6.2 Trip order during transmission line grounding fault period.

ステーション的位置にあるところに母線分離シ断器を有した複母線を採用している。単母線の場合は、母線と発電機回路、あるいは母線と送電端回路との区別ははっきりせず、特別な母線保護継電器は置いていない。ただし地下発電所で地上に主要変圧器が置かれているような場合には、シハイ母線方式を採用することがあるし、送電端の端子数が多い場合には空心変流器による差動方式を採用することがある。

送電線保護方式は客先の系統運営上から独特の方式が採用されることがあるが、一般には方向性を持たした簡単な距離継電器を採用する場合が多い。

母線および送電線保護の一般的な詳しい説明については前回の特集号で述べられているので、以下に図 1. 1 に示した電源開発 KK 七色発電所の送電線継電方式について簡単にしるしておく。

図 1. 1 および図 1. 2 に示すように、二つの送電線には COR-M 形電圧抑制付過電流継電器 (151-1,2) と KRA-M 形電力方向継電器 (167S1,2) により送電端までの遠方短絡故障を検出し、KV-

M 形電圧継電器 (164) と DGB-M 形方向地絡継電器 (167G1,2) により送電線地絡保護を行なっている。また送電線至近端短絡のために CO-8-M 形過電流継電器 (151B 1,2) を設けている。過電流のトリップオーダーを図 6. 1 に示す。また図 6. 2 では接地点が 1,2,3 の場合のトリップオーダーを示している。

7. む す び

本文において一般的な水力発電所の保護継電器について述べたが、発電所および系統の大容量化に伴って、とくに母線、送電線の継電方式についてはさらに高級なものが採用されていくであろう。

また発電所内の機器保護に関しては、各機器の信頼性の向上から継電方式としては経済性を考慮してさらに改良が加えられつつある。本文では一段階として標準的な継電器適用について概説したもので、関係ある方々に多少の参考ともなれば幸いである。

事業用火力発電所保護方式

齋 藤 功*

Protective Relaying of Public Utilities' Thermal Power Plants

Kōbe Works Isao SAITŌ

Public utilities' thermal power plants are increasing year after year and assume the most vital element of electric power systems. From the viewpoint of steady power supply high grade of protective relaying is absolutely necessary. In addition to protective relaying, mechanical protective devices to operate hydraulically or pneumatically, automatic adjusting equipment to prevent faults and their limiting apparatus are also needed. However, mention is made herein particularly on a variety of relay schemes to protect generators and transformers in reference to the kind of faults, so as to contribute to the helpful design of power stations in future.

1. ま え が き

最近の事業用火力発電所は顧客の要求と製造技術の進歩とがあいまって、高効率大容量のプラントが続々と建設され、電力系統運営の重要な要素となってきた。したがって電力供給の信頼度を向上させるためにも絶対に誤動作することなく、しかも発電所の故障に対しては適確に故障の性格と範囲を検知して、すみやかな処置を指令する保護装置が必要である。

保護装置としては制御用の油や空気によって監視する機械的な

装置や、故障を予防するための自動調節器とその制限装置など多種多様であるが、今回は発電機や変圧器などの電気機器をおもに保護している継電装置について記す。

継電器による保護方式は今までのたびかさなる改善の結果、急速に安定してきた感があり、今後は継電器のトランジスタ化による小形化と、継電器によって検知したあとの制御を含めた処置のしかたに力が注がれるように思う。

図 1. 1 は事業所火力発電所の母線構成であるが、以下の各項により順次各部の保護方式と使用される継電器について説明する。

2. 発電機関係保護方式

2. 1 保護回路の概略単線接続

事業用火力発電所は、主変圧器および所内変圧器が発電機と高圧離相母線によって直結されるユニットシステムになっている。したがって保護の面でも、これらは一体のものとして考えられているが、今回は説明のつごう上発電機と変圧器の保護方式を別個に記述する。

発電機回りのユニットシステムは、以前はタンデムコンパウンドユニット

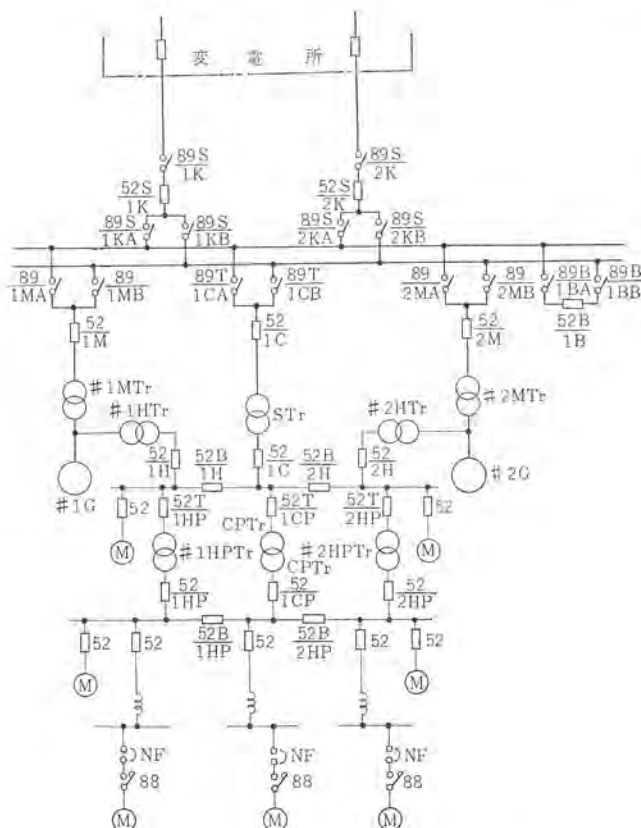


図 1. 1 事業用火力発電所の母線構成
Fig. 1. 1 Typical bus system of A Public Utility thermal Power station.

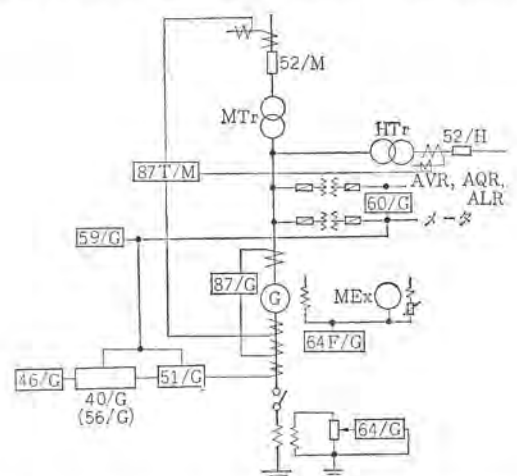


図 2. 1 タンデムコンパウンドユニットの場合の発電機保護継電方式
Fig. 2. 1 Protective relay system of generator in tandem-compound unit.

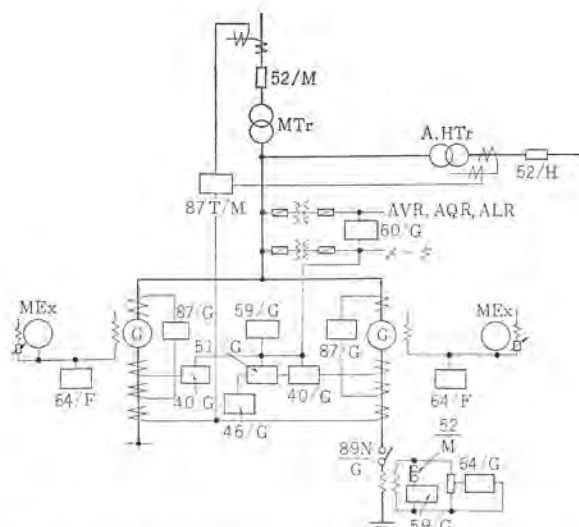


図 2.2 クロスコンパウンドユニットの場合の発電機の保護継電方式
Fig. 2.2 Protective relay system of generator in cross-compound unit.

が広く採用されて大多数を占めてきたが、ここ数年来ユニットの大形化につれてクロスコンパウンドユニットが相当に普及してきた。図 2.1 と図 2.2 とはタンデムコンパウンドユニットの場合と、クロスコンパウンドユニットの場合の保護継電器を主体とした概略の単線接続を記したものである。

両図からもわかるように両者の保護方式は、本質的には変わりがなく下記のような保護をおこなっている。

- 発電機電機子巻線短絡保護 (87/G)
- 発電機界磁喪失保護 (40/G)
- 発電機界磁地絡保護 (64/F)
- 電機子巻線地絡保護 (64/G)
- ユニット短絡保護 (87T/M)
- 三相不平衡保護 (逆相保護) (46/G)
- 後端過電流保護 (51/G)
- その他

ただし適用する継電器の数は、クロスコンパウンドユニットの場合、発電機が 2 台で 1 ユニットになっているため異なっている。

なお各保護継電器が動作した場合に関係シヤ断器の処置を示すトリップオーダーの 1 例を 6 章にまとめて記す。

2.2 発電機電機子巻線短絡保護

保護方式としては従来から比率差動方式が採用され、当社の適用継電器には、三相用の HAG-2-D 形 (高速形) と单相用の CAG-D 形 (誘導円板形) とがある。短絡故障が発生した場合にはシステムの安定度のため、また被害を極力最少に抑えるために、事業用火力発電所では高速形を使用している。

比率差動継電器は、内部故障では高速に動作する必要があるが外部の短絡故障で、大きな故障電流が流れたとき、変流器の誤差による差電流によって誤動作しないように、検出感度を決定する必要がある。HAG-2 形は動作比率タツ 5-10-20% を有しているが、10% タツを使用することを推奨する。

2.3 発電機界磁喪失保護

界磁が異常に低下または喪失した場合には、発電機は正常周波数よりいくぶん早めのスリップで回転する誘導発電機となるために、回転子表面に大きなウズ電流が流れて過熱する。また極端な進相運転となり、さらに同期化力を失って脱調するにいたる。こ

のとき系統の電圧を非常に低下させて系統を混乱させるおそれがあるので、できるだけ早く異常を検出し、適当な処置をとることが必要である。

検出は界磁電流を直接に監視することが考えられるが、界磁電流は発電機の運転状態によって大きく変化し、また発電機の電機子回路での短絡故障のときに、界磁回路にも大きな誘導電流が流れるために、安定した動作を行なう継電器を作ることは非常に困難である。当社の HLF-D 形界磁喪失保護継電器は、発電機端子電圧と電機子電流とにより、故障時のインピーダンスの変化と端子電圧の低下の両方を検出して目的を果している。

なお一般には発電機単独の脱調保護はおこなわないが、系統条件によっては HFS-2-D 形脱調および界磁喪失継電器が用いられる。HFS-2 形継電器は HLF 形界磁喪失継電器に脱調検出要素を付加したもので、脱調時の電氣的中心は発電機の端子付近にあることが多いので、脱調要素には普通主変圧器の高圧側から電圧を供給するようにしている。

2.4 発電機界磁地絡保護

発電機の界磁回路で 2 箇所の異なった部分が地絡すると過電流によって大きな損傷を受け、また一部の界磁巻線の短絡であれば回転子に磁氣的不平衡や振動を発生し、さらに大きな事故に発展する可能性が大きい。このような 2 点地絡を検出する適当な方法がないので、これを未然に防止することがたいせつである。そのため当社は DGF-D 形継電器を用いて、界磁回路のどこか 1 箇所地絡が発生したときに、検出して保護するようにしている。

継電器の整定目盛は、内蔵の高感度直流電流継電器の動作電流値で、 $-0.75 \sim 0 \sim +0.75 \text{ mA}$ と目盛られており、推奨整定値は励磁機定格電圧印加時に界磁回路の正負端において、接地抵抗が $400 \sim 600 \text{ k}\Omega$ 以下になったときに動作するように考えている。

したがって推奨整定値は励磁機の定格電圧によって異なり、事業用火力発電所で多く使用されている DC 375V または DC 330V の場合は、 -0.375 mA 、 $+0.375 \text{ mA}$ である。定格電圧と推奨値の関係は、40 巻 4 号 リレー特集同期機保護の論文中の表 5.1 を参照願いたい。

2.5 電機子巻線地絡保護

発電機の中性点接地方式は、ユニットの大容量化によって、系統へのジョウ乱を避ける必要から瞬時保護ができなくなり、またユニットシステム化によって、発電機の電機子巻線での地絡と、他の箇所での地絡とを区別する必要がなくなったために、配電用変圧器接地が採用されることが多い。

瞬時保護ができないので、接地故障電流を制限する必要があるが、健全相の異常な電位上昇を抑制するために、ユニットの全充電電流と等しい有効電流を流すように、接地変圧器の二次側に抵抗器を設け、地絡故障時に抵抗器に現われる接地電圧を、CV-8-D 形地絡過電圧継電器によって検出している。

検出後の処置としては、継電器動作により警報を発し、動作後 5 分または 10 分の後に、関係シヤ断器をトリップする方式を推奨している。使用される CV-8 形継電器は、定格 110V 5.5~30V タツ付きのもので、完全地絡時に Vo は 110V の場合が多く、110V の入力電圧に対して 5.5V タツ (5% 検出) で 5 分間、8V タツ (7.3% 検出) で 10 分間継電器は耐える。したがって継電器動作後 10 分でトリップする場合は、タツを 8V 以上に整定する必要がある。

なお主変圧器高圧側が、直接接地でない場合に高圧側で地絡故

障が発生すれば、主変圧器の高圧側と低圧側間の静電容量結合により高圧側の中性点接地電位が発電機中性点へ移行することは以前から知られているが、発電機の中性点接地方式に高抵抗接地、または並列抵抗付き変圧器接地を採用することによって、発電機中性点への移行電圧は小さなものとなる。また主変圧器の高圧側の地絡故障に対しては、種々の保護リレーが設置されてCV-8形継電器とは十分に時限協調がとられることが普通であるため、高圧側の接地電圧により、抑制をかける方式はやめている。ただし送電線の高圧化に伴い、移行電圧が大きくなり時限協調が困難になるような場合には、高圧側に瞬時動作の地絡過電圧継電器を設けてトリップ回路とインタロックをする必要がある。

2.6 ユニット短絡保護

保護には比率差動継電器が使用され、保護範囲は発電機、主変圧器の高圧側、所内変圧器の低圧側（場合によっては高圧側となることもある。）を含み、火力発電所で3者を合わせてユニットと考えていることを最も端的に示している。

ユニット内において2線地絡、2線短絡、3線短絡などの重故障が発生した場合には、すみやかに検出して故障増大を防ぐために、当社では高速比率差動継電器 HUB-2-D 形が使用されている。

HUB-2-D 形についてはあとの変圧器の保護の項で記述する。

2.7 三相不平衡保護（逆相保護）

発電機が接続されている系統に、2線短絡、2線地絡あるいは1線地絡などが発生すると、不平衡故障電流中に含まれる逆相電流によって回転子表面に大きなウズ電流が発生し、部分的に急激に加熱し大事故のもとになりかねない。

当社は、誘導形の強反限時特性を有する COQ-D 形継電器によって、これらの故障に対して発電機を保護している。

発電機の逆相電流に対する許容限界は次式で表わされる。

$$I_2^2 \cdot t = K$$

$$I_2: \text{各瞬時の等価逆相電流 (単位法)} \quad \left(I_2 = \sqrt{\frac{\int_0^t i_2^2 dt}{t}} \right)$$

t : 時間 (sec)

K : 逆相電流の許容限界を示す定数

K の値は ASA で 30 と規定され、われわれもめやすと考えてきたが、この値は回転子が普通冷却の場合であって、最近の大容量内部冷却発電機に対しては非常にきびしい値となっている。すなわち内部冷却発電機は、普通冷却発電機の場合とほとんど同一外形で、約2倍の出力をとり出すことができ、また発電機のリアクタンスも同程度大きくなっているため、 I_2 を単位法で表現すると変わりわがらない。しかし電流値にすると明らかに2倍になっており I_2^2 より考えれば4倍となるため、 K の値を普通冷却機と同じにすると同一外形で、回転子表面は4倍の熱容量を持たねばならぬことになり非常に困難である。したがってを K 内部冷却機の場合は、10にすることを推奨する。

当保護継電器は系統で不平衡電流の流れる故障が発生し、万一各保護継電器が不動作の場合に、その値が継電器に危害をおよぼすような値であれば後備保護として動作する。その場合、故障点の主保護継電器とはむしろ、その後備保護継電器とも時限協調をとるようにしなければならないが、内部冷却発電機で K の値が 10 であっても十分協調はとりえる。

2.8 後備過電流保護

発電機、主変圧器などのユニット回路、ならびに主変圧器高圧側母線の後備保護を主目的として、当継電器は設置される。発電

機の同期インピーダンスは 100% より大きく、最近大容量になるにつれてさらに大きくなってきたので、自動電圧調整器を使用していない場合、および軽負荷運転中に短絡故障がおきたときには、普通の過電流継電器では、発電機からの電流では動作せず、上記目的にすることができない。

したがって当社は不足電圧起動付き過電流継電器を開発した。このための COV 形継電器としては時限特性によりいろいろあるが、普通は反限時定限時特性の COV-6 形と反限時特性の COV-8 形が使用される。COV-6 形は送電線後備保護継電器と協調の必要がある場合に使用すると便利である。

なお継電器の整定にあたっては、不足電圧要素は発電機の進相運転時、および所内の大容量電動機の起動時の電圧降下が 20% 以下であることから普通 80 V に整定している。

発電機の後備保護用継電器には、故障時のインピーダンスの変化を検出する距離継電器を用いることもある。

2.9 その他の保護継電器

以上は標準的に使用されている保護継電器についてのべたが、このほかに下記の保護がおこなわれることがある。

(a) 過電圧保護

大きな系統では、電圧が異常に上昇することは考えられないが、一時的に系統が分離されているような場合には起こりうるので、当社は CV-5-D 形過電圧継電器で検出し、警報表示をおこなっている。継電器の整定は、ガバナテストなどの負荷シャ断の折に誤動作しないように気をつけ、タッチを 130 V に整定することを推奨している。

(b) 電動機化保護

ターピンは蒸気流量が少ない状態で運転されると、摩擦によって翼端が加熱するので保護が必要である。保護リレーには正常時の負荷に連続して耐え、微少な逆電力で動作する電力方向継電器 CW-13-D が使用されている。

(c) PT ヒューズ断線保護

機器の直接的な保護継電器ではないが、自動電圧調整器、自動無効電力調整器、自動負荷調整器、電圧抑制付き過電流継電器および界磁喪失継電器などは、PT のヒューズが断線したような場合に誤動作する可能性があるために、断線監視用の保護継電器が必要になる。当社は2組の PT 二次電圧の不平衡により、高速度で動作する LVB-D 形を使用している。

正常運転時の PT 二次電圧の差は最大 5 V 以下なので、10 V の差電圧検出を目標に、 $K=1.0$ $V_0=10\%$ に整定することを推奨している。

2.10 低周波域における発電機保護

クロスコンパウンドユニットの発電機は、ターニングギヤによる低回転数状態で、励磁を加えて両機の同期をとり、その後高圧部に蒸気を流して、一方を発電機、片方を同期電動機として起動していくために、低周波域で長い時間運転されることになる。

この起動時の発電機保護を考えると、たいていの保護継電器は若干動作しがたくなるだけなので、そのまま使用できるが、次の継電器はとくに考慮する必要がある。

発電機地絡保護用 CV-8-D 形継電器は、高調波で誤動作せず、基本周波数でのみ動作するように作られている。したがって低周波数域では動作しないので、図 2.2 に示すように低周波数でも高感度で動作する地絡電圧継電器（当社製品では SV-E 形）を、発電機が併列運転にはいるまで後備保護として使用する。

発電機界磁喪失保護用 HLF-D 形継電器は、低周波数域では発電機のインピーダンスがほとんど抵抗分であり、また起動中の 2 台の発電機は、1 台は発電機として、1 台は同期電動機として電力の受授をおこなっているため、誤動作する可能性がある。起動中は運転員の監視もよくいきわたっており、また系統とも無関係にあるので使用しない。

また三相不平衡保護用 COQ-D 形継電器の逆相ロ波器は、低周波数域ではコイルが抵抗分のみとなるために正常動作せず、逆相保護としては信頼できないが、正相電流に対しては動作しやすくなっているために、三相や相間の重故障に対しては有効である。

3. 変圧器関係保護方式

3.1 保護回路の概略単線接続図

図 3.1 は主変圧器、所内変圧器および起動変圧器回りの保護継電器を主体とした概略の単線接続を示す。変圧器の保護としては一般に、

- 変圧器巻線および層間短絡保護 (87)
- 変圧器巻線地絡保護 (64)
- 変圧器の過負荷ならびに後備保護 (51)
- その他 (衝撃圧力継電器、油面継電器など)

がおこなわれている。

以下個々の保護について記述する。

3.2 変圧器巻線および層間短絡保護

保護方式としては比率差動方式が用いられ、保護対象は変圧器の内部故障に留まらず、比率差動用変流器が設置されている間の機器、および離相母線をも含んでいる。比率差動継電器には HUB-2-D 形と CAT-D 形とがある。

主変圧器、所内変圧器ならびに起動変圧器の保護には、高速形で第 2 高調波抑制回路を有し、負荷投入時の励磁電流に対してすぐれている HUB-2-D 形が使用され、CAT-D 形は所内の動力変圧器の保護に使用される。

HUB-2-D 形の整定にあたっては、継電器のタツウ電流値付近の動作電流は、抑制電流の約 30% であることから安全率を 50% みこみ、変流比ならびに変圧器のタツウ切り換えによる mismatch を 15% 以内になるよう考慮している。なお保護外部での短絡故

障に対しては、抑制電流 1,000% 付近で動作電流 600% になるような比率差動特性になっているので、変圧器の高圧側と低圧側との変流器が、ブッシング形と巻線形のように形式が異なり、両者の出力電流が若干異なって、上記 mismatch 率が上積みされた場合でも、誤動作することのないようにしている。

3.3 変圧器巻線地絡保護

図 3.1 は主変圧器および起動変圧器の高圧側中性点が非接地で、変電所にある接地が高抵抗接地または消弧線輪と並列接地抵抗 (PC 系) の場合の保護例である。継電器は 67GT として DGB-D 形が使用されるが、この継電器は非常に高感度で、動作特性は V_0 によってほぼ決まり、7.5~10 V と一定であるために、ほかの継電器および PC 系の動作時間と時限協調をとることが困難なため、接地過電圧継電器 64T と併用される。

64T としては一般に CV-8-D 形が用いられる。

主変圧器ならびに起動変圧器の高圧側が高抵抗接地である場合には、CO-8-D 形過電流継電器によって、保護されるか、または CWP-2-D 形方向地絡継電器による差動保護が行なわれる。

3.4 変圧器の過負荷ならびに後備保護

主変圧器の保護は、発電機の過負荷保護継電器がおこなっているのと多少異なる。保護対象は、持続的な過負荷によって加熱されて絶縁物の絶縁耐圧が劣下することと、内部およびブッシング故障の後備保護をおこなうことにある。前者に対しては変圧器の低圧側にある高圧所内母線の母線保護過電流継電器が、後者に対しては変圧器の比率差動継電器が一次保護継電器であり、高圧側に設けられた過電流継電器は後備保護をおこなっている。したがって一次保護継電器と後備保護継電器の間には時限協調をとる必要があり、そのために CO-8 I-D 形瞬時動作付き過電流継電器を使用し、時限協調を容易にするようにしている。

過電流継電器の時限協調についてはあとに記す。

3.5 その他の保護

以上は電気的な継電器による保護を記してきたが、変圧器には衝撃圧力継電器やブッフホルツ継電器のように内部故障をみつけるもの、サーコイル、ダイヤル温度計などの温度継電器によって過負荷をみつけるもの、および油面継電器によって絶縁油を監視するものなどがあり、あわせて用いられている。

これらの継電要素のうち、衝撃圧力継電器が動作した場合は、シタ断器をトリップする場合が多い。

4. 所内回路関係保護方式

4.1 保護回路の概略単線接続図

図 4.1 は事業用火力発電所の所内回路の概略単線接続で、保護継電器を主体としたものである。所内回路は所内変圧器の二次側につらなるユニット用と、起動変圧器の二次側につらなる共通用とがあり、その構成は同じであるため、共通側はさらに簡略化して書いた。

所内回路は母線の電圧によって DH 形磁気シタ断器を使用する 6.6 kV また 3.3 kV 回路、DB 形空気シタ断器を使用する 440 V 回路、NF 形シタ断器と EM 形電磁接触器を使用する、440 V または 220 V 回路とに、大きく三つにわかれている。

保護形式は回路電圧の別によって大きく異なるが、保護の対象により母線、電動機および変圧器にわけて説明する。

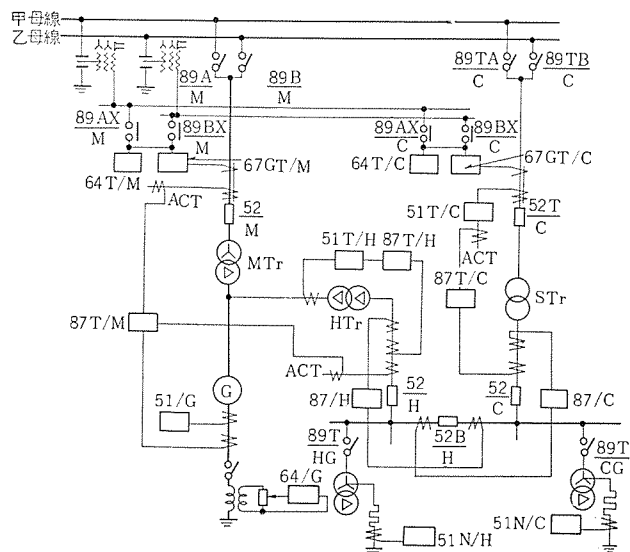


図 3.1 変圧器の保護継電方式
Fig. 3.1 Protective relay system of transformers.

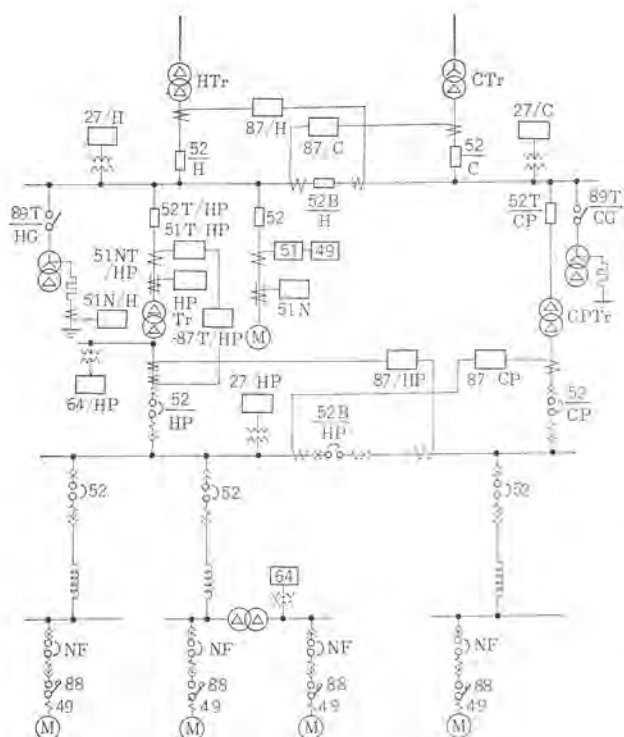


図 4.1 所内回路の保護継電方式
Fig. 4.1 Protective relay system of station service circuits.

4.2 所内母線の保護

母線は動力供給源である変圧器と、負荷である電動機を接続している部分で、送電線の出口である開閉所の母線とは保護のうえですべて異なる。すなわち、ここでの保護装置は、母線を保護すると同時に、すべてフィードの後備保護をかねているので、フィードの保護方式の影響を強く受ける。地絡保護の場合はとくに著しいので、次の電動機の項で説明することにし、ここでは短絡保護についてのみ記す。

母線の短絡保護には、CO-8-D 形過電流継電器を使用して差動電流継電器方式にしている。この方式を用いれば故障が保護範囲の内か外か容易に判別ができ、また継電器もユニット側と共通側の 2 組でよいので、あとに記す時限協調のうえでも容易になる。ただし差動方式とはいえ、常時のグラント運転では母線連絡のシャ断器は開路しており、2 組の継電器は、それぞれの母線の過負荷および短絡保護をおこなっている。継電器の整定にあたっては、過電流継電器として考えればよい。

4.3 電動機の保護

火力発電所には、ボイラ・タービンおよび発電機の補機として非常に多くの誘導電動機が使用されている。

誘導電動機は、回路電圧・外被の形式および極数などの相異によって非常に種類が多く、すべての電動機に適切な保護を与えることは非常に困難であるが、外部ケーブルをも含めて次の保護が考えられる。

- 過負荷保護 (拘束保護を含む)
- 短絡保護
- 地絡保護
- 不足電圧保護
- 欠相逆相および三相不平衡保護
- 軸受温度、軸受油面および油圧の監視

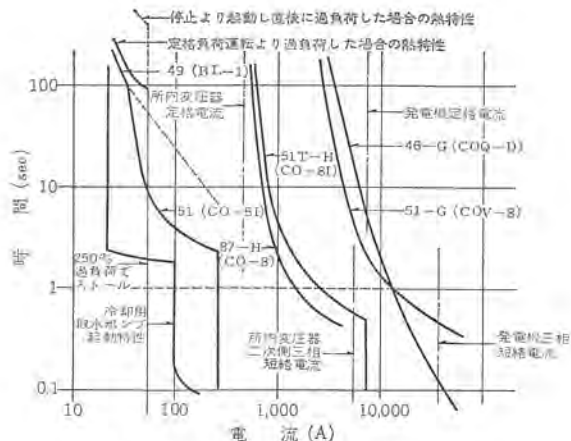


図 4.2 過電流継電器の時限協調
Fig. 4.2 Time coordination of over current relays.

g. 電動機停止中の絶縁低下保護

以下これらの保護について順次に記す。

a. 過負荷保護

b. 短絡保護

両者の間には深い関係があるのでまとめて記す。これらの保護には、6.6 kV または 3.3 kV の高圧大容量電動機の保護用として BL-1-D 形温度継電器と CO-5 I-D 形誘導過電流継電器とが、440V 回路中容量電動機に対しては、DB 形シャ断器に内蔵の直列引きはずし装置の長限時要素と瞬時要素との組み合わせが、また 440 V および 220 V の小容量電動機に対しては、電磁接触器取付きの熱動形過電流継電器とノーヒューズ形シャ断器とが組合わせて用いられている。それぞれの組合わせにおいて、前者はおもに電動機の過負荷を、後者は電動機および動力ケーブルの故障を、おもな保護範囲としている。

これらの保護継電器は、電動機の起動ならびに正常な運転状態 (起動特性) では決して動作することなく、また許容過負荷耐量 (熱特性) 以内に動作するように整定される必要がある。6.6 kV または 3.3 kV 回路の BL-1-D 形温度継電器と、CO-5I-D 形過電流継電器を例にして検討してみる。

(a) BL-1-D 形温度継電器

この継電器は軽負荷から、1,000% の過電流状態まで電動機の平均的な過負荷許容時間特性と、相似の電流対動作時間特性を有し、始動値も変流器の二次側電流で、2.5 ~ 5 A まで連続的に整定が可能で、0.25 A ごとに目盛っており、整定が細かくできる。

動作した場合は常過負荷を警報し、トリップをしないので、保護範囲は 100% (定格負荷電流) 以上としている。これは始動値がタツで変わる CO 形継電器などでは、できないことである。

図 4.2 に実際の電動機を例に、BL 形継電器と CO 形継電器の整定例を記した。起動停止が短時間内に繰り返されるような場合は、電流は 500% 前後流れるので CO 形継電器の動作範囲であるが、電流が短時間内に減衰するので継電器は動作しない。しかし電動機は大きな起動電流による蓄積熱により、固定子コイル、回転子バー、エンドリングなどは温度上昇による絶縁物の急激な劣化や、膨張によっておこる曲げ応力による破損などがおこるために無保護とすることはできない。BL-1-D 形温度継電器は、電流値と継続時間の積分値で動作するので、単なる過負荷のみでなく、このような場合をも保護している。

(b) CO-5 I-D 形過電流継電器

この継電器は瞬時動作付き長限時特性の過電流継電器で、電動

機保護用として起動電流では動作せず、故障電流に対してはすみやかに動作するように整定ができる。動作した場合には、シャ断器をトリップし、電動機を停止させるので整定は注意深くしなければならない。

整定要素は、始動電流を定めるタツプ、長限時範囲の時限を定めるダイヤル、および長限時から瞬時動作に移るIITの三つがある。IITは調整ネジにより連続的に調整可能である。

整定にあたっては、起動特性によって整定し、熱特性によってチェックするようにしている。タツプは定格電流の110%から150%くらいに選ぶ。電動機の用途により可能なかぎり運転を継続したい補機は、タツプ値を大きくして、前記BL形継電器による保護範囲を広げるようにしている。一方110%以下に選ぶことは、電源電圧が10%前後降下した場合に、ミストリップすることになるので避けなければならない。ダイヤルは起動電流と、その継続時間で動作しないように選んでいる。IITは起動時に誤動作せずに電動機およびケーブルでの短絡故障では確実に動作するようにする。この場合、起動電流は対称な拘束電流を考えることが多いが、起動時には、停止したときの状態により過渡的に非対称電流が流れるので注意を要する。非対称電流は拘束電流の約1.5倍で、継続時間は3~5サイクル程度である。

以上起動特性から整定した値を、一応熱性によりチェックしてみる。ただし、過電流継電器はJEM-1001に合致したものであり、さらに電動機が接続されている母線の過電流継電器と時限協調をとる必要があるために、実際には熱特性よりも十分余裕のあるところに整定せざるをえない場合が多く、熱特性との比較はあまり問題にはならない。

(c) 地絡保護

所内回路の地絡保護は、フィーダを含めた母線の地絡を一括して検出するのか、フィーダの選択検出をもおこなうか、さらにフィーダの選択検出をおこなったうえで、警報表示のみにとどまるか、シャ断器のトリップまでおこなうかによって大きくわかれる。

440 Vおよび220 V母線のフィーダに対しては、フィーダの数が非常に多いことより、1線地絡では母線の地絡として一括警報表示とし、2線地絡、3線地絡では前記の過電流保護継電器により検出してトリップする方式を用いている。したがって警報が出てから、適切な処置がとられるまで長時間を要するので、その間に損傷が大きくなるのを防ぐために、非接地系が採用され、母線に接地変圧器を設けて、CV-8-D形地絡過電圧継電器を使用している。6.6 kVまたは3.3 kVの高圧所内回路のフィーダは、プラントにとって、最も重要な電動機が多く、接地フィーダを選択検出している。選択検出する方式としては非接地系としてCWG-地とし2-D形選択接地継電器を使用し、警報を表示する方法、高抵抗接して1線地絡時に、母線に異常電圧が発生するのを防ぐために、充電電流を上回る10 A前後の接地電流を流して、CWP-2-D形方向地絡継電器を使用して警報を表示する方法など、予備機をあまり設けずにプラントの継続運転を主体として考える場合と、100 Aないし500 Aの高抵抗接地として、CO-8-D形過電流継電器で検出し、シャ断器をトリップする場合とがある。後者の考えは、運転の面では高圧所内フィーダは重要なので、必ず2台以上を有しており、1線地絡で故障フィーダを除去しても、プラントを全停にすることはなく、除去を選らせることによりかえって重故障にいたって、著しい損傷を機器に与えてはならないとの立場に立っている。最近、米国のコンサルタントが計画しているプラントでは、确实

に検出してすみやかに除去するとの考えから、1,500 A接地のものがある。

(d) 不足電圧保護

所内回路の不足電圧保護は、回路電圧によって違っている。すなわち6.6 kVまたは3.3 kV回路では、CV-2-D形またはCV-7-D形により検出し、故障を警報表示するとともにフィーダを選択してトリップする。440 VでDB形気中シャ断器を使用している回路では、上記と同じ低電圧継電器により警報表示のみを行なっている。440 Vまたは220 Vで開閉器にEM形電磁接触器を使用する場合は、母線電圧が65%以下に低下すると開路し、電圧が85%以上に回復すると閉路可能であるが、閉路条件を残しておくかおかないかは、電動機の用途により顧客との打ち合わせのうえ、個々のシケンスで決定している。

従来、低電圧継電器の設置目的はあまり明確でなく、母線電圧が降下したときに、過電流継電器が動作してトリップするのを後備保護するか、または所内全停後電源が回復したときに全部の補機が同時にスタートして、大きなラッシュ電流が流れて事故を起こすことを防止するかを考えてきたので、大半は警報表示のみで低電圧継電器はR-S相間に1個設けられていた。しかるに電圧降下により回転が低下して、ファン、ポンプ、ミル類のトルクが低下し、発電所のプロセスに影響を与え、トルクの低下が機械的に検出されて処置されればよいが、直接の検出点がない場合には、低電圧継電器によって、プロセスが危険な状態にいたる前に処置をする必要がある。この場合、始動値は進相運転などの電圧降下で誤動作せず、スートルを起こす前に検出するとの考えから、電動機の最大トルクは、一般に定格トルクの2倍以上に設計されているので、75%付近に選ぶ。

低電圧継電器は上記のように警報表示のみでなく、電動機トリップやほかとのインターロックに使用される場合には、ヒューズの断線によって誤動作することのないように、2ないし3個設置し、接点を直列に接続して使用している。

(e) 欠相逆相および三相不平衡保護

これらの保護は下記の理由により、実際にはなされていない。欠相保護……欠相の起こっている電動機を起動した場合には、大きな起動電流が長時間続くので、過電流継電器で保護できる。また各種の開閉器は三相用が使用されているために、運転中に単相のみ開路になることはない。

逆相保護……逆相の原因は建設および変更工事のときの誤配線が大半であるが、これは工事中の注意およびテストで十分見つけることができる。

三相不平衡保護……事業用火力発電所に使用される機器は大多数三相用であるため、母線電圧に三相不平衡が長時間発生するようないことは考えられない。

(f) 軸受温度、軸受油面および油圧の監視

軸受温度は警報接点付ダイヤル温度計で、軸受油面および油圧の監視はレベルスイッチや圧力スイッチで行ない、電動機の用途により警報表示または開閉器のトリップをおこなっている。

(g) 電動機停止中の絶縁物劣下保護

湿度の高いそして温度変化の激しい場所に設置される電動機は、停止すると水分が凝縮して絶縁抵抗をさげて事故発生の原因となる。したがって6.6 kVまたは3.3 kVの高圧大容量の電動機には、スペースヒータを取りつけて停止時に水分が凝縮するのを防止している。

4.4 所内動力変圧器の保護

6.6 kV または 3.3 kV 回路と 440 V 回路との間には、混触防止板付きの乾式変圧器があり、動力変圧器とよばれている。保護は3章で記述したのと同じく、内部短絡保護、地絡保護、過負荷ならびに後備保護をおこなっている。

(a) 内部短絡保護

保護方式としては比率差動方式が用いられ、CAT-D 形比率差動継電器が使用されている。CAT-D 形継電器は最小動作電流が 2 A と高く、また動作比率も 50% と高く、高圧側と低圧側の電流の換算比と、継電器のタップとのミスマッチ、変流器の特性の相互誤差および変圧器の電圧調整タップ (10% 程度) の切り換えなどで誤動作しないようにしている。なお励磁突入電流による誤動作防止は、誘導円板の動作時間によっておこなっている。

(b) 地絡保護

地絡保護は前記電動機の場合と同じで、高圧側での地絡の場合は選択検出によりシャ断器をトリップし、低圧側の場合は母線と一括して警報表示としている。

(c) 過負荷ならびに後備保護

所内変圧器および起動変圧器の場合と同じなので省略する。

5. 母線および送電線関係保護方式

母線および送電線は大容量の事業用火力発電所と、大規模な電力系統との接続点であり、ここに事故が発生した場合には広域にわたる電力系統の運転をおびやかす、これにつらなる機器に重大な損傷を与えるので被害は非常に大きくなる。したがって保護装置には高速高信頼度の非常に高度な継電装置が要求される。

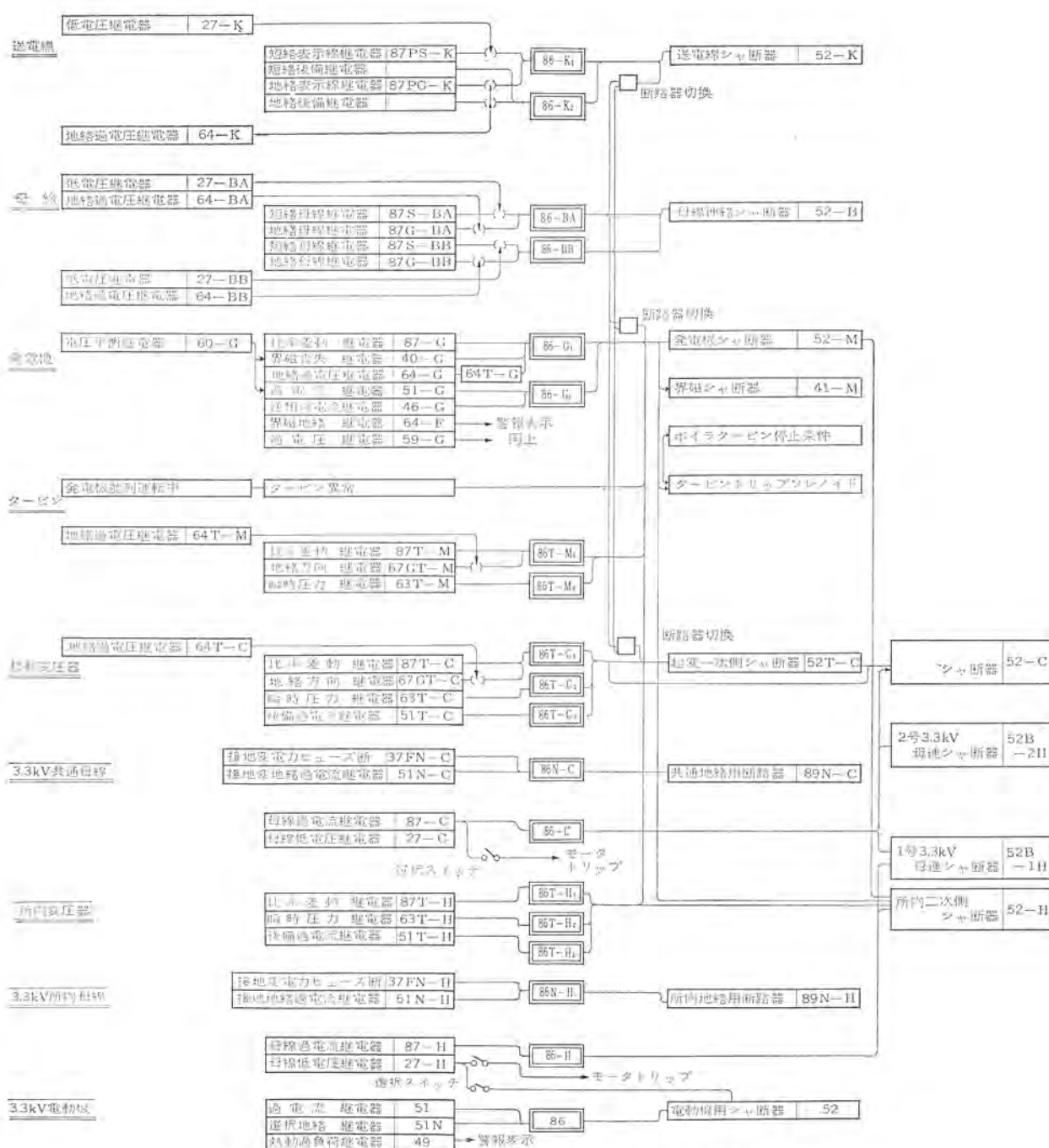


図 6.1 保護継電器によるトリッパオーダ (低圧所内回路を除く)
Fig. 6.1 Trip-order with Protective relays. (except low voltage station service circuit)

以下母線と送電線とにわけ継電方式について記す。継電装置は前回の特集号を参照されたい。

5.1 母線の保護方式

母線の短絡保護および地絡保護のいずれに対しても差動保護方式を用いている。差動方式としては、空心変成器差動方式、および位相比較比率差動方式が最も多く使用されている。

空心変成器差動方式は、外部事故時の変流器飽和による差動電流によって、誤動作するのを防ぐために空心変成器を使用し、二次側の誘起電圧を継電器に印加することによって保護する電圧差動方式である。

位相比較比率差動方式は、通常形の変流器を使用し差動電流によって動作力を作り、一方母線に接続されている端子の電流の位相を比較して、抑制力を変える比率差動方式である。

5.2 送電線の保護方式

送電線の短絡および地絡の一次保護はパイロット継電方式により、事故時に確実に両端のシャ断器をトリップして高速度故障除去をはかっている。後備保護は距離継電方式または方向選択過電流継電方式が使用されている。

パイロット継電方式の内火力発電所と変電所をつなぐ送電線には、おもに表示線継電方式と搬送波継電方式が採用され前者は表示線を設置するうえから経済的に15~20kmまでの距離とされている。

表示線継電方式は、比率差動特性を有する電流循環方式が多く、搬送波継電方式は、送電線の各端子において事故発生瞬時に、その事故が内部方向か、外部方向かを搬送電流によって、ほかの端子に相互に連絡して、区間内故障か区間外故障かを判定する方向比較方式が多い。

6. 一次保護と後備保護

発電所各部の保護装置についてのべてきたが、保護を確実に

こない、故障回路を限定してすみやかに回復できるように、一つの故障に対して、一次保護と後備保護とをおこなっている。

後備保護の代表的な例は、発電機の内部短絡保護用の高速形比率差動継電器に対する、過負荷ならびに短絡後備保護用の誘導形過電流継電器であるが、誘導形過電流継電器の間にも一次保護と後備保護の関係がある。たとえば所内変圧器およびその二次側回路を考えると、3.3kVフィーダの過電流継電器51は、フィーダの保護に対して一次保護であり、3.3kV母線の過電流継電器87-Hは後備保護をしている。一方3.3kV母線での短絡故障に対しては、87-Hは一次保護であり、所内変圧器の高圧側過電流継電器51T-Hが、後備保護をつとめている。したがって、一次保護と後備保護の間には時限協調をとる必要がある。過電流継電器の間には、220V回路の末端から、発電機または送電線の過電流継電器にいたるまで、時限協調をとる必要がある。発電所の継電器を整定するおりに最も重要なことである。図4.2は時限協調をとった整定例である。

また一次保護と後備保護の考えを完全に果すために、ロックアウト継電器(86)も、一次保護用と後備保護用とにわけている。

継電器の動作から関係シャ断器のトリップにいたるまでのトリッオーダの例を高圧所内回路以上について図6.1に記す。

7. む す び

発電機・変圧器ならびに所内の動力回路について継電器による保護式を記述してきたが、事業用火力発電所には、ボイラ、タービンおよびその関係機器があり、それぞれ温度や油圧などによって監視されている。今後これら機械系の機器と前記の電気系の機器とに対して、統一した保護方式が確立され、さらに安定した大容量発電所が誕生してくると思われる。

自家用火力発電所用保護方式

久松章三*

Protective Systems of Industrial Thermal Power Plants

Kōbe Works Syozō HISAMATSU

Increasing importance is now being attached to industrial thermal power plants as a part of the rationalization of the latest enterprises. These power plants, however, have different features from those used for public utility. Though they do not share active portion of power supply to industry, they are needed when continuity of the process in the factory plays an important part. This assignment dictates the industrial thermal power plants to operate without fail when occasions demand it. From this viewpoint, protective system is discussed herein their with particular emphasis on the parallel operation with the system of public utility.

1. ま え が き

最近、企業の合理化に伴い、工業用火力発電所の経済性が重視され自家用火力発電所の新增設がますます活発化している。そこで本稿は自家用火力発電所における保護方式について主として電氣的な面から説明する。

一般に大口電力需要家といわれる工業事業所ではその工場プロセスへの供給電力の一部を自家用火力発電所によりまかなっている。この自家用火力発電所では電力会社の事業用火力発電所と異なった特色を有しているがその例をあげると次のようになる。

(a) 自家用火力発電所では工場全体の消費電力の一部を供給するのが普通であり、電力会社系統と並列運転を行ない、単独運転することは少ない。

(b) 電力会社系統から見れば自家用火力発電所の容量はきわめて小さいので、工場電源系統の電圧、周波数は電力会社系統より一義的に決められ、自家用火力発電機で制御することはできない。

(c) 工場プロセスは一般に連続操作をたてまえとしているので、自家用火力発電所は法規上の定期点検時以外は運転を停止させることのない連続運転を行なう。

(d) 工場プロセスの重要電力回線は普通自家発電電源系統から給電するような系統構成をとるので自家用火力発電機はできるだけ停止させることのないよう信頼性の向上を計る必要がある。

(e) 自家用火力発電機は事業用火力発電機に比べると単機容量が小さい。

(f) 工場プロセス設備の増設とともに自家発電設備も増設されるので、将来の増設が容易なような考慮をはらう必要がある。

(g) 電力会社系統との並列運転時、電力会社系統の停電事故にたいする十分な保護対策を考慮する必要がある。

(h) 工場プロセスより発生する腐食性ガスなどに対する特殊な配慮が必要な場合が多い。

(i) ボイラとタービン、発電機、変圧器とが単位組み合わせとなるいわゆるユニットシステムをとるケースは非常に少ない。

(j) タービンの背圧調整あるいは抽気圧調整などを行なう場合が多く、並列運転解除時にこれを调速制御に切り換える操作が必要となる。

以上のような点から、事業用火力発電所とは異なった保護継電方式、保護装置を適用しているのでこの点を主体として説明する。

2. 発電機回路保護方式

図2.1, 2.2は発電機回路の単線接続図の一例である。

図2.1は自家発系統が非接地系統の場合、図2.2は自家発系

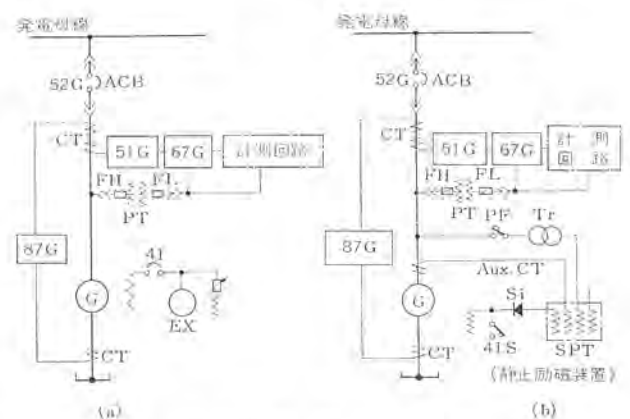


図2.1 単線接続図
Fig. 2.1 Single line diagram.

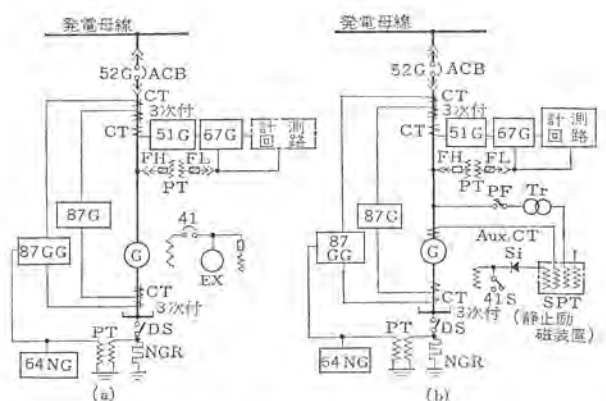


図2.2 単線接続図
Fig. 2.2 Single line diagram

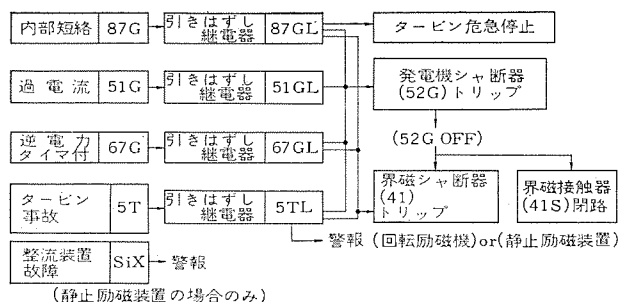


図 2.3 トリップオーダー Fig. 2.3 Trip order.

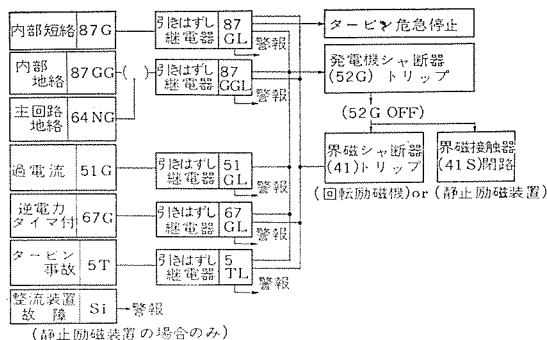


図 2.4 トリップオーダー Fig. 2.4 Trip order.

統が発電機の中性点にて高抵抗接地を行なった抵抗接地系統の場合を示す。図 2.3, 2.4 は同じく発電機回路のトリップインターロックで、図 2.1, 2.3 および 図 2.2, 2.4 が対応する。

2.1 非接地系統における場合

図 2.1, 2.3 により説明する。まず発電機は電気的には固定子巻線短絡保護、過電流保護、発電機逆電力保護により保護されている。

(a) 固定子巻線短絡保護

固定子巻線短絡保護は基本的な差動保護方式を応用した CAG-D 形比率差動継電器 (87G) を使用する。これは発電機内部短絡の検出を発電機の母線側と中性点側の計器用変流器 (CT) の二次回路を差動接続して行なうものである。ところがこのとき外部短絡事故時の大電流貫通時、両 CT の飽和に対する特性差により差動電流が発生しこれにより誤動作することが考えられるので、継電器は比率差動特性の抑制を付与するとともに、両 CT はかならず形式、定格仕様の同一のものを使用するようにする。また CT 二次回路には CAG-D 形継電器以外の負担を接続しないよう専用としている。さらに貫通大電流による反跳現象、大電流域における二つの抑制コイルのアンプランスによる比率特性のアンプランスなどが表われるので最大外部故障電流が発電機の X_d より算出して τ 5% では 40 A, 10% では 45 A, 20% では 45 A 以下の回路に使用が必要がある。

87G はこれが動作したときは発電機シャ断器、界磁シャ断器をトリップ、(静止励磁装置付の場合は界磁接触器を閉路)タービンの危急停止を行なうとともに警報表示する。

(b) 発電機過電流保護

発電機過電流保護として CO-6-D 又は CO-6-E 形過電流継電器 (51G) を使用する。CO シリーズにはこのほか CO-8, CO-9, CO-11 などがあるが発電機過電流耐量特性に近くまたキ電線、受電線等に設置する過電流継電器との時間協調が容易であり標準形式である CO-6 形を適用する。

発電機の過電流特性はもちろん定格電流以上にて運転を行なう

ことは好ましくないが固定子巻線の絶縁に大きな影響を与えないで許容可能な短時間過負荷特性は次式により算出できる。すなわち寿命には大きな影響を与えないということで過電流保護としてはこの過負荷許容特性曲線以下にて動作させるようにしなければならないが、またキ電線、受電線などの過電流継電器とも十分な時間協調を行ない選択トリップを実施し、発電機シャ断器のミストリップは絶対に行なわないように留意する必要がある。

短時間過負荷可能時間

$$t = \frac{150}{I^2 - 1} \quad (2.1)$$

ここに t ……許容過電流継続時間 (sec)

I ……過電流値 (P. U)

ただし電流の 1 単位 (P. U) は定格電流をとる。

51G はこれが動作すると発電機シャ断器をシャ断し警報表示する。すなわち発電機は単独無負荷運転を行ない再閉入に備えるものとする。

(c) 発電機逆電力保護

タービン発電機はタービンへの蒸気入力が無くなったとき、発電機がそのまま電力会社系統と接続されたままであれば系統から逆にエネルギーを受けて発電機は電動機として運転し、タービンを駆動続けることになる。このときタービン翼は過熱損傷をうけるおそれがある。一般にこの電動機化時の逆入力定格出力の 3% 程度でありこの 1% 程度を検出するものとなれば定格出力の 0.03% の非常に高感度継電器を必要とする。そこで電動機化保護としては CW-12B-D 形小勢力電力継電器 (67G) を使用する。電動機化の許容時間は普通 30 秒は許容されるので CW-12B-D 形継電器には限時要素を内蔵し、短絡事故や脱調などの誤動作防止を兼ねてレバ 8 (入力電圧 100 V にて 14 秒) に整定する。

67G が動作したときは発電機シャ断器、界磁シャ断器をトリップさせ警報表示する。

(d) タービン停止保護

タービンが過速度、潤滑油圧低下、スラスト軸受異常等で機械的に危急停止するとき、タービン蒸気入口の主阻止弁に設置したリミットスイッチの動作により発電機シャ断器、界磁シャ断器をシャ断し警報表示する。

2.2 抵抗接地系統における場合

図 2.2, 2.4 により説明する。固定子短絡保護、発電機過電流保護、発電機逆電力保護については前述の非接地系統における発電機保護装置と同じものが適用されるが、これに発電機地絡保護を付加するものである。発電機中性点の接地装置は発電機台数、抵抗器、シャ断器の台数によって種々の変化があるが、特に注意を要するのは接地抵抗器を共用したり、並列接地を行なったりしたとき発電機間に循環電流が発生することがあるのでこのときには 1 点接地とする。なお接地抵抗器の値は種々あるが標準として 100 A 抵抗接地方式を採用する。

発電機内部地絡検出には短絡と同じく差動方式を適用し、CWR-2-D 形地絡比率差動継電器 (87GG) を使用する。87GG は発電機固定子巻線の 10% 位までの地絡を検出することが可能であるが接点の耐震性が十分でないので必ず地絡検出要素の SEV-1-D 形地絡過電圧継電器 (64NG) と組み合わせ使用する。

この継電器と組み合わせ使用する CT は母線側、中性点側とも同一構造、形式、定格のものを使用し、三次巻線回路を使用する。三次巻線の巻数は 30 ターンで JEC-143 の規定外とした専用 CT を使用しなければならない。

なお 64NG としては母線地絡および後備保護用としての機能を持たせるため CV-8-D 形地絡過電圧継電器（誘導形）を使用する場合もあるが、一般には母線には当然地絡保護検出要素が設置されているものとし、これにより後備保護を考慮するものとして発電機回路としては瞬時動作形のものを使用する。

87GG が動作したときは 87G と同じく発電機シャ断器、界磁シャ断器をトリップしタービンを危急停止させ警報表示する。

上記の各保護継電器は標準として設備されるが、場合によっては CV-2-D 又は CV-2-E 形低電圧継電器あるいは CV-5-D または CV-5-E 形過電圧継電器を使用することもあるが次の理由により標準とはしない。CV-2 形低電圧継電器は短絡事故の後備保護とも考えられるが、短絡には 87G および 51G の 2 段階保護を行っているので必要としない。また CV-5-E 形過電圧継電器は AVR の不調時の後備保護とも考えられるが、最近の静止励磁装置では過電圧となることはなく、AVR 用の PT の一次ヒューズをやめて不用な過電圧は防止することになっている。

要は自家用火力発電機は事業用のそれとは異なり、最小限必要な保護装置のみを設置し、トリップオーダ、制御回路もできるだけ単純にして信頼性をあげて不要なミストリップをなくすことを第一とする考え方にたっている。

3. 受電設備関係保護方式

受電設備としては受電変圧器、コンデンサ 形計器用変圧器等が考えられる。図 3.1 は受電回路の単線接続図およびトリップオーダの一例である。

(a) 巻線短絡保護

変圧器の短絡保護は CAT-D または CAT-E 形比率差動継電器 (87T) を使用する。CAT 形継電器の比率特性は発電機用の CAG 形継電器に比べると大きく 50% としている。これは変圧器の励磁ラッシュ、一次二次の CT の特性差等による誤動作をなくすためである。なお、この継電器の適用にあたって注意すべきはタツプのある抑制コイル側（多電流側）から励磁ラッシュの侵入するばあいの方が応動がしにくいので CT 比の選定にはこの点を考慮する。

しかしもし励磁ラッシュで誤動作するときは SFU-2-D 形低電圧継電器との組み合わせによる誤動作防止回路を設ける必要がある。CT 二次回路の接続は変圧器の接続により図 3.2 のように接続する。

87T が動作したときには高圧、低圧側シャ断器共トリップさせ

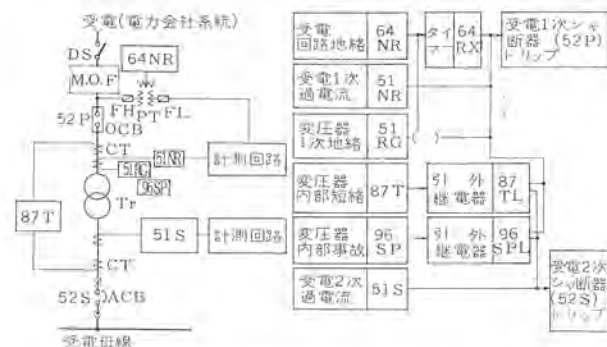


図 3.1 受電回路単線図およびトリップオーダ
Fig. 3.1 Single line diagram and trip order of receiving circuits.

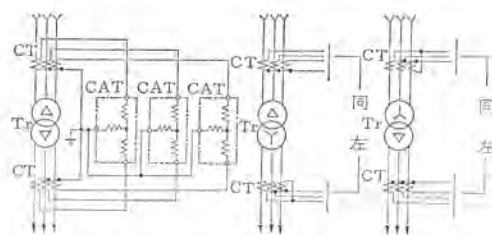


図 3.2 CT 三線接続図
Fig. 3.2 CT connection diagram

警報表示する。

(b) 変圧器内部事故保護

変圧器には機械的保護装置として古くから使用されているラッポルト (Buchholts) 継電器がある。これは変圧器内部のガスの浮力および油の奔流を利用するものであり第一段で警報、第二段でトリップとする。これとは別に SP 形衝撃圧力継電器 (96SP) を使用することもある。これは油入変圧器の内部事故時、油中アークのためタンク内圧が急激に上昇するのでこれにより作動する圧力継電器である。

(c) 過電流保護

変圧器の後備保護および受電線の短絡保護として CO-6-D または CO-6-E 形過電流継電器 (51R および 51S) を使用する。これが動作すると対応するシャ断器のみをトリップし警報表示する。

(d) 地絡保護

受電設備の地絡保護としては一般には電力会社側変電所にて接地をとり需要家側は非接地であるので、高圧側に COG-2-D 形小勢力過電流継電器 (51NR) あるいは DGB-2-D 形地絡方向継電器 (67NR) が適用されるが、かならず電力会社の接地方式、接地電流値、シャ断時間等を確認し、電力会社側送電端の地絡保護継電器と十分協調をとることが必要となる。また受電線の地絡保護としては CV-8-D 形地絡過電圧継電器 (64NR) により行なう。これらの継電器が動作すれば受電シャ断器 (52R) をトリップさせ警報表示する。

4. 所内回路関係保護方式

自家用火力発電所の所内補機動力の電源電圧としては普通高圧 3.3 kV、低圧 440 V または 220 V を使用しているが工場キ電線系統によっては 11 kV、6.6 kV などの高圧回路を使用することもありしかもその系統構成も種々雑多でなかなか統一された標準形式というものが決めがたい。その代表的な例を図 4.1、4.2 および図 4.3 に示す。

1. 高圧補機関係保護装置

高圧補機回路の構成は大きく二つに大別できる。一つは系統より要求されるシャ断容量に十分なシャ断容量をもつシャ断器を使用するもの。一つは短絡電流のような大きな故障電流は電力ヒューズでシャ断し、負荷電流程度をシャ断容量の小さなシャ断器または電磁接触器を使用して開閉するものとする。また補機の種類としては電動機と変圧器にわけられる。

4.1 シャ断器方式 (シャ断容量のあるとき)

電動機はシャ断を入れるのが普通で、投入時には大きな起動電流がある。ある起動時間経過後では保護装置としてはこの起動電流では動作せずしかも短絡事故時にはできるだけ早くシャ断させる必要がある。

短絡保護としては CO-5I-D または CO-5I-E 形瞬時要素付過

5.1 電力会社と並列の転を行なう場合の例 1

5.1 電力会社と並列の転を行なう場合の例 1

5.1.1 營業的条件

(b) 需要家より要求あった場合は予備電力の供給を行なうが予備電力の使用に当たってはあらかじめ自社に通知すること。予備電力計量は一般契約（または特約）と同一計量とする。一般供給の場合常時分最大電力および使用電力量を合計したものより算定するが基準電力量のみは常時分契約電力に見合ったものとする。特約の場合は需要電力は昼間分需要電力料金、使用電力量は特約分および追加分の単価の両者より予備電力料金を算定し予備電力分のみの特約単価を決定する。

(1) 一般供給の場合臨時電力と常時電力との契約比により一本計量の最大需要電力および使用電力量を案分し臨時料金を適用する。

(2) 特約供給の場合記録形積算電力計により臨時電力分最大需要電力および使用電力量を決定し一般供給分と同様の割増料金の適用を行なう。

(d) 力率は無効積算電力計により決定し力率料金を適用する、ただし当分の間は力率の決定を行なうものとする。

(e) 並列運転のために要する保護装置等に要する工事費は全額需要家負担とする。

(f) 違約そのほか並列条件に変更をきたした場合は解約することがある。

5.1.2 技術的条件

(a) 並列運転のため自社が必要と認める諸設備を需要家が完備すること。

(1) 保護裝置

(2) 自家発電所と自社給電所または変電所(または発電所)との間の通信設備。

(3) 当該需要家へ供給する変電所（または発電所）において逆送電圧の有無を確かめる装置ならびに自家発並列のためにとくに必要となる保護装置。

(b) 需要家が並列運転操作に熟練した技術者を運転にあてること。

(c) その他並列運転について提示した諸条件を順守すること。
並列運転するについて提示する諸条件とはおおむね次の項目と
する。

(1) 給電操作規定の順守

(2) 取引用逆転防止形積算電力計の取付け

(3) 負荷力率に対応した発電機運転力率の確保

(4) 並列運転上の保護装置の竣工試験ならびに定期試験（毎年1回）には自社保護装置担当者の立会いのうえ行なうこと。

(d) 保護装置設置上の条件

自家用発電所並列の場合の保護装置は一般受電設備の保護装置を設備しさらに次の項目を満足する保護装置を設備すること。

(1) とくに契約したものを除き需要家の受電バンクが逆送となったとき自動的に受電用シャ断器を開放しうること。

(2) 自家用発電機が事故のため受電電力が契約以上になった場合は負荷の一部または全部を自動的にシャ断しうること。

(3) 線路の事故時変電所引出口シタ断器が動作し需要家発電機から故障線に送電された状態においてはすみやかに需要家の受電用シタ断器を自動的にシタ断しうること。

図 5.1 は、ある電力会社の示す接続例、図 5.2 は当社の実施例の接続図およびトリップインターロックを示す。

この場合一般受電設備の保護装置と同じく短絡保護としては CO-8-D 形誘導過電流継電器 (51R)、地絡保護として COG-2-D 形地絡過電流継電器 (51GR) と地絡検出として SEV-1-D 形地絡過電圧継電器 (64R) を使用する。

保護装置設置上の条件の上記 (d) の (1) に示されている受電
パンクが逆送になったときの保護装置としては正常状態における逆
送はないものとして、PDA-D 形高速度有効電力継電器 (67P)
を適用、上記 (d) の (2) に示される受電々力契約以上になった

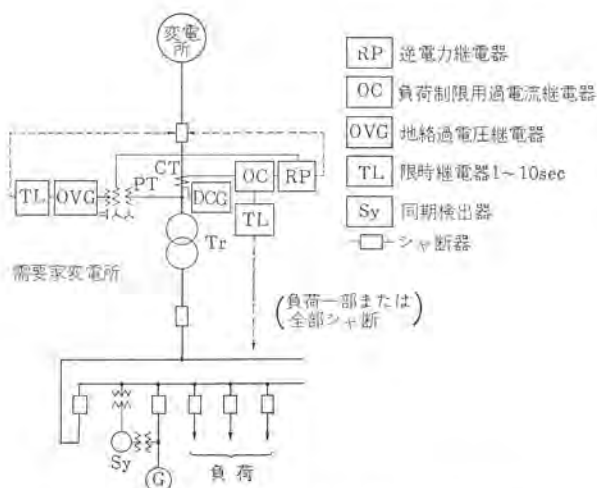


図 5.1 電力会社との並列運転接続
Fig. 5.1 Single line diagram of parallel operation
with power company's system.

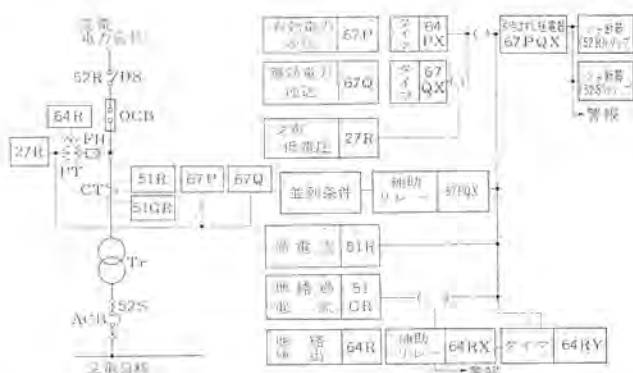


図 5.2 電力会社との並列運転接続図およびトリップオーダー
Fig. 5.2 Diagram of parallel operation with power company's system.

場合の保護装置としては短絡保護用過電流継電器(51R)を共用し、とくに電力継電器は設置しない。また過電流継電器は誘導形を使用しているため内蔵する時限レバーを利用し、とくに時限継電器も設置しない。

さらに負荷の一部または全部を自動でシャ断することは受電用シャ断器(52R)および(52S)をシャ断して負荷全部をシャ断する。これは負荷制限用として過電流継電器を共用するので需要家内部の事故と区別ができないためである。上記(d)の(3)は短絡事故はPDB-D形高速度無効電力継電器、地絡事故はSEV-1-D形地絡過電圧継電器(64R)を共用し、本継電器動作後一定確認時限を経てシャ断器をトリップさせる。なお無効電力の逆送は正常時においても十分起こりうるため故障検出としてSFU-2-D形低電圧継電器(27R)を入れる。

また前記67P、67Qが自家発電機の並列投入時の同期化電流等によって誤動作を防止するため、並列条件成立後一定時限経過してはじめてその接点回路を生かすようにする。なお電力会社側地絡事故(途中に変圧器がはいって地絡系統が分離されているようなとき)、その他の理由により変電所引出しロ シャ断器が無警告シャ断したときの保護は電力会社としてはとくに要求していないので考慮しないが自家発電機の自衛手段として設置するときには次項を参照のこと。

5.2 電力会社と並列運転を行なう場合の例2

とくに電力会社としての並列運転上の条件のないときにももちろん通常の受電設備保護装置は設置する。しかし工場電源系統の運転継続を計るためには受電側の停電事故等の受電不能状態をすみやかに検出し、これにより工場内電力系統の系統分離を行なうとか、あるいは特定非重要負荷をシャ断するとか、自家負荷選択シャ断装置により自家発電電力に見合った重要負荷のみを残し、その他の非重要負荷をいっせいにシャ断するとかの対策を施す必要がある。そこでこの受電停電検出装置としては次のような継電器を適用する。

(a) 逆送検出装置

自家発電所からは受電系統に正常状態では逆送することはないものとし、PDA-D形有効電力継電器(67P)により逆送検出を行ない、動作時には受電シャ断をトリップさせる。

(b) 短絡事故検出装置

短絡事故はPDB-D形無効電力継電器(67Q)により無効分電力が逆送したとき検出する。しかし正常時においても無効分の流出は十分起こりうるためSFU-2-D形低電圧継電器(27R)により低電圧検出条件を付加する。本継電器が動作すれば同じく受電シャ断器をトリップさせる。

(c) 無警告停電検出装置

工場電力系統としては受電系統からは正常時は必ず一定値以上の電力を受電するものとし、これが規定値以下になったときは専用受電線の無警告停電と考えSFA-4-D形高速度低電流継電器により検出し受電シャ断器をトリップさせる。本継電器は高感度継電器であるため、CT二次の5Aにおける消費VAが比較的大で専用のCTを必要とする場合が多いので注意を要す。

なお67P、67Qは自家発電機の並列投入時の同期化電流等による誤動作を防止するため並列条件成立後一定時間経過後接点回路を生かすようにする。また高速度継電器を使用しているため過渡的ジョウ乱による不用動作を避けるためタイマを付加する。

以上のトリップオーダを図5.3に示す。

自家用火力発電所用保護方式・久松

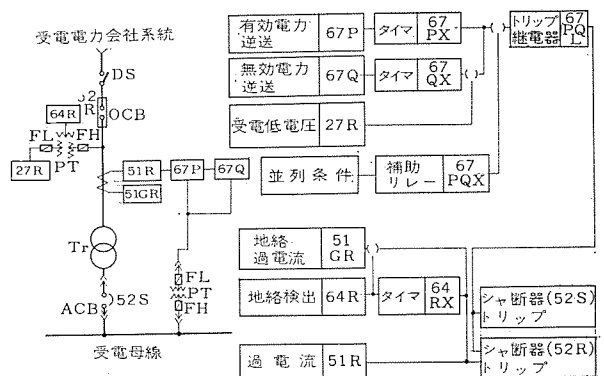


図 5.3 並列運転保護装置回路
Fig. 5.3 Diagram of parallel operation with power company's system.

6. 負荷シャ断装置

受電解列時に自家発電機出力と工場電力とを平衡させるために工場キ電線を選択シャ断させる必要があるが、この負荷選択シャ断装置としては手動選択方式と自動選択方式とがある。このいずれを採用するかは工場負荷および発電機出力のそれぞれの変化がどうあるかにより決められるものである。すなわち一定の大きな周期たとえば朝晩2回の変化とか、工場操業度による変化等あらかじめ予測され、しかもそれ以外は比較的安定した負荷状態であれば自動選択方式を採用するより手動選択方式を採用する方が経済的である。しかし負荷変動が任意に生じ、その変化範囲が大きな系統では自動選択方式でなければ人為的に手動選択を行なうことはむずかしい。

6.1 手動選択シャ断装置

これを各キ電線ごとに設けた切換選択スイッチであらかじめトリップさせるキ電線を選択設定するものがあくまでも人間の確認操作のもとに行なわれるものである。この選択設定されたキ電線が前述の並列運転保護装置が動作すればいっせいにシャ断するようにし、発電機の過負荷による共倒れを防ぐものである。

6.2 自動選択シャ断装置

図6.1にその接続図を示す。自動選択シャ断装置には選択基準により二つに分けられる。

(a) 発生電力記憶方式

負荷変動が大きく、不規則で選択シャ断負荷の設定があらかじめ

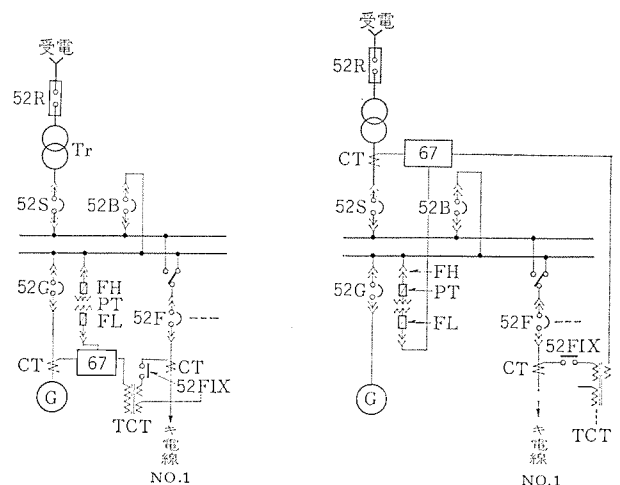


図 6.1 自動選択装置
Fig. 6.1 Automatic feeder selection.

め行なうことが困難な場合、発電機出力に常に見合った負荷を選択記憶させておき受電解列時この記憶負荷のみを残し、他の負荷をいっせいにシャ断させるものである。

負荷はあらかじめ重要度により順位を定めておく。CW-11-D形電力平衡継電器により基準値として発電機出力をとり、一方に重要度の高いものから順に負荷回線の電流を加えてゆき、平衡継電器がバランスするまで選択追加してゆく。この比較判断は一定周期たとえば20秒ごとに行なうものとすればこの比較判断時に発電量が大きければ負荷回線を一つ総合CT(T. CT)につなぎ込む。次の周期がきてなお発電量が大きければ次の負荷を総合CTにつなぎ込み、これが発電量とバランスするまで続けられる。この状態で受電解列時には選択していない残りの負荷をいっせいにシャ断すれば、残された負荷と発電量とは常に見合った状態で残されるので自家発電機は安定に運転を継続することができる。

(b) 不足電力記憶方式

これは前述の発生電力記憶方式の基準側電力を発電機出力にとっているのに対し、受電回路の受電電力を基準とするものである。これにあらかじめ定められた重要度の低いものから順にCW-11-D形電力平衡継電器がバランスするまで選択記憶させ、受

電解列時にはこの記憶した負荷をすべていっせいにシャ断させる。このようにしても発電機の運転継続が確保できる。

前記いずれを採用するかは、選択記憶する負荷回線数がどちらが少なくてよいかにより決定する。なお上記記憶回路としては電力用テレホンリレーを使用した選択記憶回路を使用する。

(c) 周波数低下検出シャ断装置

発電機単独運転時に負荷変動により周波数が低下して運転継続ができなくなるのを防ぐため周波数低下検出シャ断装置が適用される。これは系統周波数の低下をCF-2-D形周波数継電器で検出し、系統周波数が復帰するまで一定時間間隔で負荷をシャ断していくものである。

7. む す び

以上自家発火力発電所の保護装置について主として電気回路における適用継電器について説明したが、もちろんこれらはその一例であり、種々多岐にわたる自家発電設備の保護のすべてを説明できるものでもないので本文はまだまだ意にたりないところもあるがこれで結びとする。

ディーゼル発電機保護方式

久松章三*

Protective Relaying of Diesel Generators

Kōbe Works Syōzō HISAMATSU

Generally diesel generators are operated for supplying emergency power and very seldom connected in parallel with the machines on the power systems of public utilities. The generators are divided into two groups, the low voltage and the high voltage ones, the former being rated at 220 or 440 V, while the latter at 3 or 6 kV. For the low voltage machines are used type NF no fuse breakers. Relays are rarely put in use. High voltage ones are protected with proper relays the same as ordinary generators. The engines are in most cases under mechanical protection.

1. ま え が き

ディーゼル発電機は、一般に非常用電源装置として広く使用されている。このため単独運転を行なうのが普通であり、電力系統と並列運転を行なうことは少ない。この発電機の保護装置について説明する。

2. 発電機保護

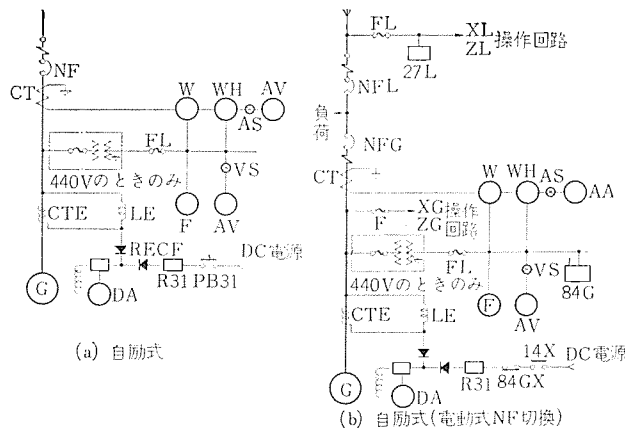


図 2.1 主回路接続 (低圧)

Fig. 2.1 Single line diagram of the main circuits at low tension.

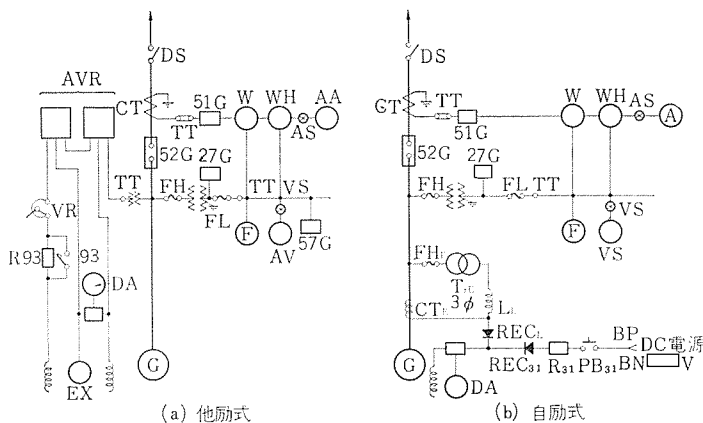


図 2.2 主回路接続 (高圧)

Fig. 2.2 Single line diagram of the main circuit at high tension.

発電機は 220V, 440V の低圧用と 3 kV, 6 kV の高圧用とに分けられる。

2.1 低圧発電機

図 2.1 (a) および (b), にその単線接続の一例を示す。低圧の保護装置としては NF 形 ノーフューズブレーカにより保護し、とくに継電器は使用しない。自動起動条件用および発電機電圧確認用として SVAR-F 形 瞬時電圧継電器あるいは CV-2-E 形 電圧継電器 (27L), CV-5-E 形 電圧継電器 (84G) を使用する。

2.2 高圧発電機

図 2.2 (a) および (b), にその単線接続の一例を示す。

高圧発電機では過電流保護として、CO-8-E 形 誘導形過電流継電器 (51 G), 低電圧保護として CV-2-E 形 誘導形電圧継電器 (27 G) を適用する。なお他励式励磁方式においては過電圧保護として CV-5-E 形 誘導形電圧継電器 (59 G) を設置するのを標準とし、自励式では 59G は設置しない。

51G および 27G が動作したときは発電機シタ断器をトリップさせディーゼルは無負荷回転させる。しかし 59G の動作したときはディーゼルは停止させ、シタ断器をトリップさせる。

3. 機関保護

電氣的に機関保護を行なうことはないが、とくに必要な場合には、たとえば CW-13E-D 形電力継電器による過負荷保護を設置するがこれは一般的ではない。

機関保護としては、すべて機械的保護でその一例をあげると次のようになる。

潤滑油圧低下……機関停止
冷却水温度上昇……機関停止
冷却水断水……機関停止
起動失敗……機関停止
過速度……機関停止
空気圧低下……警報
燃料油不足……警報

ここで過速度検出は機関に直結したタコメタからの出力で動作する SPR-2 または SPR-10 形 トランジスタ 継電器を使用する。

4. 電力会社系統と並列運転される大容量機

電力会社系統と並列運転される大容量機の場合は、普通の自家用火力発電機と同じ考え方で保護を行なう。

4.1 発電機過電流保護

発電機過電流保護としてCO-6-E形過電流継電器(51G)を使用する。COシリーズにはこのほかCO-8, CO-9, CO-11などがあるが、発電機過電流耐量特性にちかく、またキ電線、連絡線に設置された過電流継電器との時間協調が容易であり、また標準形式であるCO-6形を適用する。51G動作により発電機シヤ断器を

トリップさせ、機関停止させる。

4.2 過電圧、低電圧保護

これは前述の高圧発電機と同じくCV-5-E形過電圧継電器、およびCV-2-E形不足電圧継電器を設置し、これらが動作すれば発電機シヤ断器をトリップさせ、機関停止を行なう。

5. む す び

ディーゼル発電機の保護方式としては、その本質的な考え方は自家用火力発電機に近いが、最小限必要なものととどめ経済性を重んじた考え方となっている。

高周波発電機保護装置

久松章三*・西山卓*

Protective Devices of High Frequency Generators

Kôbe Works

Syozô HISAMATSU・Takashi NISHIYAMA

High frequency generators are increasingly coming into demands recently as a source of induction heating equipment. In consequence their protective devices are to be made much of so as to demonstrate the full efficacy of the apparatus. The protection needed is for both driving motors and high frequency generators connected to them. Over voltage protection, over current protection, low voltage protection and start delay protection are to be made on the motors with appropriate relays. Faults on the generator are also taken care of by means of protective devices. The article describes the standard systems of protection now available in the field.

1. ま え が き

最近高周波誘導加熱用電源装置として高周波発電機の需要はますます増大しつつある。この高周波発電機の電氣的保護方式を主体として説明する。

高周波発電機としては大別すると二つに分けられる。一つは駆動用電動機回路、ほかは電源装置である高周波発電機である。以下順にその保護にたいする考え方、適用する継電器、トリップオーダについて詳述する。

2. 駆動用電動機の保護

駆動用電動機としては普通誘導電動機が使用され、回路電圧により高圧 3.3 kV と低圧 440 V または 220 V が使用される。この高低圧の使いわけは、需要家の電源設備容量と駆動する高周波発電機容量によって決められる。起動方式としては、付属設備の点でジカ 入れ起動がいちばん望ましい方式である。しかし電源容量の点から Δ 起動、あるいは起動補償器起動（コンペン 起動）方式を採用することもある。

電源用装置としては、高圧の場合は EH 形 キューピクルを使用するが低圧の場合は一般に需要家に準備願った電源設備を使用し、開閉装置として NF 形 ノーヒューズブレーカ（電動操作式）または電磁接触器のみを供給するのが普通である。

駆動用電動機回路の保護としては、過負荷保護、過電流保護（短絡保護）、起動渋滞保護を行なう。

(a) 過負荷保護

駆動用誘導電動機が過負荷になった場合には高圧、低圧共 TR 形 サーマルリレー の動作により、駆動用電磁接触器を開放して保護する。

(b) 過電流保護（短絡保護）

駆動用誘導電動機回路の短絡などによる過電流事故時には高圧と低圧とで保護が異なってくる。

高圧電動機回路では EH 形 キューピクルを使用するが、これは CLS 形電力 ヒューズ と SH 形電磁接触器とを組み合わせた コンベネーションスタータ である。そして短絡事故のような過電流時には、CLS 形電力 ヒューズ が溶断し、回路を開放する。低圧電動機回路では前述のように受電設備は需要家に準備願うものとし、この受電設備にて短絡事故時には Δ 断器をトリップ させ回路を開放し、低圧駆動電動機用 キューピクル には電源 Δ 断器は収納しないもの

とする。

(c) 低電圧保護

受電電源電圧の低下時の保護、または電源喪失後電圧が回復したときの再投入防止として、CP-E 形低電圧 リレー により電磁接触器を開放する場合もあるが、電磁接触器の制御電源を主回路の計器用変圧器 2 次回路からとって低電圧時、電磁接触器を開放させるようにする。

(d) 起動渋滞保護

電源設備容量から駆動用電動機に巻線形誘導電動機を使用することがある。このとき起動用抵抗器の自動起動制御運転にて、起動指令後一定時限を経過しても起動しないとき、AM 形限時 リレー によって電磁接触器を開放し、起動用抵抗器の焼損を防止する。

3. 発電機回路の保護

高周波発電機の主回路電圧は 440 V と 880 V を標準としており、とくに小容量機では 220 V を使用することもある。発生周波数は 1 kc, 3 kc, 10 kc の 3 種類がある。発電機回路の保護としては、過負荷および過電流保護、過電圧保護、地絡保護、界磁回路異常電圧保護を行なっている。

(a) 過負荷および過電流保護

高周波発電機回路に過電流が流れると IP-F 形高周波用過電流 リレー により界磁および主回路電磁接触器を開放する。IP 形過電流 リレー は動作値が 4~12 A の間連続調整のできる整流形の リレー で、瞬時動作形である。この整定は普通 発電機定格電流値の 115% にセットする。

(b) 過電圧保護

高周波発電機が過電圧になれば、OVD-4-D 形過電圧 リレー により界磁および主回路用電磁接触器を開放する。OVD-4-D 形過電圧 リレー は高周波を整流して D-5 形直流 リレー 要素を使用しており、100~200% の連続可調整である。整定は通常定格電圧の 120% にセットしており、動作時間は 2 秒程度になる。

(c) 地絡保護

高周波発電機の回路にて地絡事故が発生したときには、SC-A-E 形電流 リレー により界磁および主回路電磁接触器を開放する。SC-A-E 形 リレー はラランジャ 形の直流電流 リレー で、図 3.1 に示すとおり AC 200 V 60 c/s または 50 c/s の商用周波数電源を整流し使用する。調整範囲は 40~80 mA で、普通 65 mA にセット

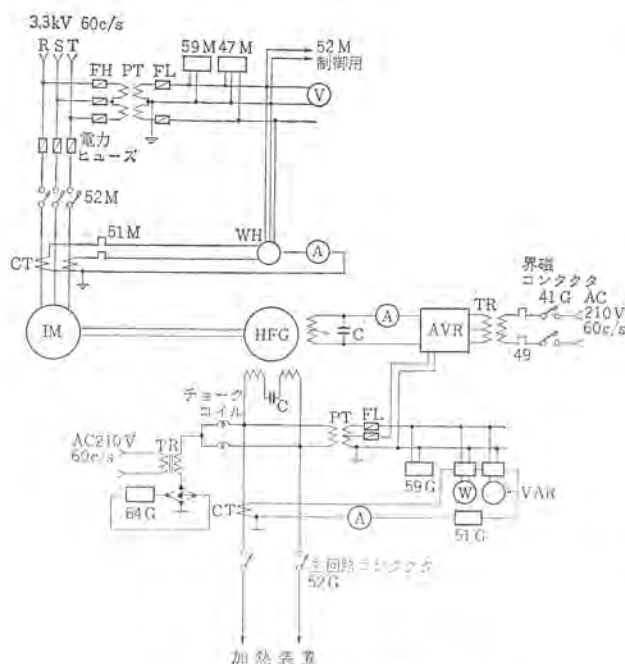


図 3.1 主回路接続図の一例
Fig. 3.1 Single circuits line diagram of the main.

する。動作は瞬時動作であり、検出感度は上記のセットで約 $1\text{ k}\Omega$ 以下の地絡を検出可能である。これは高周波加熱炉の冷却水の水質によってはひんぱんに動作することを避けるためにもあまり高感度にはできないものである。

(d) 界磁回路異常電圧保護

高周波発電機界磁巻線に誘起する異常電圧から界磁巻線の絶縁を保護するために $10\text{ }\mu\text{F}$ のコンデンサを巻線と並列にそう入している。

4. MG 本体の保護

高周波発電機と駆動用電動機とをカプラした MG 本体の保護としては、MG 本体の冷却、軸受の冷却、発電機固定子の過熱保護、軸受の過熱保護を行なっている。

(a) 冷却水量不足保護

冷却水量が規定値より不足すると冷却効果が悪くなり、MG 本体あるいは軸受が過熱するので、流量 リレー により界磁、および主回路の電磁接触器を開放する。

(b) 発電機固定子過熱保護

固定子にそう入したサーミスタによって D-5-D 形温度 リレー を動作させ 規定温度 (130°C または 180°C) 以上になれば界磁および主回路用電磁接触器を開放する。

(c) 軸受過熱保護

MG の軸受が過熱状態になると軸受にそう入した温度検出用素子により界磁および主回路用電磁接触器を開放する。

5. む す び

以上高周波発電機の保護方式の現状について述べたが、高周波加熱装置の制御装置が高度化されるに従いその電源装置としての高周波発電機の保護装置、方式もますます高度化していくことが期待される。

系統用変電所の保護継電装置

森 健*・長町 恒資*

Protective Relaying of Primary Substations on Power Systems

Kôbe Works Takeshi MORI・Hisashi NAGAMACHI

High reliability is a requisite growingly demanded of the protective relaying of substations on power systems. Mitsubishi has developed a number of relays to meet the requirements together with appropriate applications. It is essential to make thorough study on various factors relative to the faults before selecting them. The protective scheme is roughly divided into : (1) apparatus protection, (2) bus protection and (3) transmission line protection. The transmission line protection is further subdivided into carrier protection, pilot wire protection and line ballanced protection. The protection of apparatus also involves many items. This article describes much information for the guidance to those who are seeking for it.

1. ま え が き

1.1 変電所保護継電装置の概説

図 1.1 にいわゆる一次変電所の単線接続図の一例を示しているが、図からもわかるとおり、変電所用保護継電装置としては変圧器などの静止機器、母線および送電線に対する継電器からなっている。また特殊なものとしては系統分離、周波数分離など系統保護が設置されることもある。これらの保護継電装置を設置するに際しては次の諸点を考慮する必要がある。

- (1) 故障継電時間
- (2) 隣接区間保護方式との協調
- (3) 後備保護方式
- (4) 安定度向上あるいは強行送電自動化を目的した再閉路方式の採用

故障除去時間を決める要因は系統安定度と設備被害の二つであるが、おのおの系統条件について必要な許容故障継続時間の限度を一般的にきめることはむずかしい。一方現在実用されている各種保護方式を使用した故障除去時間はおおよそ表 1.1 のとおりであり、実際の適用にあたってはこれと比較検討して決める必要がある。

次に後備保護の必要性としては、

- (a) 主保護継電器の不動作およびロック
- (b) 機器事故 (CT, PT, シャ断器)
- (c) 直流電源

などがあげられるが、後備保護方式は自区間に対するとともに他区間に対するものも含まれているから、自己変電所の送電線、機器、母線、中性点などにある諸保護継電器のみならず、ほかの変電所との関連もあるため、相互間の合理的な協調をはかる必要がある。この種の後備保護は基本的には継電器の保護範囲を大きくする代わりに、動作時間を長くすることにより行なっているものであるから、故障除去時間の遅延による系統安定、供給支障の拡大などを伴うため、重要系統に対しては (a) のごとき原因に対しては 2 組の継電装置を、また (b) のごとき原因に対しては関連系統の連動 シャ断など別の考え方による後備保護が必要となってきている。

表 1.1 故障除去時間

保護継電方式		故障除去時間(秒)		備 考
		短 絡	地 絡	
搬送保護	2 端 子	0.1	0.1	3c/s シャ断器
	3 端 子	0.15	0.15	
表示線保護	2 端 子	0.1	0.2	5c/s シャ断器
	3 端 子	0.1	0.2	
高速度線平衡保護	2 端 子	0.3	0.3	5c/s シャ断器
	3 端 子	0.5	0.5	
線平衡保護	2 端 子	0.6	0.6	5c/s シャ断器
	3 端 子	0.9	0.9	

表 1.2 中性点接地方式

電 圧	中 性 点 接 地 方 式	接 地 点
超高電系統	直接々地	変圧器中性点
154kv 系統 110kv "	抵抗接地 または補償リアクトル接地	変圧器中性点 または接地変圧器
66/77kv 系統	抵抗接地 または補償リアクトル接地 または消弧リアクトル "	同 上
22/33kv 系統	同 上 ただし小架空線は一部 非接地	同 上
3.3/6.6kv 系統	非接地	GPT

表 1.3 系統変電所機器保護装置設置基準例

機 器	保 護 装 置	自 動 シ ャ断	警 報	備 考
変圧器	過電流保護	○		
	ブッフホルツまたは瞬時圧力保護	○	○	
	比率差動保護	○		
	過熱保護		○	ダイヤル温度計
	送風機、送油機故障		○	送油風冷式
	冷却水断		○	水冷式
	逆相欠相保護		○	送油風冷式
電力用コンデンサ	過電流保護	○		
	地絡過電流保護	○		
	地絡保護	○	○	
	過電圧保護	○		
	平衡保護	○		
	不定電圧保護	○		
分路リアクトル	過電流保護	○		
	地絡過電流保護	○		
	ブッフホルツまたは瞬時圧力保護	○	○	

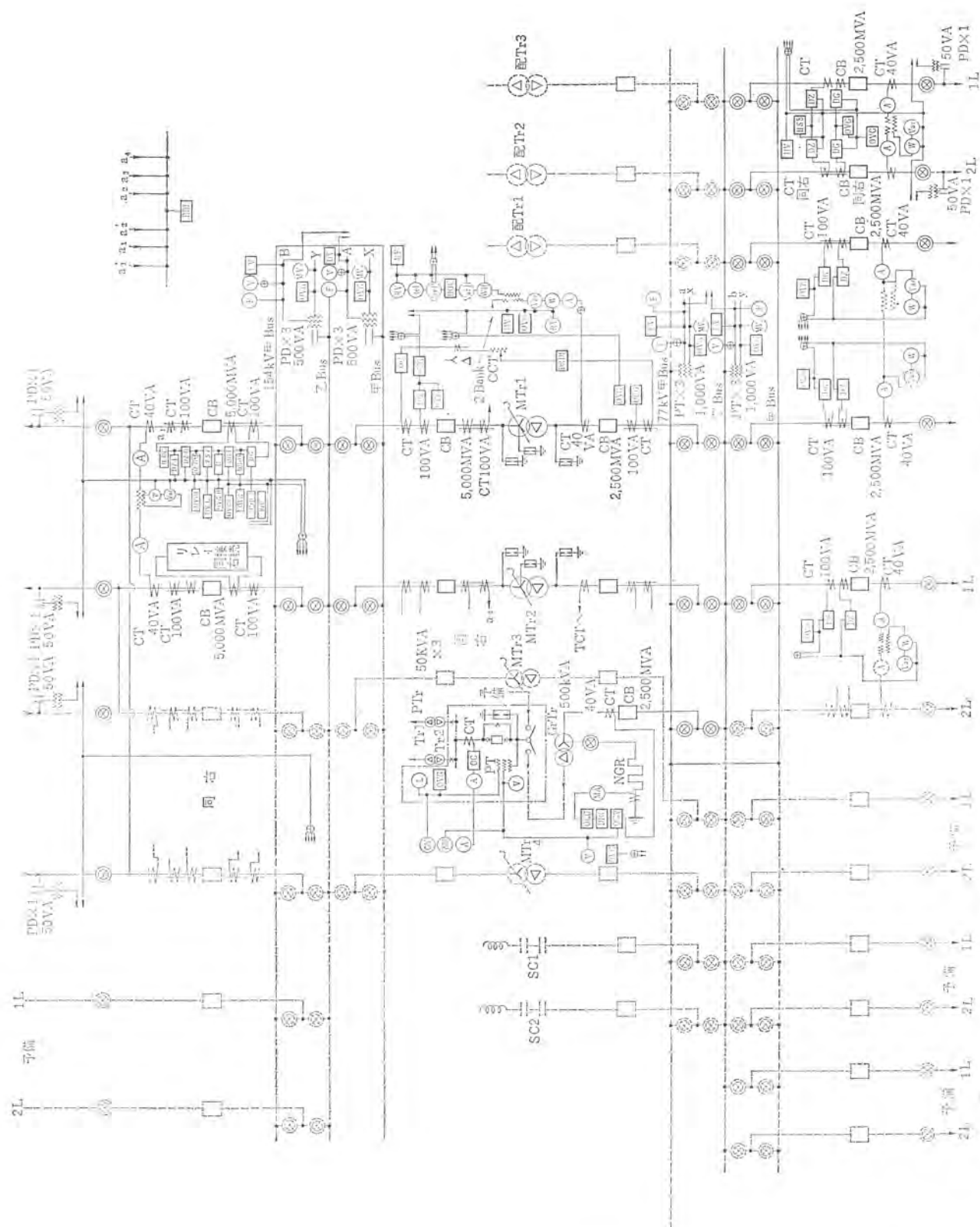


Fig. 1.1 Skeleton diagram of typical primary substation.

図 1.1 一次変電所単線接続

次に中性点接地方式は保護継電方式と密接な関係をもっており、地絡保護方式の選定に際してはこれを考慮して決定しなければならない。わが国における中性点接地方式の標準を 表 1.2 に示している。

これらの接地方式のうち補償リアクトル方式にしる、消弧リアクトル方式にしる、基本的には抵抗接地であり保護継電方式上、顕著な相異点はない。なお、消弧リアクトル接地方式は送電系統のネットワーク化に伴い漸次抵抗系に切り換えられつつある。

1.2 機器保護

変電所に設置される機器としては変圧器、電力用コンデンサ、分路リアクトルがあり、その保護継電器の一般的な基準を示したのが 表 1.3 である。なお同期調相機も変電所に設置されているが、系統容量の増大に伴い、経済性と保守の点から最近では新たには設置されないため、この表から除外した。

なお、中性点抵抗器は過電流保護方式がとられる。これらの保護継電装置のうち系統上高速度保護を要求されるのは、変圧器内

部事故検出装置であり、他の継電器はこれを必要としない。

1.3 母線保護

母線事故が及ぼす影響は母線が系統のむすび目であるという本質上、ほかの部分の事故よりはるかに大きいものであるが、これに対して従来は送電線とか機器保護継電器の後備保護でこれを代用し、専用の保護継電器を置いていなかったが、系統の巨大化に伴い、系統保護継電器が整備されるとともに、事故波及防止、安定度向上などの目的から、母線部分のみの差動方式を用いた高速度一次保護方式が確立され、現在では154kV以上の母線には原則的に実施されるに至った。また、66/77kV系はまだ一般的には使用されず、後備保護継電器にたよっているのが現状であるが、重要変電所、たとえば超高圧変電所低圧側とか、多端子電源系統を有する変電所には使用されることが多い。差動式母線保護を考える場合最大の問題はCT飽和による誤動作であり、空心変成器方式、飽和比率方式、位相比較比率差動方式、電圧差動方式が考えられているが、当社では前3者を実用化している。また、一般に母線保護を行なうような変電所の母線構成は2重母線構成であるため、その運用上から分割保護方式と選択保護方式が用いられるが、前者は超高圧変電所など、最重要変電所に設置されるのに対して、後者は経済性、限られた運用条件などを考慮の上、154kV級変電所に用いられる。

1.4 送電線保護

表1.4にわが国における電圧別の保護継電方式の概要を示しているが、これによれば主要幹線はほとんどすべて、パイロット継電方式が次のような理由から採用されている。

- a. 高速度同時シャ断可能
- b. 高速度再閉路可能
- c. 1回線送電時にも問題なし
- d. 隣接区間との協調

なおここでいう主要幹線というのは超高圧系統はもちろんのこと、154kV系および77/66kV系については主として、一次変電所相互間の連絡線および大容量火力連絡線、ループ系などを意味しており、これ以外のものを一般線と称し主として線平衡継電方式がとられる。パイロット継電方式のうちには搬送によるものと表示線によるものがあるが、この両者の選択基準は主として保護区間距離

表1.4 電圧階級別送電線保護継電方式

電 圧	系 統 条 件	主 保 護		後 備 保 護		再閉路	付加する方式
		地 格	短 絡	地 格	短 絡		
275kV系統	2 端 子	搬送	搬送	方向距離	方向距離	単相三相再閉路	脱調ロック
154kV系統	主要幹線	搬送または表示線	搬送または表示線	方向地格	方向距離	必要に応じて三相再閉路	短絡優先 必要に応じて脱調ロック
	一般並行2回線2～3端子	線平衡	線平衡	方向地格	方向距離または方向短絡		
	一般1回線2～3端子	方向地格	方向距離または方向短絡	過電流	過電流		
	ループ	表示線	表示線	過電流	過電流		
77/66kV系統	主要幹線	搬送または表示線	搬送または表示線	方向地格	方向距離	必要に応じて三相再閉路	短絡優先
	一般並行2回線2～3端子	線平衡	線平衡	方向地格または過電流	方向距離または方向短絡または過電流	低速再閉路	
	一般1回線	方向地格または過電流	方向距離または方向短絡または過電流	(過電流)	(過電流)		
	ループ	表示線	表示線	過電流	過電流		

離による経済性によるほかケーブル系統の問題、表示線経路の信頼度から決まるもので、現在20～30km程度が表示線保護方式の経済性限界といわれており、77/66kV系に使用されることが非常に多い。次に後備短絡保護は、主要幹線はすべて方向距離継電方式として保護区間を明確にして事故波及防止を行なっているが、一般回線については従来方向短絡または過電流継電方式が主として使用されていた。しかし、最近のように系統の短絡容量が増加するとともに、ネットワーク化してくると、このような方式では故障除去時間が長くなることによる安定度の低下、整定困難というような場合が出てくるので上位系統への事故波及防止という観点から、電源端すなわち、一次変電所および火力発電所引き出し口送電線には一般に方向距離継電方式が採用されてきている。

最後に送電線保護に対する最近の技術としては、

- (a) パイロット継電方式の多端子系に対する拡張
 - (b) 多重故障対策
 - (c) 多回線肝架系統への適用
 - (d) 自動復旧を目的とした低速度再閉路装置の適用
- などがある。

2. 変 圧 器 保 護

電力用変圧器は変電所における、最も重要な機器の一つであり、事故の及ぼす影響はきわめて大きく、この意味で変圧器保護装置の適用はきわめて重要な問題であるといえる。変圧器が運転中に受けるストレスは、雷や開閉サージなどの過電圧、過負荷や周囲温度上昇などによる高温度、短絡電流による機械力などがあり、変圧器はこれらに対して絶縁的・熱的・機械的に保護してやらなくてはならない。これを保護の目的によって分類したものが、表2.1である。

2.1 変圧器内部故障検出

表2.1のうち、巻線の層間短絡など絶縁事故の発生は系統に及ぼす影響がきわめて大きいので早急なシャ断が必要であり、これに対する保護装置としては電気的には比率差動継電器が、また機械的にはブッフホルツ継電器が使用される。

(1) 比率差動継電器

変圧器巻線保護用比率差動継電器は、発電機用と異なり、次の問題点を考慮したものでなければならない。

- a. 位相角の補正
- b. 電流値の補正

表2.1 変圧器保護装置の分類

保 護 の 目 的		保 護 装 置
絶縁保護	絶縁事故の発生防止	避雷器 保護ギャップ サージアブソーバ
	発生した絶縁事故の拡大を防止するもの	差動継電器 機械的継電器（ブッフホルツ継電器、衝撃圧力継電器その他） 放圧装置
熱的保護		ダイヤル温度計 遠隔温度指示装置 各種温度継電器
機械的保護		過電流継電器 ヒューズ 熱動継電器
運転状態監視		油面計 油流指示器 補機制御装置

- c. 変流器特性の不一致
- d. 励磁突流電流

これらの問題点のうち、継電器として最も重要なものは励磁突流電流に対する誤動作問題である。すなわち変圧器が励磁されるに際して、高調波成分を含んだ励磁突流電流が流れ、あたかも内部事故のごとく見なして動作するという問題であり、これに対して

(a) 電圧継電器および限時継電器の組み合わせによる比率差動継電器の感度低下またはロック

- (b) 直流分抑制
- (c) 高調波抑制
- (d) 第2高調波抑制

の防止法があるが、当社では配変など小容量変電所には、(a)の方式を主として用い、系統用変電所に対しては、(d)の第2高調波抑制形を採用している。すなわち、励磁突流電流波形分析の結果、励磁突流電流の高調波分には、とくに第2高調波が多いことに着目したものでこの分析の一例を表2.2に示している。励磁に対しては第2高調波が圧倒的に多く、内部故障ではこれが非常に少なくなっているとともに、減衰率も各調波によりひどく異なるため、第2高調波成分のみを着目すればよいことがわかる。当社 HUB-2-D 形高速度比率差動継電器はこの原理を使用したもので、昭和35年ごろから多数使用されている。次に変流器の特性としては、HUB-2-D 形の場合、CT タップ電流値の 800 % 電流における比誤差が外部事故の間じゅう 20 % を越えないことが必要であり、これは CT 巻線抵抗を含めた全負担から決まるものである。変圧器事故の場合早急に関連系統を引きはずす必要のあることは前述したとおりであるが、その時間は系統安定度などの点から、線路などの保護継電装置と協調をとる必要があり、系統変電所においては高速度動作形とすることがぜひとも必要である。

HUB-2-D 形継電器はタップ値の 500 % で 65ms 以下であり、これと連動動作する補助継電器も 10ms 以下の高速度形が使用される。

(2) 機械的継電器

ラップホルツ継電器は古くから使用されているが、これは絶縁破壊により2次的に絶縁物や油が分解して、多量のガスを発生するこ

とをとらえたもので、変圧器タップとコンパレータをつなぐ連結管の途中に取り付けられる。

この継電器の特長は、第1段接点により鉄心層間絶縁破壊、鉄心締付けボルト絶縁劣化、1ターン短絡などの微少事故を早期に発見できること、また集積ガスの分析により、ある程度故障個処を推定できることなどであるが、構造的にやや不安定で地震などの際に問題があったが、漸次改良されつつある。

衝撃圧力継電器は、ガス室内圧力と継電器内圧力を均圧穴を通して等しく保つようにしたもので、緩慢な圧力変化に対しては両者の圧力は等しく保たれるが、内部事故で変圧器内圧力が急激に上昇した場合には、均圧穴抵抗のために、圧力伝達に遅れを生ずることを利用したもので、反時限特性を持つとともに、正常時の内圧と関係なく感度を上げ得る。また地震に対しても強く、高い信頼度を有している。

2.2 過電流保護

変圧器の過電流保護は変圧器過負荷・短絡および送電線・母線の後備保護を目的として設置される。

変圧器負荷電流のうちで、最大のものは短絡電流で、変圧器は自己インピーダンスのみで制限される短絡電流に2秒間耐えるよう規格に指定されているが、これより低い電流域においても、熱的・機械的制約から決まる許容時間があり、その1例を図2.1に示す。変圧器はピーク負荷時には定格の150~170%で運転されることもあるので、この領域はむしろ温度継電器または変圧器運転指針によっており、過電流保護継電器は150%程度以上の過負荷に応動するよう整定される。

過電流保護は図2.2の曲線に沿ったものが望ましく、当社では反時限特性を有するCO-8形継電器がこれに最も適している。

一方過電流保護は系統の後備保護もかねており、機器保護と系統保護に要する過電流特性が一致しない場合もあり、とくに変圧器の過負荷運転があらかじめ予想される場合には、系統保護を目的として、反時限定時特性があるいは高速度ラスタイマによる過電流保護が別に行なわれることがある。この場合の過負荷用過電流継電器は1相分のみでよい。

次に過電流継電器の設置点としては、二巻線変圧器では保護範囲を広くするため原則的に高圧側に設け、また三巻線変圧器では一般に高圧側が低圧側、中圧側の総合出力を受け持つので、低圧および中圧側に設ける。

なお、別置き形LRを三次巻線からとるような場合には、LR

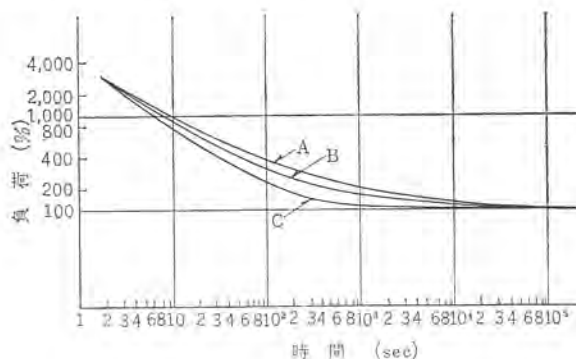
表2.2 励磁突入電流波形調波分析例

	励磁突入電流			内部故障電流	
	1サイクル目	2サイクル目	8サイクル目	CT不飽和	CT飽和
直流分	58	58	58	38	0
基本波	100	100	100	100	100
第2高調波	62	63	65	9	4
第3高調波	25	28	30	4	32
第4高調波	4	5	7	7	9
第5高調波	2	3	3	4	2



図2.1 第2高調波抑制付変圧器比率差動継電器 (三菱 HUB-2-D形)

Fig. 2.1 Second higher harmonic restraint transformer ratio differential relay. (Mitsubishi Type HUB-2-D)



A=変圧器寿命犠牲1%発生ひん度1回/年
B= " " 1回/月
C= " " 1回/日

図2.2 電力用変圧器の過電流耐量特性の一例
Fig. 2.2 Example of permissible overcurrent-time characteristics of power transformers.

専用に別に1組の過電流継電器を設けることもある。

2.3 地絡保護

変圧器回路の地絡保護は、直接接地系の場合には前述の比率差動継電器で検出できるが、高抵抗接地系ではこれが不可能なため、一般には中性点接地抵抗器回路に入れられた過電流継電器により抵抗器とも保護するような連動が組まれることが多いが、これはむしろ抵抗器保護の意味が大きく、場合によっては、中性点抵抗の有無に応じて、地絡方向継電器（CRG-2形またはDGB形）あるいは地絡過電流継電器（COG-2形）が設置されることもある。変圧器三次回路は、通常調相設備および所内回路用として使用されることが多く、一般に非接地系であるため、地絡過電圧継電器（CV-8形）が使用され、警報のみにとどめることが多い。

3. 母線保護

3.1 母線保護と変電所計画

系統の広域連けいは次の二つの理由によって変電所母線保護の採用を常識化した。

(1) 万一の母線事故に対して、高速度の切り離しをおこなわなければ波及効果がきわめて大きい。

(2) 連係の進展にともなって、事故母線の高速度除去さえできれば停電区域を極限できる。

したがって系統変電所の母線は図1.1のように複母線で母線分離用シャ断器を設置することは一般的であり、今後やむをえず母線端子が増大するときは、多重母線あるいは環状母線化を考慮されることも当然考えられる。すなわち建設計画の頭初から系統全系との関連において、変電所母線運用の具体方針が明確であることが最良の母線保護を行なう前提と考えられる。

さらに母線保護を行なうに当っては、次の項目を極力満足するように変電所の計画を立てることが望ましい。

(a) 事故を選択的に切り出すことを必要とする母線の区分ごとにPDまたはPTを設ける。

(b) 各端子には母線保護に使用できるCTまたは空心変成器を少なくとも三相1組、できるだけ三相2組設ける。（分割保護2重方式を採用するにはCTを三相2組用意する必要がある。しかし方式としてはもっとも安全確実で推奨される、2組のうち1組のCTは計器用と併用することが、場合によってはやむをえないものとする）

(c) CTまたは空心変成器の配置は極力保護の盲点の発生を防止するよう考慮する。

(d) CTの送電線保護継電器、とくに負担の大きいもの、零相回路の負担の大きいもの、線平衡保護との併用はできれば避ける。（既設の場合はやむをえないこともある）

線平衡保護とCTを共用するのはCTの極性が制約を受けて複雑になる。

(e) 複母線を分割保護するための母線連絡シャ断器のCTは甲用、乙用別々のほうが望ましい。

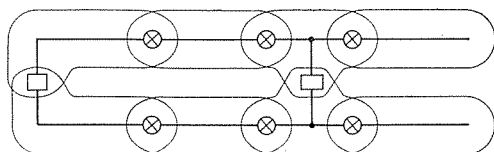


図 3.1 多重母線と保護母線区分の例
Fig. 3.1 Example of multi-bus protection.

もちろん以上の条件がそろわなくても母線保護は可能であり、とくに既設の変電所に適用するさいは種々の対策を用いて問題は克服され十分信頼性ある保護が実用されているが、保守上、実施上の安全性と確実性において以上の条件が確保されることが最良である。

3.2 短絡母線保護方式

系統変電所の母線保護には表3.1のLBB方式とLC方式、また受電端変電所の一部の母線保護にはCA-6方式を用いる。

a. 位相比較比率差動継電器による母線保護方式（LBB方式）

CTを用いるときには、位相比較方式が最も合理的な母線保護方式と考えられる。この位相比較方式は当社が最も早く実用化したものであるが、LBB方式はその経験を活かし、さらに比率差動方式の特長を導入結合して、重要母線保護用に完成したものである。

b. 空心変成器による母線保護方式（LC方式）

表 3.1 三菱母線短絡保護方式

	A (LBB方式)	B (LC方式)	C (CA-6方式)
母線保護 継電器の 原理	①位相比較 ②位相比較比率差動による強力な抑制 ③不平衡直流分抑制を抑制力として利用 ④自身の回路設計	空心変成器使用による問題なし、さらに継電器自体としてはa.飽和変成器による入力制限 b.要素自体のタイミングなどによって安定性をましている	①可変および飽和比率差動 ②飽和補助CTによる直流分阻止 ③差動回路はある程度 $RD > R_2$ ④要素自体のものの安定性
CTが満足すべき 特性	普通形CT使用 通常のCTであれば問題なし DC飽和は抑制力を増加させるので問題なし	専用空心変成器使用 ①空心変成器はOCBなら内蔵可能 ②別置で通常形CTと同じような構造でも製作可能、そのばあいでも他のCTと併置できる	普通形CT使用 最大事故電流CT2次で100A以下であれば、通常のCTで問題なし また、この条件が満足されなくても適用力を考えれば実用は可能で、たとえば最大300Aの母線でも使用された例あり
変成比	変成比の相違を補償するタップ付	専用空心変成器につき問題なし	変成比が相違する場合は別に補助CTを使用する
負担	最小動作値（タップ値） 3.6VA程度	—	3VA以下（ただし差動回路を含まず）
他用途との共用	可 能	不 能	可 能

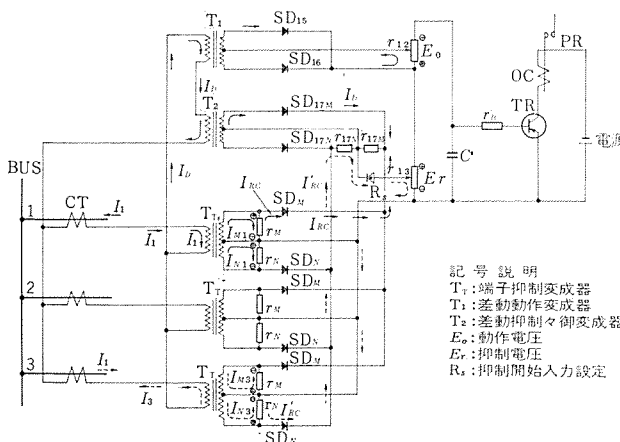


図 3.2 LBB 形位相比較比率差動式母線保護継電器原理
Fig. 3.2 Principle of type LBB phase comparison ratio-differential bus protective relaying.

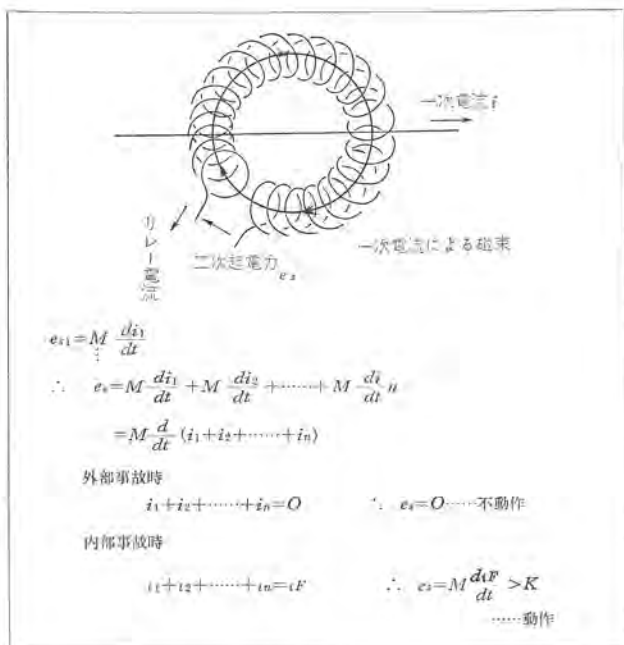


図 3.3 空心変成器による母線保護方式
Fig. 3.3 Principle of air-core coupler bus protective system.

母線保護において最も重要な要素は、母線の構成と運用・CT飽和による誤動作防止の2点であるが、母線の構成と運用については3.1節に述べたとおりである。

CT飽和に対しては、ほかの方式のような対策のほか、この方式では、鉄心を使用しない空心の変成器を使用することによって外部事故時の誤動作の根本的解決を計ったものである。

c. CA-6形比率差動継電器による母線保護方式 (CA-6方式)
標準的な継電器構造によって安全確実な母線保護を行なうものである。

3.3 母線保護装置の構成

母線保護装置は一般に表3.2のように構成する。故障検出継電器は、本来絶対に必要なものといいたいが、人為的ミスによる誤動作防止には不可欠なものとする。また入力装置は補助変成器を収納したものであるが主継電器盤と収容すると保守上便利がよい。

複母線保護を行なうには、表3.3のように分割保護と選択保護がある。表中第3形式は最も簡単な方法であるが、保護時間が若干のびるので一次系統には適当でないと思われる。

最も高速度の選択的な保護は分割保護形式のものであるが、これはさらに次のように分類される。

- 分割保護2重形式
- 分割保護1重形式
- 分割保護1.5重形式

最も信頼度が高いのはいうまでもなく2重形式のものである。

3.4 そのほかの技術的問題点

(1) 母線地絡保護

一般に母線においても、地絡事故が短絡事故よりも多いことは明らかであるが、高抵抗接地系統の母線地絡保護は一般に困難視する向きがないでもない。しかし実際は一相-G事故である限りCT誤差はあくまで静特性的なものであり、単なる残留回路の差動保護によって十分保護は可能である。

ただしその場合の注意としては複数の差動継電器で同一のCT

表 3.2 母線保護装置の主要構成

品 名	説 明	備 考
故障検出継電器	系統内の事故を検出	短絡、地絡
主継電器および入力装置	(1)全母線内の事故検出 (2)ある担当母線区分内の事故検出	短絡、地絡
母線区分選択継電器	(1)選択保護のときに方向継電器あるいは電圧平衡継電器等を用いる (2)分割保護のときは不要	短絡、地絡
引きはずし継電器	一般に母線区分毎に設ける	
断路器補助接点	複母線保護においては必要	一般に1a, 1a1b, 2a
監視、点検装置	必要に応じ点検用電圧計、主継電器単独動作表示警報回路等を設ける	
補助継電器、各種閉閉器		
試験端子		

(注) 実際の各工事、各仕様に適宜変更する

表 3.3 複母線、多重母線の保護方式

	B (LBB方式)	A (LC方式)	C (CA-6方式)
第1形式 (分割母線保護)			
甲乙母線おののに母線継電器を設けDS切換えと同じに変成器二次を切換える方式	可 能	可 能	CT 2次回路直接の切換えにつき好ましくない
第2形式 (選択母線保護)			
甲乙母線全体に対してひとつの差動継電器を設け、母線連絡の電流方向で事故母線を選択する方式	電流方向継電器と組合わせて行なう	電流方向継電器と組合わせて行なう	電流方向継電器を標準として組合わせて選択
第3形式 (選択母線保護)			
甲乙母線全体に対しひとつの差動継電器を設けこれが動作すると母線を分離し電圧差により事故母線判別する方式	可 能	可 能	可 能
第4形式 (多重母線保護)			
3以上の区分された母線の自由な運用に対し、つねに完全な選択性をもたせた方式	BP361方式として別に標準化されている		

(注) 第2形式は初めからブスタイ開の場合、甲乙母線の不足電圧継電器あるいは電圧平衡継電器で選択するシーケンスをふくんでいる。

回路を共用しないことと、残留回路のCT負担が過大でないことである。また3次回路を用いることは推奨しない。

図3.4はLBC形母線継電器による複母線保護回路図である。空心変成器式の場合はトランス型形のLC-6形母線継電器を用いる。

(2) 変圧器差動継電器との関係

変圧器端子で87TとCTを共用する際は、次の項目に注意を要する。

(a) △接続との関係

(b) 変圧器側事故時の87T端子電圧によるCT誤差電流の発生

(c) 補助CTを追加するためのCT負担増加

(d) 地絡保護の可否

なおとくに(b)について異相地絡時の影響を考慮すべきである。

(3) 多重事故

複母線の両側に同等の電源があり、片母線内部a相地絡、他の母線外部b,c相地絡のような事故で、無事故母線側の母線継電器が最も過酷な条件を受ける。このような条件で安全を期するもっともよい方法は母線連絡用遮断器のCTの複数の母線継電器による共用をできればやめ、また残留回路のCT負担を小さくすることであるが、それができないときは別の対策をたてねばならない。

(4) 既設CTを用いた母線保護

既設CTは一般に特性の十分でないものや、CT負担が過大なものをふくんでいることが多い。このような場合にはそのような

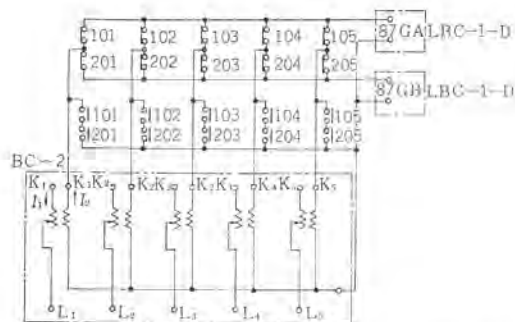


図 3.4 残留回路電流による母線地絡差動保護方式
(複母線分割保護の場合を示す)

Fig. 3.4 Bus ground differential protection using
current transformer secondary residual circuits
(case of double bus protection).

条件の影響が出ないように装置のほうで処置する必要があるが、当社の場合すでに多数の実績を有しており、たいいていの母線の保護は行なうことができる。

4. 搬送保護

系統用変電所は、他の電気所と異なり、電力系統の結び目であるとともに、他の小さなブロック系統あるいは特高需要家に対する送電端でもあるため、引き出される送配電線数は非常に多く、1組の母線から、20回線にいたるものもある。このため、変電所における送電線保護装置の占めるウエイトは実に大きなものがあり、継電方式が決定した場合、これの機能をよりよく発揮するためには、組み合わせられる付帯設備もよく協調のとれたものでなければならない。これは搬送保護に限ったことではなく、いずれの継電方式に対してもいえることで、以下においてこれに関する一般的な問題点をあげておく。

(1) CT

CTの仕様を決める場合、継電方式の高度化に伴う消費VAの増加、系統安定度から要請されるあらゆる区間の高速度シタ断とそれに伴う保護範囲の明確化と盲点の問題、および特定装置点検時の無保護状態の発生などである。

これらの問題を解決するためには、各用途別に必要な容量をもつ専用CTを設け、これを盲点をなくするように互いに重ジョウ(畳)させて使用することが望ましく、計器用、送電線リレー用、母線保護用の3組にわけ、あとの2組は互いに重ジョウし合うよう設置されるのが実情であり、母線保護に2組のCTを用いる場合は、計器用と兼用させることも多い。

諸般の事情からこのようなCT配置ができない場合には、CT自体の容量はもちろん、保護継電器盤においても特定装置の点検が他の不動作に直結せぬよう十分注意する必要がある。なお、シタ断器が油入形である場合、プッシングCTを使用すればきわめて経済的であるが、シタ断器に内蔵できるCTには限度もあるので、この点の検討は必要である。

(2) PD (PT)

各母線ごとに設置されるPDもCT同様、その容量については継電方式と大いに関係がある。とくに変電所の場合、初期においては送電線数もきわめて少なく、あまり問題にならないが、最終形態としては膨大なものになることが多いので、容量的な検討が必要であるとともに、甲、乙母線PDの負担分担、あるいはPDヒューズ断線時の距離継電器誤動作防止対策、およびLRなどを用

いた母線電圧の管理方式からみた計器用と継電器用の分離なども考慮する必要がある。

(3) シタ断器

再閉路方式との関連事項はもちろんのこと、欠相検出、空気圧、補助接点の用法、個数、トリップ回路などシタ断器形式との関連において検討しなければならないことは多い。

(4) 制御電源

いわゆる直流制御電源(DC 110V)はあまり問題にならないが、搬送セット用として無停電電源を別に用意する場合、電圧、容量、台数については他の諸設備、たとえば配電盤用表示灯、通信用なども合わせて経済的なものとしなければならない。また、電源の分割方式も継電方式の特長をより生かせられるよう考慮しなければならない。

(5) 故障表示と警報

故障表示、警報の技術自体は継電方式と直接関連はないが、運転と直結するため、当初から表示システムを明確にしておくことが必要で、増設、あるいは異なった製作者などによる無用の混乱をきたさぬようにしなければならない。

(6) 運用と試験

故障表示同様、継電方式自体を左右するものではないが、たとえばロックスイッチの操作と表示、PD切り換えスイッチとの関連事項、あるいは、装置自体の試験方法について当初からシステムを明確にしておく必要がある。

さて搬送保護継電方式には位相比較方式と、方向比較式の両者があるが、方向比較式が最近では一般的に使用されており、当社でも、昭和35年ごろから、超高压の各相位相比較などの特殊用途を除いて方向比較式を標準的に採用しているので、以下高低抗接地系における方向比較式について、その概要を述べる。

4.1 方向比較式の動作原理

当社では特殊な系統条件、故障条件に対しても適用できる「打返し方式」を標準的に採用している。この方式の特長は受信継電器(85)が相手端搬送波のみを受信し、自端搬送波を受信しないこと(自己受信阻止)を利用して、内部故障時故障電流が1端のみから供給される場合の保護を確実に行なうよう考慮されている点にある。なお、この場合の周波数配置は図4.3および表4.1のとおりであり、通常 $f_{AB}=500\text{c/s}$ 、 $\Delta f=150\text{c/s}$ 、 $T_B=700\text{ms}$ が使用される。

4.2 方向比較式の特長(高接地抵抗系)

当社搬送保護継電装置の共通的な特長を要約すれば次のようになる。

- (1) 打返し方式(異周波方式)の採用
- (2) 異周波方式のためキャリアビートによる誤動作がない
- (3) 非電源端対策が確実にとれる
- (4) 多端子系への適用に適している
- (5) 相手端局を含む点検方式(打返し方式)の採用
- (6) 必要に応じて地絡回路について全端子対称構成(全端子非電源回路を用意)が可能である。

表 4.1 応動時間と周波数帯域幅との関係

Tc.s (ms)	Δf (c/s)	fc.s (c/s)
5	200	600
7	150	500
10	100	300

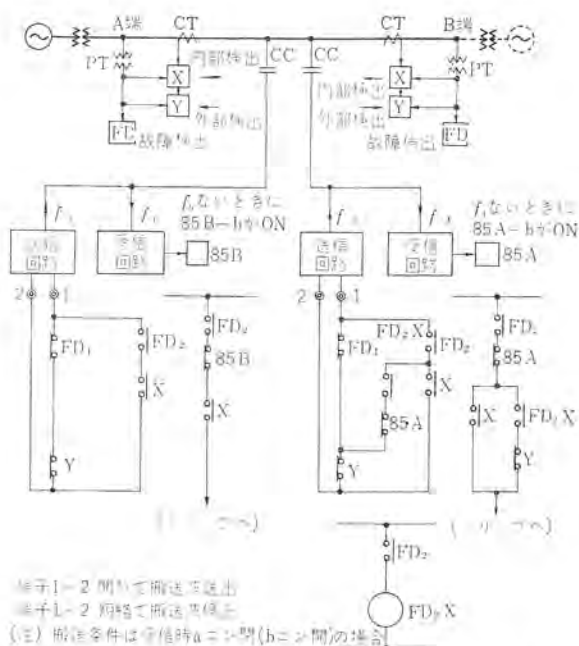


図 4.1 2端子系搬送保護継電装置原理

Fig. 4.1 Principle of carrier protective relaying of two terminal system.

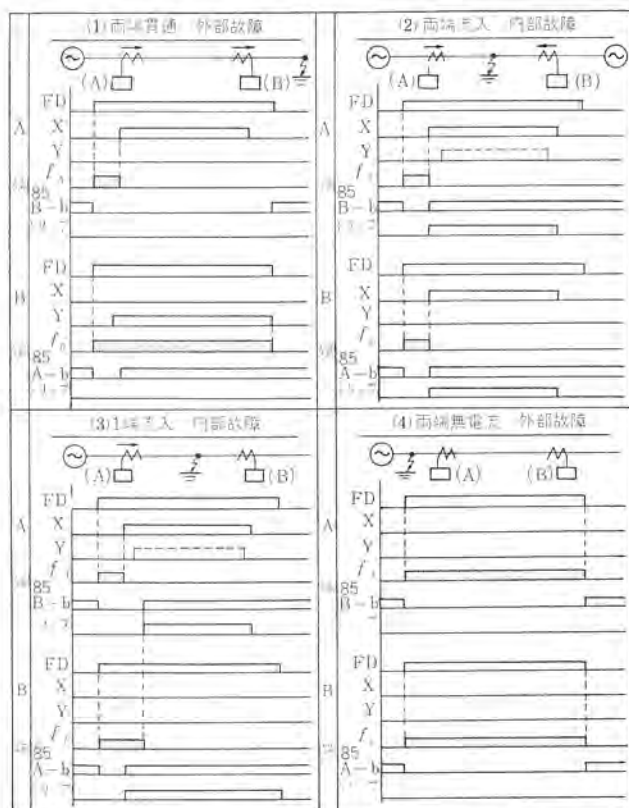


図 4.2 2端子系搬送保護継電装置原理動作

Fig. 4.2 Time charts of carrier protective relaying of two terminal system.

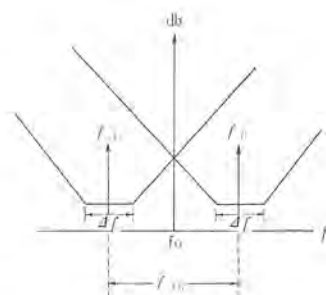


図 4.3 周波数配置
Fig. 4.3 Allocated frequency of carrier.

- (7) 故障電流反転対策が確実にとられている
- (8) 非電源扱い端子の運用上の問題を解決している

4.3 適用上の問題点吟味

2端子系に搬送保護方式を適用する場合共通的に検討、吟味しなければならぬ事項を要約すれば次のとおりである。

(1) 短絡故障検出 (27H, 27L) の整定

区間内故障時における 27H, 27L 設定点の電圧、電流を次式からもとめ、電流補償の要否を決定する。

$$I_c = \frac{E/\sqrt{3}}{Z_g + Z_l} \quad (4.1)$$

$$V_c = \frac{E}{Z_g + Z_l} Z_l \quad (4.2)$$

E : 線間電圧

Z_g : 背後インピーダンス

Z_l : 区間インピーダンス

I_c : 故障電流

V_c : 故障電圧

一般に 27H は最小運転電圧を考慮して 85~90V に、また 27L は電流補償を施さない場合には動作速度を考慮して、内部故障時最大電圧の 150% 程度とする。

(2) 非電源対策を施した場合の 27H, 27L, 44SO (短絡外部) の整定

対称構造の場合、いずれか 1 端の 27L が動作するときは他端の 27H が動作しているか、または自端の 44SO が働くことが条件であり、いずれの端子においても下式を満足する必要がある。

$$(\text{負荷インピーダンス}) > 44SO \text{ の整定} > (27H)/(27H-27L) \times (\text{線路インピーダンス}) \quad (4.3)$$

(3) 44SI (短絡内部), 51H (ストップ) の整定

一般に 44SI は区間内部異相地絡時の検出能力を上げるために区間インピーダンスの 250% 以上に選定する。しかし、保護区間が極端に短い場合には確実な動作スピードが期待できるように 2~3Ω 程度とする。また 51H の整定は下式により求められる区間最小故障電流の 75~50% 程度とする。

$$I_{\lambda} = \frac{E_{\lambda}}{Z_g + 1/2 Z_l} \times \frac{1}{2} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (4.4)$$

4.4 最近の技術

(1) 多端子系への拡張

多端子送電線に保護継電方式を適用する場合、

- a. 系統構成の変更
- b. 故障回路から故障電流流出現象
- c. 分岐点設定
- d. 不平衡分岐または不平衡流出

などを考慮しなければならない。

a. 系統構成の変更としては電源端扱いの変更および休止端の存在などがあるが、これに対してはスイッチ操作により簡単に対処できる。当社では電源端選択方式をとっているが、この方式では非電源端扱いの端子が任意に休止端となっても、スイッチ操作が不要であるため休止端から全端への連絡操作を必要とする休止端操作方式よりもすぐれたものといえる。

b. 故障回路より故障電流流出の現象は図 4.4 のとき構成の場合起こりうるので運用上注意しなければならない。

c. 分岐点誤差の問題は距離継電器の測定インピーダンスが延びること、故障検出が困難になるという問題がある。図 4.5 に 3

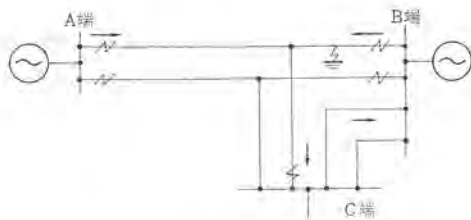


図 4.4 流出端ある故障の例
Fig. 4.4 Example of inner fault with current exit.

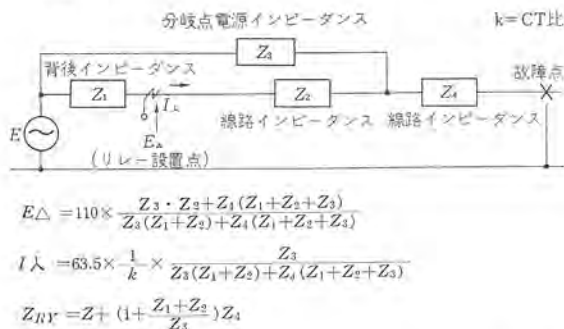


図 4.5 分岐点 (3 端子) ありの電圧、電流、インピーダンス
Fig. 4.5 Relation among voltage, current and impedance at multiterminal system.

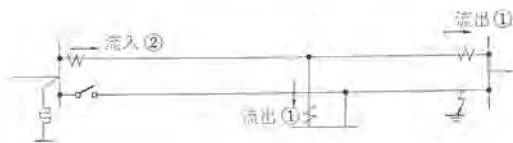


図 4.6 不平衡流出例説明
Fig. 4.6 Example of unbalance current exit.

表 4.2 KZD-4 形継電器入力導入

相	基準コイル	動作	コイル
A	E _{BC'}	1 号検出	$E_a = \frac{-Z[(I_a - k'I'a) + k'(I_b - I'b')]}{-Z[(I'a - k'Ia) + k'(Ic - I'c)]}$
		2 号検出	
B	E _{CA}	1 号検出	$E_b = \frac{-Z[(I_b - k'I'b) + k'(Ic - I'c)]}{-Z[(I'b - k'Ib) + k'(I'c - Ic)]}$
		2 号検出	
C	E _{AB}	1 号検出	$E_c = \frac{-Z[(Ic - k'I'c) + k'(Ia - I'a)]}{-Z[(I'c - k'Ic) + k'(Ia - I'a)]}$
		2 号検出	

$I_a, I_b, I_c \dots 1$ 号線電流
 $I'a, I'b, I'c \dots 2$ 号線電流

端子系のリレー設置点における電圧・電流・インピーダンスを示しているが、適用にあたってはこの計算を行ない、整定を十分検討しておく必要がある。

d. 不平衡流出の例としては、図 4.6 をあげることができる。この対策としては、外部検出の感度を内部検出の 2 倍以上に選ぶことにより解決している。

(2) 多重故障対策

2 回線送電線で、両回線にまたがる多重故障の際、一般の搬送リレーでは両回線とも χ 断してしまうが、最近両回線にまたがる多重故障の際、表 4.2 のごとき動作を行なうものが作られている。この根本思想は、短絡回線優先、進み相優先、指示回線優先のいわゆる優先 χ 断を行ない、しかも両回線とも短絡故障の場合には必ず両回線とも χ 断するとともに、片端電源の場合でも、これを満足するものであり、再閉路動作と組み合わせて、両回線故障でも無停電送電を可能にするものである。この目的のために

系統用変電所の保護継電装置・森・長町

KZD-4 形継電器が使用される。

(3) 零相循環電流対策

零相循環電流対策の必要性は異系統を同一鉄塔に併架することにより起因するものであり、キャリアリレーにおいてこれが問題となるのは、誤動作することではなく不動作となることである。すなわち零相循環電流により内部故障にもかかわらず流出現象が起り、 χ 断不能をきたすことである。この対策としては方向判定による内外を検出させている方向比較の考え方になんらかの差動方式を加味する必要がある。すなわち、故障回線は必ず | 流入電流 | > | 流出電流 | であり、しかもこの差は NGR 電流に等しいということに着目して当社では打返し方式を適用し、周期伝達方式の採用によりこれを具体化している。この方式は有効零相電流 $I_0 \cos \theta$ の大きさにより、これに関連する周期 (周波数) を搬送波を用いて相手端に伝達し、相手端周期と自端周期の差を検出するもので、模擬送電線によるテストの結果では NGR 電流 100A、循環電流 300 A の系統でも確実に正動作するとともに循環電流発生相と故障相が違っても所要の動作をすることが確認されている。

4.5 搬送保護用特殊継電器

主要継電器は 6 章に記載のものとほとんど同一であるための省略し、キャリア専用継電器についてのみ、表 4.3~4.5 に示す。

表 4.3 搬送受信継電器選択

選択基準	形名	定格	備考
端子数 2、受信条件 A (受信で閉)	TPC-2A-N 形搬送継電器	DC 110V	受信リレー 3 個動作表示器 2 個入り
受信条件 B (停止で閉)	TPC-2B-N 形搬送継電器	同上	同上
端子数 3、受信条件 A (受信で閉)	TPC-3A-N 形搬送継電器	同上	受信リレー 6 個動作表示器 2 個入り
受信条件 B (停止で閉)	TPC-3B-N 形搬送継電器	同上	同上

表 4.4 短絡故障検出継電器選択

選択基準	器具番号	形名	定格	備考
電流補償不要のとき	27H	KVA-1-D 形故障検出継電器	AC 110V 80-95V	27L 27H op E _a
	27L	KVA-2-D 形故障検出継電器	AC 110V 65-80V	
電流補償必要のとき	27H	KVC-3-D 形故障検出継電器	AC 110V, 5A 75V-90V	27L op E _a
	27L	KVC-2-D 形故障検出継電器	AC 110V, 5A 65-80V	

表 4.5 地絡継電器選択

選択基準	器具番号	形名	定格	備考
短絡リレーなみの高速度 (30ms) を要する時	64H 64L	1 KVB-2-D 形地絡故障検出継電器	AC 110V 25-50V	64H 64L 67GI 67GO V ₀
	67GI	1 KDG-D 形地絡方向継電器	AC 110V 2A 0.1-0.5A	
	67GO	1 同上	同上	
70ms 程度のスピードでよい場合または PC+NGR 系の場合	64H	1 KV-D 形電圧継電器	AC 110V 25-35V (27L 20-50V)	64H 64L 67GI 67GO V ₀
	64L	1 同上	同上	
	67GI	1 DGB-D 形 (注) 地絡方向継電器	AC 110V 0.15-0.6 27L 20-25-3.0 または 0.5-2.0	
	67GO	1 同上	同上	

(注) 必ずしもコンダクタンス特性を必要としないときは DGB-2-D 形とする
この場合は V_0 は上記の V_0 と異なる



図 4.7 短絡故障検出継電器(三菱 KVC-3-D形)
Fig. 4.7 Phase short circuit detection relay with current compensation (Mitsubishi Type KVC-3-D).

5. 表示線保護

次の条件が満足される際には、表示線を利用したパイロット継電装置が用いられる。

(1) 重要回線で両端同時トリップが必要であり、かつ以下のいずれかに該当するとき

- (a) 短距離で表示線を新設しても経済的なとき
- (b) やや長距離 (20~40 km) でも既設表示線を使えるとき
- (c) 多回線併架による零相誘導電流対策として表示線継電器が適当と認められるとき

(2) 重要ケーブル回線を保護するとき

当社の標準形表示線継電装置である HCB 装置はすでに以前から多数の実績を有し、信頼度の点でも、保守の容易な点でも好評を得ているものである。

5.1 HCB 形表示線継電装置の原理

短距離送電線を距離継電器で保護しても故障点のアーチ抵抗の影響が大きく十分ではない。このような送電線を確実に保護するには差動保護方式を適用する以外にない。

短距離送電線を表示線を用いて差動保護するには、通常比率差動形継電器と転送トリップによって行なうことも考えられる。しかしこれに以下の実状を考慮するならば当然図 5.1 のような HCB 装置の原理に到達する。

a. 送電線両端の各電気所に Δ 断器があり、内部事故を両端で同時に判断して同時にトリップ付勢する継電方式が望ましい。

b. CT 二次導線が電気所外に引出され、また相当長くなるので、外部誘導に対する対策と表示線定数の影響への考慮、および表示線事故で破損しないなどの考慮が必要になる。

図 5.2 は標準的な HCB 形表示線継電装置の接続図を示す。

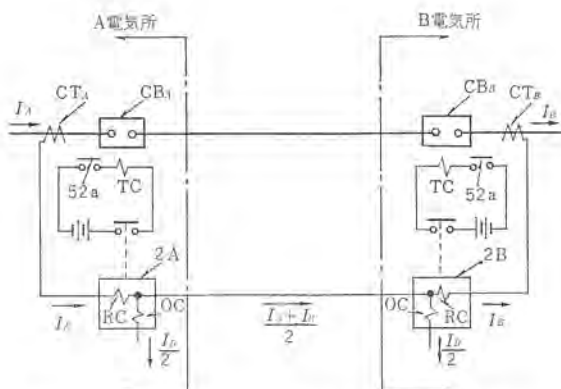


図 5.1 短距離送電線の表示線による差動保護方式
Fig. 5.1 Pilot wire relaying of short transmission line.

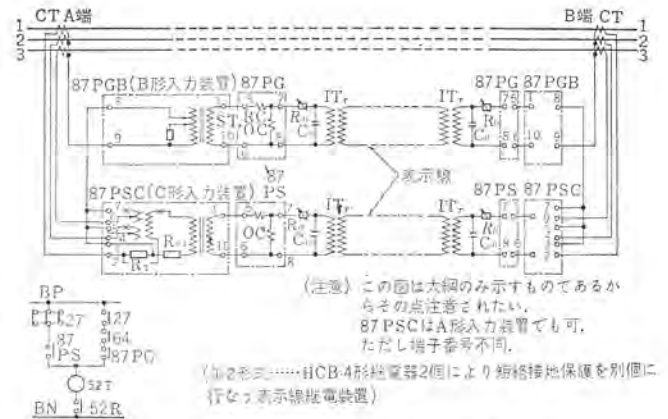


図 5.2 HCB-4 形表示線継電装置接続例

Fig. 5.2 Example of type HCB-4 pilot wire protective relaying.



図 5.3 HCB-4-D 形表示線継電器

Fig. 5.3 Mitsubishi type HCB-4-D pilot wire relay.

5.2 HCB 形表示線継電装置の構成と特長

HCB 装置は一般に、

故障検出装置

主継電器および入力装置

絶縁変圧器

そのほか付属装置

表示線監視装置

からなり、その特長の大きいものを列挙すれば以下のとおりとなる。

(1) 保護区間のすべての短絡、地絡事故を全端子同時に Δ 断できる。

(2) 片端電源時にも全端子同時 Δ 断ができる。

(3) 容易に、また設計変更なしに 3 端子保護ができる。

(4) 抑制コイルを有し、かつ飽和変成器のおかげで動作はきわめて安定であり、外部事故における誤動作のおそれはまったくない。比率特性を図 5.4 に示す。

(5) 動作 VA が小さく、変成器誤差を小さく押えるほか、高抵抗接地系統で十分な感度が容易に得られる。

(6) 直流分やパルスあるいは高調波などに対して動作感度がきわめて低いので、ケーブル系統の保護に使用できる。

(7) 各構成部品は完全に標準化され、十分な互換性をそなえている。

(8) 表示線定数に特性が影響されない。

(9) 必要に応じて付加できるような表示線監視標準方式を有している。

5.3 HCB 形表示線継電装置の適用

HCB 形装置の適用法を図 5.5 に示す。

高抵抗接地系統には II の形式を、直接接地系統には III の形式を用いる。インピーダンス接地のケーブル系統には、II の形式に次項に述

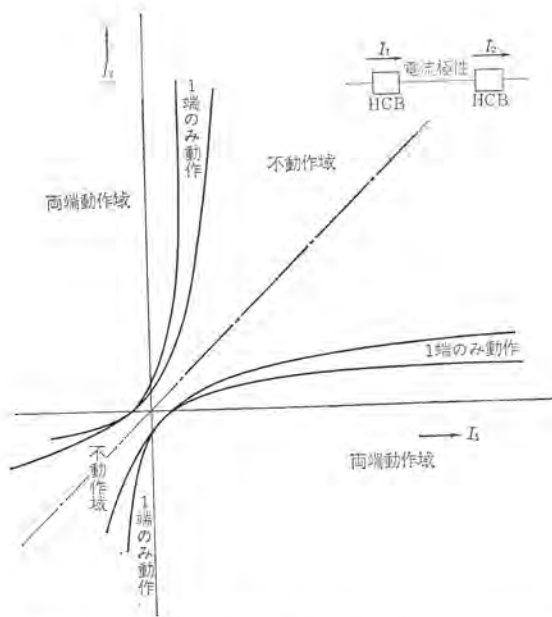


図 5.4 HCB-4 形表示線継電装置 2 端子差動特性例
Fig. 5.4 Typical saturable differential characteristics of type HCB-4 pilot wire relaying.

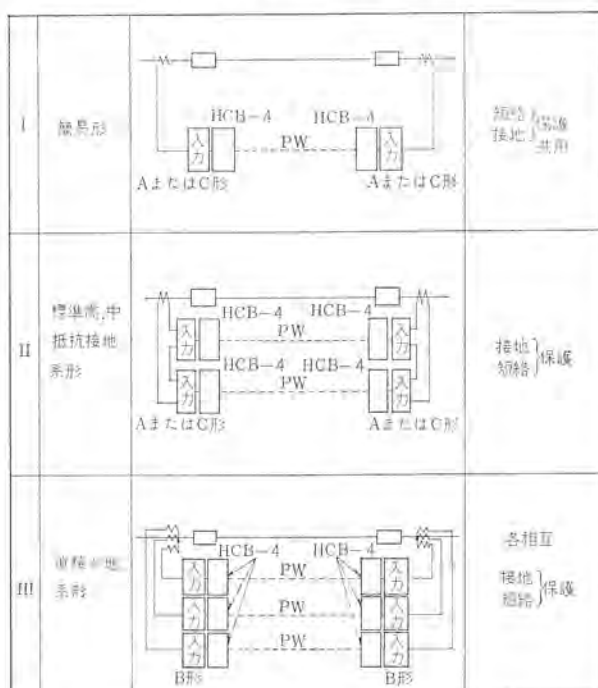


図 5.5 三菱表示線継電装置の適用法
Fig. 5.5 Application of Mitsubishi pilot wire relays.

る充電電流補償装置を追加して用いる。

5.4 ケーブル系統保護

ケーブル系統の充電電流は、外部地絡時に表示線継電器にとって見かけ上の差動電流となるため、単なる架空線用表示線継電器では信頼性ある動作を期しがたい。

このようなケーブル系統保護用表示線継電方式としては、

- (1) 充電電流補償差動方式
- (2) 有効分差動方式
- (3) 方向比較方式

が考えられたが、(2)、(3)を整理し、三者のうちで最良と思われる(1)の充電電流補償差動方式を標準とした。

図 5.6 は充電電流補償方式の原理図で、区間内充電電流を I_c 、系統用変電所の保護継電装置・森・長町

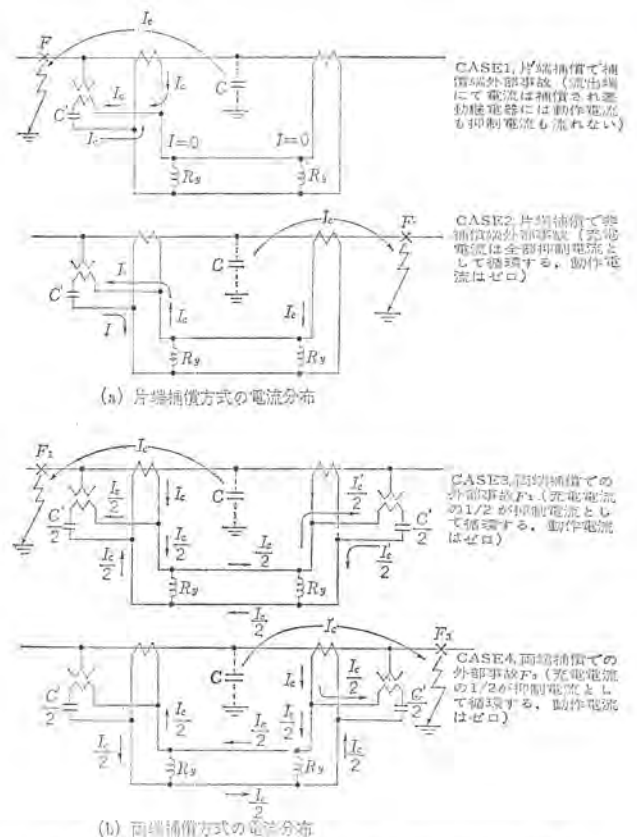


図 5.6 充電電流補償式 HCB 形表示線継電装置の原理
Fig. 5.6 Principle of cable charging current compensating pilot wire differential relaying.

零相電流を V_0 、1 相対大地充電容量を C とすれば、

$$I_c = j3\omega C V_0 \dots \dots \dots (5.1)$$

の関係があるから、 V_0 を補償装置のコンデンサ C' に印加し、 V_0 に比例し I_c と同位相の電流 I_c' を得て、 I_c' で I_c を補償すれば通常の差動保護を安全確実に動作せしめることができる。

したがって架空線用の HCB 形表示線継電装置にも NC 形充電電流補償装置を追加するのみでケーブル保護に用いることができる。

5.5 表示線保護のその他の問題

(1) 多重事故対策

短絡保護には表示線を一對ですますため $1I_a + mI_b + nI_c$ と混合によって単相電流に変換して差動接続しているため、一部の事故で不動作の可能性がある。これに対しては残留回路に瞬時要素をおいて容易に対策をほどこすことができる。

(2) 多(他)回線併架時循環電流対策

差動形式の継電器は併架によって零相第二回路に循環電流があっても、内部事故に対し保護能力を持ち得るので、HCB 形表示線継電装置を比較的長距離の送電線保護にさえ用いられた例がある。

(3) 表示線監視方式

表示線回路に数 mA 以下の直流を重ジョウして常時監視を行なう、これの詳細は別の資料によるものとする。

6. 線平衡保護

最近の電力系統拡大、サービス向上に伴って、66/77 kV 系送電線の保護継電装置には、従来に増して信頼性および選択性の高いものが要求されていることは周知のとおりであるが、既設設備の性能性向上のための取り換えによるスペース上の制約、および既設継

電方式との協調を計る必要がある。

6.1 標準形式

以上のごとき相反する要求をともに満足する当社方式を吟味集約したものを表 6.1 および表 6.2 に示す。

これらの形式のうちもっとも多く実績を有するものは第 1、第 3、第 8 形式である。

6.2 特長

前記各形式について共通的な特長を要約すれば次のとおりである。

(1) インピーダンスバース方式。

モータイクのリレーを使用することにより、インピーダンス検出と方向検出とを兼ね備え、同時に電圧抑制の効果をもたせ得る。

(2) 選択地絡リレーの適用に留意している。

表 6.1 三菱バースリレー標準形式

形 式	HSS	HSG	短絡後備	地絡後備	型 番	適用要項
第 1 形式 (LP-204)	○	○ (短絡優先付)		HDG+TL	700 2 面	重要設備に 過電圧に 過電流に 過電圧に 過電流に
第 2 形式	○	○ (短絡優先付)		HDG+TL	700 2 面 または 800 1 面	同上 ただし、 適用として は、 の適用可 能の場合
第 3 形式	○	○ (短絡優先付)		HDG+TL (500V 使用 の場合もある)	700 (600) 1 面	100V/60kV 保護
第 4 形式	○	○ (短絡優先付)		HDG+TL 2 面 2 相の OCG付	700 (600) 1 面	同上 短絡後備 付
第 5 形式 (LP-205D)	○	○		HDG+TL	700 (600) 1 面	HSS を短絡 として代用 可能にす る
第 6 形式 (LP-205)	○	○		HDG+TL	700 (600) 1 面	同上 ただし、 適用として は、 の適用可 能の場合
第 7 形式 (LP-201)	○	○		HDG+TL (500V 使用 の場合もある)	700 (600) 1 面	重要設備に 過電圧に 過電流に 過電圧に 過電流に
第 8 形式	○	○ (短絡優先付)		HDG+TL (500V 使用 の場合もある)	700 (600) 1 面	200V 以下 の電圧に 適用可能

表 6.2 各方式主要器具一覧

用途	形式	第 1 形式	第 2 形式	第 3 形式	第 4 形式	第 5 形式	第 6 形式	第 7 形式	第 8 形式
選択短絡 { 150S } { 250S }		2×KDA-D形 短絡方向継電器 2-20Ω	同 左	同 左	同 左	—	—	2×KDA-D形 短絡方向継電器	同 左
選択地絡 { 150G } { 250G }		2×DGB-D形 地絡方向継電器 0.15-0.6A { 0.25-1.0A } { 0.5-2.0A }	同 左	同 左	同 左	2×DGB-D形 地絡方向継電器 0.15-0.6A { 0.25-1.0A } { 0.5-2.0A }	同 左	同 左 { 2×CWP-2-D } { 形の場合もある }	同 左
短絡後備 または回線別		6×KKS-64-D形 短絡方向継電器 0.25-2.5Ω 2×KZA-2D形 短絡方向継電器 (微少オフセット付)	2×KDA-D形 短絡方向継電器 2-20Ω 2×KDB-D形 短絡方向継電器 2-20Ω	2×KDA-D形 短絡方向継電器 2-20Ω	同 左	6×KMS-1-D形 短絡方向継電器 0.25-2.5Ω 2-20Ω { 0.5-5Ω } { 3-30Ω }	4×KDA-D形 短絡方向継電器 2-20Ω 2×KDB-D形 短絡方向継電器 2-20Ω (微少オフセット付)	6×CZ-2-D形 電圧抑制付 過電流継電器	6×COR-D形 電圧抑制付過電 流継電器
後備地絡 { 167G } { 267G }		2×DGB-D形 地絡方向継電器	同 左	同 左 または 2×CWP-2-D形 誘導形電力継電器	第 1 形式と同じ	1×DGB-D形 地絡方向継電器 1×TR形 TCT 付 5+5/10 25VA	同 左	第 5 形式と同じ または 2×CWP-2-D形 誘導形電力継電器	2×COG-2-D形 過電流継電器 0.25-1A
短絡優先用 (27)		1×SFU-2-D形 3相不足電圧継電器 40-80%	同 左	同 左	同 左	—	—	—	—
距離継電器 ストップ用 { 51 } { 151 } { 251 }		3×LOA-3-D形 過電流継電器 1-5A	同 左	3×IT-3C形 過電流継電器 4-12A (2-8A)	同 左	2×IT-3C形 過電流継電器 4-12A (2-8A)	同 左	1×LOA-3-D形 または 1×IT-3C形	同 左

- (a) 振動、衝撃などによる不要動作
- (b) 過大入力問題
- (c) 高調波過渡入力による不要動作

など、いずれに対しても十分考慮が払われている。

(3) 最も確実なインターロック方式の採用。

インターロックの復帰時限特性付加の責務は、パレットスイッチ開放までである点に着目した独自の方式がとられている。

(4) 短絡後備保護に柔軟性をもたせている。

とくにリアクタンスリレーと モーリレー との接点協調問題を合理的に解決している。

(5) 短絡優先を原則的にかけている。

(6) 盤面スペースの縮小を計っている。

6.3 適用上の問題点吟味

(1) インピーダンスリレーの適用基準

図 6.4 に示しているように、負荷端、電源端および両端電源のいかに関係なく、線路インピーダンスの 250 % 以上に整定すれば、区間内 80 % の選択能力を有することになる。

(2) 選択地絡リレー整定基準

図 6.5 に示しているように、NGR 電源が自端または相手端の



図 6.1 短絡距離
継電器
(三菱 KZ-6-D)
Fig. 6.1 Phase
short circuit distance
relay (Mitsubishi
Type KZ-6-D).



図 6.2 方形特性
距離継電器
(三菱 KKS-65-D 形)
Fig. 6.2 Distance
relay with rectan-
gular characteris-
tic (Mitsubishi Type
KKS-65-D).



図 6.3 地絡方向
継電器
(三菱 DGB-D 形)
Fig. 6.3 Directional
ground relay
(Mitsubishi Type
DGB-D).

いずれにあっても、両者の合成電流を I_{NGR} とし、80%故障におけるリレー電流値が使用タップの200%以上になるように選定する。

(3) 零相循環電流対策

多回線併架送電線で零相電流が問題となるところでは、外部故障発生の際SGリレー誤動作することが起こりうる。これに対して継電方式的にはSGリレーの整定変更などにより解決しているが、必要に応じて両回線と電流で働くリレーを追加して、零相循環電流を発生させている併架系統を分離させるなどの対策を施している。

6.4 多重故障対策

(1) 優先選択継電器

従来の送電線保護継電器は同一回線、同一地点の故障を対象に設計製作されたものであるから、両回線にまたがる多重故障では両回線シャ断となり、再開路装置を併用していても再開路不能と

なる。一方送電線事故は、いわゆる異相地絡が意外に多く、もし両端で1号線のみをシャ断し、故障除去後再開路し、しかるのち2号線故障シャ断再開路を行えば、常にいずれか1回線で系統連繫は保たれ、電力供給が確保できる。

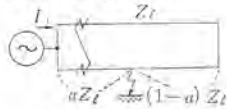
当社KZD-3形優先選択継電器は電氣量として表6.3に示すように相手回線電流を導入し、

表 6.3 優先選択継電器入力導入

相	基準コイル	動作コイル
A	-Ec	1号検出 2号検出
		$E_{ab} - Z \{ (I_a - I_a') - K(I_b - I_b') \}$ $- Z \{ (I_a' - I_a) - K(I_b' - I_b) \}$
B	-Ea	1号検出 2号検出
		$E_{bc} - Z \{ (I_b - I_b') - K(I_c - I_c') \}$ $- Z \{ (I_b' - I_b) - K(I_c' - I_c) \}$
C	-Eb	1号検出 2号検出
		$E_{ca} - Z \{ (I_c - I_c') - K(I_a - I_a') \}$ $- Z \{ (I_c' - I_c) - K(I_a' - I_a) \}$

E_a, E_b, E_c : 相電圧
 E_{ab}, E_{bc}, E_{ca} : 線間電圧
 I_a, I_b, I_c : 1号線電流
 I_a', I_b', I_c' : 2号線電流
 K : 0.5

(1) 片端電源電源端



$$I_f = I_s \left\{ \frac{2-a}{a+(2-a)} - \frac{a}{a+(2-a)} \right\} = (1-a) I_s \dots (1)$$

$$V_{lf} = aZ_l \left\{ \frac{2-a}{a+(2-a)} I_s \right\} = \frac{(2-a)a}{2} Z_l I_s \dots (1)$$

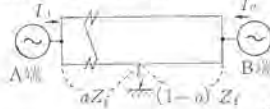
(2) 片端電源非電源端



$$I_f = I_s \frac{1-a}{(1-a)+(1+a)} = (1-a) I_s \dots (2)$$

$$V_{lf} = aZ_l \left\{ \frac{1-a}{2} I_s \right\} = \frac{a(1-a)}{2} Z_l I_s \dots (2)$$

(3) 両端電源A端側



$$I_f = (1) + (2) = (1-a) (I_s + I_a)$$

$$V_{lf} = (1) + (2) = \frac{a}{2} Z_l \{ (2-a) I_s + (1-a) I_a \}$$

$$\therefore Z_{RY} = \frac{V_{lf}}{I_f} = \frac{aZ_l \{ (2-a) I_s + (1-a) I_a \}}{2(1-a)(I_s + I_a)}$$

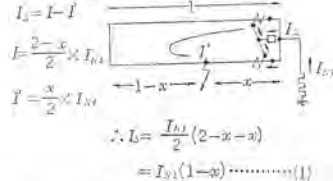
$$= \frac{a}{2(1-a)} Z_l \left\{ (2-a) - \frac{1}{1 + \frac{I_s}{I_a}} \right\} \dots (3)$$

(注) (1)の場合 $I_B = 0$ $\therefore Z_{RY} = \frac{(2-a)a}{2(1-a)} Z_l$

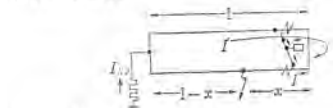
(2)の場合 $I_A = 0$ $\therefore Z_{RY} = \frac{a}{2} Z_l$

図 6.4 インピーダンスバランスリレーの整定
 Fig. 6.4 Setting of impedance balanced relay.

(以下CT誤差を無視して考える。
 故障位置を) $I_f = I - I'$



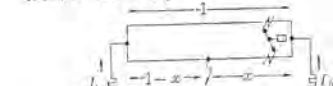
【故障位置を】



$$I_f = I - I'$$

$$I = I' = \frac{1-x}{2} \times I_{f2} \therefore I_{f2} = I_{f2}(1-x) \dots (2)$$

【両端NGRあるとき】



$$(1), (2)より I_{f2} = (I_{f1} + I_{f2})(1-x) \dots (3)$$

図 6.5 選択地絡継電器の検出能力
 Fig. 6.5 Setting of selective ground relay.

(a) 単純短絡、地絡故障の場合は故障回線

(b) 両回線異相地絡故障の場合は進み相故障回線

(c) 両回線短絡、地絡故障の場合は短絡故障回線

を選択シャ断することができる。

なお優先選択継電器使用時には、その動作を安定にするためには地絡保護継電器は残留回路を使用する必要がある。

(2) 優先選択継電器の整定

通常インピーダンスバランス方式の整定式は図6.4に示しているとおりであるが、KZD-3形の場合には、図6.4の(3)式を4倍したものとなる。すなわち、

$$Z_{RY} = 4 \times \frac{a}{2(1-a)} Z_l \left\{ (2-a) - \frac{1}{1 + \frac{I_s}{I_a}} \right\} \dots (6.1)$$

この式から明かなように電源端設置の最もきびしい条件時には、

$$Z_{RY} = \frac{2a(2-a)}{(1-a)} Z_l \dots (6.2)$$

となり、区間故障の80%検出では $Z_{RY} = 9.6 Z_l$ になるが、実際には背後電源を考慮し、多重故障に対する検出範囲を若干許容すれば3~5倍で十分である。

7. 再開路方式

送電線故障の多くは、雷などによるアーク地絡で永久故障は、全数の10%程度にすぎない。したがって故障シャ断後アーク路の消イオン時間を待って、シャ断器の再投入を自動的に行なえば異常なく送電を行なうことができる。再開路装置はこの主旨から出発したもので、方式的に見れば高速再開路と、低速再開路とに分けることができ前者は主として系統安定度確保の意味から、また後者は自動復旧の意味からそれぞれ使いわけされ、前者は154kV系以上にまた後者は77kV系以下に使用されることが多い。

7.1 高速度再開路方式

高速度再開路方式はいわゆる無電圧時間を1秒以下にしたものであり、安定度の見地からできるだけ短かいほうが、イオン消滅時間との関係から一般には0.2~0.5秒程度が使用されている。

再閉路方式としては、

- (a) 単相再閉路
- (b) 三相再閉路
- (c) 単相三相再閉路
- (d) 多相再閉路

があることは、周知のとおりであり、三相再閉路は 154 kV 系に、またそれ以外は超高压系に使用されそのほとんどは、パイロット 継電方式と組み合わせ使用される。高速度再閉路方式のうち特長的なものとしては、a 搬送継電方式と組み合わせた優先 シュ断再閉路方式と b 表示線継電方式と組み合わせた多端子再閉路がある。

a. 搬送継電方式と組み合わせた優先 シュ断再閉路方式

多重故障時進み相回線または重故障回線を選択 シュ断し、再閉路後遅れ相または軽故障回線を シュ断再閉路するもので、三相あるいは多相再閉路方式の変形である。図 7.1 はこの方式を説明するためのもので、図 7.1(a) の場合には 1L 優先 シュ断により 2L にロック信号を送り、1L 投入によってはじめて 2L のロックを解き 1L は再閉路成功、2L は引き続いて シュ断相手端再閉路条件成立していれば、再閉路を行なうものである。次に図 7.2(b) の場合は 2L 回線側で シュ断開放したことにより優先選択回路を殺すよう考慮し、1L 2L 投入とも シュ断再閉路の投入をロックして永久故障の不要投入を防止している。

b. 表示線継電方式と組み合わせた多端子再閉路

2 端子並行回線において三相再閉路を行なう場合隣回線の潮流と故障条件検出のみで両端 シュ断の確認ができるが、3 端子以上の系統では図 7.2 に示しているようにこれだけの条件では、全端 シュ断を確認することはできない。このため図 7.3 のように送電線保護用表示線とは別の表示線を用いて受信継電器、RR-2 の動作により、全端子 シュ断を確認できる。なお 52A、52B、52C は各端子 シュ断器補助接点、また XA₁、XB₂、XC₃ は全端子

ハ断された上に隣回線も シュ断され異系統になった場合、両系統のスリッパにより受信継電器の不要動作防止するためのものである。

7.2 低速度再閉路方式

低速度再閉路方式は無電圧時間として 60 秒程度をとった三相再閉路方式である。したがって送電線の安定度向上は、期待できないが一種の自動復旧装置の性格を有し復旧操作の自動化による停電時間の短縮と需要家へのサービス向上を目的としたものも多く各種の継電方式と組み合わせられるからその適用はきわめて広い。

低速度再閉路方式を考える場合一端電源系と多端電源系とでは様相を異にし、前者の場合は故障条件のみの確認でよいが後者の場合にはさらに同一系統であるという確認（潮流）かあるいは同期条件を必要とする。隣回線の潮流検出は並行 2 回線送電線においてしばしば採用される方式であるが、2 回線事故の場合には再閉路不能となるからこのような場合を考慮して、1 端を先行投入し他端で同期検出の上再閉路を行なう方式がとられる。1 端先行投入方式を用いた再閉路装置は、当社では RC-101 形および RC

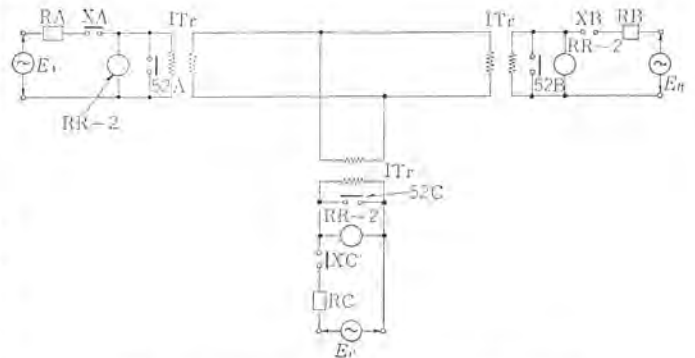
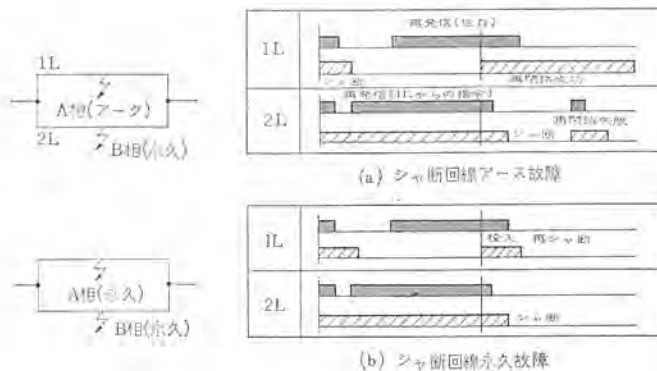


図 7.3 3 端子系におけるシュ断器シュ断確認方式

Fig. 7.3 Recognizing method of tripping of circuit breaker at another terminals.



表の上は搬送時送出状態を下部はシュ断器の状態を示す

図 7.1 優先シュ断再閉路説明

Fig. 7.1 Reclosing method combined with preferential tripping.

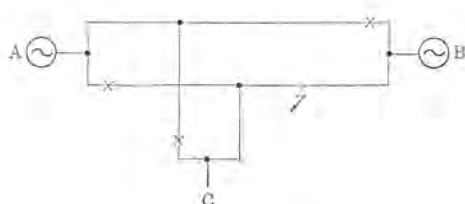


図 7.2 3 端子系の不ぞろいシュ断

Fig. 7.2 Imperfect tripping of 3 terminal system.

送電側	適用系統	受電側
1-1 母線電圧あれば投入		1-2 無条件に投入して母線電圧の回復を確認
1-1 母線電圧あれば投入		2-2 1. 母線電圧あり、母線電圧ありで投入（他回線が正常である） 2. 母線電圧あり、母線電圧なければ、他回線のシュ断器動作を確認して投入 他回線のシュ断器動作のときはこれをシュ断してから投入
3-1 母線電圧あり、線路電圧なしで投入（線路電圧あるときは高電源を分離したままとす）		3-2 母線電圧なしで投入
4-1 1. 母線電圧あり、線路電圧なしで投入 2. 母線電圧あり、線路電圧あるときは同一系統であることを確認して投入		4-2 1. 線路電圧あり、母線電圧あれば同一系統であることを確認して投入 2. 線路電圧あり、母線電圧なければ、他回線のシュ断器動作を確認して投入 他回線のシュ断器動作のときはこれをシュ断してから投入
		自動切換 受電回線の線路母線電圧ともなく、他回線の線路電圧あれば、受電回線のシュ断器をシュ断して他回線を投入

図 7.4 RC-101 形低速度再閉路方式

Fig. 7.4 Low speed reclosing systems of RC-101.

-102 形として実用化されており前者の説明を 図 7. 4 に示す。これらの低速度再閉路装置は既設設備に付加される場合も多く、いずれの系統にも適用できること、およびスペースをとらないことが非常に大きな条件となるため標準化と小形化がその生命であり、RC-101 形を例にとれば、図 7. 4 のいずれのケースに対しても同一装置で結線を少し変更するだけでよく、また幅 700mm 盤面に 6 回線分まで収納できる。

7. 3 再閉路用主継電器

以上説明した再閉路方式に使用される代表的な主継電器を表 7. 1 に示している。

8. む す び

以上系統用変電所に使用される各種の当社保護継電装置に関してその概要と若干の最近の技術について述べた。

現在のように系統規模が膨大になるにつれて、より高い系統信頼度が必要とされることは周知のとおりであり、このために各個

表 7. 1 再閉路用主継電器

用 途	形 名	説 明
同 期 確 認	KVP-D	位相, スリップの判定
”	KV-20-D	差電圧判定
潮 流 確 認	KI-3-D	電 流
”	KIA-2-D	”
”	KRA-4-D	電 力
総 合 確 認	RCV-1-N	電線電圧確認
”	RCV-2-N	” 線路電圧確認
”	RCV-3-N	” ” 位相確認

の保護継電装置の高度化はもちろん、各装置相互間の性能上の協調もますます必要となってくることと思われる。

この意味で、前述の各種保護継電装置が、変電所ご計画にあたり諸賢のご参考になれば幸いである。

(昭 41—3—25 受付)

Protective Relaying of Distribution Substations

The number of distribution substations is on the increase keeping in line with the increase of the electric power demands of late. To cope with the circumstances power companies are likely to standardize the installations of the substations, the protective relaying of which is also taking a form common to all. However, the relaying itself involves various problems. Outstanding are a countermeasure for the trend of becoming unattended operation of the substations through remote control, a counterplan for large charging current accompanied by laying underground cables for distribution lines and demands on high grade of receiving circuit protection for the purpose of elevating the reliability of the systems.

図 1.1 に都市部に設置される配電用変電所単線結線図の一例を示す。配電用変電所に使用される保護継電器は一般にハン用継電器と称されるものが主体をなしているが、特別高圧側の保護継電方式は、配電用変電所が接続される系統とか、母線構成および運用形態によって大幅に変化し、線平衡保護とか、表示線保護あるいは簡易な母線保護など系統用変電所に使用される継電器が使用されることも多い。

われる事項は次のとおりである。

- (1) 特別高圧側は系統構成により各種の方式がとられ一定していない。
- (2) 高圧側は一般に単純な放射状系統であるため短絡に対しては、過電流継電方式、また地絡に対しては PT 接地系に適合する地絡方向式が使用される。
- (3) 無人化などとあいまって、各種の自動制御たとえば配電線再閉路装置が付加されている。
- (4) とくにユニットサグ形式の変電所においては蓄電池を省略して、CT 引きばずしシャ断器と組合わされる場合も多い。などである。

1.1 受電系統の構成

図 2.1 に示しているように受電系統は高位系統との関連において各種のスケルトン構成がとられており、それぞれに適合した継電方式が使用される。

なお以下に述べる各種の継電方式について、詳細に記述することは本項の主旨ではないので別項にゆずり、ここでは方式の紹介にとどめるものとする。

2.2 受電回路の保護方式

ユニットサ形式の変電所においては、原則として保護継電器を必要とせず、送電端変電所に単回線保護用継電器が設置されるのみである。送電端変電所用継電方式としては、系統の電圧階級によ

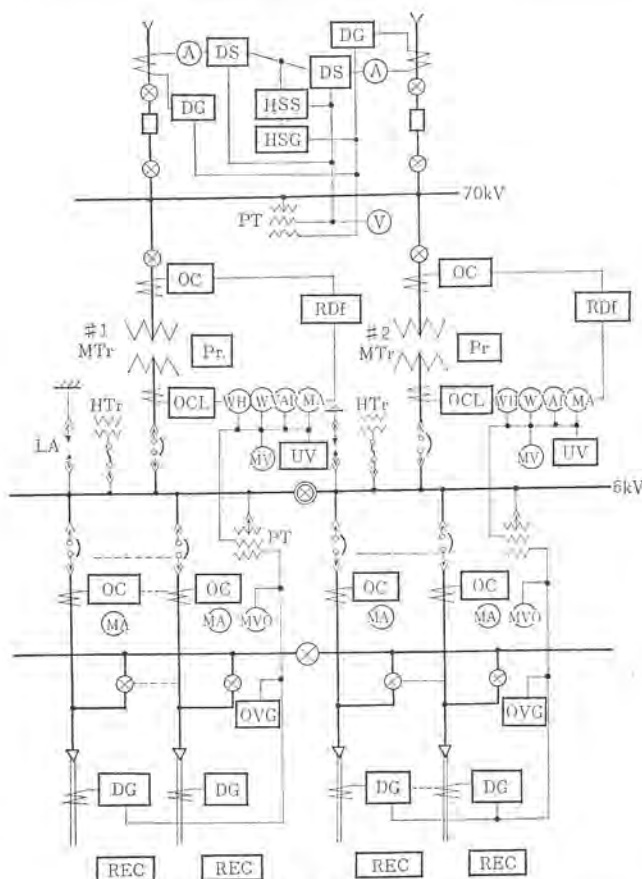


圖 1.1 配電用變電所單線結線例
Fig. 1.1 Example of single line diagram of distribution substation.

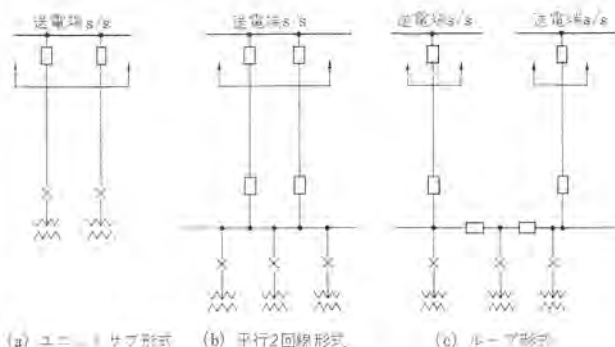


図 2.1 各種の受電形式
Fig. 2.1 Types of receiving lines.

っても異なるが、基本的には過電流継電方式でよい、しかし短絡事故に対しては全系との時限協調から準高速度保護を必要とすることが多く、このためバンク二次側の継電器の整定とは関係なく整定できることが必要で、継電器はなんらかの形で電圧抑制形を使用し、バンク二次の区間判別を行なうことが多い、この用途に使用される当社継電器を表2.1に示している。

なお地絡保護に関しては、高速度コンダクタンス形(DGB形)あるいは誘導形(COG-2, CWP-2)が使用される。

次に平行2回線受電形式の変電所においては一般に線平衡保護方式がとられ当社LP-200シリーズが使用されるが、当社線平衡保護方式の特長はHSSとしてインピーダンスバランスを採用していることである。また後備保護形式としては受電端ということから簡易形である第3形式(短絡に対しHDZ+TL, 地絡に対しDGまたはHDG+TL)がとられることが多い。表2.2にLP-200シリーズ第3形式の場合のおもな所要リレー一覧表を示す。

表2.1 単回線時送電端に使用される継電器

継電器形式	形 名	相数	備 考
電圧抑制形過電流継電器	COR-1-D	単相	誘導形
電圧抑制形過電流継電器	LOR-3-D	三相	
距離継電器	KDA-D	三相	故障種別判定
距離継電器	KKS-12-D	単相	方形特性1段のみ
	KKS-64/5-D	単相	方形特性1.2段
	方向要素KZ-6-D	単相	モー特性
	方向要素KZA-2-D	三相	モー特性

表2.2 LP-200シリーズ第3形式所要継電器

目 的	形 式	形 名	略 号	備 考
選択短絡	距離形	KDA-D	HSS	
選択地絡	コンダクタンス	DGB-D	HSG	
後備短絡	距離形	KDA-D	HDZ	HDZ+TL
後備地絡	コンダクタンス	DGB-D	HDG	HDG×TL
後備地路	電力方向	CWP-D	DG	誘導形
後備地路	方向過電流	CRG-2-D	DG	誘導形
故障検出	不足電圧	SFU-2-D	HUV	短絡優先
故障検出	地絡過電圧	SE-3-D	HOVG	
故障検出	地絡過電圧	SEV-1-D	HOVG	



図2.2 短絡距離継電器
(三菱 KDA 形)
Fig. 2.2 Phase short circuit distance-relay (Mitsubishi Type KDA)



図2.3 電圧抑制付高速度過電流継電器
(三菱 LOR-3形)
Fig. 2.3 High speed over-current relay with voltage restrained(Mitsubishi Type LOR-3)

2回線受電形式でも途中に多数の分岐線が存在している場合には線平衡保護は採用されず、各変電所とも常時1回線受電形式がとられ線路事故時に自動的に他回線に切換える方式が採用されることもある。この場合の保護方式としては、ユニット方式と同様、受電端にはとくに線路保護継電器を必要としないが、母線事故と線路事故を区分する必要があるため、簡易な母線保護用継電器が設置され、この動作で他回線への自動切換えをロックする。

分岐線形式の受電回線例を図2.4に示す。

最後にループ形式の場合は一般に短距離線が多いため、表示線継電方式が採用されるが、これに対しては当社PW-200シリーズが最適である。ループ系受電の場合には線路のみならず、母線事故に対する高速度検出をもあわせて行なわなければならない。関連ループ系の全停をひきおこすおそれが十分にあるため、後述の簡易母線保護装置があわせて採用される。

表示線使用時には図2.1(C)に示す受電端変電所線路側シャ断器のいずれか一方を省略してダンロ器のみとし表示線を利用して転送シャ断を行なうことが容易であり、経済性からしばしば使用される。

2.3 母線保護方式

配電用変電所においては一般に母線保護は採用されないが次のようなケースにおいては、ごく簡易な方式が使用される。

- ループ系統受電の場合
- 2回線受電で自動切換えを行なう場合
- 開閉的性格を併有し、系統安定上および協調上とくに必要と認められる場合

配電用変電所に使用される母線保護方式の適用を表2.3に示す。いずれの形式がとられるにしても配電用母線保護装置としては、特高系統の末端であるため準高速度形で十分であることが多い。

図2.1(C)に示しているようなループ系においては配電の容量が小さい場合、表示線継電器をたすきがけに使用し、これを兼用することも可能であるし、あるいは、また変圧器用比率差動継電器(当社ではこの目的のためにHUB-2E形継電器がある)を受電端、母線連絡回路およびバンク二次に接続してこの目的を達することも可能である。

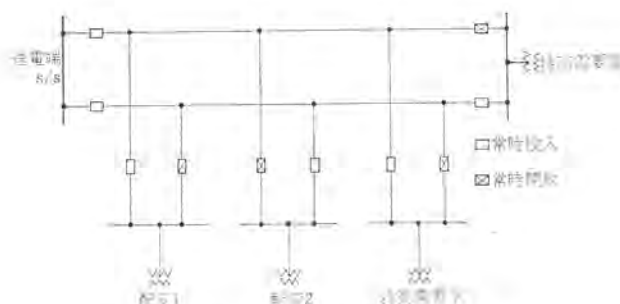


図2.4 分岐線形式で受電する例
Fig. 2.4 Example of multi terminals receiving line.

表2.3 母線保護継電器の適用

適 用	継 電 器 形 式	備 考
ループ系	BP-280,280B	簡 易 式
2回線自動切換 供用	KDA-D (短絡) DGB-D (地絡)	HDZ, HDG
多数回線保護	CA-6B-D 主体	電流差動
	2BB 方式	位相比較比率差動

3. 変圧器の保護

3.1 保護装置の設置基準

電気設備技術基準によれば、特別高圧用変圧器に対しては、表 3.1 のように規定されている。通常配電用変電所においてはバンク容量の最大は 15MVA 程度であり、自冷式 2 巻線変圧器がその大部分を占めるため、一般には表 3.2 に記載の程度のものが実用されている。最近の変圧器技術の向上に伴って保護装置を簡易化する意味から比率差動保護に関しては 10,000kVA 程度まで省略される場合もある。

3.2 過電流保護

前述したように配変は 2 巻線がほとんどであるため過電流保護は後述する内部故障保護に対する後備保護もかねて一次側に設置されるのが一般である。過電流保護継電器としては一般に反限時特性のものが使用され変圧器定格の 150% 程度に整定される。当社の場合 CO-8 または CO-6 形過電流継電器がこれに該当するが機器の過負荷特性のみからみれば前者のほうがよく一致している。

3.3 変圧器内部事故検出

変圧器内部事故検出継電器としては電氣的保護と機械的保護があることは衆知のことであり、電氣的保護としては比率差動継電器がこれに該当する。

比率差動継電器を適用する場合の最大の問題点は励磁突流電流による誤動作防止対策であり、一般に

- 一時感度を低下させる
- 一時制御回路をロックする
- 継電器自体に対策を施す

などの方法により、誤動作を防止しているのが実情であるが、配変の場合、電源が高圧側に限ることと経済性から、a または b の対策がとられ、継電器自体としてはとくに対策を施していない誘導形継電器が使用される。当社でこれに該当するものは CAT-D (E) 形比率差動継電器があるが、実験の結果によれば補償タツを有する側（大電流側）を高圧側に接続すれば 50A までの半波整流波形に対して不動作であることを確認しており高低圧 CT 比さえ適当に選定されていれば、励磁突流（通常定格の 8 倍程度で第 2 高周波を多分に含有している）に対してはとくに前記の誤動作防

止対策を施す必要はない。

なお、第 2 高調波抑制を行なった継電器としては HUB-2-D 形がある。

次に機械的保護としてはブッフホルツ継電器または瞬時圧力継電器のいずれかに使用されるが、振動に対しては後者がまさっているため最近では瞬時圧力継電器が多く使用される傾向にある。

ユニット形の変電所においては、特高側シャ断器が省略されることが多いため、これら変圧器保護継電器が動作した場合には、送電端変電所へ転送シャ断する必要がある。

4. 高圧回路保護

配電用変電所は、図 1.1 に示しているようにバンク二次回路は 6kV または 3kV の PT 接地であり、通常は放射状であるため短絡に対しては過電流保護、また地絡に対しては電力方向継電器が使用される。配電用変電所は無人であることも多く、自動再閉路装置が付加されるのが一般である。

4.1 過電流保護

配電線の短絡保護に対しては、反限時定時特性（2 秒形）の過電流継電器を用い、これの動作により当該シャ断器を開放する。当社の場合 CO-6-D(E) 形継電器がこれに該当する。なお、場合によってはこの継電器に瞬時要素を付加し、（この場合には CO-6 I-D(E) 形となる）重故障に対しては高速シャ断を行なうこともあるが、この場合にはシャ断器投入時の突入電流により誤動作しないよう整定しなければならない。

次に無人のユニット形の変電所においては、蓄電池を省略してシャ断器操作をセレン投入、CT 引きはずしとすることがあるが、この場合には前述の継電器に代わって、CT と組合わせ可能な COY-E 形過電流継電器が使用される。

なお、配電用変電所はその数がきわめて多いためほとんど標準化されており、この観点から CT 引きはずし方式にしても蓄電池の有無とは関係なく使用される場合も多い。

4.2 地絡保護

前述のように配電系統は PT 接地系であるために、有効地絡電流がきわめて少ない（通常 400~500mA 程度）のに加えて、市街地変所においてはケーブル系であることも多く、充電電流が 10A 程度にも達することがあり、地絡保護に対しては次のような問題が存在する。

- 地絡電流がきわめて小さく、通常の電磁形では過電流要素のみで駆動できない。

表 3.1 保護基準

容量および種別	故障の種類	処置
5,000kVA 以上 10,000kVA 未満	変圧器内部故障	自動シャ断または 警報
10,000kVA 以上	変圧器内部故障	自動シャ断
送油風冷式または 送油自冷式	油ポンプおよび送風機停止 変圧器温度上昇	警報
水冷式	冷却用水断水 変圧器温度の異常上昇	警報

表 3.2 保護装置設置例

容量	保護装置	自動シャ断	警報	備考
3,000kVA 未満	過電流保護	○		一次側そう入
	ブッフホルツまたは 瞬時圧力	○	○	
	過熱保護		○	ダイヤル温度計などによる
3,000kVA 以上	過電流保護	○		一次側そう入
	比率差動保護	○		
	ブッフホルツまたは 瞬時圧力	○	○	
	過熱保護		○	ダイヤル温度計などによる

図 4.1 過電流継電器（三菱 CO 形）
Fig. 4.1 Overcurrent relay
(Mitsubishi type CO)



図 4.2 移動過電流継電器
（三菱 COY 形）
Fig. 4.2 CT secondary tripping
over current relay
(Mitsubishi Type COY)

の両者がある。前者の原理は、地絡発生時、地絡相を検出してその相に適合した線間電圧を電力方向継電器に付加することにより感度向上を計ろうとするものであり、電力方向継電器に要求される位相特性は図 4.3 のようなものではなく、ほぼ同位相特性のものとする必要がある。この方式は原理的にはすぐれているが実際の適用にあたってはシーケンスの複雑さ、電力方向継電器の特性、地絡過電圧継電器との協調上の問題からあまり使用されず、次の

図 4.3 CWG-3 形地絡継電器位相特性
Fig. 4.3 Phase characteristic of type CWG-3. directional ground relay

昇圧式の展開図例を図 4.7 に示すが、この基本的な考え方は、不完全地絡時 オープンデルタ電圧が低い間には変圧器で昇圧してこれを電力方向継電器の電圧コイルに印加し、感度向上を計り、動作に十分な電圧が発生すれば、変成比を 1:1 にもどして過電圧を防止しようとするもので、変成比としては最高 4 倍程度であり標準化の点から各倍数 ユニツプを有しているのが一般的である。また図中 64-2 がこの昇圧トランスを制御している電圧継電器であり、これの整定は昇圧比によって変わるが、通常 50~60V 程度に整定される高速度過電圧継電器であり、SEV-1-D(E) 形継電器が適当している。

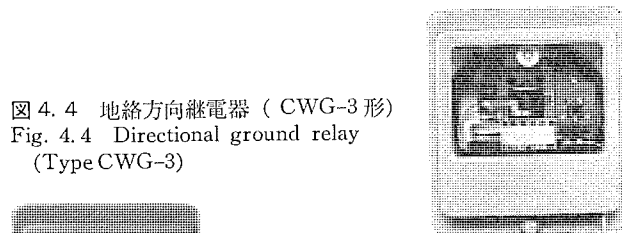


図 4.4 地絡方向継電器 (CWG-3 形)
Fig. 4.4 Directional ground relay
(Type CWG-3)

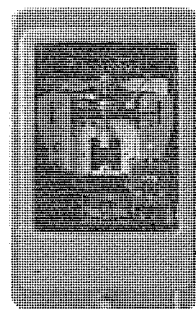


図 4.5 地絡過電圧継電器 (C V-8)
Fig. 4.5 Over voltage ground relay
(Type CV-8)

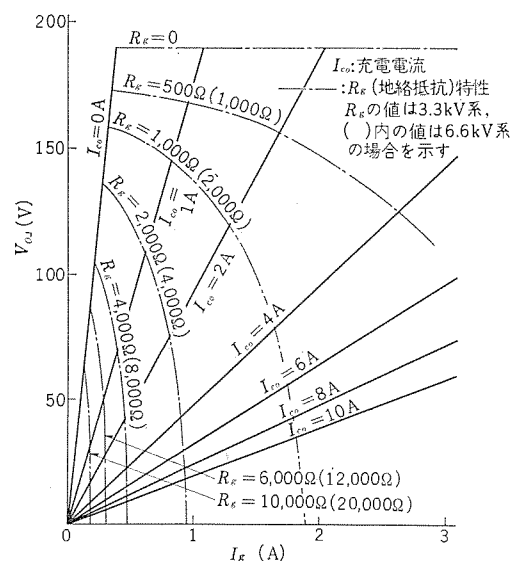


図 4.6 充電電流 V_0-I_0 特性
Fig. 4.6 Characteristic of charging current V_0-I_0

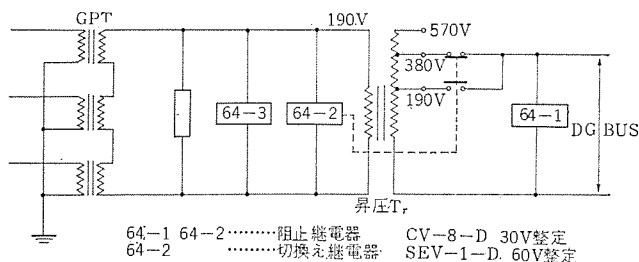
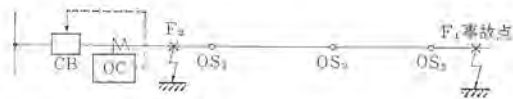


圖4.7 昇壓式展開圖例
Fig. 4.7 Example of step up transformers used for ground relay.



F₁ 点事故発生で CB シェ断
 続いて無電圧により OS₁~OS₃ 開放
 規定時間後 CB 再閉路
 一定時間々隔ごとに電圧を確認して OS₁~OS₃ 投入
 OS₃ 投入後 CB 再シ断
 OS₃ 開放し操作ロック
 CB 再々閉路成功

図 4.8 放射状線路の再閉路動作

Fig. 4.8 Reclosing operations of radial feeder.

高圧系地絡保護のシーケンス動作としては、地絡保護過電圧継電器動作 (図 4.7 の例では、64-1, 64-3) で警報し、一定時限後 (通常 2 秒程度) シェ断器引きはずし回路を生かし、地絡方向継電器の動作と相まって該当線路を引きはずすように、構成される。また母線地絡に対しては、前述の地絡過電圧継電器動作時の警報のみで、シェ断動作は行なわない。

なお、蓄電池を有しない配変においても、1 線地絡時には線間電圧は低下しないため、所内電源などを用いて分路引きはずし方式がとりうるから、蓄電池の有無により方式はとくに変更する必要はない。

4.3 配電線再閉路

配電線の低速再閉路は次の理由から一般に採用されている。

a. 配電線事故は、それが架線であれば過電流 (短絡も含める) であれ、地絡であれ、短時間に消滅するケースが多く、再閉路を実施した場合、その成功確率はきわめて高いこと (60~70%) これは強風による時間的な短絡とか、樹木、動物などの一時的な接触によるものと推定される。

b. 配電線区分開閉器との協調制御

c. 無人化による配電線自動操作の兼用

配電線シェ断器の動作責務は、0—1 分—CO—3 分であり、再閉路に関しては、これと協調させることが望ましいが、実際の適用にあたっては動作責務とシェ断電流との関係もあり、厳密な意味での上記責務は守られていないようである。また動作責務の関連から再閉路に際して、バンク二次にそう入された高速度過電流継電器を用いて特定の事故電流以上に対しては、再閉路をロックする方法もとられている。

また、このロックは配電線区分開閉器以前の重事故 (ケーブル系) を想定しこれの成功確率がきわめて少ないことにも起因している。再閉路回数は通常 2 回程度行なわれる。

これは、前述のように瞬間事故的性格のものであれば、1 回の再閉路でよいわけであるが、それが永久事故の場合、区分開閉器により事故区間を選別する必要があるため、どうしても 2 回再閉路を行なう必要がある。これを放射状線路の例について説明したのが図 4.8 である。

図 4.8 において、たとえば F₂ 地点の永久事故に対しては、2 回再閉路の意味はうすいため 1 回目再閉路後 OS が投入されるまで

表 4.1 RC-2-D 形再閉路継電器性能

項 目	性 能	備 考
制 御 電 圧	AC100V または 200V	
最小動作電圧	AC70V または 140V	
再閉路回数	最大 5 回	
周 期	3 min 6 min	
再閉路最小投入時間	5 sec 10 sec	指定により瞬時再閉路可能
再閉路投入間隔の最小時間	10 sec 20 sec	
投入指令時間	4 sec 8 sec	

表 4.2 高圧回路使用継電器一覧

用 途	形 名	備 考
配電線過電流保護	CO-6-D(E)	
配電線過電流保護	COY-E	CT 引きはずしの場合
配電線地絡保護	CWG-3-D(E)	JEC-143 の ZCT と組み合わせ
地 絡 検 出	CV-8-D	
地 絡 検 出	SEV-1-D(E)	昇 圧 制 御
高速度過電流	IT-3C-D	再閉路阻止
再 閉 路	RC-2-D	
停電検出	CV-7-D(E)	a, b 接点形
停電検出	CV-2-D(E)	b 接点形

に事故シェ断を行なった場合には再閉路をロックする方法がとられることもある。また厳密な意味でシェ断器動作責務との協調を考える場合には、第 2 回目の再閉路時間は最終の区分開閉器が投入されるまでの時間を余分に加算して決める必要がある。

次に遠方制御される無人変電所などにおいては、無人であるため自動操作を再閉路継電器を用いて行なうことがある。すなわち、変電所母線が停電した場合、配電線シェ断器群を自動開放し電圧復活とともに再閉路継電器の投入時間を少しずつずらせて自動復旧していくという方法である。

以上述べた目的のために使用される当社再閉路継電器としては RC—2—D 形継電器があり、そのおもな性能は表 4.1 に示すとおりである。

4.4 高圧回路保護に使用される継電器

以上述べた保護継電方式に対して使用される当社継電器をまとめれば表 4.2 のとおりになり、いずれもハ用継電器として量産されているものである。

なお、表 4.2 のリストは考えられるケースのすべてについて記載したものであるから、制御電源、シーケンス動作に応じて適宜取捨選択すべきものであることはもちろんである。

5. む す び

以上、配電用変電所における保護継電方式の概要とこれに使用される当社保護継電器の紹介を行なったが、変電所計画にあたりなんらかの参考になればさいわいである。(昭 41—3—25 受付)

低圧ネットワーク方式の信頼度と将来

森 健*

Reliability and Future Consideration of 2'dary Network Systems

Kōbe Works Takeshi MORI

Low Voltage networks are to be introduced to this country in the power distribution so as to cope with increasing power demands. To realize the plan needs appropriate apparatus, for which Mitsubishi has made several developments unprecedented in Japan through the cooperation of the Kansai Electric Power Co. As a result of study and practice, it has been found that the low voltage net work system is the best to insure high reliability and no discontinuity of power supply. Particularly underground distribution lines are indispensable in the scheme, and as a matter of consequence 400 V distribution of a three phase four wire system is best adaptable.

1. ま え が き

戦後急増する電力需要に対応して、量的に十分な電力を供給することに主力がおかれてきたわが国も、国内一般に社会再開発の基礎がかたまって量的な向上とともに今までより一層高水準の質的向上を考えねばならない時期にきているように思われる。

このような現下の電力部門において、とくに大きな問題のひとつは配電の近代化であって、

- (1) 供給信頼度の一層の向上
- (2) 長期的需要増加の対策
- (3) 供給地区の質的変ぼうに対する最適化
- (4) 長期的・短期的供給業務の合理化
- (5) 都市美化への協力

の観点から、配電方式の革新と取り組むべき時期にきたと思われる。

その一環として、低圧ネットワーク配電方式の重要性が徐々に認識され、国内の主要都市においてこれの本格的実施が考慮されている。すでに昭和33年関西電力(株) 殿に協力してわが国で最初のネットワーク装置の開発を行ない、以後これの研究を継続して進めてきた当社にとって、このような技術の発展を見ることはまことに喜ばしい限りである。

しかし配電の新しいシステムを一度施設すれば、その変更には多額の投資を必要とする関係上十分な長期的な観点のもとに経済的要素とサービス面の要素を考慮して決定すべきものであるにもかかわらず、一方供給地域の質的変ぼうと多様化の速度が非常に大きいことが問題で、これに対応した決断の結果が今後長期にわたって電力供給事業の性格付けに大きく影響を与えるものであるだけに、われわれ関係技術者の責任を痛感させられるものである。

本文はこのような低圧ネットワーク方式の現状にふれ、今後の問題点について若干の考察を行なったもので、配電の近代化に関心をもちたい方々の何等かの参考となれば幸いである。

2. 低圧ネットワーク方式

2.1 低圧ネットワーク方式の歴史的背景

低圧ネットワーク方式の思想の発展は、いくつかの違った形で語ることができるが、まず米国の発展過程を見てみることにする。

1884年から1922年にかけて、ニューヨークあるいはシカゴにおける市中心部は地中直流配電方式が確立されていた。そのときシステムそのものについてはすでにネットワーク状の多電源並列方式のシステムが行なわれていたのである。

この直流ネットワーク配電は、本質的に電源と負荷間の直結方式であって膨張するネットワークの処置に当惑していたとき、変圧器の開発が契機となって直流ネットワークをそのまま交流ネットワークに移行する処置がとられた。

すでに1915年には直流配電方式と同じパターンに交流をのせる思想で変圧器を導入し、その二次側にヒューズを用いたネットワーク配電が行なわれたのであるが、しかし結果は必ずしもよくなかった。それは保護を方向判別性のないヒューズによって行なったことに原因がある。

低圧ネットワークは、一次系統の事故に対し低圧側から事故電流が流入するのでこれに対する自動開閉装置を用意しないかぎり成立しないことがあきらかとなった。

そのため、いわゆるネットワークプロテクタの開発が行なわれた結果、1922年ニューヨーク市においてはじめて完全自動式の交流ネットワーク配電が運転された。(1)(2)(3)(4)

今日ではこの低圧ネットワーク方式の優秀性が認められ、地中・架空、あるいは高負荷密度の大会中心部用から、人口数千の小都市用までいくつかのシステムが開発され、世界の約300都市で実用されるにいたっている。

低圧ネットワーク方式は、基本的には都会の繁華街にもっとも適した配電方式として認められてきたものであるが、アメリカでは最

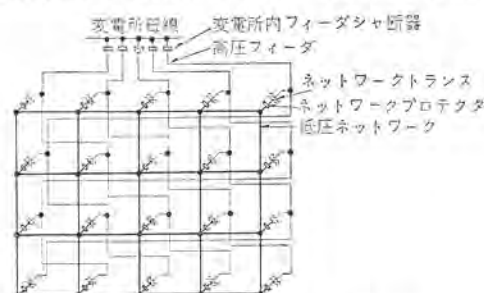


図 2.1 低圧ネットワーク配電方式の基本パターン

Fig. 2.1 Fundamental schematic of secondary network system.

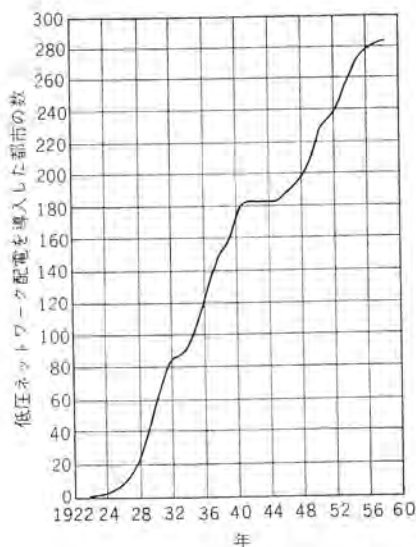


図 2.2 低圧ネットワーク配電を導入した都市の増加状況を示す資料の例

Fig. 2.2 Example of data of growth in number of cities employing secondary network systems.

近の高層ビルの建設に伴ったビル街の高信頼度配電方式として低圧ネットワーク方式がほとんど全面的に導入されているようであり、またその高信頼度性を利用して工場配電にも採用されている。

2.2 わが国の配電と低圧ネットワーク方式

従来わが国の高圧配電系統は図 2.3 (a) のような樹枝状のシステムをとってきた。このようなシステムでの 1 フィーダに接続されている需要家への供給信頼度は当然、

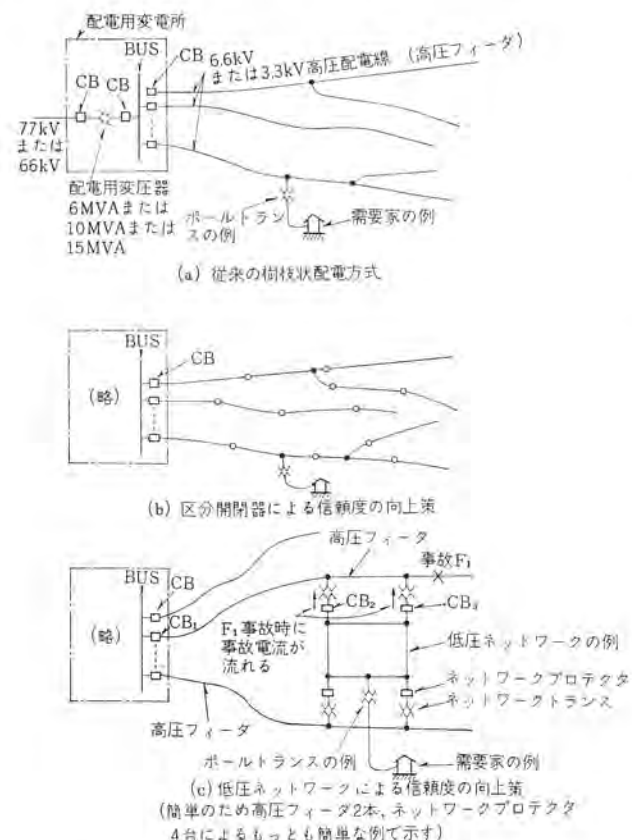


図 2.3 わが国の配電と低圧ネットワーク方式
Fig. 2.3 From radial distributing system to secondary distribution system.

(1) 停電発生確率……年間停電回数 P (回/年)

(2) 停電時間……年間停電時間 T (時間/年)

の二要素で考えることができるが、いま図の配電用変電所より特高側の系統の停電発生確率を P_{HH} 、変電所の機器と母線の 1 フィーダ当たりの事故および点検のための停電確率を P_S 、高圧フィーダの事故および点検のための停電確率を P_H 、ボルトランスの停電確率を P_P 、需要家内外の低圧配線と器具に対する統電確率を P_L とすれば当然以下の関係が生ずる。

$$P = P_{HH} + P_S + P_H + P_P + f(P_P) + P_L \quad (2.1)$$

なお $f(P_P)$ は需要家に直結されないが、この高圧フィーダに接続されたボルトランスによって高圧フィーダが停電する確率である。

ところが実際には、高圧フィーダが長く張られている関係上 P_H が他の要素にくらべて非常に大きいので、

$$P \approx P_H \quad (2.2)$$

と一般には考えられる。

したがって供給信頼度を向上させるためには、式 (2.1) の各項目のおおのについて厳密な吟味を行なうべきであることはいまでもないが、とくに高圧フィーダについての考慮がなされなければならないことになる。

図 2.3 (b) はこの改良策のひとつとして、わが国で実用化されてきた区分開閉器を導入した方式の一例である。すなわち柱上に油入開閉器を設け高圧フィーダを区分することにより、高圧フィーダの事故に対し、その事故の発生した区分より変電所側の部分は停電せぬようにしようとするもので、区分開閉器の信頼度を無視すれば、全区間を N 等分したフィーダの n 番目の区域に接続された一需要家への供給支障の発生確率は下式となる。

$$P = \frac{n}{N} P_H \quad (2.3)$$

ただし、事故の発生確率は距離に比例していると仮定した。これを全区間で平均すれば、

$$P \approx \frac{1+N}{2N} P_H \quad (2.4)$$

であり、図 2.4 のように信頼度は向上する。

しかしこのような方法では N を 6 より大きくしてみても、実効は上がらず、本質的な P の減少は 1/2 程度にとどまる。

これに対し、図 2.5 のようにフィーダの末端を結合し、ループ化することが考えられた。これに適した区分開閉器を開発しさえす

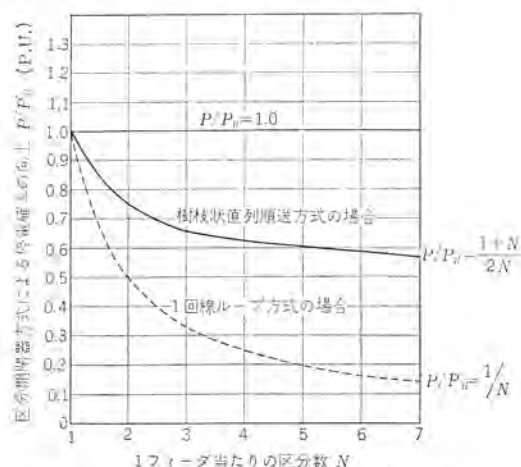


図 2.4 区分開閉器による信頼度の向上
Fig. 2.4 Reliability improvement with application of sectionalizing switches on primary distribution feeders.

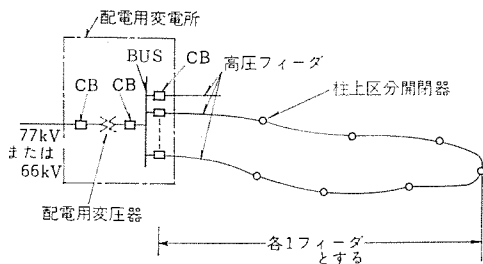


図 2.5 1 回線ループ方式
Fig. 2.5 Single-loop system.

れば、一需要家当りの停電発生確率は下式のようになり、図 2.5 に被線で示したように樹枝状のばあいにくらべケタに近い程度の向上をのぞむことができる。

$$P = \frac{1}{N} P_H \quad (2.5)$$

ただしこれらのことは、十分信頼度の高い区分開器が開発されることを前提の話であって一般に機器の事故確率は P_H にくらべて相当下回るとしても、今後この点については十分な吟味がのぞまれる次第である。

上述の年間停電回数 P のほかに信頼度指数としては後述の年間停電時間 T (時間/年) が必要である。この T には事故に対応して応急的かつ即時的に供給を再開しうるかいないかの『システム 即応能力』と全設備の『事故時供給力レベル』がどうなっているかという基本的問題点が含まれていてシステム設計あるいは電力供給サービスの根本理念に大幅に左右される指数であると考えられる。

$$\text{年間停電時間 } T \begin{cases} (1) \text{ システム 即応能力} \\ (2) \text{ 設備の供給力レベル (供給予備力)} \\ (3) \text{ 事故および点検による} \end{cases}$$

停電発生確率 P

一般に一回線ループ方式の発展として多回線ループ方式の必要が述べられているが、これはむしろこの (2) 供給予備力の問題として、高圧フィーダにおける二重事故同時発生に対しても給電可能な供給力レベルの設計 (Second Contingency Base Design) の一端とも考えられるが、高圧フィーダの保護、制御には相当の研究が必要なばかりでなく、低圧需要家からみた事故等による停電発生確率 P については変電所の事故を考えないかぎり一回線ループ方式のばあいと同じであって、 P と T 両方あわせて考慮して信頼度向上の度合いを考えてみると、一回線ループ方式のばあいにくらべて飛躍的によくなる。このような改良策に対し、本格的な信頼度向上策としてクローズアップされたのが、図 2.3 (c) に示す低圧ネットワーク方式である。

この方式のばあい、需要家の低圧回線はネットワークとかリングとかあるいは共通母線で構成され、これに複数の高圧フィーダから給電されるため、本質的に高圧フィーダの一重事故(あるいは設計によっては二重事故)に対し、無停電となる。

すなわち低圧ネットワーク方式における低圧需要家の停電は、高圧フィーダ一回線停電では絶対に停電しない設備容量の設計基準 (First Contingency Base Design) を適用してさえ、ある一フィーダが点検等で停電中に、他の一フィーダが事故が発生するときはじめて発生するのであって、その平均の停電発生確率 P は、下式で示され、その結果は図 2.7 のようになる。

$$P = m C_2 P_H \frac{t}{8760} \quad (2.6)$$

低圧ネットワーク方式の信頼度と将来・森

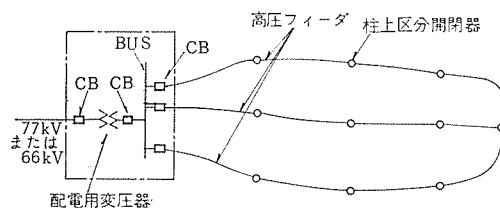


図 2.6 多回線ループ方式の一例
Fig. 2.6 Example of multi-loop system.

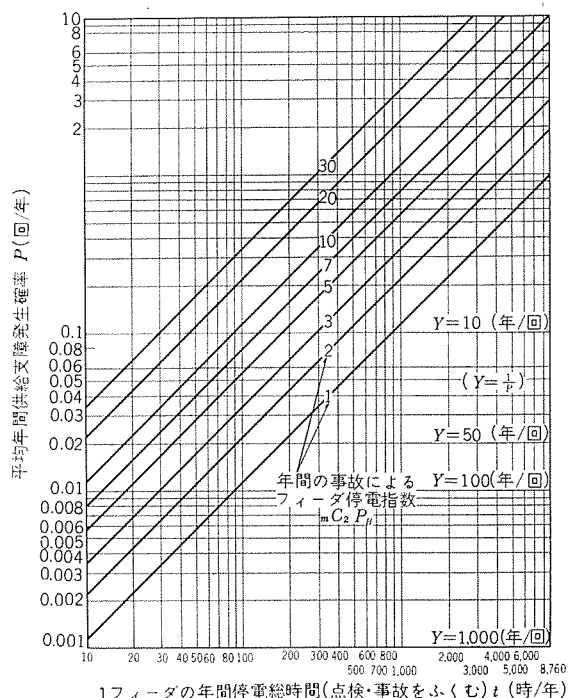


図 2.7 1 フィーダ事故時供給可能設計基準を適用した低圧ネットワーク系の平均年間供給支障発生確率
Fig. 2.7 Average number of occurrence of accidental primary feeder outage, i.e. "Second contingency".

ただし m : 高圧フィーダの本数

P_H : 1本のフィーダの年間事故回数

t : 一つのフィーダが点検や事故によって年間に停電する総時間

この特性より各フィーダが点検等のため年間 50 時間を停止し、全体で 4 本のフィーダが各 2 回/年でも事故を起こすとしても、 $P = 0.069$ 回/年で、その逆数 Y をとれば 14 年半に 1 回しか供給支障を発生しない。実際には P_H や t をもっと小さくすることが可能であり、低圧ネットワーク方式を採用すれば 50 年に一回とか 100 年に 1 回とか供給支障を生じないという信頼度基準も夢ではないことになる。

なお区分開器方式あるいはループ方式と呼ばれる一次配電線の信頼度向上策ではいかにしても、事故区間の需要家の停電を避けることはできないわけでその意味では Zero Contingency Base Design であるが、低圧ネットワーク方式は通常のばあいでも First Contingency Base Design であり、最近の重要地域ではさらに Second Contingency Base Design さえ行なわれている。

したがって本文の冒頭に示したごとく配電の高信頼度化を考慮するかぎり、低圧ネットワーク方式を採用しないわけにはいかないのであって、当然将来の市街地域配電の主力は低圧ネットワーク方式でなければならないと考えられる。



図 2.8 柱上式 CM 形ネットワークプロテクタの例(210/105V 異容量 V 接続変圧器 200+100kVA)
Fig. 2.8 Typical overhead type network protector.



図 2.9 地中式 CM 形ネットワークプロテクタ(左)と変圧器(右)の例(210/105V 異容量 V 接続変圧器 200+100kVA)
Fig. 2.9 Typical underground type N.W.P. and N.W.T.



図 2.10 三菱 CNM 形主制御継電器
Fig. 2.10 Mitsubishi type CNM network master relay.



図 2.11 三菱 CNP 形位相点検継電器
Fig. 2.11 Mitsubishi type CNP network phasing relay.

2.3 低圧ネットワークの主要機器

低圧ネットワーク方式を採用するに当たり、当然ネットワーク変圧器、ネットワークプロテクタ、ネットワークヒューズ、リミッタ、変圧器一次側処理器具類、ネットワーク内各種スイッチ、需要家電圧変成用オートトランス(とくに必要とするばあい)等が必要となり、また線路設備にも若干通常と異なった配慮が必要となるが、とくにネットワークプロテクタとネットワーク変圧器がなくては低圧ネットワーク方式は成立しない。

2.3.1 ネットワークプロテクタ

このように低圧ネットワーク方式は、高圧フィードに事故が発生しても停電しないように複数のフィードから需要家に給電しようという無停電供給方式であるが、そのために高圧フィードの事故保護の問題があらたに発生する。たとえば図 2.3 で (a) の樹枝状系統の高圧配電線の 1 本に事故が生じたときは配電用変電所で事故フィードを切り離せば足りた。しかし図 2.3 (c) のように低圧ネットワークを通じて複数本の高圧フィードを結合したばあいに、図の F_1 の点で事故が発生したとしよう。するとまず変電所ではフィードの継電器動作により CB_1 がトリップするが、それだけでは完全ではない。なぜならば、図の矢印のように低圧ネットワークを通じて他の高圧フィードから事故電流が供給されるからである。

そのためにぜひとも必要なのはネットワークプロテクタであって、低圧ネットワークから高圧側に向けて電流が逆流するときにこれを検出してシャ断する装置であり、ネットワーク継電器、シャ断器、CT、ヒューズ等が収納されている。またプロテクタはさらにシャ断後必要条件を満たされればネットワーク継電器により自動投入する。

図 2.8 と図 2.9 は最近のネットワークプロテクタの例であって、図 2.8 は架空線装柱用、図 2.9 は地中孔埋設用であり、電流容量は対象地域によって数百アンペアの小形のものから 4,000 アンペア程度の大形のものまで考慮される。

表 2.1 は、NEMA⁽⁴⁾ に示す、125/216 または 125/240V ネットワークプロテクタの定格表で、表 2.2 は同じく NEMA に示すプロテクタとネットワークトランスの結合指針であるが、わが国における今後のネットワークプロテクタ定格整備の参考までに掲載する。

わが国においてはまだ創生期にあって定格表作成にまで至っていないが、当社の有する定格については後述のとおりである。

2.3.2 ネットワーク継電器

プロテクタの制御は、主制御継電器、位相点検継電器、その他の補助継電器を用いて行なう。

表 2.1 NEMA 規格におけるネットワークプロテクタ 定格 125/216V または 125/240V (注)

連続定格電流 (A) (rms)	最大設計電圧 (V) (継電器と制御回路を除く)	商用周波耐圧試験値 (V) (投入モータを除く)	定格シャ断電流 (A) (rms)	短時間定格電流 (A) (rms)
300	250	1,500	10,000	10,000
600	250	1,500	10,000	10,000
1,200	250	1,500	20,000	20,000
1,600	250	1,500	30,000	30,000
2,000	250	1,500	35,000	35,000
2,500	250	1,500	45,000	45,000
3,000	250	1,500	60,000	60,000

(注) 上表の各用語の定義は NEMA 規格 No. SG 3.1-1954 を参照されたい

表 2.2 NEMA 規格におけるネットワークプロテクタの 連続定格と変圧器の定格との関係例

ネットワークプロテクタ		左記プロテクタに適合する変圧器の定格		
定格電流 (A) (rms)	トランスの定格電流に対する倍率	定格容量 (kVA) (3φ)	定格電流 (A) (rms)	定格二次電圧 (V)
300	150	75	200	125/216
600	150	150	400	125/216
1,200	150	300	800	125/216
1,600	120	500	1,340	125/216
2,000	150	500	1,340	125/216
2,500	125	750	2,000	125/216
3,000	150	750	2,000	125/216
3,000	112	1,000	2,680	125/216

主制御継電器は、上述の逆電流のシャ断をはじめプロテクタの自動開閉動作の主役を演ずるもので、図 2.10 は三菱電機の標準 CNM-1 形主制御継電器を示す。

主制御継電器は次の三つの動作条件を満足し、それはそのままネットワークプロテクタの基本動作となる。

(1) 逆電流シャ断……図 2.12 で i が逆流したときにシャ断器 CB をトリップする。

$$\text{トルク } T_1 = k_1 e_2 i \cos(\theta_1 - \phi_1) \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

k_1 : 定数, $\theta_1 = \widehat{e_2 i}$, ϕ_1 : 位相特性角

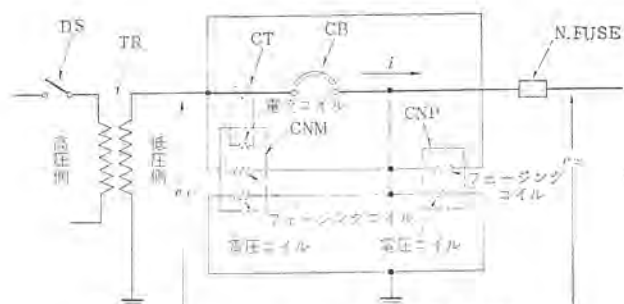


図 2.12 ネットワークプロテクタと変圧器部分説明
(CNM: 主制御継電器 CNP: 位相点検継電器)
Fig. 2.12 Network protector and network transformer.

(2) 過電圧投入……一度シタ断後高圧ファイダにキ電されたときにプロテクタのトランス側に発生する電圧 e_1 がネットワーク電圧 e_2 より大きいときに、シタ断器を自動投入する。

$$\text{トルク } T_2 = k_2 \Delta e \cdot e_2 \cos(\theta_2 - \phi_2) \dots \dots \dots (2.8)$$

k_2 : 定数, $\Delta e = e_1 - e_2$ でフェーディング電圧という、

$\theta_2 = \angle e_1 e_2$, ϕ_2 : 位相特性角。

(3) 無電圧投入……全停時に、最初のファイダにキ電されたときに投入するもので e_1 のみまず発生したとき、継電器のコイルと低圧負荷によって分圧されて発生される Δe と e_2 によって継電器の動作をうる。

そのほかの動作および性能限界については、別の機会に説明する。動作特性の概要は別の資料⁽⁸⁾⁽⁹⁾をも参照されたい。

位相点検継電器は、主制御継電器と協力し、過電圧投入のときの e_1 と e_2 との位相関係を規制し、ホッピング防止を行なうもので、図 2.11 は三菱電機の CNP-1 形位相点検継電器の外観を示す。

2.3.3 ネットワーク変圧器

ネットワーク方式には、標準変圧器も用いられるが、同一ネットワークに用いられる変圧器の Z_T は P.U. で同じ値のものを用いることが負荷分配上好ましく一般に数%前後の値を用いられているが、2,000kVA 程度の変圧器となれば事故電流の大きさの関係もあってより大きな Z_T も考慮する必要がある。

一般に Z_T は次のような影響をもつ。

- (1) 変圧器負荷の分担の不等率に影響する。
- (2) ネットワークの辺の線路インピーダンス Z_M との比 Z_M/Z_T が大きいほど高圧ファイダ1回線停電時の変圧器負荷の不等率が増し、負荷に対する余裕が必要となる。
- (3) 過電圧投入に対して Z_T が大きいほど余裕ができ、また高圧ファイダの負荷の過大な変動によっても逆流が生じてホッピングをおこすおそれがない。
- (4) Z_T が大きいほど低圧側事故電流が小さくなり、変圧器容量の大きい場合など保護が容易になる。
- (5) 以上(2),(3),(4)は Z_T を大きくした方がよい要素であるが、一方 Z_T を大きくすると電圧変動が大きくなる。
- (6) Z_T を大きくするとある限界以上ではコストに影響する。
- (7) Z_T が過大なときは、変電所継電器による低圧側事故へのバックアップは期待できない。もっともこれは一般にはじめから期待していないケースも多い。

表 2.3 は現在の標準的なネットワーク用柱上形変圧器の例で 1φ 133 kVA は目下のところ最大級のものである。なおこの変圧器は 150% 過負荷 2 時間に十分耐えるように特別に仕様されている。ネットワーク変圧器にはその主力として地中用で油入式が、また低圧ネットワーク方式の信頼度と将来・森

表 2.3 ネットワーク用巻鉄心単相変圧器の特性例

定格出力 (kVA)	定格出力 における 効率 (%)	定格出力 における 電圧変動 率 (%)	負 荷 電 流 (%)	無負荷損 (W)	インピー ダンス電 圧 (V)	寸法 (mm)		重 量 (kg)	
						A	B		
75	98.1 以上	1.5以上	2.3以上	300以下	5.5±0.5	800 以下	1200 以下	500 以下	
耐熱変圧器	75	98.3	1.5	2.3	300	5.5±0.5	750	1,100	360
	100	98.3	1.4	2.3	380	5.5±0.5	800	1,200	470
	133	98.4	1.4	2.3	480	5.5±0.5	900	1,300	580

* ただし 150% 2 時間過負荷特別規格付き

ビル用として油入式または乾式のものも当然考えられ、NEMA にもネットワーク変圧器としての規格があるが、わが国ではようやく本格的な開発が具体化してきたところであって今後標準系列化が進むと考えられる⁽⁶⁾。

2.3.4 高圧側断路器

図 2.12 に示す断路器 DS は以下のような方式が考えられる。

(1) ニューヨーク市のようにネットワーク方式そのものを強化簡略して全廃する。

(2) 全然シタ断性能を期待しないスイッチで高圧ファイダを変電所で停電後手動で変圧器を切り離し点検等を行なうためのものである。ほかに高圧ファイダの試験時にも利用できる。

(3) 高圧ファイダが他の重要負荷にも並行キ電を行なっているときは変圧器の励磁電流のシタ断可能な断路器か、負荷断路器を用いる。

なお(2),(3)としては、変圧器内蔵形と別置き形とが考えられる。一般に DS の位置にヒューズを用いることはネットワークプロテクタとの協調ができず推奨できない。

2.3.5 ネットワークヒューズ

図 2.12 の N.FUSE はネットワークヒューズである、このヒューズはプロテクタに対する保護装置で以下の役めを果たす。

- (1) 高圧ファイダおよび変圧器の事故に対する後備保護
- (2) 変圧器とプロテクタ間およびプロテクタ内の短絡保護
- (3) 低圧ネットワーク格子の短絡および地絡事故に対する後備保護

したがってその溶断時間特性はつぎの条件を満足しなければならない。

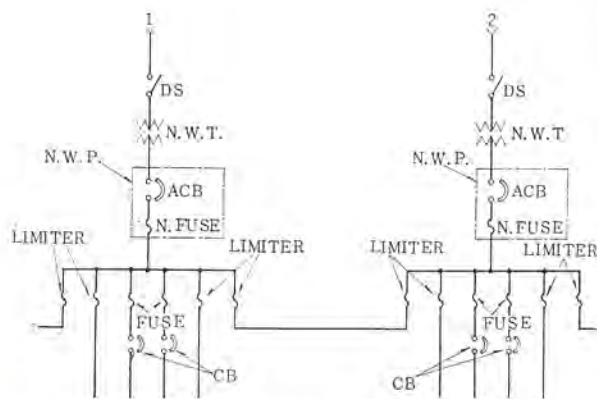
- (a) ネットワークプロテクタの逆電流シタ断特性との協調
- (b) 低圧ネットワーク格子の焼き切れまたはリミッタヒューズの保護との協調
- (c) 変圧器の過電流耐量への考慮
- (d) 配電用変電所の高圧ファイダ保護との協調
- (e) 高圧ファイダのケーブルの過電流耐量への考慮

2.3.6 リミッタ

低圧ネットワークシステムを開発時の地中配電やビル内配電では一般に低圧格子の事故は格子の導線の焼き切れによって保護してきており、この面のデータも豊富にある。この点ネットワーク方式は事故点の事故電流の集中度が高く、まことにそのような簡便な対策に適した配電方式であるといえることができる。

しかし架空ネットワークではそれではどうしてもある程度の危険がともなうので何等かのヒューズ、リミッタの類を併用することが安全であり、地中ネットワークも容量が増加してケーブル断面が大きくなると、とても焼き切れによることはできないし、またできたとしてもリミッタを併用する方がより補修が早くできることになる。

なお文献によれば、500MCM (容量 514A) が焼き切れを期待



N. FUSE: ネットワークヒューズ, LIMITER: リミッタ
FUSE: 限流性ヒューズ
N.W.T.: ネットワークトランス, N.W.P.: ネットワークプロテクタ
DS: 高圧断路器, CB: ACB またはノーヒューズ遮断器

図 2.13 低圧ネットワークとヒューズおよびリミッタの例
Fig. 2.13 Secondary network and fuses and limiters.

できる最大限度で、それ以上のサイズの導線にはリミッタがぜひとも必要であり、またできれば 500 MCM またはそれ以下の 4/0 (容量 315A) あるいは 250 MCM (容量 346A) を 2 本並列にして用いることを推奨している。

リミッタは比較的ゆるい反限時性を持ち、ネットワーク内事故の選択保護に適しているが、レギュラネットワークとスポットネットワークでは、若干必要性能に相違が考えられるので、それらに共通して使用できる特性を見出すことが、今後の課題のひとつであろう。

3. 三菱電機のネットワークプロテクタ

3.1 概説

当社のプロテクタは、昭和 34 年に開発され、関西電力千日前地区に装備⁽⁷⁾された。その後九州電力寺通地区で昭和 39 年より試験運転にはいっているものがあり⁽⁸⁾、さらに昭和 41 年には柱上式の変圧器容量で 300 kVA 用形を関西電力河原町地区等にまた地中式のほぼ同容量のものを東京電力銀座地区に納入している⁽⁸⁾。

3.2 柱上式

柱上式のプロテクタの納入実績表を表 3.1 に示す。装柱重量の制限から、大体三相容量 300 kVA がほぼ限界でこの程度のプロテクタが、一般地域の架空ネットワークシステムにおいてはもっとも容量が大きく経済的である。図 2.8 はこの最大容量定格のプロテクタを示したものである。

3.3 地中式

地中式のプロテクタの納入実績表を表 3.2 に示す。将来の地中配電電圧については、今後系統的に最良のものが選ばれてくるであろうが、一般地区には 200V の異容量 V 接続方式が発展し、高層ビルをふくむ重負荷密度の地域には 400V の 3 相 4 線式人接続方式が主体となることが世界のすう勢であるように思われる。また容量の上では、2000 kVA あるいはそれ以上の変圧器単器容量のネットワークも実現する可能性がある。これに対し、当社の標準 ACB は表 3.3 のように豊富な形式を持ち、これに十分対応できる能力を持っている。

したがって当社としてはこれらのすう勢をわきまな

表 3.1 三菱柱上式ネットワークプロテクタ納入実績

制作年度	プロテクタ形式記号	構造	変圧器定格容量 (kVA)	使用系統	プロテクタ定格				備考	
					電圧 (V)	遮断電流 (A)	シャ断電流 (kA)	投入電流 (kA)		
昭和 34 年	CM (44)	柱上式	3×30 or 3×50	6.6kV/173V (173V/100V) △ 人	210	800 (1,200A 2時間) (1)	AC210V 15,000A	NF-800 改造	関西電力 (千日前)	25
昭和 39 年	CM (44S)	柱上式	3×50 or 3×75	6.6kV/173V (173V/100V) △ 人	210	800 (1,200A 2時間) (1)	AC220V 15,000A	NF-800 改造	九州電力 (寺通町)	11
昭和 40 年	CM (45)	柱上式	3×100 (2×100 + 1×100)	6.6kV/210V (210V/105V) △ 人	210	1,000 (1,500A 2時間) (1)	AC500V (2) 25,000A (母線電圧 30~260V)	DBP-10	関西電力 (河原町)	29
昭和 41 年	CM (45)	柱上式	3×100 kVA	6.6kV/173V (173V/100V) △ 人	210	1,000 (1,500A 2時間) (1)	AC230V 25,000A	DBP-10	関西電力 (千日前)	11

(注) (1) 定格電流の 150% 過負荷 2 時間における温度上昇はいずれの部分も 80°C 以下、この規格により設計は規制されていて実際の連続容量はこれとほとんど変わらない
(2) 電圧は供与電圧、電流は交流分実効値 ($\cos \phi < 0.15$) を示す

表 3.2 三菱地中式ネットワークプロテクタ納入実績

制作年度	プロテクタ形式記号	構造	変圧器定格容量 (kVA)	使用系統	プロテクタ定格				備考	
					電圧 (V)	遮断電流 (A)	シャ断電流 (kA)	投入電流 (kA)		
昭和 41 年	CM (33S)	地中式 (予備遮断器形)	200 + 100 (3φ)	6.6kV/210V (210V/105V) △ 人	250	1,500 8時間	AC250V (1) 30,000A	DB-50P	東京電力	4

(注) (1) NEMA に準拠、電流は対称電流で交流実効値としている

表 3.3 三菱 DB 形 ACB 標準
JEC-145 による (リーフレット L-30394-B)

	形式記号	定格電圧 (V)	定格電流 (A)	定格シャ断 電流対称値 * (rms kA)	定格投入 電流非対称 瞬時値 (kA)	補 足 説 明
標準 シ ャ 断 器	DB-25	600 500 250	最大 600	25 30 42	51	
	DB-50	600 500 250	最大 1,600	42 50 65	97	DB-50P のベースになっており地中人 440V 800 kVA まではこれに応用できる
	DB-75	600 500 250	最大 3,000	65 65 85	150	DB-75P のベースになっており地中人 440V 1000 kVA と 1500 kVA はこれに応用することができる
	DB-100	600 500 250	最大 4,000	85 85 130	195	
	DB-150	600 500 250	別のリーフレットによる			
ブ化 ロシ タ気 中用 シャ 変断 形器 実用	DBP-10	500	架空式で 1,500 2 時間	25	60	DB-50 と DB-25 の中間をベースにしたネットワークプロテクタ用気中シャ断器地中とする と1000A 2時間の予想
	DB-50P	250	地中式で 1,600 8 時間	30	69	DB-50 をベースにしたネットワークプロテクタ用気中シャ断器

* $\cos \phi > 0.15$ のばあいの短絡発生各 1/2 サイクルにおける電流を示す。また上記数値は ACB 単体のもので箱に収納した場合、箱や導体の設計により性能限界が変更される場合がある

がら、技術的、経済的に最適の配電方式を考察しつつわが国の電力供給システムの革新に貢献してゆきたいと考えている。図 2.9 はさきに東京電力殿に納入した地中式プロテクタを示したものである。

4. 低圧ネットワーク方式の今後の課題

4.1 低圧ネットワーク方式の導入

以上において、低圧ネットワークのわが国の内外における発展過程をたどってその歴史的背景を示し、つぎに低圧ネットワークに係る機器について述べた。

低圧ネットワーク方式の本質をさぐるとき、シンプルで保護と制御、時間的に十分余裕のある高圧ファイダ等の点検等を大前提として長期にわたって構成発達してきたものであることが明瞭となる。

信頼度に限界のある樹枝状システムを基盤に、保護と制御の高度化と個々の機器と線路の信頼度の向上によって何とか信頼度の維持を計るという発展形態が、わが国においてはある程度基調になっていたことを認めざるを得ないのであるが、このような歴史の中に上述のような低圧ネットワーク方式を導入するにあたって、その本質を殺さないような問題解決策を見だしてゆくことが、われわれ担当設計者にとって重要なことであろうと思われる。

低圧ネットワーク方式の導入を考えると、わが国の諸事情に対してもっとも適したシステム設計という本質的なものから、上述の異質のものへの心理的な違和感の解決という付帯的なものまで、多くの問題が指摘されるのであるが、その一部について以下にふれておきたいと思う。

4.2 一般ネットワーク方式とスポットネットワーク方式

一般ネットワーク方式 (Regular Network System) は図 2.1 のように、ネットワーク変圧器を分散し、一部の高圧ファイダの停電時でも、負荷率が極力一定になるようにファイダと変圧器との組み合わせを行なったものであり、一般市街地に適する方式である。

スポットネットワーク方式 (Spot Network System) は、図 4.1 のようにネットワーク変圧器とプロテクタを、共通母線に接続して 1 箇所に集めたもので集中負荷に対する高信頼度供給に最適の方式である。

今後、ある地域のネットワーク化を考慮するにあたり、具体設計においては一般ネットワーク方式でゆくべきか、スポットネットワーク方式でゆくべきか相当の検討が必要と思われる。

たとえばつぎのような問題があげられる。

- (1) 一般市街地でも街路を考慮したばあいの、一次ケーブルの経済性
- (2) ネットワークユニット容量とスポット総容量との経済性
- (3) ネットワークユニットの設置上の制限条件
- (4) 事故電流の大きさと保護のためのコスト
- (5) 高圧ファイダの事故時の変圧器過負荷不等率の経済性におよぼす影響

4.3 高圧需要家の問題

低圧ネットワーク方式がもっとも信頼度の高い配電方式であることを 2.2 節で示した。しかし現状の配電線では約 50% が高圧需要家であって、現在の一般市街地に低圧ネットワークを適用しても、半分の負荷は高圧ファイダから直接給電させることになり、ネットワーク化による信頼度向上も片手落ちなものになってしまう。

これらの高圧負荷に対する供給信頼度の向上策としては、以下の 4 案が考えられる。

低圧ネットワーク方式の信頼度と将来・森

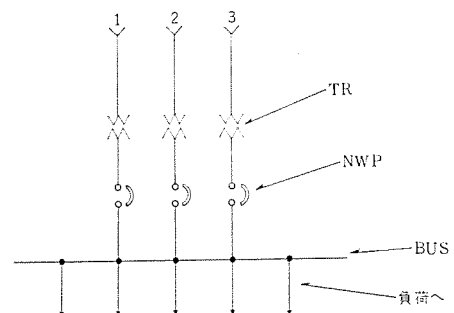


図 4.1 スポットネットワーク方式
Fig. 4.1 Spot network system.

- (1) 高圧ファイダの区分化とルー化による方式
- (2) 高圧ファイダをネットワーク化する方式
- (3) 重要負荷には複数の高圧ファイダを引き込み、片側を予備線とする方式

(4) 400V 配電に切り換えて 400V ネットワークから給電する低圧ネットワーク化方式

(1) の方式はすでに考察したように、停電確率 P を P_H から一けた下げることができるが低圧ネットワーク方式とは比較すべくもない。

そこで(2)ということになるが、高圧ネットワーク方式でも P については高圧ファイダの 1 区分の長さに比例するために、この点ではルー方式と本質的な差異を認めることはできない。

ただし高圧ネットワーク方式は、設備費と事故即応性をふくむ運用の面でルー方式にまさり、低圧ネットワークと違った意味で地域的に応用されねばならぬ方式となるであろう。

(3) の予備線方式は従来も特殊の大口、重要負荷に一部適用されてきたもので、一見低圧ネットワーク方式と比較されるように見えるが、実際は、

- a. 設備の利用率が低く不経済である。
- b. したがって全負荷におよぼすことは経済的に無理である。
- c. 切り換えのための停電時間がある。

等の欠点を指摘される。

したがって、ほかにいくつかの技術上の考慮は必要にしても、信頼度の面からいえば、あきらかに(4)の 400V 配電が最後の回答であって、これによって初めて完全無停電の高信頼度供給が実現することになる。

4.4 低圧ネットワーク方式と地中配電

架空線システムを地中化するさいにぜひとも着目しなければならないのは一次ファイダの予備線の問題である。架空線でこそ、事故の復旧は短時間でできないが、地中線では復旧の即時性は期待できない。

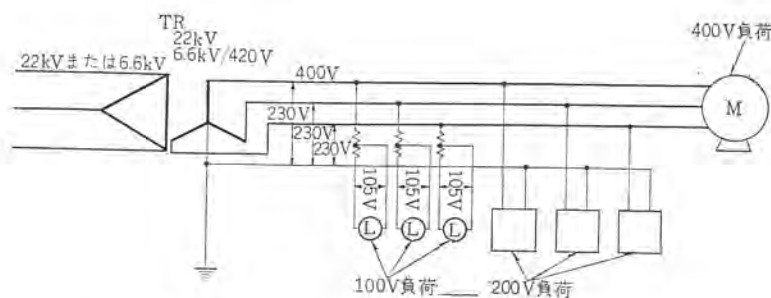
一次線に予備能力を持たせるばあいにもっとも経済的な方式はいうまでもなく低圧ネットワーク方式である。

4.5 400V 配電

したがって将来ネットワーク配電と 400V 配電と地中配電はたがいに切り離せないものとなるであろう。

ここに 400V 配電の利点を要約すれば以下になる。

- (1) 高信頼度配電としては低圧ネットワーク方式が最良である。
- (2) したがって高圧負荷をネットワーク負荷に吸収すべきであり、その意味では 400V 配電以外にはあり得ない。
- (3) 地中配電においては低圧ネットワーク方式による供給を行なうべきであり、その点でも 400V 配電と合致する。



ただし配電電圧は 400V/230V の例を示す。実際は 380~460V まで数段階の方式がある

図 4.2 400V 3 相 4 線配電方式の例
Fig. 4.2 Example of 400V distribution system.

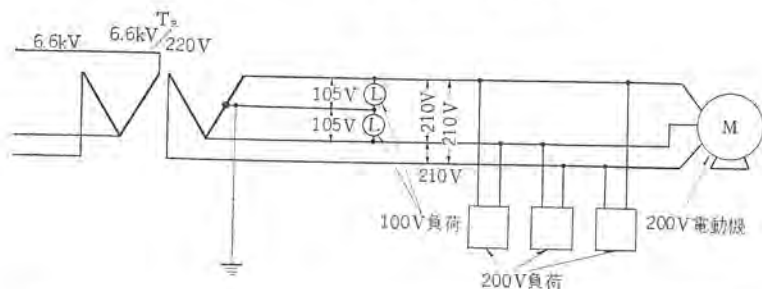


図 4.3 200V 異容量 V 接続配電方式の例
Fig. 4.3 Example of 200V V-Connected distribution system.

(4) 現在配電電圧がひとつの原因で大形電化製品の普及がおくれているが、400V 配電とすることによってそれが促進され、電化生活の向上に役だつ。

(5) 400V とすれば、変圧器ユニット容量が大きくなり、また電灯・電力に共用して台数を減小できる。

(6) 電圧降下が少なく、ケーブルを有効に利用できる。

(7) 400V 電動機を使用できる。

100-200V 配電の発達普及した今日、400V 配電の実施は大きな問題をふくんでいるが、まず新重要地域の地中配電化と合わせて真剣に考慮されねばならぬ問題であると考ええる。

なおネットワーク機器の面から考えると、低圧ネットワーク方式では変圧器の適用に当り緊急時における過負荷運転をある程度ペースにして設計することになるが、プロテクタのばあいには過負荷運転はほとんど許容できないので、プロテクタの最大容量で制限を受け、負荷密度がある限度以上となると当然 400V 配電が経済的になる。

4.6 低圧ネットワーク方式と二次電圧

地中式のばあい、上述の理由によって 400V 三相 4 線式が主流となると思われる。二次電圧値の詳細値については今後決定されてくるであろう。

架空式のばあい、元来既存繁華街配電の高信頼度化のために計画されるので、バンクとの関係あるいは経済的關係から異容量 V 接続 210V/105V が主力となると思われる。

なお地中式で既存市街の低圧ネットワーク配電を行なうばあいに 400V の三相 4 線式か 200V の異容量 V 接続式か選択に問題のあるところであろう。

4.7 一重事故供給可能基準と二重事故供給可能基準

いわゆる First Contingency Base Design と Second Contingency Base Design の問題である。従来一般に行なわれてきている低圧ネットワークの予備供給力レベルは First Contingency Base Design であって、そのばあいは比較的容易に系統の諸定数も設計できる。

たとえば、表 4.1 はこのペースによるネットワーク変圧器の通常運転時利用率係数と高圧フィーダ数 m との関係を示しており、 m が 2 ではあまりにも利用率が低い、 m が 3 となれば 4 以上のと

表 4.1 低圧ネットワークにおける変圧器の通常運転
に対して計画すべき利用率
(ただし First contingency base.)

フィーダ数 (m)	理論値 (注1)	ネットワークを組むとき実際に考慮すべき値 (注2)
2	0.50	0.40
3	0.67	0.54
4	0.75	0.58
5	0.80	0.60
6	0.83	0.61

(注1) 高圧フィーダ事故時に運転可能な最大負荷を 1 としたとき通常運転時における負荷の値を示すものである ($=\frac{m-1}{m}$)。したがってスポットネットワークにはこれを用いる

(注2) レギュラネットワークにおいて 1 回線事故時に残りのバンクの負荷分担不平等率を考慮した値

きと大差はなくなる。しかし Second Contingency Base Design のときは、スポットネットワークのばあいは簡単な理論計算値でよいが、一般ネットワークのばあいの利用率は結局実システムをシミュレートして決定する必要がある。またとくに Second Contingency Base Design のばあい、単に一次フィーダに対する考慮のみならず、これに適合した変電所およびそれよりも電源側の系統を考えることが必要と考えられる。また低圧側では事故電流の若干の増加を一応計算に入れて設計することが必要である。

4.8 低圧ネットワーク方式と一次系統

低圧ネットワーク地域に給電する一次フィーダは、一般に同一母線から送り出されたものでなければならない。ひとつのネットワークに異母線からの系統を接続するときは、一次フィーダの電圧の均一化制御が必要である。このような制御は必要とあれば不可能ではないが、ネットワーク以外の一次直結負荷には特殊な変動を発生しないものをえらぶ必要がある。

したがって低圧ネットワーク地域に給電する変電所は十分信頼度の高いものでなければならない。そしてできれば、常時連続形の複母線または環状母線形式とし、変電所も低圧ネットワークの設計基準に合致した予備供給力をもつべきである。

その場合当然複数のバンクが常時並列に連結されるので、短絡容量の点から 6kV 系統では限界があり、一次フィーダが架空式のときは止むをえないが、地中式となれば 20~30kV の一次電

圧を選択すべきではなかろうか。

一次系統に自動式の区分開閉器を併用することはいたずらに系統制御を複雑にするのみで適当ではない。一回線 ルー方式と多重ルー方式は、変電所の First Contingency または Second Contingency Base Design との結合において今後研究の価値があらう。したがって一次電圧が 20kV のばあいにおいて構成上の自由度が発生する。

予備線切り換え方式は、低圧ネットワーク方式に比して経済的ではなく、また完全無停電供給方式とはいえないが、変電所に対しては容易に First Contingency または Second Contingency Base Design をとれる点にひとつの特長がある。その点ある種の重要公共施設に対しては予備線方式を併用することがのぞましい。

5. む す び

以上低圧ネットワーク方式の現状と将来について若干の展望をおこなった。

当然今後の 10 年間あるいは 20 年間に於いて、超々高圧系統から家庭への配電に至るまで、電力系統の変ぼうは著しいものがあるであろう。そのなかで、低圧ネットワーク配電が真に信頼性のある実用方式として発達してゆくことを期待する者は少数にとどまらないのである。

(昭 41—3—25 受付)

参 考 文 献

- (1) A.H.Kehoe: Underground Current Network Distribution for Central Station Systems, AIEE Trans., 43, 844-52 (June, 1924) (discussion 869-74)
- (2) H. Richter; Evolution of the A. C. Network System, Electric Journal, XXII, 320-26 (July, 1925)
- (3) W. R. Bullard: The Automatic Network Relay, AIEE Trans., 45, 1203-1211 (Nov. 1926) (discussion 1220-27)
- (4) D. K. Blake: Low Voltage A. C. Networks, General Electric Review, 31, 82-84, 140-43, 186-90, 245-48, 440-43, 480-82, 600-604 (Feb., March, Aug., Sept., and Nov., 1928) and 170-73 (March 1929)
- (5) NEMA Standards for Network Protectors, NEMA Publication No. SG 3.1-1954, June, 1954
- (6) NEMA Standards for Secondary Network Transformers, EEI Publication. No. 57-7, NEMA Publication No. TR 4-1957
- (7) 東松・鈴木: 交流低圧架空ネットワーク方式「三菱電機」33, 348 (昭 34)
- (8) 横浜・森: CM-44 形ネットワークプロテクタ「三菱電機」36, 348 (昭 37)
- (9) 東松・宮本・天野・竹内・久保: 関西電力京都河原町 CM-45 形 ネットワークプロテクタ, 「三菱電機技報」39, 1526 (昭 40)

付 録

式 (2.6) 補足説明

t : 1 年間の点検、事故等すべての原因によって 1 ファイダが停電する総時間

いま各ファイダが 1 年間に 1 回事故を起こすとして、それが前記 t に重なる確率は $\frac{t}{8760}$, $\because 24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} = 8760 \text{ 時間}$

P_n : 1 ファイダの年間事故発生回数

m : 低圧ネットワークに給電する高圧ファイダの本数

したがってあるファイダが停電中に、他の $(m-1)$ 本のファイダのどれかに事故が発生する平均確率の合計は、

$$P = m C_2 P_n \frac{t}{8760} \text{ (回/年)} \quad (2.6)$$

ネットワークの設計が 2 ファイダ停電でも供給可能な設計ならこれでも停電しないが、1 ファイダ停電までを考慮した設計なら夏期などには供給支障をきたす。

要するに式 (2.6) が導出されてもまだ機器容量等の選択時の余裕の取り方の問題なのである。

なお P の逆数 Y は First Contingency Base Design のばあいにさえ供給支障をきたす平均事故発生確率を何年に 1 回とあらわしたもので、

$$Y = \frac{1}{P} = \frac{8760}{m C_2 P_n t} \quad (2.6 B)$$

となる。

自家用変電所における保護継電装置

美 濃 順 一*

Protective Relays of Power Consumer's Substations

Kōbe Works Junichi MINO

It is the latest trend to work out logical and automatic operation of industrial facilities through their modernization. To realize the plan electric equipment is the most indispensable tool to approach the goal. Power consumer's substations, in this series, play a vital part to keep the wheel of industry tuning on. It is no exaggeration to say that the substation equipment is the origin of rationalization. Then the high reliability of the installations in the substation with no power suspension is demanded by all means. Should any failure occur, the hazard shall be kept to the minimum and power supply is to be resumed as quickly as possible. This is a reason that protective relays need thorough study.

1. ま え が き

図 1.1 および図 1.2 は自家用受変電設備の代表的な単線接続図である。一般自家用受電設備の受電電圧と設備容量との関係は次例のとおりであるが、地区によって若干異なる。

契約電力	受電電圧例
1,000 kW 未満	6.6 kV または 3.3 kV
1,000 kW 以上 10,000 kW 未満	11 kV 以上
10,000 kW 以上	66 kV 以上

また受電方式には従来次の方式があり、今後低圧ネットワーク方式が出現すると思われるが、従来方式の中では信頼度の点でループ受電方式が最もすぐれている方式である。

- (1) ループ受電方式
- (2) 平行回線受電方式
- (3) 本予備回線受電方式
- (4) 単回線受電方式

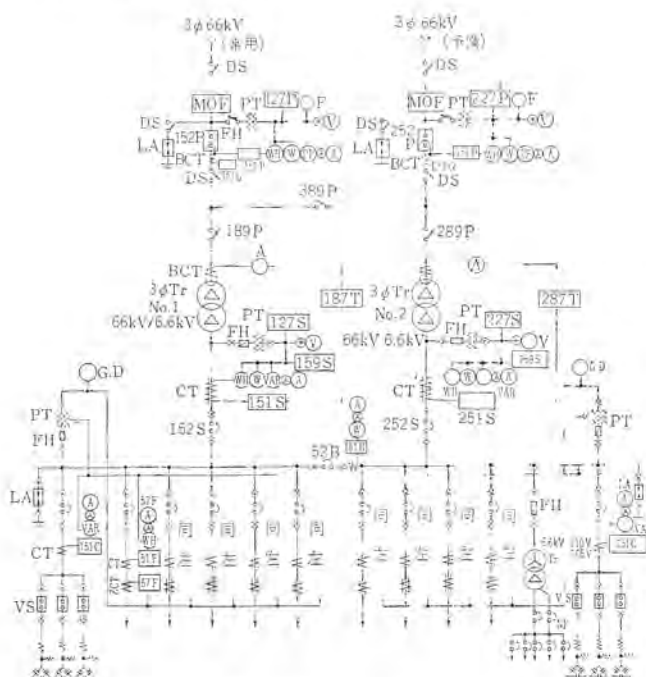


図 1.1 自家用受電設備 スケルトン (66 kV 常用—予備 2 回線受電)
Fig. 1.1 Skeleton diagram of 66kV receiving substation.

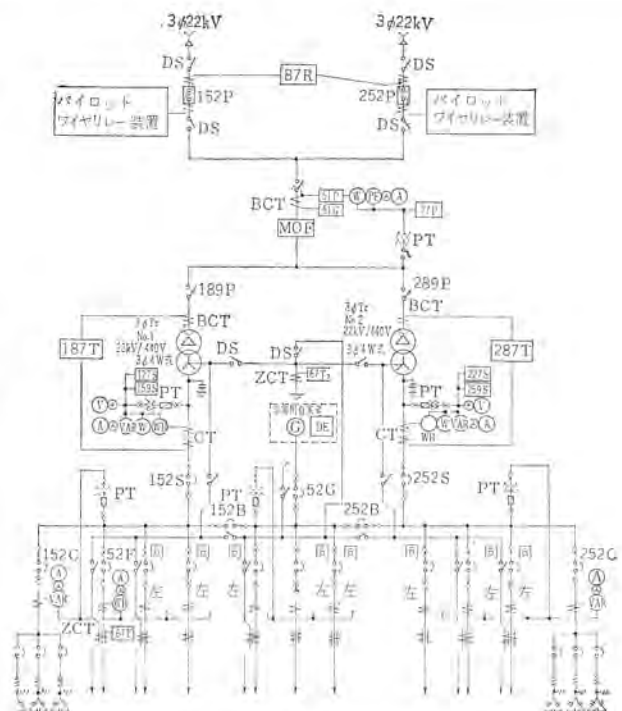


図 1.2 自家用受電設備 スケルトン (22 kV ループ受電)
Fig. 1.2 Skeleton diagram of 22kV loop system receiving substation.

図 1.1 に示すものはこの予備回線受電方式の一例であり、大形ビルなどに採用される方式である。

以下各回路の保護方式について詳細を説明する。

2. 保 護 方 式

一般工場、ビルなどにおいて受電設備の重要性はあらためて論ずるまでもないが、もし受変電設備の事故により所内全体に対して送電が停止された場合は、工場全体あるいはビル全体が完全にその機能を喪失してしまうことから容易にその重要性を認識できる。したがって、受電設備の計画に際してはあらゆる方面から十分検討し信頼度の高い設備とする必要がある。万一、設備に事故が発生した場合には速く事故機器を系統から切り放し、事故の拡大を防止すると同時に一刻も早く負荷に送電できる状態に復旧することがたいせつである。このため各回路には高精度で信頼

度の高い保護方式を採用し、万一の場合に備えておく必要がある。
以下各回路ごとに説明する。

2.1 受電回路保護

2.1.1 過電流保護方式

受電回路には変電所内特高回路の短絡保護および変電所内故障の最終後備保護として過電流 リレー を設置するが、この リレー の選定および整定に際しては変圧器二次側短絡時の協調、電力会社送電端 リレー との協調を考慮する必要がある。

故障除去の観点からは高速度動作形がよいわけであるが、変圧器二次側短絡時の時限協調の点から特殊事情がない限り CO-8-D 形または、CO-6-D 形誘導形過電流 リレー を使用する。

単回線専用受電の場合は、このリレーは保護上不必要ではないか、との見方もあるが責任範囲を明確にする点から必ず必要である。整定に関しては事故点に最も近い シェ断器でトリップさせる選択シェ断方式を採用し、他方電力会社送電端 リレー との協調もあわせて検討しておく必要がある。

接地過電流保護に関しては、国内の 20~70kV 級回路のほとんどすべてが 100 A 以上の接地系統になっている関係上、CT 残留回路に誘導形過電流リレーを接続し、構内の地絡検出を行なう方式が最も経済的である。この方式における接地過電流 リレー としては COG-2-D 形 リレー (タップ: 0.25~1 A) または CO-8-D 形 (タップ: 0.5~2.0 A) が最適である。地絡検出感度は式 (2.1) で計算すればよい。

$$\text{地絡検出感度 (\%)} = \frac{\text{リレータップ値 (A)} \times \text{CT 比}}{\text{完全地絡時の電流}} \times 100 \dots (2.1)$$

この リレー の整定に関しては感度は 25~30 % 程度とし、ダイヤルは最も速く動作する 1/2~1 に整定するのが通常である。(自家用受電設備に関してはこの リレー が最終負荷端になるためである。)

なお この方式で地絡保護を 2 段以上行なう場合は、リレー が小勢力動作形であり オーバーテションによる 不要動作を防止するため、必ずストップ として接地過電圧 リレー を併用する必要がある。

構内特高回路が複数回路に分岐されており、地絡回路を選択する必要があるときは充電電流による誤動作を防止するため、CWP-2-D 形誘導形方向地絡検出 リレー を使用した選択シェ断方式を採用しなければならないが、この リレー は電力動作形であるから零相電圧を得るための変成器が必要となる。

このほか特高受電回路が ルー受電方式となっており、他系統に与える影響の点から高速度検出を要請されるときは DGB-2-D 形高速度方向地絡 リレー を使用すればよいが、上記選択シェ断方式と同様に零相電圧を得るための変成器が必要である。

2.1.2 受電形式による保護装置の相違

受電方式には 1 章に記載した方式があるが、これを大別すると

- (1) 常時 2 回線受電方式
- (2) 常時単回線受電方式

に分類される。このうち(1)の場合は 2.1.1 項に記載した方式で十分であるが、(2)の方式の場合は受電用 シェ断器を選択シェ断させる必要があること、他系統に与える影響を少なくすることなどを考慮して次のような高速度保護方式が採用される。

- (1) 常時単回線受電 OC+OCG
- (2) 常時 2 回線受電
 - (a) パイロットワイヤ 方式
 - (b) SS+SG+OCR+OCG
 - (c) DS+DG+OCR+OCG

なお 単回線受電方式の場合、 変圧器二次側 OC との協調上変自家用変電所における保護継電装置・美濃

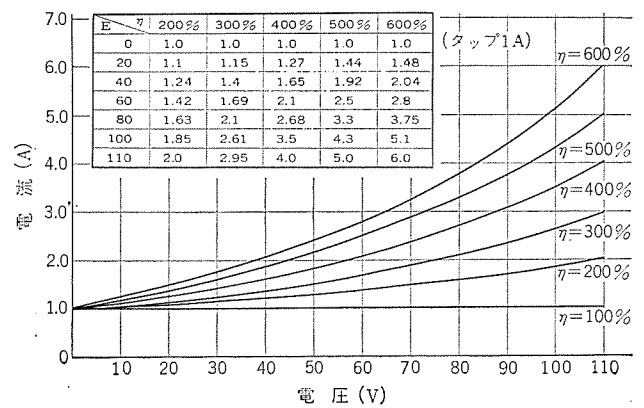


図2.1 LOR-3-D 形電圧抑制付過電流継電器 V-I 特性
Fig. 2.1 V-I characteristics of type LOR-3-D over current relay with voltage restraint.

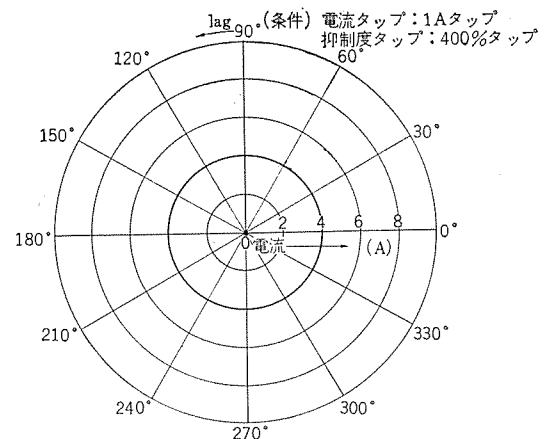


図 2.2 LOR-3-D 形電圧抑制付過電流継電器位相特性
Fig. 2.2 Phase characteristics of type LOR-3-D over current relay with voltage restraint.

圧器一次側に一般の誘導形過電流 リレー を適用したのではどうしても不つごうを生ずる場合は、変圧器一次側二次側故障の区別をつけるため UV+OC とするかまたは電圧抑制要素付 OCR を適用すればよい。

2.1.3 特高回路構内保護

特高回路の故障は他系統に与える影響が大なること、事故除去が遅れると大事故に発展し、復旧まで長時間の全停をよぎなくされることなどから高速度でこれを検出し事故拡大を防止する必要がある。単回線受電のときは LOR-3-D 形高速度電圧抑制付過電流 リレー による方法が最適である。

図 2.1 および図 2.2 にこの リレー の諸特性を示す。

ルー受電方式などの常時 2 回線受電形式のときには上記方式を採用することは、特高構内回路の全領域を保護範囲にできないこと、他系統事故時の分離が困難であることなどの理由により一般的に使用はできない。このような回路を簡単にかつ確実に保護する方式としては BP-280B 形簡易母線保護装置が最適である。この装置は専用の CT は必要とせず既設の設備に簡単に取り付けられるという特長を持っており、要求される系統条件としては、

- (1) 受電回路 2 回線の CT 比が同一である。
- (2) 特高負荷側回路はすべて変圧器を通して低圧負荷に接続されている。

で上記条件を満足していれば適用可能である。

なおこの装置を設置する場合はストップ として SFU 形高速度低電圧 リレー を設置する。

2.2 変圧器保護

変圧器は受電設備機器の中核であり最も重要な機器である、したがって保護装置として万全を期すべきではあるが、変圧器容量が小さな小規模受電所においては経済的な考慮も必要であり、ある程度の基準を設定しておく必要がある。

表 2.1 自家用変電所用変圧器保護装置適用基準例

種 別	名 称	保 護 連 動	適 用 準 基
機 械 的 保 護 繼 電 器	ブッフホルツリレー または衝撃圧力リレー	1 段はなし 2 段で一次二次シャ断器 トリップ	主変圧器にはすべて装 備 (ただし油入変圧器)
	油面低下検出リレー (油面計付属警報接点)	なし 警報および故障表示のみ	同 上
	温度リレー (ダイヤル温度計付属 警報接点)	なし 警報および故障表示のみ	同 上
電 気 的 保 護 繼 電 器	差動保護 (比率差動繼電器)	一次二次シャ断器 トリップ	保護容量 1,500kVA 以 上に適用
	後備保護 (過電流繼電器)	一次側シャ断器 トリップ	主変圧器にはすべて装 備する ただし受電回路過電流 リレーで兼用可能
	過負荷保護 (変過電流繼電器)	一次側または二次側シャ断器 トリップ	主 圧器にはすべて装 備する 一次側設置二次側設置 のいずれでもよい 二次側が低圧のときは シャ断器内蔵の過電流 引はずし装置で代行可 能

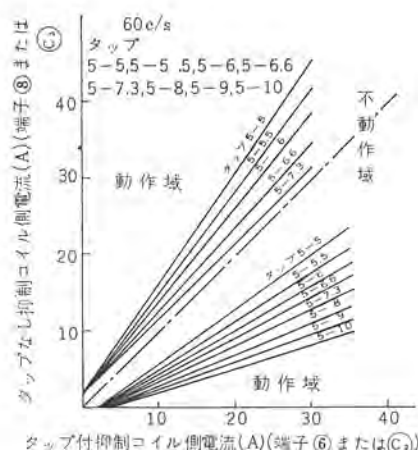


図 2.3 CAT-D/E 形比率差動繼電器比率差動特性例
Fig. 2.3 Typical ratio differential characteristics of type CAT-D/E relay.

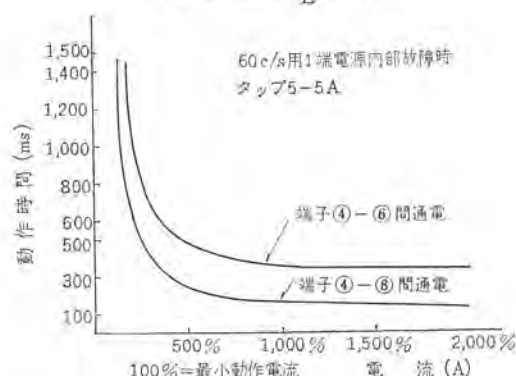


図 2.4 CAT-D/E 形比率差動繼電器動作時間特性例
Fig. 2.4 Typical time curves of type CAT-D/E relay.

次に変圧器の保護装置設備基準の一例を表 2.1 に示す。

なお自家用変電所用主変圧器に適用する差動保護用 リレー としては CAT-D/E 形比率差動リレー が最適である。

図 2.3 および図 2.4 にこの リレー の動作特性を示す。

2.3 電動機保護

電動機の保護装置としては交流の別、容量、種類、制御方法、用途のいかんにより種々異なるが、一般的にいえることは各電動機には一定の定格出力があり、定格出力において電動機の温度上昇は許容温度上昇値以内になるように設計製作されているから、もし電動機を定格出力以上で許容温度上昇値を超過して使用したり、あるいは電動機巻線層間短絡などを放置して運転を続けるならば、ついには電動機を焼損することになる。このような危険な場合には電動機を電源から切り放すことが必要であり、この目的のために保護装置を設置するわけである。

電動機の保護装置には以上のような電動機自身の保護を目的とした保護装置のほかに、電動機により駆動される機械装置や操作者の安全のための保護装置も併置する必要があることはもちろんであるが、後者の場合は各装置の特殊性によりおのおの異なる装置となるため別稿にゆずるとして、この文中では電動機本体の保護について記述する。電動機の保護としては次の 3 種に分類される。

(1) 過負荷保護……熱動形、電磁形過電流繼電器 → 開閉器またはシャ断器トリップ

(2) 短絡保護……ヒューズ、NF プレーカによる開放または電磁形過電流引はずし装置内蔵のシャ断器トリップ または電磁形過電流繼電器 → シャ断器トリップ

(3) 欠相低電圧保護……欠相低電圧 リレー → 開閉器またはシャ断器トリップ、シャ断器内蔵の低電圧引はずし装置によるトリップまたは電磁開閉器による電圧降下時の開放動作による。

(欠相に関してはヒューズ断線による警報も含む)

2.3.1 過負荷保護

電動機が定格値以上の過負荷になり、巻線焼損に至るまではある程度時間を要するため過負荷保護 リレー の特性としては、電動機が過負荷により温度上昇値が危険値に達する直前に動作するように時限をもたすのが理想的である。いいかえれば電動機の熱特性とまったく相似の時限特性を有する保護 リレー を装置するのが理想的な過負荷保護といえる。過負荷保護 リレー としては熱動形と電磁形の 2 種類に大別されるが、おのおの次のような特長を有している。

熱動形：電動機の熱特性によく合致している。

(a) 熱履歴性を有している。

(b) 消費 VA が電磁形に比べて大。

(c) 過電流耐量は電磁形に比べて小。

電磁形：広範囲な調整が可能。

(a) 過電流耐量は熱動形に比べて大。

(b) 大電流領域での高速度動作が可能。

(c) 熱履歴性がない。

(d) 120~130%程度の低い領域の整定が困難。

以上の特性をよく検討して保護 リレー を選択する必要があるが、選択に際しては電動機起動電流、短絡保護のことも合わせて検討し、決定しなければならない。

2.3.2 短絡保護

短絡事故が発生した場合は電動機容量には関係なく電源側のイ

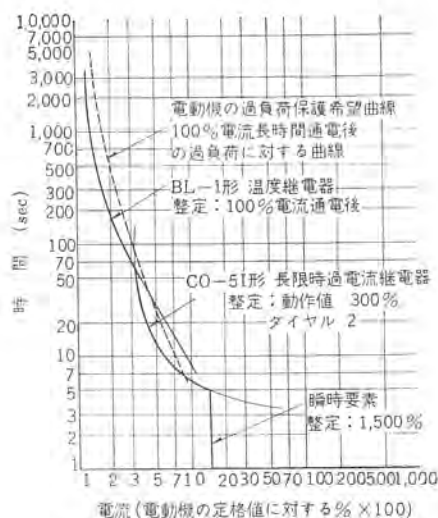


図 2.5 BL-1 形温度継電器と CO-5I 形過電流継電器を併用した電動機保護例

Fig. 2.5 Example of motor protection scheme using type BL-1 relay and type CO-5I relay.

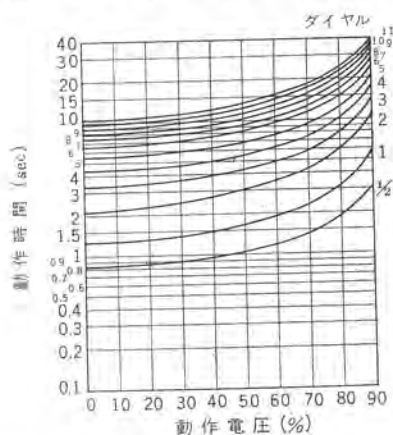


図 2.6 CV-2-D/E 形不足電圧継電器動作時間特性例

Fig. 2.6 Typical time curves of type CV-2-D/E low voltage relay.

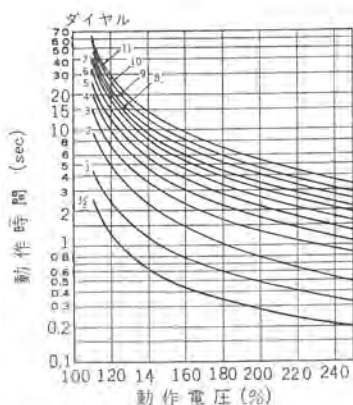


図 2.7 CV-5-D/E 形過電圧継電器動作特性例

Fig. 2.7 Typical time curves of type CV-5-D/E over voltage relay.

ンピーダンスによってのみ規定される大電流が流れるから一刻も早く電源から切り放し事故の拡大を防止する必要がある。

低圧電動機の場合は一般的には NF ラーカ、ヒューズ、シタ断器内蔵の引はずし装置により短絡保護を行なうが、高圧電動機の場合はシタ断器には引はずし装置が装備されていないため保護継電

器によりシタ断器によりシタ断器をトリップさせるか高圧ヒューズで短絡保護を行なう方式が採用される。

いずれの場合にも、電動機の起動電流では動作したりヒューズ素子の劣化を招くような選定は絶対に避ける必要があり、十分検討する必要がある。電動機の起動電流はその起動方式により左右されるが、一般的には次のような値となる。

- 全電圧起動方式……500~700%
- 入-△ 起動方式……200~300%
- 抵抗起動方式……100~150%
- リアクトル 起動方式 ……リアクトルの設計により左右されるが一般的には 300% 程度以下となる。

以上記述したように電動機過電流保護を行なうためには必ず過負荷保護と短絡保護の両者をあわせて検討し、起動電流によっては誤動作ヒューズの劣化を招くことがないように注意を要する。

過負荷保護 リレー としては TR 形、MW 形、BL 形が最適であるが、TR 形、MW 形は主として小形ハン用電動機に適用し BL 形は高圧大容量電動機に適用する。

短絡保護 リレー としては IT 形瞬時動作形過電流 リレー、CO-5-D 形瞬時動作要素内蔵電動機回路用過電流 リレーが最適である。通常変電所ファイダには CO-5I-D/E 形 リレー のみを取り付け短絡保護、過負荷保護の後備保護を行ない、負荷端の電動機設置場所に専用の開閉器および保護装置を設ける。

図 2.5 に BL-1 形温度継電器と CO-5I-D/E 形過電流 リレー を併用した電動機過電流保護例の動作特性を示す。

2.3.3 欠相低電圧保護

停電時電源復活した場合電動機の再起動をロックしておかないと操作者に危険であること、電源復活による電動機群のいっせいで起動によって起動電流が互いに重じょうし、変電所全体または特定ファイダが過電流になることの防止と電圧降下を防止するため、停電時にはいったん電動機を停止するよう要求されることがあるが、この場合は低電圧 リレー を設けて必要な処置をとる。

起動停止用開閉器に AC 操作の電磁開閉器を使用しているときは、起動指令を与えない限り再起動しないような回路になっていれば低電圧 リレー は不要である。低電圧 リレー としては瞬時電圧降下時の不要動作を避けるため、誘導形 リレー を使用することを推奨する。

低電圧 リレー を設けた場合は低電圧発生時の電動機過電流を防止する意味からも役だつことになる。

欠相保護用 リレー としては CP-D/E 形欠相低電圧 リレー を適用する。電力ヒューズにヒューズ動作検出装置取付けが可能であればこれによって動作警報を発する連動にしておくことが望ましい。

2.4 高圧キ電線保護

キ電線事故にはファイダ用配電線および負荷端機器の過負荷、短絡事故、地絡事故があるが、いずれの事故が発生した場合にもすみやかに故障回路を選択シタ断し、事故の拡大を防止すると同時に他回線の不要停電を防止する必要がある。

短絡事故発生時、事故回路を選択シタ断するためには各ファイダ用シタ断器は短絡電流をシタ断するに十分なシタ断容量を有することが必要条件である。設備増強のため既設ファイダ回路のシタ断容量が不足となる回路の対策は系統分離方式、限流リアクトル方式、高圧ヒューズによる方式など種々あるが、ここではこれらの詳細は省略し、シタ断容量は十分あるものとして論ずることにする。

配電方式が放射状配電であり1回線1負荷専用で分岐がないときは、瞬時要素内蔵形 CO-8 $\frac{D}{E}$ 形もしくは CO-6I $\frac{D}{E}$ 形過電流リレーを採用し、短絡事故発生時は高速度選択シヤ断せしめる方式を適用する。ルーウ状配電もしくは分岐回路を有する場合は、負荷端側シヤ断器との協調をとるため瞬時要素は省略しなければならない。

地絡保護としては一般に PT 接地方式で地絡発生時の地絡電流がきわめて小さいので、一般過電流継電器でこれを検出することが困難となるから高感度リレーを適用する必要がある。

この用途に最適のリレーが CWG-3 $\frac{D}{E}$ 形地絡方向継電器であり、このリレーは方向性を有している所以他回線地絡事故では動作せず、自回線に地絡発生の場合のみ動作する選択特性を有している。

方向性を持たない微小電流のみで動作するトランジスタ形高感度過電流リレーの適用は、他回線故障時に充電電流によって誤動作することがあるため十分注意する必要がある。

2.5 低圧(400V級以下)キ電線保護

近年ビルや工場の規模が大形化し、低圧配電形式も200V級三相3線式から400V級三相4線式に移行しつつあるのが現状であり、さらに近い将来にはネットワーク配電方式が普及するものと思われる。400V級配電の長所は申すまでもなく、

- (1) 配電設備の節減
- (2) 電圧降下の減少
- (3) 400V級大容量低圧電動機の採用が可能。

以上の3点に要説されるが、ここではこの詳細を述べることは主旨に反するので省略する。

保護面からは200V級、400V級いずれの場合も本質的には変化がないとみなして支障ない。高圧キ電線と低圧キ電線の保護上の相違点のおもなものは次のとおりである。

- (a) 過電流保護については、高圧回路においてはシヤ断器には過電流引はずし装置が装備されていないので保護継電方式が主体となるが、低圧回路においては低圧シヤ断器内蔵の過電流引はずし装置が主体となる関係上過電流継電器は不要となる。
- (b) 機器の過電流短時間定格は低圧は1sec定格、高圧は2sec定格となる。
- (c) 接地方式が異なる。(高圧回路はPT接地方式、低圧回路は直接接地方式)

(d) 低圧回路の機器は人間が直接ふれる機会が多い。各回路の過負荷保護、短絡保護、地絡保護を行なう必要があるのは高圧、低圧にかかわらず同様であることはもちろんである。

2.6 過電流保護

過負荷時、短絡事故発生時には高圧回路と同様に選択シヤ断させるのが理想的である。この場合各シヤ断器の適用、整定に際しては以下の点に注意して行なう必要がある。

- (a) 各シヤ断器は故障電流に対して十分シヤ断能力を有する。
- (b) 各シヤ断器は故障電流に対して短時間通電能力を有する。ただし瞬時トリップさせるキ電線シヤ断器はこの限りでない。
- (c) 各シヤ断器の引はずし時限特性は常に故障点にいちばん近いものが引きはずされるように選定し、各特性は互いにlapしない。
- (d) 短時限引はずし装置を有する手動操作のシヤ断器は、短絡電流50,000A以上の系統には危険防止のために使用しない。
- (e) 最大直列接続可能なシヤ断器数は4台であり、この場合



図 2.8 DB-25 形気中シヤ断器外観

Fig. 2.8 Exterior view of type DB-25 low voltage power circuit breaker.



図 2.9 DB-50 形気中シヤ断器外観

Fig. 2.9 Exterior view of type DB-50 low voltage power circuit breaker.



図 2.10 DB-100 形気中シヤ断器外観

Fig. 2.10 Exterior view of type DB-100 low voltage power circuit breaker.



図 2.11 DB-25形用過電流引はずし装置外観
Fig. 2.11 Exterior view of selective series over current tripping device for DB-25 breaker.

図 2.12 DB-50形用過電流引はずし装置外観
Fig. 2.12 Exterior view of selective series over current tripping device for DB-50 breaker.



末端シヤ断器は瞬時シヤ断とする。

(f) 変圧器二次側シヤ断器と一次側リレーまたはヒューズと協調をとる。

図2.8~2.10に当社製DB形低圧気中シヤ断器の外観を示す。図2.11および図2.12はDB形シヤ断器内蔵の過電流引はずし装置外観である。図2.13および図2.14は過電流引はずし装置の時限特性を示す。

2.6.1 地絡保護

低圧回路の接地方式は直接接地方式であるため、完全地絡発生時には地絡電流は数百アンペアに達することがある。

このため地絡事故発生時にはすみやかに故障点を切り放し、故障の拡大を防止する必要がある。保護方式としては次の2種類がある。

- (1) 過電流保護方式(CT三次巻線を使用)……………A方式
 - (2) 電力方向継電器による保護方式(ZCTを使用)…B方式
- A方式に対しては COG-2 $\frac{D}{E}$ 形過電流継電器を、B方式に対

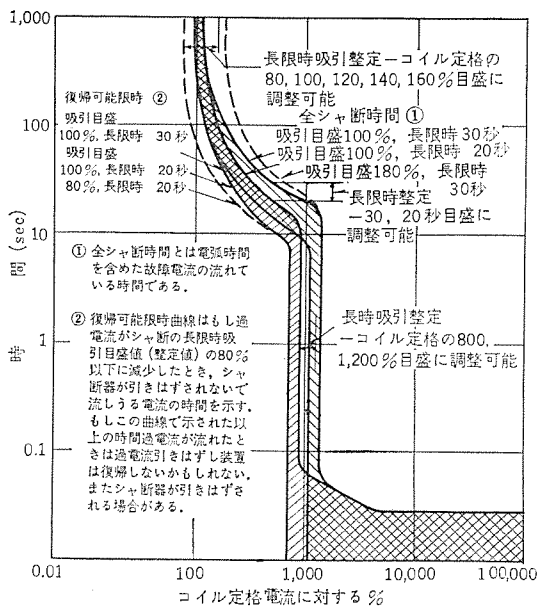


図 2.13 DB-25 形空中シヤ断器過電流引はずし装置 (長限時および瞬時) 電流—時間特性
Fig. 2.13 Current-time characteristics of type DB-25 air circuit breaker overcurrents tripping device. (long time limit and instantaneous)

しては CWG-4-D 形選択接地継電器を適用する。

両方式の検出感度は次のとおりである。

- A 方式 { 三相 4 線式配電のとき……………16 A
 { 三相 3 線式配電のとき……………20 A
B 方式 …………… 400 mA

検出感度においては B 方式のほうがすぐれているが、次の諸点を総合して見ると必ずしも B 方式のほうがすべての点ですぐれているとはいえないので、十分検討したあとに方式を決定する必要がある。

- 負荷端でさらに多数の回路に分岐されるような幹線保護の場合は感電の機会もあまりなく、必ずしも高感度検出する必要はない。
- 人間の感電保護の点からは B 方式でも十分とはいえない。

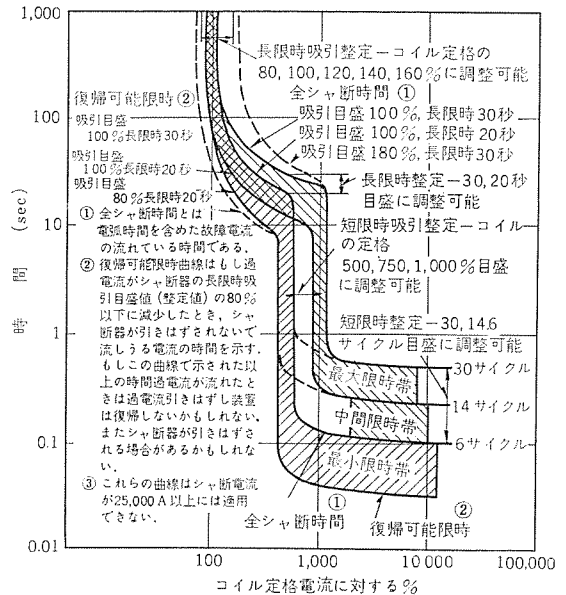


図 2.14 DB-25 形空中シヤ断器過電流引はずし装置 (長限時および短限時) 電流—時間特性
Fig. 2.14 Current-time characteristics of type DB-25 air circuit breaker overcurrent tripping device. (long time limit and short time limit)

c. B 方式は高価な ZCT が必要でパワーセンタの床面積が増大する。

d. A 方式の場合は一般ハム用過電流リレーを適用するので取扱いはきわめて簡単である。

A 方式 B 方式いずれを採用するかはおのおの事情にもよるが、一般的には負荷端でトランジスタ形高感度リレーにより高感度地絡検出を行なうことができる場合には、変電所送電端では A 方式を採用し、あまり分岐回路もなく危険防止上感度最優先を要求されるところには B 方式を採用するのがよいと考える。

(昭 41—3—25 受付)

3. む す び

以上自家用変電所の保護装置について説明したが、今後の自家用変電所の計画に際し参考になれば幸いである。

Protective Devices of Railway Substation

Kōbe Works Shōkichi NĪNA

With the reinforcement of transport capacities and the modernization of facilities, both the National Railways and private ones are busily occupied in extending or newly building railway substations. In the meanwhile, the main converting equipment is changing from the rotary converter to a mercury rectifier and then to a silicon rectifier. Operating currents on DC feeders are also on the steady increase, which brings about changes in the control system and the protective system a great deal. The Japanese National Railways since the AC electrification on the Senzan Line in 1954, have worked out AC operation gradually on the new Tokaido Trunk Line and elsewhere. The protective devices of the substations are rather simple as compared with those in DC installations. On the other hand the protection of feeders and transformers needs special consideration.

1. ま え が き

近時、輸送力の増強、近代化のために、国鉄、私鉄ともに電鉄用変電所の新設増強が強力に推進されつつある。一方電鉄変電所の主器であるところの整流器は、回転変流機から水銀整流器と変わり、さらにシリコン整流器へと長足の進歩を示した。また直流電線の運転電流は増加のいちずをたどりこのために制御方式、保護方式も大きく変わってきた。

また国鉄においては、昭和29年9月に仙山線で交流電化による運転を開始してから、10年余東海道新幹線をはじめとして鹿児

島本線、日豊本線などにも交流電化を採用しているが、これら交流変電所の保護装置は、直流変電所に比較して変成器がないだけに大幅に簡易化されている反面、 π 電線保護、変圧器保護は特殊なものとなっている。本文では、直流変電所、交流変電所それぞれの保護装置の概要について述べている。

2. 直流變電所保護裝置

2.1 概 説

図 2.1 に 60kV 1 回線受電で、シリコン整流器、キ電線、ロハ
器のほか、付帯設備として信号灯力高圧を設備した直流変電所

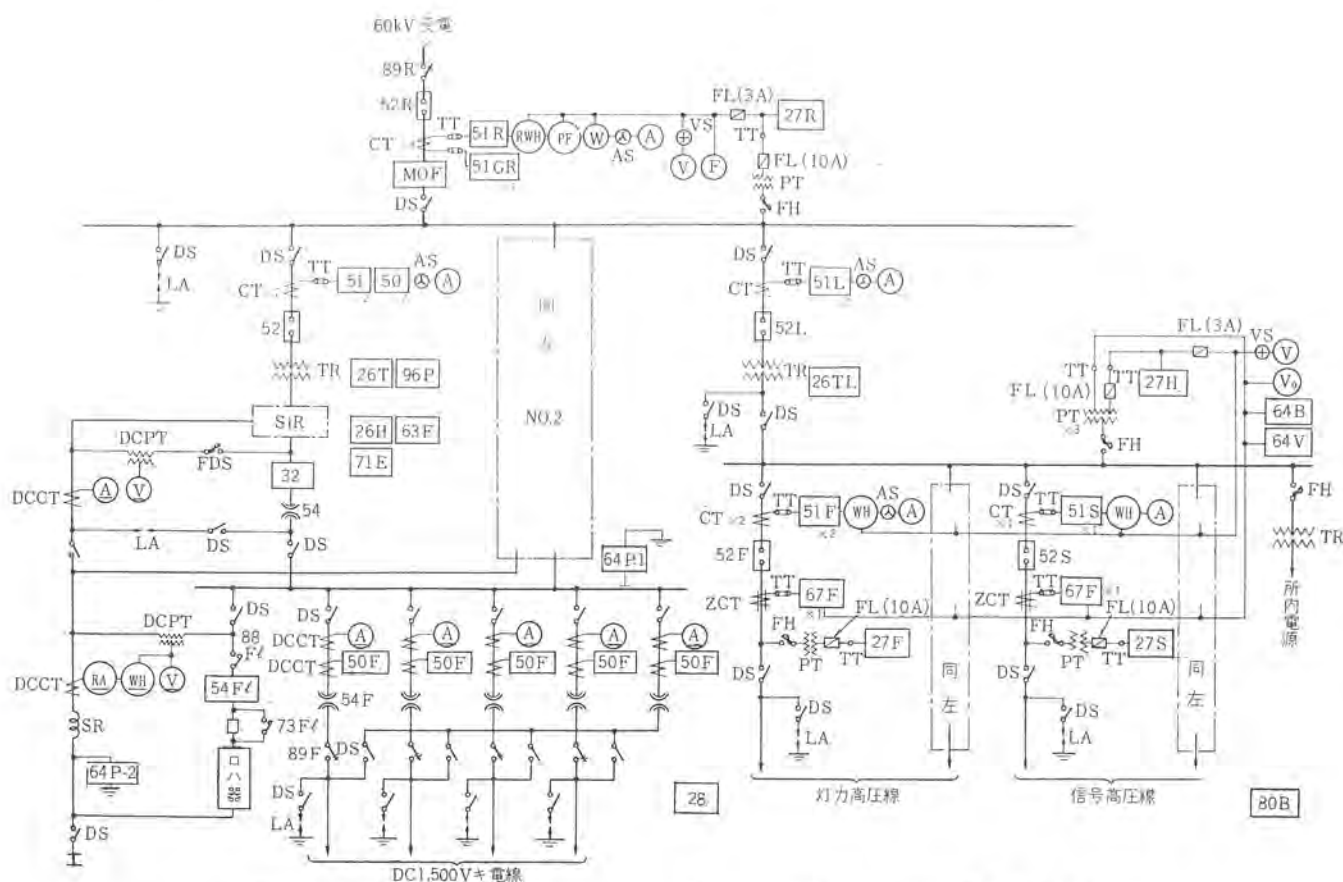


圖 2.1 直流變電所單線接續

Fig. 2.1 Skeleton diagram of DC substation.

の代表的な単線結線図を示す。保護装置を分類すると大略下記となる。

- a. 受電線保護装置
- b. 整流器関係保護装置
- c. 主電線関係保護装置
- d. 変圧器関係保護装置
- e. 直流高圧接地関係
- f. 信号、灯力高圧付帯設備関係保護装置
- g. 総括および所内低圧関係保護装置

上記において、直流変電所特有のものは b～e で、ほかのものに関するものは一般の配電用変電所とほぼ同じである。受電形態としても π -受電、並行 2 回線受電などがあり、また信号灯力高圧などの付帯設備もさまざまな接続が考えられる。ここでは主として直流変電所特有のものについてしるし、ほかのものについては図 2.1 をもとにしてしるす。

2.2 整流器および変圧器保護

2.2.1 過負荷保護

電鉄用 シリコン 整流器の過負荷保護としては、単線結線図にあるとおり、

#51……誘導形過電流継電器 (CO-II 形)

#50……瞬時動作形過電流継電器 (SFA-I 形)

#54……直流高速度 χ 断器

の協調により行なっている。整流器を最も合理的に運用するには保護協調を整流器の負荷特性に合致させることが望ましい。電鉄用 シリコン 整流器の定格は、

D 種……100% 連続、150% 2 時間、300% 1 分間

E 種……100% 連続、120% 2 時間、300% 1 分間

S 種……特殊定格

にわかれているが、300% 1 分間を保護する方法として、誘導形過電流継電器の特性を図 2.2 のように強反限時形のものとしている。これにより整流器定格で 300% 1 分間程度になる χ を選定すると誘導形の動作要素としては、200% 程度となる。すな

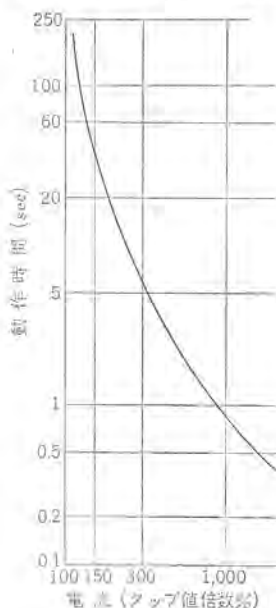
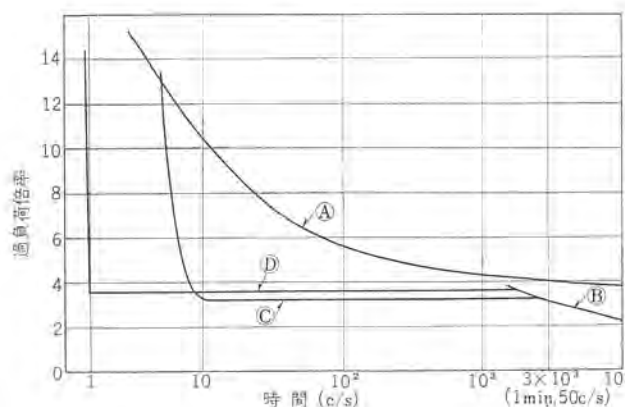


図 2.2 誘導形過電流継電器特性曲線

Fig. 2.2 Characteristic curve of induction type over current relay.



①: シリコン整流器過負荷特性

②: 誘導形過電流継電器 #51 の保護特性

③: 瞬時動作形過電流継電器 #50 の保護特性

④: 直流高速度 χ 断器特性

図 2.3 過負荷保護協調曲線
Fig. 2.3 Over load protection curves.

わち 200% 以上の過負荷が連続してこのような場合には、一定時間のうちに継電器は動作する。継電器としては χ 値が 2~6A、4~12A の 2 種があるので CT 比により適宜いずれかを選択する。

次に 300% 以上の過負荷短絡保護用としては瞬時動作形過電流継電器を使用する。この継電器としては整流器保護のみを考慮すれば固定 χ でもよいが、受電との協調などを考えたときには χ 値の変更が容易に行なえるほうが望ましい。この点から 4~12A の χ を有した構造としている。動作特性としては 1~3 c/s で、整定としては 350% 程度とする。

直流側短絡保護としては、直流高速度 χ 断器を 300~380% 程度の整定として、1 c/s 以下の高速度 χ 断を行なっている。以上をまとめてみると、一例として図 2.3 の過負荷保護特性曲線となり完全なる過負荷保護がなされていることがわかる。

2.2.2 素子劣化保護

素子劣化のときは、すみやかに検出して処置をとる必要がある。処置としては、整流器の定格条件により運転停止または、単に警報のみとして運転を継続することになるが、できる限り早い機会に良品と取りかえることが望ましい。

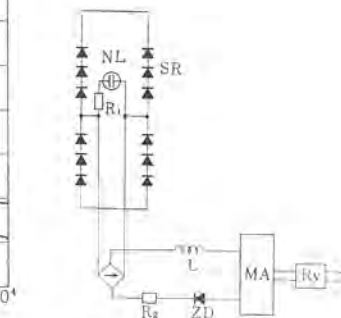
検出回路の原理を図 2.4 に示す。シリコン 整流素子 スtring の同一電位に相当する 2 点間を磁気増幅器を介して短絡したもので、素子正常時にはほとんど電位差がないので磁気増幅器は動作しないが、シリコン 整流素子が劣化するとそれに応じて、2 点間に電位差を生じ ネオンランプ が点灯するとともに磁気増幅器の入力巻線に電流が流れて継電器 (#71D) が動作するものである。

2.3 冷却装置の保護

冷却装置は シリコン 整流器の生命であるので、冷却装置故障のときには、すみやかに整流器の運転を停止せねばならない。最近においては レクチフォーム の出現により冷却方式も変わりつつあるが、一般の風冷式の保護装置としては、

断風継電器……… (63F)
冷却装置過負荷……… (51F)
整流素子過熱……… (26H)

断風継電器は、冷却風流が規定値以下の風速に低下すると、羽根レバーが下がって、これに取り付けられている水銀スイッチ また



SR: シリコン整流素子 ZD: 定電圧発流素子

MA: 磁気増幅器 L: リアクトル

NL: ネオンランプ Ry: 検出継電器

R₁R₂: 抵抗

図 2.4 素子故障検出回路原理
Fig. 2.4 Connection of diode fault detection circuit.

はマイクロスイッチを動作させる方式としているが、起動時および運転中の冷却風のショックによる誤動作を防止するために時限継電器と組合わせて使用している。

冷却装置の過負荷は、冷却扇用電磁接触器に内蔵している熱動過負荷継電器によって検出している。

シリコン整流素子の過熱は、風温のもっとも高くなるユニットの冷却フィンに感温部を埋め込んだ温度継電器により検出している。これにより風圧継電器のバックアップとなり、また室温の異常上昇から素子をとることができる。

2.4 逆流保護

1アームの素子全部が劣化した場合には逆流が流れるが、このときには整流器の運転を停止するとともに、並列器があればこれも停止しかつ全キ電線を開放することが望ましい。これは整流器保護用直流高速度キ断器 #54 が正性であるために 10 kA 以上の逆流のときは開放を失敗するおそれがあるからである。

逆流検出継電器の一例として BF-2 形の原理図を図 2.5 に示す。図において常時順方向に電流が流れているときには鉄心には S-N なる極性が現われて可動接点は開いているが逆流が流れると、極性が反転して可動接点が閉じるものである。この方法は構造が簡単でしかも動作が確実であり、動作速度も逆流 200 A 程度で数 c/s、2,000 A では 1 c/s 程度となっている。また別な方法としては整流器用直流高速度キ断器を正逆両方向性として、逆流検出継電器を省略することも行なわれている。

2.5 変圧器保護

変圧器本体の保護装置としては温度上昇は温度継電器 (#26T) によって検出して警報または停止を行ない、内部故障は衝撃圧力継電器 (#96P) で検出、整流器の停止を行なっている。

2.6 過電圧保護

過電圧保護としては、交流側から浸入するものと直流側から浸入するものを考えねばならない。図 2.6 に過電圧保護方式を示す。

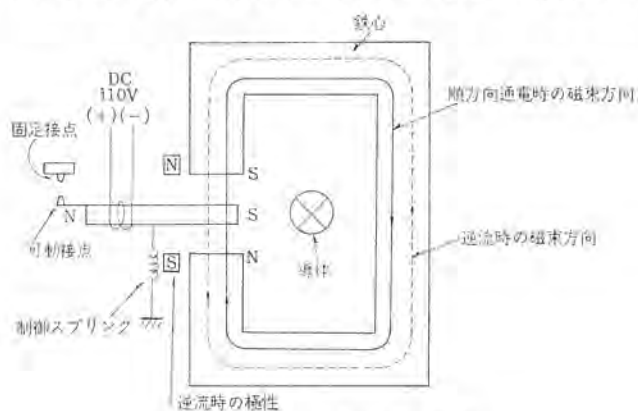


図 2.5 逆流検出継電器原理
Fig. 2.5 Diagram showing principle of inverse current detecting relay.

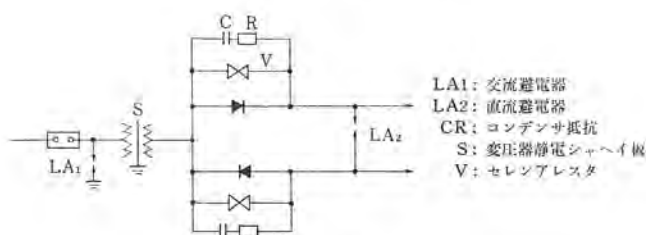


図 2.6 過電圧保護方式
Fig. 2.6 Over voltage protection system.

す。図において V はセレンアレスタであってこれはその特性を利用してサージエネルギーを吸収する。CR アッパは急しゅんな波頭のサージに対して有効である。また交流側から移行してくるサージ電圧の移行率を低減するために整流器用変圧器に静電シャヘイ板をそう入している。

3. 直流キ電線保護

キ電回路に事故が発生すると、車輛機器に損傷を与えるのみでなく、人身事故にまで発展する。このために従来キ電線回路の保護装置としては、直流高速度キ断器による高速度キ断を行ってきたが、運転電流の増加に伴ない、キ断器の設定目盛を大きくとる必要上から、キ断器自身の持っている選択率 50% では、事故電流と運転電流の判別ができにくくなってきた。これを図 3.1 に示すと、A 変電所の直流高速度キ断器 #54F の保護範囲としては B 変電所寄りが含まれず、また B 変電所 #54F は A 変電所寄りが含まれないことになり保護不能範囲が生じて完全な保護ができない。これを防止する方法として次のような方式がある。

3.1 ⅡI 形故障選択装置

最近、キ電線保護強化策としてⅡI 形故障選択装置がさかんに用いわれている。この原理図を図 3.2 に示す。図において事故電流 I_0 が流れると、変圧器 2 次側には i_0 なる電流が流れるが、これを RC の積分回路を通してから有極継電器 Ry にいれてやる。

この i_0 が規定値以上あれば Ry は動作しキ断器 54F を開放させるものである。ⅡI 形故障選択装置を使用した場合のキ電線の保護装置特性曲線の一例は図 3.3 のようになる。

3.2 連絡キ断

キ電線保護としては、上記以外にさらに信頼度を向上させるために連絡キ断方式を採用している。この方式は図 3.4 に示すように、A 変電所のキ断器 #54F が事故キ断した場合に遠

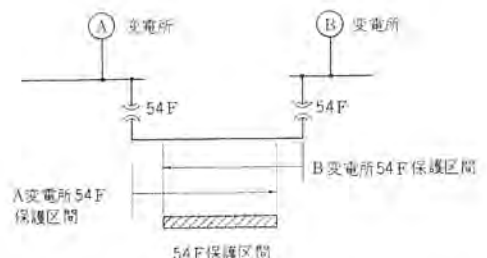


図 3.1 高速度キ断器によるキ電線保護
Fig. 3.1 Feeder protection by high-speed circuit breaker.

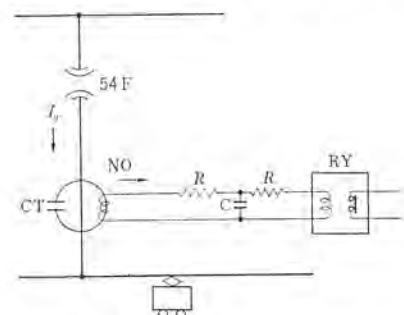


図 3.2 ⅡI 形故障選択装置原理
Fig. 3.2 Diagram showing principle of type ⅡI selective relay.

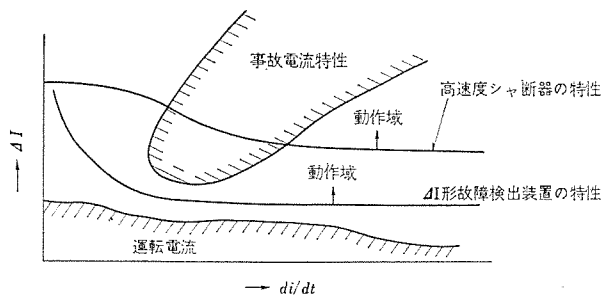


図 3.3 主電線保護装置特性曲線の一例
Fig. 3.3 Example of feeder protection
 ΔI - di/dt characteristic.

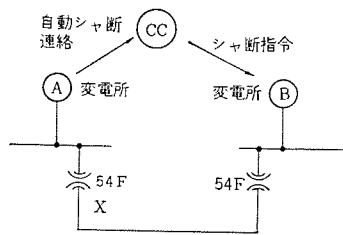


図 3.4 連絡シャ断方式の一例
Fig. 3.4 Example of interconnected tripping system.

方制御装置を利用して制御所経由で B 変電所の シャ断器を開放させるものである。遠方制御装置のないときまたは遠方制御装置はあっても連絡シャ断の応答時間を早めるときには、既設通信線を利用するか、または新しく連絡線を準備してこれにより直接に指令の受授を行なう（一般にこれを直接式と呼んでいる）。直接式の場合連絡線の所要本数は最少で、しかも装置としては誤動作のおそれなく確実なものでなければならない。このためいろいろな方式が考えられているが、最終は経済性、信頼度によって決定されている。

4. 直流主電線再閉路装置

一般に主電線用高速度 シャ断器 #54F が自動シャ断したときには シャ断器の動作責務内で、回路条件は無視して 1 回の自動再投入を行なっている。このときの再閉路継電器として交流形と直流形の 2 種がある。交流形は同期電動機を用いたもので時限がとりやすくかつ調整が容易で、2~3 回の再閉路も簡単にさせることができ、一つの継電器となっている。

これに対し直流形は時限継電器と補助継電器との組合わせとなるので 2~3 回の再閉路をさせるときには回路が複雑となる。しかし、いずれとするかは主電線の運用方法によって決定されることになる。すなわち変電所のみとして使用するときには交流形で十分であり、変電所としてでなく主電区分所として使用するときには直流形にならざるを得ない。

交流形とした場合の継電器としては RC-2 形があり再閉路時限を最大 3 分または 6 分とすることができかつ再閉路回数も任意に選ぶことができる。

直流形としたときには、時限継電器としては機械式の JD 形か空気式の DM 形を使用している。

次に自動再閉路時に回路条件を考慮する方式としては、

(1) 再投入時一定時限 ΔI 形故障選択装置の感度を約 2 倍とする方法。

(2) 主電線の抵抗を測定して抵抗値が規定値以上あれば投入する方法。

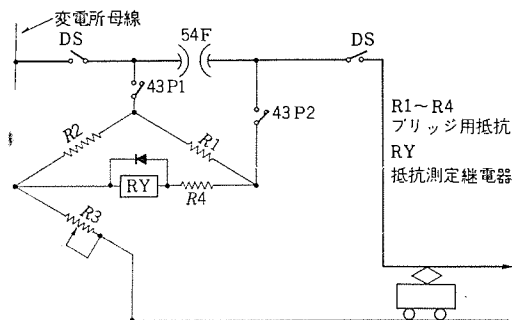


図 4.1 抵抗測定継電器原理
Fig. 4.1 Diagram showing principle of resistance measurement relay.

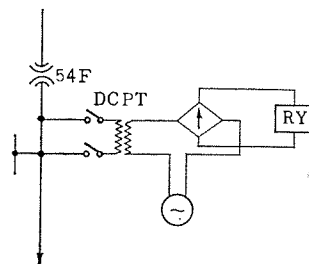


図 4.2 外線電圧継電器接続
Fig. 4.2 Connection diagram of relay for detection of outside line voltage.

(3) 外線電圧を確認の後投入する方法。

などがある。(2) の方式の原理は図 4.1 に示すように抵抗でブリッジを組んで、電線線の抵抗値を測定し抵抗値が規定値以上あれば継電器 RDF-1 形または D-5A 形が動作し再閉路指令を出すものである。600 V、1500 V とともに標準化し測定抵抗値も任意に変更することができるようにしてある。抵抗測定装置を主電線数回線に共用とすれば、シャ断器が同時に シャ断したときには投入順序を決めるために サービス面では若干低下するが経済的な設計とすることができる。

(3) の方式のときの外線電圧を検知するのに安全な方法としては、図 4.2 に示すように DCPT の 2 次側に直流可動コイル形継電器 D-5 形をそう入して 0~1000 V 位の間を連続可調整として使用しているがこの方法では交流電源が必要であるため、交流電源のない主電区分所として使用するときには適当でない。したがってこのような場合には高耐圧形の直流可動コイル形継電器 D-5A 形に外部抵抗を直列に付加して外線に直接せつ続して使用するが、外線電圧ありのまま継電器の調整を行なうときには危険がありかつ設置場所に対しても十分な考慮を要する。

4.1 ロハ器保護

ロハ器の保護装置としては、従来専用の直流高速度 シャ断器または、直流気中 シャ断器を設置していたが、経済性の面からロハ器の開閉は電磁接触器により行ない、事故時には直流高速度過電流継電器 MH-S 形により検出し、全整流器、全主電線を停止後に回路から切り離す。切り離後は運転中であったものは自動再起動させる方式としている。この方式は サービス面では若干低下するが経済性の面から合理的な方式として多く採用されつつある。MH-S 形継電器の構造を図 4.3 に示す。要素としては水銀整流器の短絡、逆弧保護用の永久磁石を用いた高速度過電流継電器の要素をそのまま用いており、整定としては 300 A 程度で動作速度は数 ms である。自動番号は 50F1 としている。

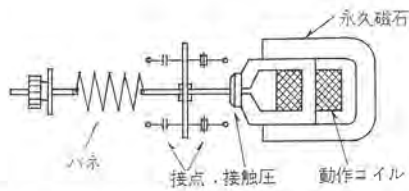


図 4.3 MH-S 形直流高速度過流継電器構造
Fig. 4.3 Connection diagram of type MH-S high speed over current relay.

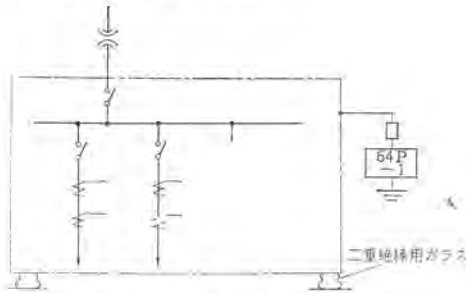


図 4.4 64P-1 接続
Fig. 4.4 Connection diagram of 64P-1.

またロハ器の故障として、振動防止抵抗短絡不能があるが、これの検出は時限継電器 JD-10 形によっている。方法はロハ器用シャ断器または電磁接触器が閉路し一定時限経過しても、振動防止抵抗短絡用電磁接触器（#73FI）が閉路しないときに前記時限継電器が動作して警報を行なう。時限としては2秒程度としている。

4.2 直流高圧接地保護

直流高圧側機器は、避雷器は設置されているが外雷の侵入による絶縁破壊そのほかにより常に接地事故発生の危険にさらされており、かついったん接地事故が発生すると、機器の焼損、変電所の火災などの大事故に発展する可能性が大である。したがって検出継電器としては高速度でしかも動作の安定したものが必要となってくる。原理としては電流形、電圧形の2種類があり、設置箇所により適宜選択して使用している。現在主として行なっている保護は次のとおりである。

(1) #64P-1……図 4.4 のように直流正極母線 W 組を2重絶縁として W 組と大地の間に検出継電器をそう入する。検出継電器の電流形、電圧形選定基準は、電流形の場合母線 W 組は人体への危険性が少ないので容易に触れることのできる構造としてもさしつかえないが、電圧形の場合には人体への危険性があるので容易に触れることのできない構造とせねばならない。

電流形の継電器は MF 形を使用し外部抵抗を直列に接続して最低 5 A 程度の動作電流としている。

電圧形継電器の場合定格は DC 100~600 V 動作、1500 V 連続、整定は 100~200 V 程度とする。

(2) #64P-2……図 4.5 のように、直流帰線と大地間に有極形電圧継電器をそう入し、大地側電位が上昇したときのみ動作させるもので、使用継電器としては電圧形を使用し定格は DC 100~600 V 動作、1500 V 連続で整定は 500 V 程度とする。なお無極形とするときもある。

(3) #64P-3……図 4.6 のように、直流高速度シャ断器を2重絶縁し、フレームと大地の間に継電器をそう入する。継電器としては、電圧形の継電器を使用し、整定は 100~200 V 程度とする。継電器動作時の処置としては、#64P-1、#64P-2 は直流側全停止しかつ連絡シャ断も行なう。#64P-3 は軽故障扱いとしている。

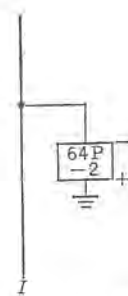


図 4.5 64P-2 接続
Fig. 4.5 Connection diagram of 64P-2.

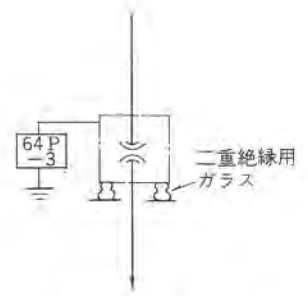


図 4.6 64P-3 接続
Fig. 4.6 Connection diagram of 64P-3.

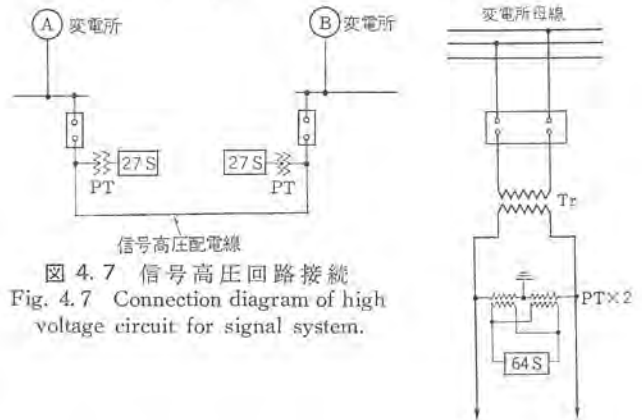


図 4.7 信号高圧回路接続
Fig. 4.7 Connection diagram of high voltage circuit for signal system.

図 4.8 信号高圧回路接地継電方式
Fig. 4.8 Earth protection method of high voltage circuit for signal system.

一般に使用されているのは #64P-1、2 が多く、3 は直流高速度シャ断器の絶縁性能の向上、経済性の面からあまり用いられていない現状である。

4.3 受電線保護

一般の交流変電所と同じく、過負荷保護としては誘導形過電流継電器（#51R）、接地保護としては小勢力誘導形過電流継電器（#51GR）を使用するがこの継電器の整定は、ほとんどの場合送り出しの電力会社継電器との時限協調が問題となってくる。よく使用する継電器は比較的協調のとりやすいものとして、#51R は定限時反限時特性の誘導形過電流継電器 CO-6 形、#51GR は反限時特性の COG-2 形としている。

また停電時の保護としては、シリコン整流器の運転を停止しているが、停電検出用継電器は瞬時停電による誤動作を防止するために、誘導形低電圧継電器（#27R）CV-7 形を使用している。整定としては完全停電で2秒程度としている。

4.4 高配一次保護

高配一次保護としては、過負荷保護として誘導形過電流継電器（#51L）CO-6 形によっている。また変圧器保護は、一般に少容量であるために、温度継電器（#26TL）のみによっている。最近においては経済性の面よりシャ断器を電力可熔器または動力操作断路器におき換える方式も大いに採用されている。

4.5 信号、灯力高圧保護

一般配電用変電所と同様であるが、特殊なものとして信号高圧回線の自動切換え方式がある。これは信号用電源の停電時間を極力少なくするために、とられている方式で、図 4.7 に示すように A 変電所停電のときは B 変電所電源により、また B 変電所停電のときには A 変電所から電源を供給するものである。自動投入の条件としては変電所母線電圧（#27H）正常で外線電圧（#27S）

なしのときとしている。このため電圧継電器としては、瞬時動作形で動作の確実なものでなければならない。これに適合するものとして SFB-2 形を使用している。この継電器はタツ値が 50~90 V まであり整定としては 50 V タツ値としている。この場合の動作速度は、タツ値の 200% 電圧→0 のときで 40 ms 以内である。

次に特殊なものとして信号高圧配電線が単相であるために、選択接地継電器および接地過電圧継電器が正常時、動作することがある。これを防止する方法として、図 4.8 に示す方式がある。

負荷側に絶縁変圧器を設置し、かつ 2 線間には計器用変圧器 2 個を直列に接続する。計器用変圧器 2 次側は、正常時電圧がゼロとなり、接地時電圧がでるよう接続する。検出継電器としては誘導形電圧継電器 CV-8 形の 5.5 V 形を用いる。

そのほかとして、過負荷保護 (#51S, #51F)、選択接地保護 (#67S, #67F)、接地過電圧 (#64V) などがあるがこれなどは一般配電線と同様であるので省略する。

4.6 総括および所内低圧関係保護

総括的なものとしては、火災検出があるがこれは、専門メカ からいろいろなものが発表されている。選定基準としては、動作時全変電所停止となるので動作確実でかつ誤動作のないものとしてなければならない。

シヤ 断器の操作に圧縮空気を使用するものは、空気圧の保護装置が必要である。気圧低下のときには、一般には警報のみを行なうが、シヤ 断器の引きはずしも空気のあるときは重故障とすることが望ましい。

蓄電池充電装置が故障したような場合、放置すると蓄電池電圧は徐々に低下し、ついには制御保護不能となる。これを防止する方法として、蓄電池出力側に直流電圧継電器 (#80B) をそうし動作時に警報させる。継電器としては動作値と落下値が接近したもの SVB 形を使用する。

5. 交流変電所保護装置

5.1 概説

図 5.1 に、受電 1 回線、中電 4 回線の代表的な単線結線図を示す。一般には図以外に、信号灯力高圧の付帯設備をもち、かつ受電方式もいろいろ変化はあるがこれらは、直流変電所の場合とどうようであるのでとくに記載しなかった。

保護装置としては、変圧器がスコット 接続であること負荷が大きく、かつ変動が大きいために特殊なものを要することは前に述べたとおりである。

保護装置を分類すると下記のようになるが以下それぞれについて述べる。

- (1) 受電線保護装置
- (2) 高圧器保護装置
- (3) 中電線保護装置
- (4) 総括関係保護装置

5.2 受電線保護

直流変電所の場合と同じであるが、過負荷保護、短絡保護としては一般には、時限協調のとりやすい定限時反限時特性の誘導形電流継電器 (#51R) CO-6 形を用いている。これは電力会社の送電側継電器との時限協調をとらなければならないが、どうしても

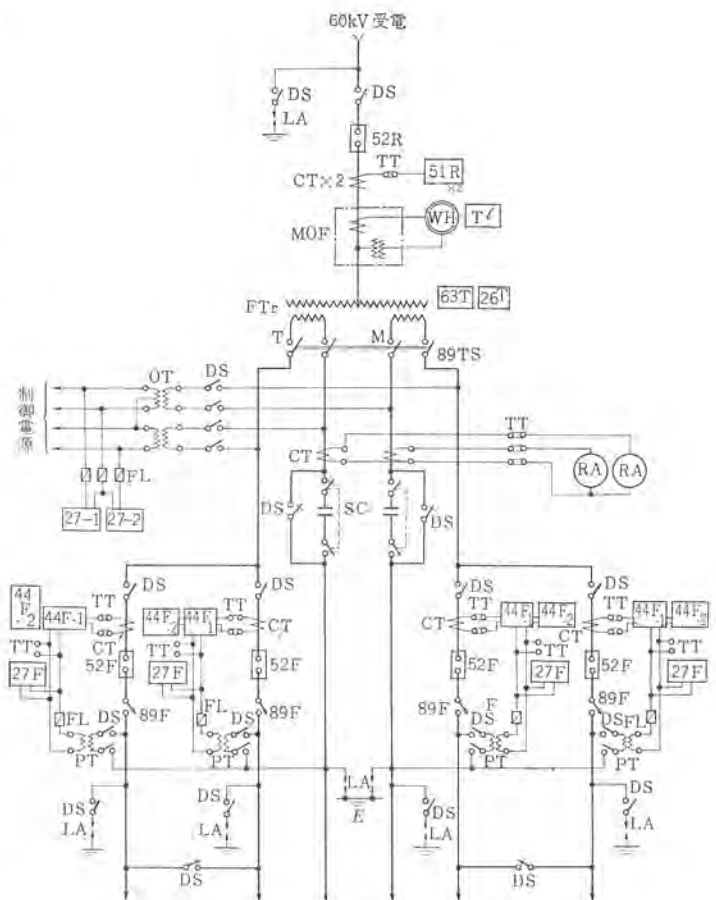


図 5.1 交流変電所単線結線
Fig. 5.1 Skeleton diagram of AC substation.

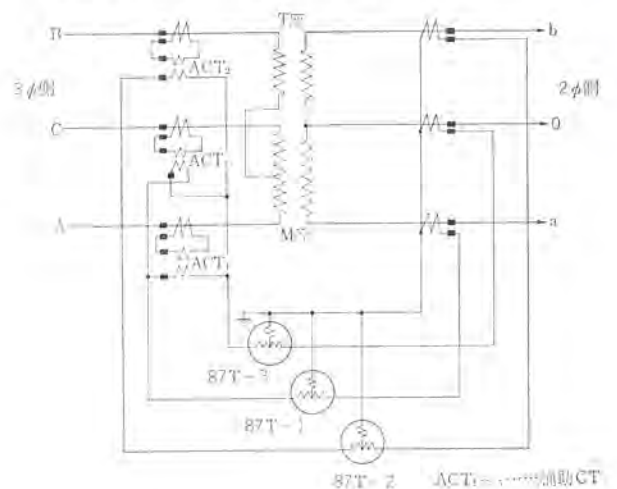


図 5.2 比率差動継電器接続
Fig. 5.2 Connection diagram of ratio differential relay.

協調のとれないときは瞬時動作形とするか距離継電器を使用するかを経済性を含めて検討することになる。

5.3 変圧器保護

変圧器の保護装置としては、温度上昇は温度継電器 (#26T) により検出し、内部故障検出は衝撃圧力継電器 (#63T) を用い運動は下記としている。

#26T……警報のみとしているが、温度継電器の整定を上げることにより、運転を停止し鎖錠することもある。

#63T……運転を停止し鎖錠する。

交流電化用変圧器は、三相電源側不平衡を除去するために、3/2 相スコット 結線としているので一般の比率差動継電器をそのま

ま用いて比率差動保護を行なうことはできないが、変圧器一次側の計器用変流器2次回路に適当な変成比の補助変流器をそう入して継電器に流入する電流を補償することにより使用できる。図5.2にその接続を示す。比率差動保護は一般には行っていない。

5.4 単電線保護

電鉄用単電線は一般交流送電線と異なり、1線が軌道であるために保護区間インピーダンス範囲と負荷インピーダンスの大きさに余り差がなく、かつ不完全故障のため故障点抵抗の影響を考慮する必要がある。また列車内変圧器の励磁突入電流の影響も考慮しなければならない。これを保護するための継電器特性としては、円特性、モー特性、四辺形特性などが考えられるが、それぞれの特性を比較して見ると次のようになる。

(1) 円特性 (インピーダンス特性)

方向性がないので前方の故障か後方の故障かを判定するのに別方向継電器を必要とする。

(2) モー特性

方向距離継電器であるから円特性の欠点は除かれるが、整定点付近の故障で故障点にアークとか大地の抵抗があるときには内部の故障であるにもかかわらず検出できない。また線路が長く、整定を大きくする必要のあるときには負荷電流により動作することがある。

(3) 四辺形特性

故障点抵抗による保護能力に変化がなく、また前方整定を大き

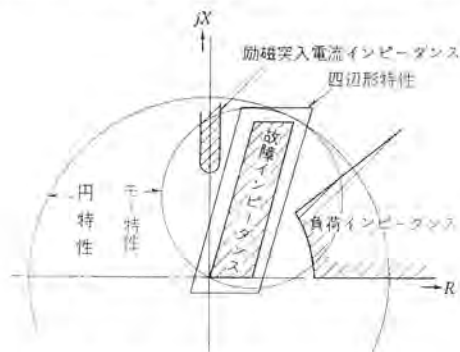


図 5.3 各種継電器の位相特性
Fig. 5.3 Phase characteristics of distance relay.

く選んでも負荷に応動しない。

故障インピーダンス特性と、上記各種継電器の特性を図5.3に示す。図において円特性、モー特性のものは励磁突入電流インピーダンス、負荷インピーダンスにより動作するときもあることがわかる。四辺形特性のものは誤動作のおそれがなく、かつ電圧がゼロとなる至近端故障でも確実に動作するよう後方に微少オフセットしているので、新幹線をはじめとして最近の交流電化にはもっぱら使用されている。新幹線に使用のものは、KKS-2形熊本電化にはKKS-22形ともにトランジスタ式を使用した。継電器単体の特性そのほかについては継電器の項を参照願いたい。

前記距離継電器のバックアップとしては、励磁突入電流と負荷電流で誤動作しないような誘導形過電流継電器が最良であり、これとして反限時特性のものがのぞましく、熊本電化ではCO-8形

を使用している。またそのほかとして電圧抑制付の誘導形過電流継電器COR-1形を採用すれば良好な保護を行なうことができると思われる。

次に故障点標定装置であるが、これを設置することにより故障点の判別が容易となるので保守上設置することが望まれる。

新幹線に使用の標定装置は、故障点検出継電器KKS-51形と故障表示継電器KKS-52形とからなっており、故障点検出継電器はリアクタンス特性のものとし、表示継電器は2kmおきの5段階10kmの表示としている。標定区間は変電所から区分所までとし方法としては、第1回目の距離継電器#44F動作のときに、#44F動作の条件によって検出継電器を起動させているが、これは検出継電器がリアクタンス特性であるためである。標定は再閉路失敗時にはおこなっていない。継電器自身の精度としては、各タウ値において $\pm 10\%$ 程度であるが実際としては、事故電流が流れることによって、ブースタが飽和するために変電所から見たインピーダンスがブースタの前後で急変し若干の誤差を生じているが実用上の支障はない。

保護継電器#44Fが動作したときには、列車への影響をなるべく避けるために高速度再閉路を行なうことが望ましい。この方法は次のようにしている。#44Fが動作しシ断器を開放すると0.5秒後に再閉路させる。再閉路確認時間は約1分としこの間にふたたび#44Fが動作したときは再閉路失敗としてシ断器の開放を行なうとともに鎖錠する。再閉路用時限継電器としては、時限の調整が容易でかつ正確なものを要求されるが、これとして0.1~1.0秒可調整のTLC形またはTD形を使用している。

5.5 総括関係保護

電線用シ断器は性能上から空気操作式シ断器を使用しているが、このために操作空気圧力の低下は保護能力なしとなり危険であるので、シ断器のシ断能力不能の段階まで気圧が低下したときには重故障扱いとしている。

単線結線図 図5.1において停電時には、単電線用シ断器を開放することとしているが、この検出方法としては次のようにしている。制御電源は単電用変圧器の2次側に制御変圧器をスコット接続として得ており、停電時には別電源と切換えることにしている。停電検出としては誘導形の低電圧継電器CV-7形を2個用いて行なっているが、これはM座、T座の電源を確認するためである。

そのほかとして、蓄電池制御電源電圧低下、空気圧縮機異常などがあるがこれらは直流変電所の場合とかわらないので省略する。

6. む す び

以上直流変電所、交流変電所の保護装置のあらましについて述べたが、保護技術も日々進んでおり、次々と新しい装置が開発されつつあるので変電所保護装置のご計画には十分、お役にたたないかも知れないが、少しでもご参考になればいいと考えて次第である。

(昭 41-3-25 受付)

参 考 文 献

- (1) 小滝：電鉄用直流変電所の制御「三菱電機」35, No. 3
- (2) 横昌：電鉄変電所用シリコン整流器「三菱電機」35, No. 3

Protection of DC Substation for Chemical Plants

Kōbe Works Junichi MINO

Heavy chemical industry in Japan has taken great strides recently so much that export of technological knowledge has been frequently resulting in. In chemical plants high current DC power supplies are vital requisites and larger capacities and better performance are increasingly demanded of them. Under the circumstances, Mitsubishi has developed Rectiformers which are a combination of transformers and rectifiers built into an integral body. They are welcomed in the circles very much. A point to be noted for the apparatus of this kind is to avoid the discontinuity of power supply. One outage costs several hundred million yens, so protective devices for the plant must be of high reliability with high performance, and occurrence of troubles is to be cleared off in the minimum time.

1. ま え が き

図 1.1 は、レクチホーマ形式化学用大電流直流電源設備の単線接続図である。交流側入力電圧は整流装置としての消費電力がかなり大きくなるため通常受電回路を一般所内用、整流装置用に分岐し、受電電圧そのまゝの値を交流入力とする。

交流入力側には整流装置専用の Σ 断路器52が1台必要で、重故障発生時には52を自動 Σ 断し、機器保護を行なうと同時に工場の全停を防止する。

直流出力側開閉器は 金属溶解のごとく 電解 ソウ の バッテリ 効果のため事故時、 逆流により故障拡大の恐れがあるものは直流 ショ断器を設置するが、それ以外の一般電解用には低電圧大電流（数万アンペア以上）という事情もあって開閉BUSを設置する。

付帯設備としては調相設備のほかに受変電設備および配電設備を伴うことがあるがこの章では省略する。また整流器としては近年設備されたもの、新設予定のものについてはほとんど100%がシリコン整流素子を使用した整流装置となっていることにかんがみ保護装置についてもこれを主体に説明するものとする。

表 1.1 に標準保護連動を示す。各詳細については以下順次説

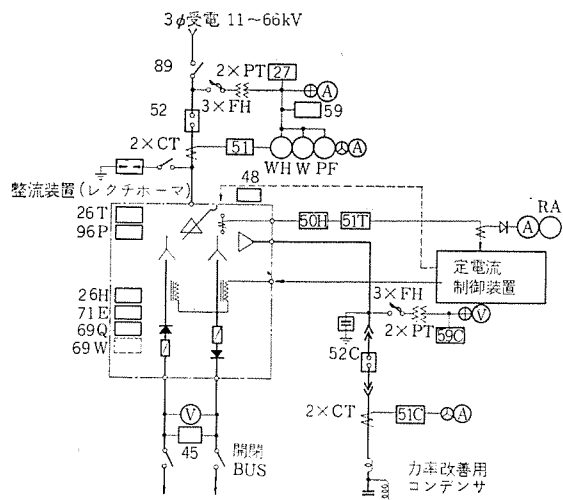


Fig. 1.1 Skeleton diagram of Rectifier for chemical plant use.

表 1.1 保護連動一覽

故障種別	項 目	保護運動	警 報
重 故 障	#51 交流側過電流	52トリップ	ベ ル
	#27 " " 低電圧	"	"
	#59 " " 過電圧	"	"
	#51 T 整流器過負荷	"	"
	#50H " " (高速度リレー)	"	"
	#96P 変圧器内部故障	"	"
	#26H 整流器温度上昇	"	"
	#69Q 変圧器整流器冷却油流停止	"	"
	#47C 補機モータ用電源異常	"	"
	#8 制御電源用N/Fブレーカ自動遮断	"	"
軽 故 障	#51 C 調相用コンデンサ過電流	"	"
	#59 C " " 過電圧	"	"
	#26 T 変圧器温度上昇	なし	ブザー
	#26 C 整流器キュールビクル温度上昇	"	"
	#71 E 整流器用速動ヒューズ動作	"	"
	#48 変圧器タップ切換誤滑	"	"

明する。

2. 機器保護

シリコン素子は変圧器，その他の機器に比較して，異常電圧，過電流に弱いので，経済的な設計を行なうには高精度で信頼度の高い保護方式を採用することが必要である。不備な保護方式の採用は事故の際多数の素子を破壊させる危険がある。

このためあらゆる角度から万一の場合を想定し、万全の装備を
 ほどこしておく必要がある。

2.1 異常電圧保護

徐々に電圧が上昇する異常電圧保護と、外雷、開閉サージ等に起因するサージに対する保護の両方が必要である。

前者に対しては、電圧が予定値以上になれば過電圧リレー (59) で保護 χ 断を行なう継電方式で十分で、59 としては $CV-5-\frac{D}{E}$ 形誘導形過電圧リレーが最適である。

図2.1にCV-5-D_E形過電圧リレーの動作特性を示す。サージ電圧に対しては変圧器一次側にアレスタを設置し変圧器に侵入するサージ電圧を制限し、変圧器二次側に移行するサージについては整流器と並列にコンデンサを接続しこれを吸収させるバリスタ、セレンアレスタなどをコンデンサに並列設置すればさらに安全である。

2.2 過電流保護

過電流発生原因としては、大別して、

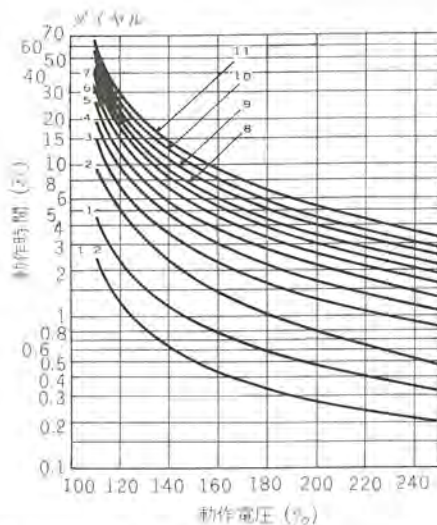


図 2.1 CV-5-D 形過電圧 リレー 動作時間特性

Fig. 2.1 Time curves of type CV-5-D over voltage relay.

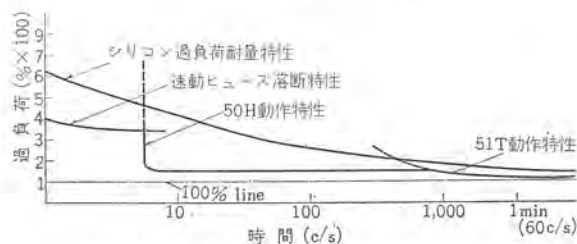


図 2.2 過負荷保護協調特性曲線

Fig. 2.2 Characteristics of over load protection of silicon rectifier.

- (i) 直流出力回路短絡
- (ii) 過負荷
- (iii) 素子短絡

の 3 種が挙げられるが、おのおの場合について有効な保護方式を採用する必要がある。保護方式は直流出力側に直流シャ断器を設置する場合と、設置しない場合により 2 種に大別されるが、直流シャ断器を設置するか否かは前述したごとく金属溶解（高電圧で、比較的小電流で 10kA 以下の場合が多い）などでバッテリーなど効果のため事故時の逆流により事故の拡大を招く恐れがある場合にのみ設置する。いずれの場合にも基本的にはシリコン自体の過負荷耐量特性をよく検討し、これと協調のとれた保護方式とする必要がある。変圧器やその他の主回路機器は熱的にはいずれもシリコンよりも過負荷耐量が大であるからシリコン本体を安全に保護できる整定しておけば保護方式としては十分である。

a. 直流シャ断器を設置しない場合

速動ヒューズ + 瞬時動作形過電流リレー (50H) + 誘導形過電流リレー (51T) を組み合わせて行なう。

図 2.2 に過負荷保護協調特性曲線を示す。（動作時間はシャ断器シャ断時間を含めたものを示している）

素子 1 個の短絡に対しては速動ヒューズで瞬時 (0.5 サイクル) に電流をシャ断し、破壊した素子は回路から切り離し他に影響を与えないようにすることが必要で、ヒューズ動作の場合はどの素子が破壊したかを本体に表示させ監視室にはヒューズ動作の警報を発する方式が最も望ましい。

前述の速動ヒューズのみでは特性曲線を参照すれば明白であるが定格電流の 300~400% 以下の過電流保護を行なうことができないため 50H、51T の過電流リレー動作により交流側シャ断器をトリッ

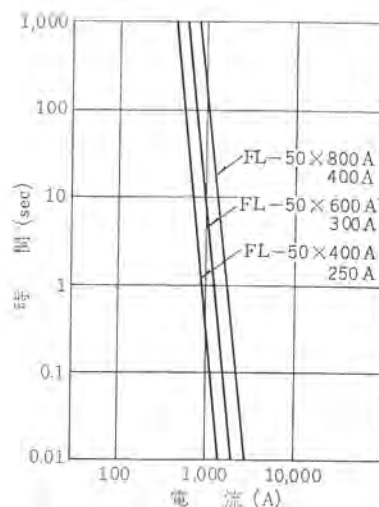


図 2.3 FL-50 形速動ヒューズ最小溶断電流—時間特性

Fig. 2.3 Minimum working time curves of type FL-50 quick-acting fuse.

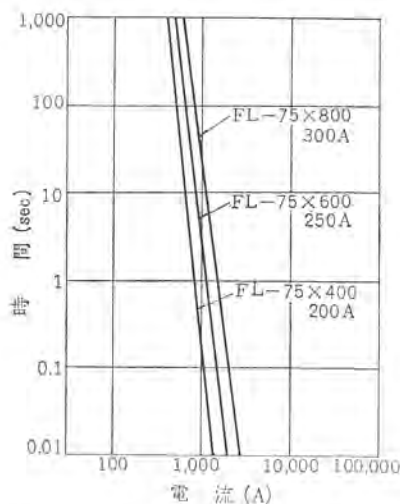


図 2.4 FL-75 形速動ヒューズ最小溶断電流—時間特性曲線

Fig. 2.4 Minimum working time curves of type FL-75 quick-acting fuse.



図 2.5 FL 形速動ヒューズ外觀

Fig. 2.5 Exterior view of type FL quick-acting fuse.

うさせる保護連動とする。50H、51T の両リレーは協調のとれた整定にしなければならないことはもちろんである。

50H としては SC-1-E 形瞬時動作形過電流リレー、51T としては CO-11-D 形誘導形過電流リレーが動作特性上最適である。

電流検出用 CT としては ACCT 検出と DCCT 検出による両方式があるが、事情の許すかぎり ACCT 検出方式を採用すべきである。DCCT を使用する保護方式はその原理上どうしても AC 補助電源を使用せざるを得ないが、この補助電源の停電により保護機能を喪失する欠点を有しているためである。

50H、51T 以外に交流入力に 51 を設置するが (スケルトン参照) これは変圧器を含めた交流回路保護用で速動ヒューズ、50H、51T の後備保護を兼ねているものであり、CO-8-DE 形誘導形過電流リレー

を使用する。図 2.3～2.5 に速動ヒューズの特性を示す。

b. 直流遮断器を設置する場合

速動ヒューズ型遮断器内蔵過電流引きはずし装置+誘導形過電流リレー (51T) の組み合わせで行なう。この場合直流型遮断器は両方向性とし、逆流発生時に備えておくことが望ましい。他の事項は前項と同様であるから省略する。

2.3 低電圧保護

AC 電源としては、主電源と補助電源があるが、両方に対して、おのおの保護リレーを設けておくのが安全である。補助電源は、主電源とは異なった型遮断器を経由して分岐されることがあり必ずしも両方が生死をとにもするとは限らないためである。

主電源用低電圧リレーとしては、過渡的な電圧降下時にシリコンの運転停止を防ぐため、CV-2- $\frac{D}{E}$ 形誘導形低電圧リレーを使用するのが最もよいと考える。補助電源用としては欠相保護も兼ねた CP- $\frac{D}{E}$ 形リレーを使用するのが最適である。

2.4 冷却系統保護

冷却方式には種々の方式があるが、化学用シリコンの場合は大部分が液冷式であり、ポンプモータ故障時などのごとく冷却液の循環の停止をもたらせるときにはただちに運転停止する必要があるが、

ポンプモータ故障検出—冷却液流量検出—温度検出

の三者を装備すれば安全である。冷却ファンなどの故障時には直ちに運転停止する必要はなく軽故障として不必要な運転停止を避ける連動とする。

各補機モータ保護としてはオートカット付きモータ以外には各モータごとに過負荷検出用リレーを取り付ける必要があるが、開閉器と

しては運転に支障ない範囲で群別にまとめて設置するのが経済的である。

2.5 変圧器保護およびその他

変圧器過負荷に対してはシリコン過負荷保護によって自動的に負荷制限されることになるため問題ない。

変圧器内部事故に対しては衝撃圧力リレーでこれを検出保護を行ない過電流リレー 51 で Back up する。この他変圧器付属の温度上昇検出器 26T で警報を行ない、タップチェンジャーが付属されているときは、タップ渋滞検出リレー 48 を設け警報を発するようにする。差動保護は広範囲な電圧調整と変圧器二次側に適当な CT を取り付けることができないため一般には行なわない。

調相設備としてはコンデンサが使用されるが、コンデンサは一般的に過電圧に対して弱いため過電圧リレーを設け、過電圧発生時には回路から切り離す処置が必要である。

過電圧リレーとしては CV-5- $\frac{E}{D}$ 形誘導形過電圧リレーを適用する。コンデンサが整流器用変圧器の調相用巻線に接続されている場合は、コンデンサ開閉による開閉サージ吸収回路を設けて置くことがシリコン保護上必要である。

3. む す び

以上化学用大電流直流電源設備の中で主としてシリコン整流素子を用いた装置の保護について説明したが、装置の新設計画、改良計画の際の参考になればさいわいである。

(昭 41—3—25 受付)

ポンプ場の保護装置

石井 清隆*

Protective Relay Applications for Pump Plants

Kôbe Works Kiyotaka ISHII

Recently many kinds of pump plants are being built for the extension of the existing facilities or making new installation as the environmental sanitation is improved as well as industrial water comes in more demand. To assure successful operation of the plants, a number of protective devices are required for all the necessary arrangements such as prime movers, pumps and power receiving equipment. Most of the protection comes from the operation of relays, which vary according to respective installations. For driving pumps are used induction motors in most cases because of their inexpensive costs but sturdy in construction and need little maintenance.

1. ま え が き

最近、都市生活なканずく環境衛生の向上に伴い各都市において上下水道設備の増設、および諸工業の発達による工業用水道の拡充など各種のポンプ設備が多数建設され、装置および制御方式も近代化されている。

ひとくちにポンプ場といっても上水道をはじめとし下水道、汚水処理場、し尿処理場、工業用水およびカンガイ用水などいろいろのものがある。したがって保護装置も各種各様であるが、ここでは上水道用ポンプ設備をとりあげ、代表的な保護装置の例について紹介する。

2. ポンプ場保護装置の種類

ポンプ場の保護装置はポンプ場の種類、規模、受電設備などにより異なるが次の三つに大別できる。

(1) 駆動用原動機関係

(2) ポンプ関係

(3) 受電設備関係

図2.1にポンプ場の単線図の一例を示す。

3. 駆動原動機の保護

ポンプ用原動機としては、誘導電動機、同期電動機、ディーゼルエンジンなどがあるが価格も安く、堅固で保守の簡単な誘導電動機が最も広く使用されている。ここでは誘導電動機の保護装置について説明する。

3.1 過負荷保護

過負荷保護には、直接巻線の温度を検出する方式と巻線の温度上昇の要因である電流を検出する方式とがある。電流検出が比較的容易なため、従来から多くは後者の方式が使われているが、これにはTR形熱動過電流継電器とCO-5I形瞬時要素付誘導形過電流継電器が広く使用されている。前者は低圧電動機に、後者は高圧電動機に適用されるのが普通である。

継電器の定格選定は一義的に決めがたく、電動機の起動電流、定格電流、起動時間およびCT変流比を勘案して選定のうえ整定する必要がある。

3.2 短絡保護

短絡事故の場合は、電動機および電源系統の保護上急速に回路をシタ断する必要がある。

低圧用電動機ではヒューズ、NF形ノーヒューズシタ断器またはDB形気中シタ断器を、また高圧用では電力ヒューズ、磁気または油シタ断器を使用し、瞬時動作の過電流継電器(CO-5I形)でトリップさせている。

3.3 地絡保護

一般的にいって地絡事故から短絡事故へ移行するケースが多いので、事故ファイダをすみやかに選択し、シタ断しなければならない。

普通ファイダは中性点が接地されていないので地絡故障電流がきわめて小さいため、高感度のCWG-3形地絡方向継電器を使用する。この継電器は非常に高感度で振動や衝動に対してあまり強くなく、配電盤に取り付けた場合誤動作するおそれのあるときには阻止継電器としてSE-3形地絡過電圧継電器を併用している。

3.4 不足電圧保護

電動機操作、運転上の安全および電源回復時いっせいに自動再起

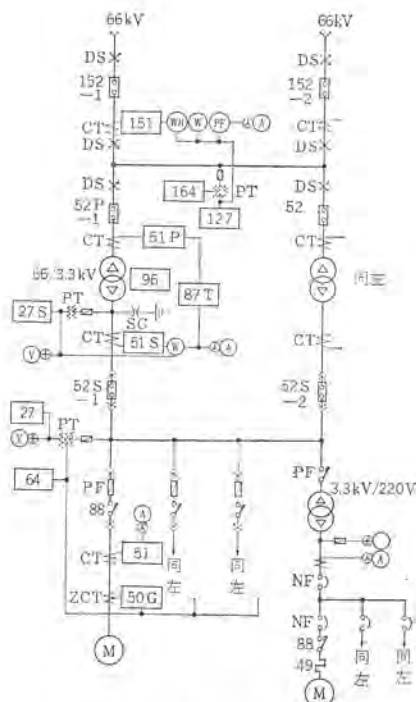


図2.1 単線接続図(一例)
Fig. 2.1 Single line diagram.

動を防止するために不足電圧になれば電動機を停止する。不足電圧保護には CV-7 形誘導形不足電圧継電器を使用する。

3.5 欠相、三相不平衡および逆相保護

軽負荷時の欠相は過負荷継電器では見つけられない。また三相不平衡が生ずると巻線は不均一に加熱される。そして逆相となればポンプが逆転するなど好ましくない。これらに対する保護をしなければならない。

以上の目的に対し誘導形の CP 形単相逆相電圧継電器およびトランジスタ形の TMR 形モータリレーが使用される。

3.6 軸受保護

軸受保護は軸受けの加熱による損傷を保護するため主として大・中形電動機に適用される。一般には警報接点付の蒸気張力式三菱丸形温度計または三菱角形温度計を使用する。

3.7 起動渋滞

比較的大容量の巻線形誘導電動機の場合に設ける。電動機の電源を投入したのち、ブラシ引き上げ完了し、定格速度になるまでを JD-300 形または DM 形限時継電器を使用して見つけ警報する。

4. ポンプの保護

4.1 起動渋滞

ポンプ起動後制水弁全開し、送水するまでの時間を JD-300 形または DM 形限時継電器を使用して検出し、警報またはポンプの停止を行なう。

4.2 制水弁開閉動作渋滞

制水弁および操作電動機の故障、または操作不良によりポンプ起動指令後一定時間内に制水弁が開かない場合警報あるいは停止を行なう。適用継電器は 4.1 節と同じである。

4.3 無送水

ポンプ運転中吐き出し弁の閉鎖、空気浸入、吸水水位低下などになり、無送水または過小送水となればポンプが過熱するのでポンプを停止する。

この検出は一般にはポンプ吐き出し弁に設けた無送水検出用リ

ミットスイッチにより検出する。

4.4 吸水井戸、補水タンクなどの水位異常

フロート式 (FM 形または S-FP 形) または電極式 (FS 形) 水位継電器により上限または下限を検出し、警報または停止を行なう。

4.5 軸受温度

3.6 節と同じく比較的大容量のものに付属する。

5. 受電設備の保護

受電方式、受電電圧あるいは設置される場所によりいろいろな規模のものがあるが、保護装置の面からみると大同小異である。

5.1 受電用変圧器保護

変圧器の短絡保護には CAT 形比率差動継電器を、また内部事故の保護にはブッフホルツ継電器あるいは SP 形衝撃圧力継電器を使用する。

これらが動作すれば警報または高圧側・低圧側シャ断器をトリップさせる。

5.2 短絡保護

受電線の短絡および変圧器の後備保護用として CO-6 形誘導形過電流継電器を使用する。これが動作すれば対応するシャ断器をトリップする。

5.3 地絡保護

CV-8 形地絡過電圧継電器を使用して地絡事故を検出し、警報する。

6. む す び

以上、上水道をおもにポンプ場の保護装置について説明したが、前述のように種々のポンプ場があり、その保護装置についても独自なものがあるが、ここで述べた具体的な考え方はすべてのポンプ場に共通なものである。今後ポンプ場の保護装置適用の参考となれば幸いである。

誘導電動機のはん(汎)用保護継電器

岡戸 弘行*・中 沢 俊 郎*・宇佐美勝洋*

Induction Motor Protective Relays

Nagoya Works

Hiroyuki OKADO・Toshirō NAKAZAWA・Katsuhiro USAMI

Protective relays of induction motors are divided into two major types. One is to operate on the overcurrent of induction motors and the other to operate on both the overcurrent and temperature rise. The former comprise, what is called, a thermal type and an electromagnetic type. In the latter is a thermal safety device to operate in the same principle as the thermal type. They operate on different principles, having different constructions and characteristics. Especially overcurrent relay of a thermal type are in popular use because of wide applicability and economy. Those of electromagnetic operation have a limited field of utilization through their special features. The thermal safety device built integral to a small motors, works to open or close the main circuit directly and prove to be very economical.

1. ま え が き

誘導電動機の保護装置には種々の形式のものがあるが、それらはそれぞれに特長をもっており、その適用にあたっては、電動機の特長、性能および使用条件などにより、電動機的能力を十分にいかし得るように適切な選定が必要である。ここでは誘導電動機のはん用保護継電器として、TR 形熱動過電流継電器、KC 形過電流継電器および TI 形オートカットをとりあげ、その構造、特長、適用上の問題などにつき記述し各位の参考に供したいと考える。

2. TR 形熱動過電流継電器

電動機保護用 リレーとして TR 形熱動過電流継電器は EM 形電磁開閉器用として設計されたもので、主としてカゴ形誘導電動機の巻線焼損保護を目的とする。準拠規格は、JIS C 8325 交流電磁開閉器、JIS C 4504 カ入起動開閉器通則などで、A 種絶縁のカゴ形誘導電動機はもちろん、最近需要の増加してきた E 種絶縁の電動機の保護も可能である。



図 2.1 TR 形熱動過電流継電器
Fig. 2.1 Type TR thermal overcurrent relay.

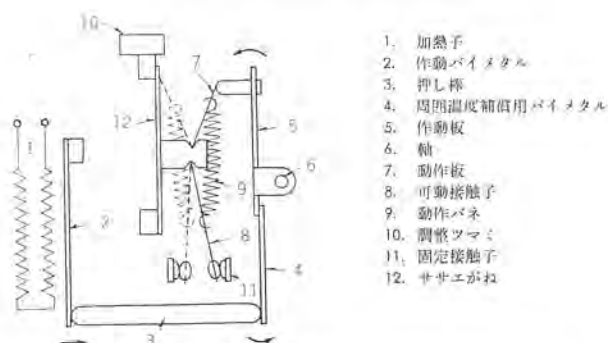


図 2.2 TR 形熱動過電流継電器動作構造
Fig. 2.2 Operating mechanism of thermal overcurrent relay.

2.1 構 造

継電器の動作機構はタンザク形バイメタルをもつ熱動式のもので、図 2.2 はその模型的な構造を示す。動作電流は上面から調整ツマミにより 80~120% の範囲は目盛り調整可能で、加熱素子は、標準は 2 素子であるが 3 素子付も製作可能である (TR-4 形を除く)。また周囲温度補償付で制御回路接点は 1 a b 付も製作できる。

2.2 保護特性

2.2.1 動作特性と電動機の熱特性

継電器は、安価であるが信頼性がありかつ動作特性が電動機巻線の許容温度に対する電流-時間特性に近似しており有効な保護特性が得られるため、電動機の保護用に最も多く使用されている。TR 形継電器の動作特性は図 2.3 に示すが、その特性は動作時限が比較的小で E 種電動機の保護も可能である。図 2.4 は当社の A 種 (SB-A)、および E 種 (SB-E) 電動機の巻線温度上昇に対する電流時間特性と TR 形継電器動作特性との関係の一

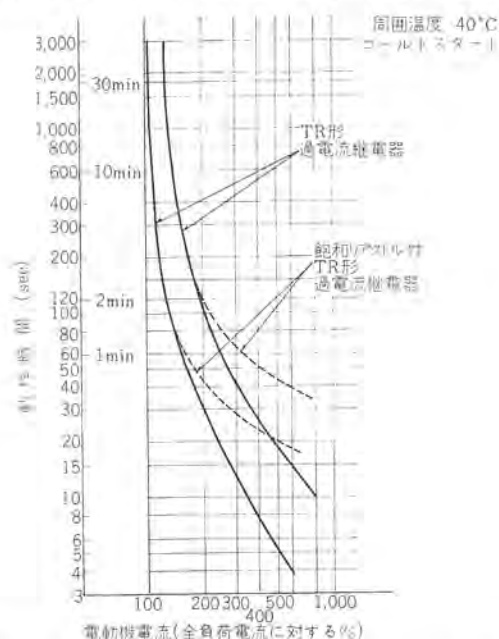


図 2.3 TR 形過電流継電器および飽和リアクトル付の動作特性

Fig. 2.3 Characteristic curves of type TR thermal overcurrent relay and relay with saturating reactors.

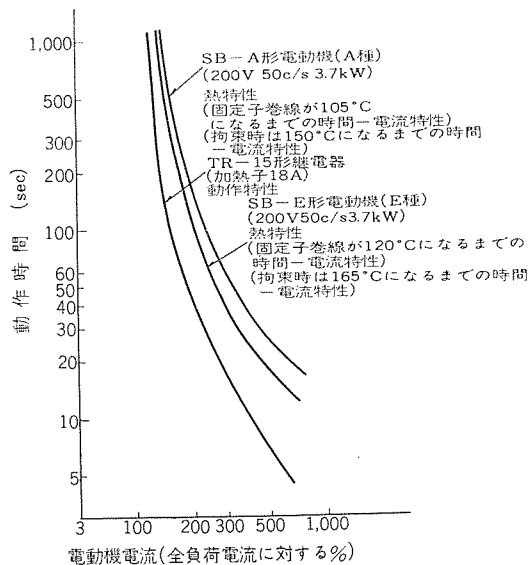


図 2.4 TR-15 形過電流継電器の動作特性と SB-A および SB-E 形 カゴ 形電動機の熱特性
Fig. 2.4 Characteristic curves of thermal overcurrent relay and thermal characteristic curves of type SB-A and SB-E cage motor.

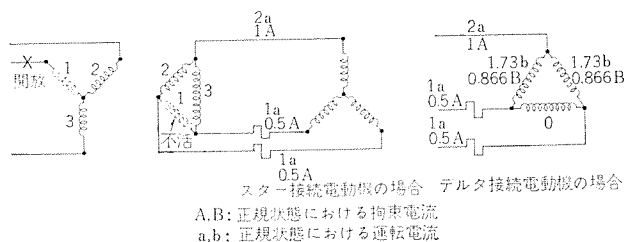


図 2.5 トランス 一次側欠相時の電動機電流
Fig. 2.5 Current division through motor winding during single phase condition.

例を示す。

2.2.2 三相電動機の欠相事故に対する保護

三相電動機の欠相事故には

- (1) 電動機入力の直接的欠相。
- (2) 電源変圧器の一次側の欠相。
- (3) 大容量と小容量の電動機が並列に接続された場合の電源欠相。
- (4) 単相電動機が並列にある場合の欠相。

などをあげることができる。適切に選定された標準 (2 素子) の TR 形継電器によってこれらの大部分のものについては、保護可能であるが、(2) で変圧器が Y-Δ または Δ-Y 結線の場合、(3) で大容量電動機がほとんど無負荷、小容量電動機が 100% 負荷で運転されている場合には、2 素子の継電器では保護できないことがある。(2) で 2 素子の継電器で保護できない状態の各線電流値 (計算値) を図 2.5 に示す。

このようなとき、継電器の加熱子には運転状態において計算上異常電流が流れないので継電器は動作しないわけであるが、実際には スパリの増加により線電流は増加するので継電器は動作することもある。しかし電動機の一相の温度上昇は非常に大きくなり、きわめて危険な状態におかれる。したがって この事故発生の可能性ある回路には 3 素子付の継電器の使用が望ましい。(3) も状態としては特異なものであるが、最悪状態で小容量電動機は一線のみに過電流が流れ危険にさらされることもあるので、3 素子の

誘導電動機のはん (汎) 用保護継電器・岡戸・中沢・宇佐美

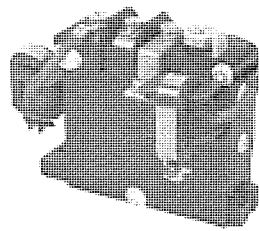


図 2.6 飽和リアクトル付 TR-35B 形過電流継電器
Fig. 2.6 Type TR-35B thermal overcurrent relay with saturating reactors.

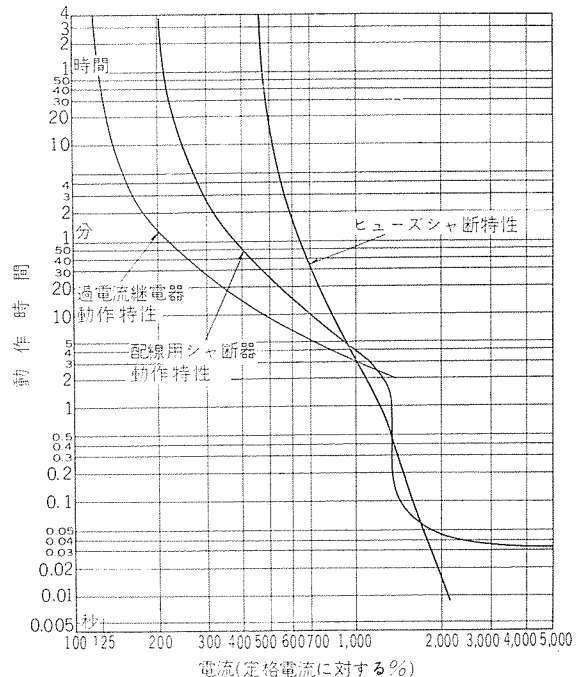


図 2.7 過電流継電器と配線用 シャ 断器またはヒューズとの保護協調
Fig. 2.7 Coordinative protection of overload and short circuit by overload relay and molded case air circuit breaker or fuse.

継電器を必要とする。

2.2.3 起動時間が長い電動機の保護

慣性の大きい負荷を運転する電動機のように、起動に長時間を要する電動機に対しては、普通の継電器では起動時に動作するので適切な保護特性のものが得られないことがある。当社では、この問題を安価な飽和 リアクトル 付継電器の使用により解決している。

これは標準の継電器に有鉄心の小形 リアクトル を加熱子と並列に接続した構造のもので、加熱子称電流の 200 % 程度までの動作特性は標準の継電器の特性と変わらず、それ以上の電流領域ではリアクトルの鉄心を飽和させて リアクトル への分流電流を多くし、加熱子への電流を制限することによって時限を長くしている。

図 2.3 にその動作特性を示す。飽和 リアクトル は TR 形継電器に容易に取り付けることができ、また寸法も小さいので、既設の TR 形継電器に起動時長時限のものが必要となったときにも簡単にこれに応ずることができる特長を持っている。

2.2.4 保護協調

TR 形継電器は電動機の過負荷または回転子拘束などによる巻線の焼損保護を目的としており、通常継電器で保護し得る過電流領域は電動機定格電流の 10 倍程度までである。したがってそれ以上の電流に対する過電流保護は別の器具 (たとえば配線用 シャ 断器やヒューズなど) によって保護しなければならない。図 2.7 は継電器と配線用 シャ 断器または ヒューズ との保護協調特性の一例を示す。

とくに起動電流の大きな電動機においては、起動電流による配

線用シヤ断器の瞬時引きはずし、またはヒューズの溶断を防ぐために、シヤ断器の瞬時引きはずし、電流またはヒューズ定格を一段と大きくする必要がある。この場合熱動電器の加熱子は定格の2,000%程度まで溶断してはならないことも生ずるが、このようなときの協調としては前述の飽和リアクトル付TR形熱動電器でこの要求に応ずることができ、電動機保護と短絡回路保護に十分な協調を得ることができる。

2.2.5 間欠運転される電動機の保護

(1) TR形熱動過電流継電器による保護

間欠運転される電動機の保護に熱動形過電流継電器を使用するときには、適用上十分な検討を必要とする。間欠運転する電動機に対して、熱動継電器だけで完全な保護を期待することは、電動機と熱動継電器の熱時定数に差がありすぎるために、多くの場合は困難で、個々のケースにつきある程度妥協の点を見いだして適用を計る必要がある。電動機の出し得る能力を多少制限しても保護を完全にするときには、電動機の連続定格を基礎にして加熱子の選定をすればよいが、電動機の最大短時間出力を十分に生かしたい場合は、普通過負荷保護を若干犠牲にしても大きめの加熱子を選定する、もっともこの場合でも熱動継電器の時定数が十分大きい、後述するが、飽和リアクトル付TR形熱動電器を使用すれば大きめの加熱子を選定する必要はない。

電動機的能力を十分に発揮させるための継電器の加熱子の選定は、間欠運転が不規則なときは各個に検討を要するが、図2.8に示すような周期的な責務のときには、下記の式によりある程度適切に行なえる。

図2.8における飽和後の温度上昇 θ_s 、 θ_c は、温度上昇が通電電流の2乗に比例するとして

$$\theta_s = \left\{ n^2 \left(1 - e^{-\frac{t_s}{T}} \right) + e^{-\frac{t_s+t_n}{T}} - e^{-\frac{t_n}{T}} \right\} \theta / \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\theta_c = \left\{ n^2 \left(1 - e^{-\frac{t_s+t_c}{T}} \right) - (n^2 - 1) \left(1 - e^{-\frac{t_n}{T}} \right) \right\} \theta / \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) \dots\dots\dots (2.2)$$

ただし T : 熱動継電器の時定数

θ : I_c を通電飽和後の温度上昇

n : I_s/I_c

I_s : 電動機の起動電流

I_c : 電動機的全負荷電流

$$1 + n^2 e^{-\frac{t_s}{T}} - n^2 e^{-\frac{t_s+t_n}{T}} \dots\dots\dots (2.3)$$

熱動継電器の温度上昇は、式(2.3)が負のとき図2.8の(a)の形、正のとき(b)の形をたどるが、加熱子の選定はTrip電流がそれぞれ次の I 、 I' より10%程度大きくなるように行なう。

$$I = \sqrt{\left\{ n^2 \left(1 - e^{-\frac{t_s}{T}} \right) + e^{-\frac{t_s+t_n}{T}} - e^{-\frac{t_n}{T}} \right\} / \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right)} \times I_c \dots\dots\dots (2.4)$$

$$I' = \sqrt{\left\{ n^2 \left(1 - e^{-\frac{t_s+t_c}{T}} \right) - (n^2 - 1) \left(1 - e^{-\frac{t_n}{T}} \right) \right\} / \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right)} \times I_c \dots\dots\dots (2.5)$$

熱動継電器の温度上昇が図2.8(a)の形になるとき、加熱子は大きめのものが選定されるので、電動機が連続運転されるときは過負荷保護は困難である。温度上昇が図2.8(b)の形となるときは、加熱子は電動機の連続定格を基に選定されるので過負荷の保護も適切に行なえる。図2.8(b)の形を取るためには、普通熱動継電器の熱時定数が相当大きい必要があるが、飽和リアクトル付TR形熱動電器は、飽和リアクトルにより加熱子に流れる電流を制限し、 n の値を小さくするので、ほとんどの場合図2.8(b)の温度上昇の形式をとることができ、間欠運転時の適切な加熱子の選

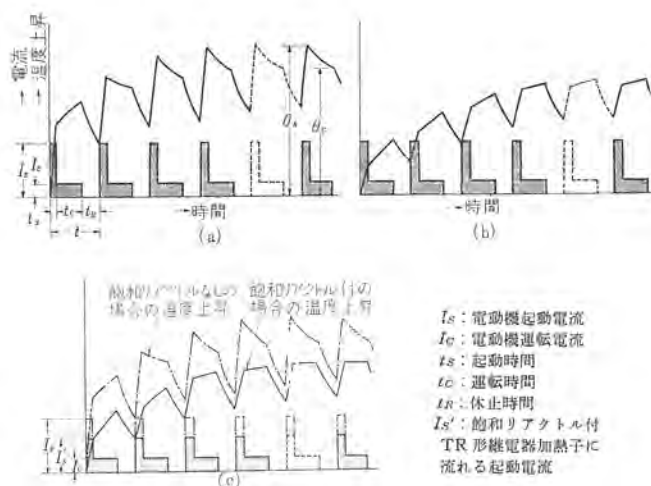


図 2.8 間欠負荷における熱動過電流継電器の加熱子温度上昇
Fig. 2.8 Temperature rise of thermal overcurrent relay heater on duty cycle.

表 2.1 TR形熱動電器熱時定数

形 名	TR-4 TR-7	TR-15	TR-35B	TR-65	TR-105
熱時定数 (sec)	約 120	約 120	約 150	約 190	約 230

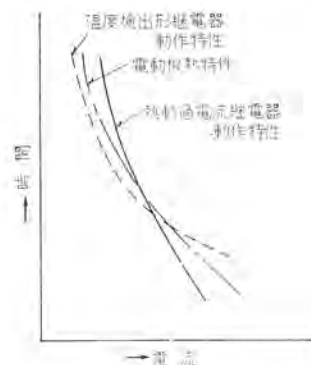
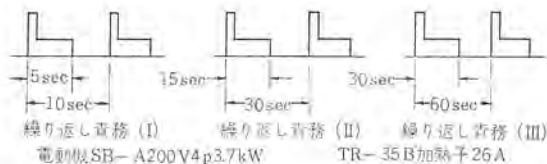


図 2.9 熱動過電流継電器と温度検出形継電器の保護協調
Fig. 2.9 Coordinative protection by thermal overcurrent relay and thermostatic relay.

表 2.2 ガージスタモータリレー および TR 形熱動電器による電動機保護

	動作時間 (sec)		電動機巻線温度上昇 (deg C)	
	ガージスタ	O.C.R. (TR-35B)	ガージスタ	O.C.R. (TR-35B)
三相拘束	51.9	12	178	44
単相拘束	75.2	14	170	36
繰り返し責務 (I)	935	不動作	73	—
“ (II)	4,095	“	65	—
“ (III)	不動作	“	42	—



定が行ないやすい。図2.8(c)はその1例を示す。

(2) TR形熱動電器と温度検出形保護装置の併用による保護

間欠運転される電動機の保護により完全を期するためには、価格的高くなるが熱動継電器と温度検出形熱動電器の併用が望ましい。図2.9は電動機の熱特性と各保護継電器の協調を示すもので、過負荷領域は温度検出形熱動電器が保護を担当し、拘束電流付

近は熱動継電器がカバーする。不規則な間欠運転において、電動機的能力を十分いかすにはとくにこの保護形式の必要性が大きい。当社では、この要求に応ずべく PTC サーミスタを使用した温度検出形継電器(サーミスタモータリレー)を製作している。表 2.2 はその電動機保護の一例を示すが、間欠運転に対して優秀な保護特性を期待できる。

小形電動機については、後述する オートカット が電流検出要素と温度検出要素の両者を備えているため、このような場合、有効に使用できる。

3. KC 形過電流継電器

3.1 用途

KC 形過電流継電器は遅延要素として オイルダッシュポットを利用した電磁式過電流継電器で、主として巻線形誘導電動機の過負荷保護に使用している。また高出度数の繰り返し起動操作を行なう電動機、起動抵抗器を持つ直流電動機および水中モートルなどの過負荷保護にも使用できる。

3.2 構造

図 3.2 に示すように継電器本体はスナッチスイッチ、電磁コイルおよびオイルダッシュポット部分とからなっている。動作は電磁コイルに流れる過電流による可動鉄心にはたらく吸引力と、可動鉄心に直結されたピストンとダッシュポットにより生ずる制動力とにより決められる。

ダッシュポットの中に満されたオイル U は、ピストンとダッシュポットとの細ゲキを通してのみオイル D へと流れるので、これに従って可動鉄心が徐々に上昇する。この遅延要素により反限時特性が得られ、可動鉄心が上昇完了したときスナッチスイッチを動作させる。これが図 3.3 に示す過電流による動作の場合で、つぎに過負荷電流が途中で減少したときには、図 3.3 に示すように電磁吸引力が

小さくなり、可動鉄心の自重により可動鉄心は下降し元の位置に復帰する。このさいダッシュポット内のオイル D は、ピストンに設けられた細ゲキにくらべて大きな面積を持つのがし穴を通り、座金を押し上げて流れるので、可動鉄心はすみやかに復帰し動作には至らない。すなわち何回も繰り返される起動電流に対しては継続時間が短かい限り動作しないが、比較的長く続く過電流に対しては十分に保護することができる。この動作時間は、ピストン周辺のダッシュポットオイルが側路する細ゲキの大きさにより決定されるが、KC形では最小動作電流において 40~60 秒に整定されている。

ダッシュポットオイルとして温度変化による粘性抵抗の変化が最も少ないシリコンオイルを使用して動作特性の安定化をはかっている。特性曲線は図 3.4 に示すように、熱動式にくらべて短かく速動性を有するので、熱容量の小さな電動機の保護に適する。最小動作電流値は、可動鉄心の電磁コイルに対する高さを変えることにより、100~200% の範囲内で任意に調整できる。荷役機械用の巻線形誘導電動機の過負荷保護に使用するとき、約 130% 設定にお

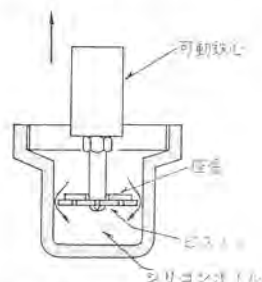


図 3.3 過電流による吸引
Fig. 3.3 Pull in by over-current.

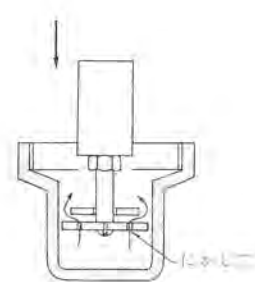


図 3.4 自由落下の状態
Fig. 3.4 Drop down after overcurrent.



図 3.1 KC-2A 形過電流継電器
Fig. 3.1 Type KC-2A overcurrent relay.

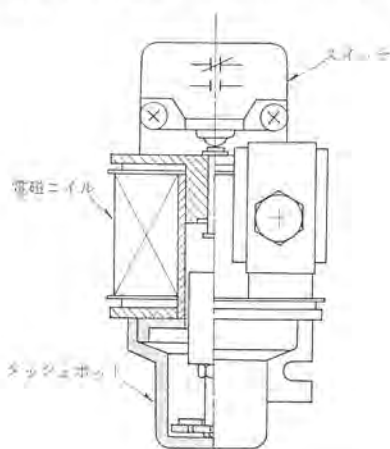


図 3.2 KC 形過電流継電器構造
Fig. 3.2 Type KC overcurrent relay.

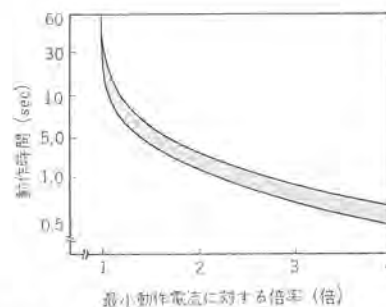


図 3.5 KC-2A 形継電器動作特性
Fig. 3.5 Operating characteristic curve of type KC-2A overcurrent relay.

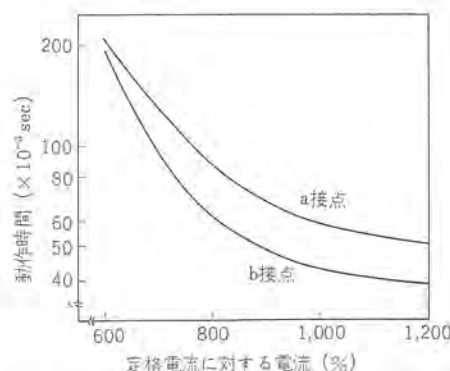


図 3.6 KC-2S 形継電器動作特性
Fig. 3.6 Operating characteristic curve of type KC-2S overcurrent relay.

いて使われる。

スナッパスイッチは自動リセット形が標準であるが、このスナッパスイッチを取り換えて、手動リセット形に変えることもできる。この場合スイッチ頭部にリセットボタンがとび出る構造となる。

3.3 短絡保護用 KC 形継電器

KC 形過電流継電器でダッシュポットオイルを使用しない KC-2S 形は、瞬時動作要素として、回路の短絡保護継電器として使用される。変流器の 2 次側において使用されるので、電磁コイルは 2.5～4.5 A 用の 1 種類で、とくに広い範囲をカバーするため、中間タップにより巻数を変えて使う。動作電流は 400～800 % の範囲内に設定可能であり、LSH 形高圧交流配電箱などの短絡保護用に使用されている。動作特性を図 3.6 に示す。

動作時間は 200 ms 以下であり、スナッパスイッチの構造上 b 接点側の開路時間は a 接点動作よりもわずかに早い。

3.4 特長

KC 形過電流継電器の特長としては次の 3 点がある。

- (1) 2.5 A から 500 A までの広範囲にわたって、変流器なしで使用できる。各電流範囲により電磁コイルは 21 種類、端子は 4 種類にわかれているが、本体はすべて同一である。
- (2) シリコンオイルを使用しているので、動作時間の周囲温度による変化が少ない。
- (3) ダッシュポットはゴムパッキンによる締付けで、オイルの漏れがないので任意の所へ取付け使用できる。

4. 熱動安全器（オートカット）

オートカットは、一般に電動機にセットして使用する熱動形の過負荷保護継電器の一種で、構造簡単、小形、安価でもあるにかかわらず、一般の熱動形過電流継電器に比べ、電動機電流を直接 on・off する能力を持っているので、電動機の過負荷保護装置としては、最も経済的なものである。

4.1 定格

実用されているオートカットは、単相および三相用あわせて 7 種類で、1φ、100 V、80 W から 9φ、200 V、3.7 kW までの小形誘導

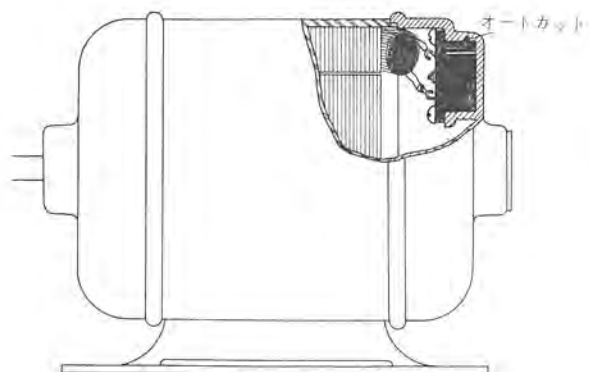


図 4.1 電動機にオートカットを取り付けたところ
Fig. 4.1 Mounting of Auto Cut in motor.



図 4.2 TI-1～TI-6 形（オートカット）の熱動安全器の外観（左から 1, 2, …, 6 形を示す）
Fig. 4.2 Type TI Auto Cut (TI-1～TI-6).

表 4.1 オートカットの定格

形名	リセット方式	最高適用電圧 (V)	適用電動機容量 (W)		
			100 V	200 V	400 V
単相	TI-1	自動	250	750	1,100
	TI-2	手動	250	400	
	TI-3	手動	750	1,100	
三相	TI-7	自動	250		
	TI-5	手動	600	2,200	2,200
三相	TI-6	手動		3,700	3,700
	TI-8	手動		2,200	2,200

電動機に広く使用されている。各種類のオートカットの外観を図 4.2 に示す。

4.2 構造

オートカットの構造は図 4.3 に示すように、サウ形に成形されたパイメタル、パイメタルにスポット溶接されている接点、加熱子、それらを包含するベースとからなり、きわめて簡単で小形化されている。

4.3 選定および取付

オートカットは、保護すべき誘導電動機の特性に合致するように次の各要素から選定される。

- (1) 起動電流と全負荷電流
- (2) 回転子拘束時における巻線の温度上昇特性
- (3) 過負荷耐量

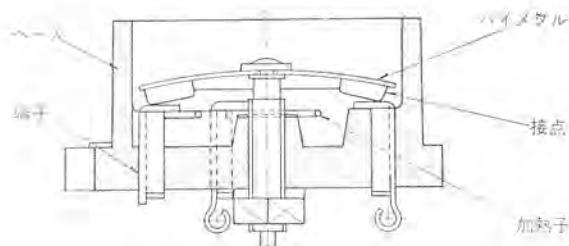


図 4.3 熱動安全器断面（オートカットの構造）
Fig. 4.3 Construction of thermal safety device.

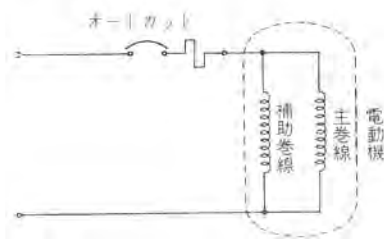


図 4.4 単相電動機への接続
Fig. 4.4 Connection of single phase motor.

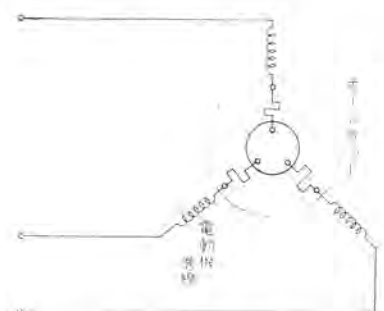


図 4.5 三相電動機への接続
Fig. 4.5 Connection of three phase motor.

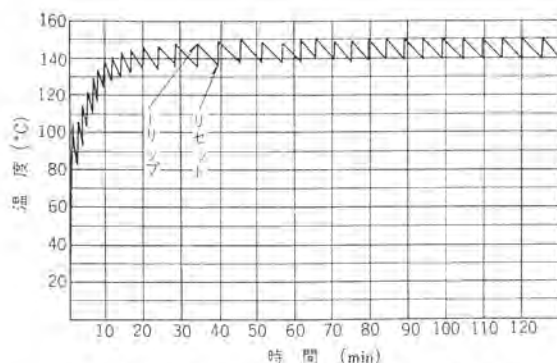


図 4.6 拘束時電動機巻線温度上昇曲線
Fig. 4.6 Temperature rise curve of motor when locked.

(4) オートカット 取付部の温度上昇

適切な保護特性を持った オートカット を選定するには、個々の電動機特性と オートカット の特性を慎重に検討する必要がある。

また、特性を十分に発揮させるために、できるかぎり巻線の温度に感じやすい位置に取付けることが望ましい。図 4.4 および図 4.5 に単相、三相電動機への オートカット 接続を示す。

4.4 過負荷保護特性

4.4.1 拘束保護

電動機回転子の拘束時には、起動電流に相当する電流が流れ、電動機巻線は急速に温度上昇するが、危険な温度に達する直前にオートカット が動作し、電流を切る。

つぎに電動機巻線温度が冷却し、ある一定温度以下に低下すると自動的に リセット(手動 リセット式 オートカット では リセットボタン を押す)して再開路する。

回転子が引き続き拘束されているときには、オートカット はトリップ・リセット を繰り返し、電動機の巻線温度は、ノコリ 波状に上昇するが、170°C 以下の安全な温度内に押えられる。この一例を図 4.6 に示す。

4.4.2 欠相保護

三相電動機の場合、一相が断線したときの保護は通常の過電流継電器では達成困難なときがあるが、オートカット はこのようなときにも、正確に危険な巻線温度とならないように動作する。

4.4.3 過負荷保護

オートカット は、電流と周囲温度の両者によって動作する継電器で、過負荷保護においてその特長を発揮する。

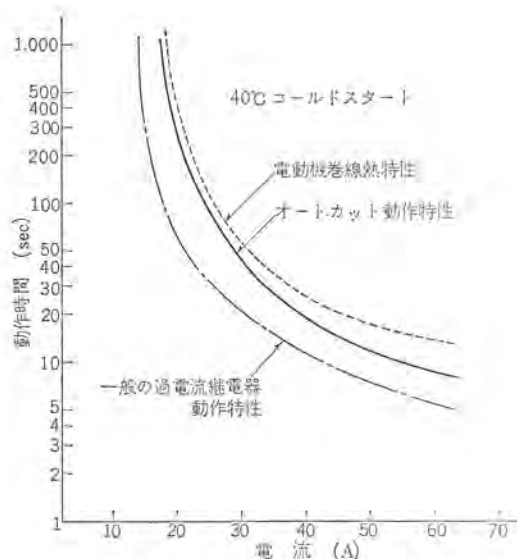


図 4.7 保護特性
Fig. 4.7 Characteristic curve of type TI Auto Cut.

すなわち、電動機の巻線温度が高く、それにつれて オートカット の周囲温度が高いときは動作が早く、巻線の焼損を防ぐが、過負荷であって、巻線温度が低く危険温度までに余裕があるときには、オートカット は動作せず、巻線が危険な温度に近づいたとき、初めて動作する。

したがって、電動機の巻線温度に応じて保護をするので、電動機を安全にかつ有効に使用することができる。

5. む す び

誘導電動機のはん用保護継電器として 3 種類の継電器をとりあげ簡単な説明を加えてきた。これら継電器の適用は、欠相保護、間欠運転時の保護など選定上相当むづかしい問題を含んでいるものがあり、その全容を明らかにすることは、この小文では困難であるが、本文がこれら継電器の選定に際し、何らかの形で役だてば幸いである。
(昭 41-3-25 受付)

参 考 文 献

- (1) 高見、丸地、岡戸：新形電磁開閉器、接触器「三菱電機技報」Vol. 38 No. 7 (1964)
- (2) 横井、三上：オートカット付三相誘導電動機「三菱電機」Vol. 35 No. 5 (1962)

配電変圧器のNT-2形, NT-3形回路シャ断器

木村 雅夫*

Type NT-2 and Type NT-3 Circuit Breakers for Use with Type CSP Transformers

Nagoya Works Masao KIMURA

The CSP distribution transformers contribute a great deal to the elevation of power supply and service to the consumers. They are provided with devices of overload indication and of protection against overload and short circuit. Types NT-2 and NT-3 circuit breakers are the very apparatus, being respectively equipped on the low voltage side of the transformer, in the oil, depending on the service requirements, and permit the manipulation from outside. Major protection is derived from the thermal operation of bimetals with ingenious considerations so as to handle large interrupting current.

1. ま え が き

電力の供給とサービスの向上に寄与する, CSP形配電変圧器⁽¹⁾は, 過負荷表示, 過負荷および短絡保護装置をもっている。この装置として, 当社では従来から NT-2 形, NT-3 形回路シャ断器を製作し, 変圧器の低圧側で, 油中に設置, 操作は外部から行なっている。

本文はこの回路シャ断器の構造動作, 保護装置としての問題点ならびに保護特性について紹介する。

2. NT 形回路シャ断器の定格と特質

図 2. 1, 2. 2 に NT-2 形, NT-3 形回路シャ断器の外観, 付表に定格を示す。

NT 形回路シャ断器は次の特質を有する。

- (1) 過負荷表示……信号灯点灯
- (2) 過負荷シャ断……変圧器巻線焼損保護
- (3) 短絡保護……大きなシャ断容量
- (4) 回路シャ断器非常……レバー操作

3. NT 形回路シャ断器の構造, 動作

3. 1 構造

図 3. 1, 3. 2 に, NT-2 形, NT-3 形回路シャ断器の内部切り欠き構造を示す。

CSP 形配電変圧器の保護装置として, ほかのシャ断器ととくに異なった構造上の要点を種々研究し, 検討試験を重ねて解決完成した問題点を次のべる。

(1) パイメタル

過負荷表示, 過負荷シャ断をするために, 熱動引きはずし要素としてパイメタルを用い, 変圧器の巻線, 油の温度上昇によく追従し, 変圧器の過負荷耐量を十分に利用できるよう, 回路シャ断器を油中に入れ, 油の温度上昇と負荷電流による電流要素を取り入れた構造にした。パイメタルの設計は, 個々の変圧器の巻線, 油の温度上昇特性にあわせ, 固有抵抗, 湾曲定数などの選定をしているが, 必要十分な駆動力, 湾曲を得るパイメタルの幅, 板厚の決定は, 掛けがね引きはずし時の, 動作温度のバラツキを小さくするためにとくに重要である。

NT-2 形回路シャ断器の場合, 直熱形パイメタルを用いて短絡時

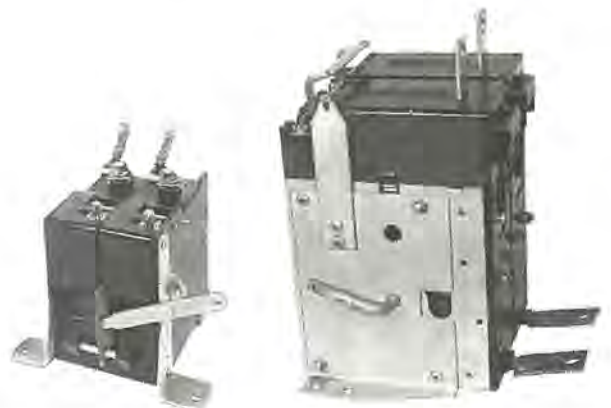


図 2. 1 NT-2 形回路シャ断器
Fig. 2. 1 Type NT-2 circuit breaker.

図 2. 2 NT-3 形回路シャ断器
Fig. 2. 2 Type NT-3 circuit breaker.



図 3. 1 NT-2 形回路シャ断器
内部切り欠き構造
Fig. 3. 1 Cut-away model of type NT-2 circuit breaker.



図 3. 2 NT-3 形回路シャ断器
内部切り欠き構造
Fig. 3. 2 Cut-away model of type NT-3 circuit breaker.

のシャ断時間を短くしているが, シャ断容量の大きい NT-3 形回路シャ断器の場合には, 短絡電流に対するパイメタルの熱的衝撃強度を増すよう, 2 重パイメタル方式を採用し, 半直傍熱形構造とした。

(2) 接点

大電流をシャ断する接点部分には, とくに消弧室はもうけていないが, 油中回路シャ断器としての設計上の問題点を種々検討し, 解決してきた。油中での大電流シャ断でとくに注意することは, 接点の異常消耗である。接点消耗は, 大気中の数倍ないし十数倍

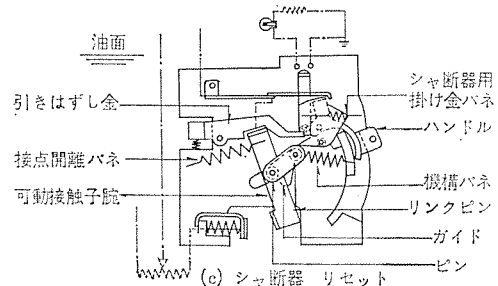
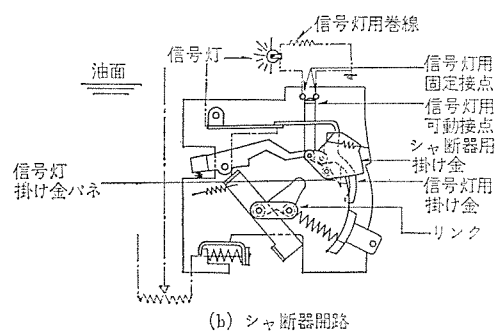
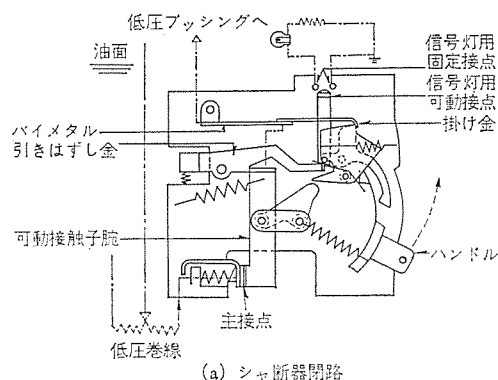


図 3.3 NT-2 形回路シャ断器動作状態
Fig. 3.3 Operation of type NT-2 circuit breaker.

大きいとさえいわれている。

この問題に対して NT-2 形回路シャ断器の場合、消耗も少なく耐熔着性の大きい接点材料を使用し、さらに大電流シャ断を要求する NT-3 形回路シャ断器では、主接点と電弧接点にわけ、主接点の荒れ、消耗を少なくし、耐熔着性を向上させ、接触抵抗の増大を防いだ。

大電流シャ断に対して熔着を防ぐため、さらに接点圧力を十分にとっている。接点圧力を増すことは接触抵抗を小さくすることになるが、この場合耐熔着性を増すことが主眼である。

接点分離距離も十分大とし、油の冷却作用、消弧性、耐電圧値が高いなどすぐれた媒質としての特質をいかしてきた。

(3) 開閉機構

開閉機構には、トックルリンク機構を用い、接点を早入—早切機構とした。接点圧力を十分に大としたため、機構バネ荷重も大である。この大きな荷重が掛けがねかかりあい荷重を大とするのを防ぐため、掛けがね引きはずし機構に NT-2 形および 3 形回路シャ断器とも多少構造上の違いはあるが、2 重引きはずし方式を取り入れた。

(4) 引きはずし機構

過負荷警報過負荷シャ断をするために、信号灯用、シャ断器用 2 個の掛けがねを用いている。掛けがねかかりあい部分は、摩擦を少なくし、十分なバイメタルの駆動力と、前記 2 重引きはずし方式によるバイメタル荷重の軽減により、動作温度のバラツキを防いでいる。

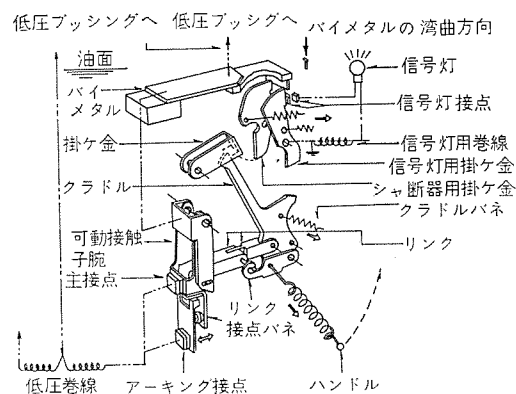


図 3.4 NT-3 形回路シャ断器構造
Fig. 3.4 Construction of type NT-3 circuit breaker.

(5) 回路シャ断器非常

CSP 形配電変圧器は、過負荷しても回路シャ断することなく電力を供給する非常の場合がある。このために変圧器タンク外部から引きはずし機構の掛けがねかかりあいを増し、引きはずし動作温度を上げる非常操作構造とした。

(6) モールド部品

この回路シャ断器は、変圧器油中に入れ使用するので、回路シャ断器を構成する絶縁モールド部品は、つねに高温となる。

このため新しく

(a) 機械的強度が高い

(b) 電気的性能がすぐれ、油の温度上昇による絶縁抵抗、耐電圧の低下が少ない

(c) 熱変形温度が高い

モールド部品を種々試験の結果採用した。なおモールド部品は、熱ヒズミによる動作不良を防ぐため十分な熱処理を施している。

(7) 極数

NT-2 形および 3 形回路シャ断器とも、単極を基本構造とし、このブロックを 2 個あるいは 3 個組み合わせることにより、2 極あるいは 3 極回路シャ断器としている。

(8) 取付

回路シャ断器は、油面下 50 mm に取りつける。接点側の前面 50 mm 以内に、ほかの金属部品を使用しなければ、シャ断容量が低下しないことを確認している。

3.2 動作

図 3.3, 3.4 に NT-2 形, 3 形回路シャ断器の動作状態を示す。

通常の運転状態では、変圧器二次側負荷電流は、図 3.3 に示すように通電し、(a) は回路シャ断器閉路の状態を示す。いま過負荷するとバイメタルはその I^2R 損失および過負荷による油の温度上昇により上方に湾曲し、まず信号灯用掛けがねを引きはずし、信号灯接点を閉路し、変圧器タンク外に取り付けられた信号灯を点灯する。さらに過負荷が継続すると、続いてシャ断器用掛けがねも引きはずされ、主接点を瞬時に開路し電力の供給を断つ。この状態が図 3.3 (b) 回路シャ断器開路の状態である。過負荷が除かれ通常の運転状態にするには、図 3.3 (c) に示すよう、ハンドルを上方に動かせばリセットでき、また図 3.3 (a) のように下方に動かせば回路シャ断器は閉路され再開路できる。これは変圧器タンク外部に取付けられたハンドル機構により操作する。

短絡の場合は信号灯点灯、回路シャ断器開路と同時に、非常の場合は、変圧器外部から回路シャ断器を非常側にレバーを

動かす。

4. NT 形回路シャ断器の保護特性

CSP 形配電変圧器の具備する保護装置としては、文献 (1) に紹介されている。

4.1 熱動要素バイメタルの動作

NT 形回路 シャ 断器の熱動要素 バイメタル が、変圧器巻線保護のため、いかに動作しているか、これは回路 シャ 断器の保護特性を決めるのに重要である。

変圧器の二次側に生ずる 一般的な事故と負荷の性質は、

(1) 変圧器二次側端子における短絡……数 サイクル 内に回路 シャ 断を要する。

(2) 変圧器から遠隔地での短絡あるいは非常に大きな過負荷

(3) 一般的に考えられる通常の過負荷……過負荷の大きさにより数十分から数時間で負荷への電力供給を断つ。

以上の3項である。

これらの3項の動作状態を示したのが、図 4.1 である。

4.2 回路シャ断器の特性

熱動過電流引きはずし装置において、熱動要素 バイメタル の温度と通電々流との間には、

$$i^2 k_1 f(t) = \theta - \theta_0 \dots\dots\dots (4.1)$$

ただし θ = バイメタル の温度

θ_0 = 周囲温度 (油温)

i = 電流

k_1 = 熱放散係数

抵抗などの特性値により決まる定数になりつつ、いま回路 シャ 断器の動作温度を θ_1 とすれば、

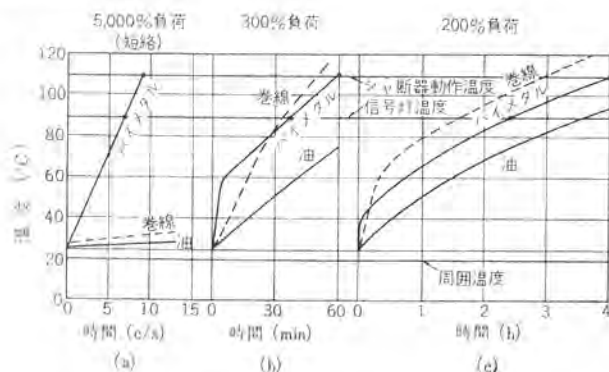


図 4.1 各種負荷における巻線 バイメタル 油の温度上昇
Fig. 4.1 Temperature rises of winding, bimetal and oil at various loads.

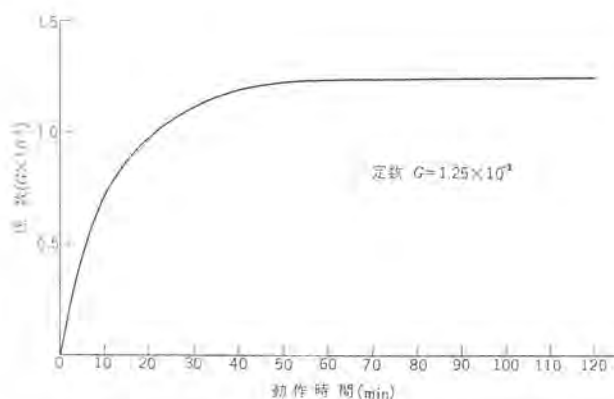


図 4.2 NT-2 形回路シャ断器特性曲線
Fig. 4.2 Characteristic curve of type NT-2 circuit breaker.

$$k_1 f(t) = \frac{\theta_1 - \theta_0}{i^2} \dots\dots\dots (4.2)$$

となる。種々の電流を回路 シャ 断器に通電し、動作するまでの時間 t と $k_1 f(t)$ の関係を曲線に画くと、一例として図 4.2 に示す飽和曲線が得られる。この曲線の飽和値を、特性定数 G とし、回路 シャ 断器の特性決定に用いている。

通常の過負荷の場合、この定数 G と変圧器の巻線、油の温度上昇曲線を用いれば、いかなる負荷でいかなる時間に回路 シャ 断器が動作するかを求めることができる。

5. 適用規格の試験成績

この種回路 シャ 断器の適用規格はとくにないが、NT-2 形および3形回路 シャ 断器は単体試験の適用規格として、JISC 8370 配線用 シャ 断器の規格に準拠し、また CSP 形配電変圧器として組み合わせたときは、別途試験規格をもうけ、あるいは各電力会社の仕様書にもとづいて試験を実施している。

表 5.1 NT-215B 形回路シャ断器試験成績

形 名		NT-215B
定 格 電 圧 (V)		210
定 格 電 流 (A)		71.5
適 用 変 圧 器 容 量 (kVA)		15
極 数		2
トッテ操作力 (kg)	入	10.5
	切	7
	リセ ッ ト	6
接 点 圧 力 (kg)		4.3
動 作 温 度 (°C)	シ ャ 断 器	108
	信 号 灯	92
定 数 G		12.5×10^{-4}
電 源—負 荷 側 端 子 間 抵 抗 (MΩ)		1.14~1.23
開 閉 試 験	電 流 (A-C 220V)	430A (定格電流の6倍)
	力 率	0.8 lag
	開 閉 出 度 数	6 回/min
	開 閉 回 数	50 回 OK
耐 久 試 験	電 流 (A-C 220V)	71.5 A
	力 率	0.8 lag
	開 閉 出 度 数	20 回/min
	開 閉 回 数	通 電 6,000 回 無 通 電 4,000 回 } 計 10,000 回 OK
耐 電 圧 試 験	ON 電 源—接 地 間	5,000V
	1 極 接 地—他 極 間	10,000V
	電 源—負 荷 側 間	10,000V

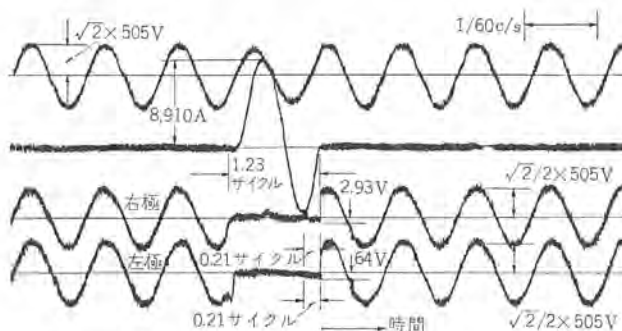


図 5.1 NT-2 形回路シャ断器短絡試験オシログラム 動作責務“CO”
Fig. 5.1 Short-circuit test oscillogram of type NT-2 circuit breaker. Operation duty “CO”.

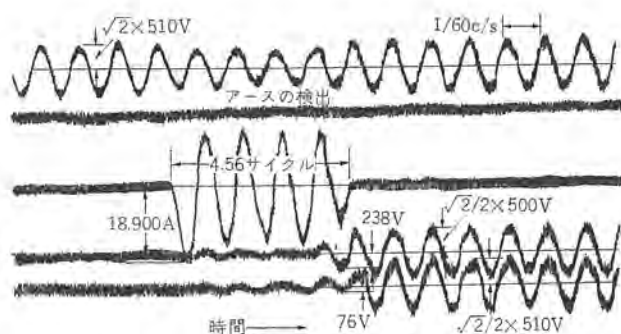


図 5.2 NT-3 形回路 シュ断器短絡試験 オシログラム 動作責務“O”
Fig. 5.2 Short-circuit test oscillogram of type NT-3 circuit breaker. Operation duty “O”.

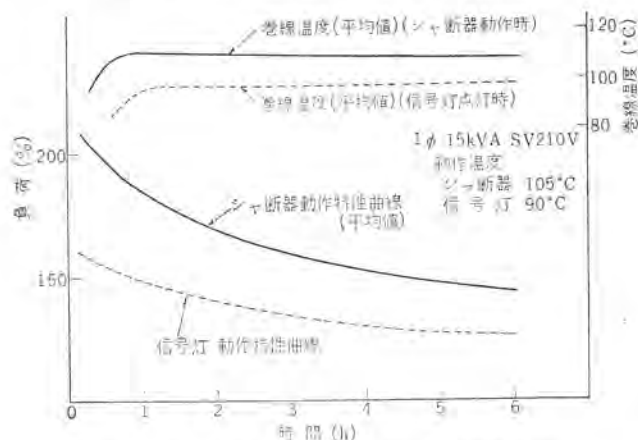


図 5.3 NT-215 B 形回路 シュ断器動作特性曲線
Fig. 5.3 Characteristic curves of type NT-215 B circuit breaker.

5.1 適用規格

適用規格 JISC 8370 のうち温度試験は、回路 シュ断器を油中で定格電流を通電し、各部の温度上昇を測定している。配線用 シュ断器の場合端子の温度上昇は 50°C 以下に決められているが、この回路 シュ断器では 15°C 以下に押さえている。油中に入れて

いるため温度上昇はあまり問題でなく、むしろ電源負荷側端子間内の抵抗値の変圧器の電圧変動率の関係で重要である。定格電流を通常時 2 極で 10 W 程度に押さえている。

耐久試験は通電 6,000 回、無通電 4,000 回の開閉を実施し、寿命のめやすとしている。短絡試験電流値について、規格をそのまま適用し、半サイクル後の非対称値で表わしている。

耐電圧試験は、常温油中にて電源—接地間 5,000 V 極間、電源負荷側間は 10,000 V 1 分間を実施している。そのほか NT 形回路 シュ断器独自の試験として、動作温度、特性定数などの測定を行なう。

5.2 試験成績

表 5.1 に一例として NT-215 B 形回路 シュ断器の単体試験成績、図 5.1、5.2 に NT-2 形および 3 形回路 シュ断器のシュ断試験のオシログラムを、図 5.3 に変圧器との組み合わせ試験成績の一例を示す。

6. む す び

CSP 形配電変圧器用 保護 シュ断器として、NT-2 形、3 形回路 シュ断器の構造動作、それに CSP 形配電変圧器保護 シュ断器として、いかに変圧器巻線を保護するかについて概要をのべた。

最近では、海外での採用が活発になっている現在、変圧器の短時間過負荷耐量を有効に利用し得る変圧器保護 シュ断器が再認識され、国内でも数多く採用される契機の一助ともなれば幸いである。また NT 形回路 シュ断器が当社 CSP 形配電変圧器に限らず一般の配電変圧器の保護装置としても十分適用できる点を申し添え関係各位の今後のご使用への検討をおねがいしたい。

(昭 41—3—25 受付)

参 考 文 献

- (1) 木野崎：CSP 形配電用変圧器「三菱電機」35, No. 11 (昭 36)
- (2) 木村ほか：「変圧器の設計工作法」

三菱船用E種電動機

酒 向 潔*・土 井 克 彦*

Mitsubishi Marine Induction Motors of Class E Insulation

Nagoya Works

Kiyoshi SAKŌ・Katsuhiko DOI

As driving power sources of numerous machines installed in ships, induction motors are expanding the area of applications. Special conditions to operate on board ships impose restrictions on their construction such that smaller sizes, lighter weight, and yet higher available power are demanded on them. Mitsubishi marine induction motors of class E insulation meet the requirements, built in conformity to the dimensions of the I. E. C. standard and replacing the conventional class A general purpose motors with a great stride. The article describes open type motors M200L as a center of discussion together with the dimensions, construction, characteristics and feature as marine apparatus.

1. ま え が き

船に設置される各種機械の動力源として、誘導電動機の利用分野がますます拡大されてきている。船に積むという特殊性により、極力限られたスペースを有効に使用したい、重量も軽くしたいという要求が強く、したがって電動機についても小形、軽量で経済的なものをという要求が生まれてくるのも当然である。ここにご紹介する新形船用電動機はこの要求に完全に合致するものとしてこのほどシリーズ化が完成したものである。この電動機は、従来アメリカ NEMA 規格に準拠した JEM 規格（日本電機工業会制定）によって製作されてきた A 種絶縁電動機と異なり、ヨーロッパ各国ですでに採用されている国際寸法規格である IEC 寸法規格（International Electrotechnical Commission）に準拠したものであり、寸法的には従来の船用 A 種絶縁電動機に対して、適用ワッ数が約2段階落ちに著しく小形化された画期的なものである。なお寸法、特性の JEM, JIS 規格も制定され、最近、急ピッチで従来のハッ用 A 種電動機に代わりつつある低圧ハッ用 E 種電動機と同じ系列に属し、出力に対するワッ数の適用も同じになっている。

このように、船用電動機の大幅な小形化がなされたことは、最近のめざましい合成化学の進歩により、熱安定性に富み、しかも電気的、物理的にも非常にすぐれた合成樹脂絶縁材料が出現したことをはじめとして、そのほかの電気材料の品質向上のめざましいこと、また、新しい技術的改良を加えた合理的な設計、豊富な実績と研究から生まれた電動機製造技術の進歩などの結果といえよう。

従来の船用誘導電動機は、船主により B 種絶縁が指定される少ない例を除いて、A 種絶縁がほとんど大勢を占めており、したがって特性、寸法は A 種絶縁の規格である JEM-R2027 (1961), JEM-R2028 (1961) をもとにし、船主および造船所指定の NK, JG, ロイド, ABS, NV などの各種船用規格を適宜組み合わせしてきた。今回ここで紹介する船用 E 種電動機は IEC 寸法準拠の E 種絶縁のものであり、寸法は JEM-1180 (床取りつけ横形) JEM-1189 (L50 フラジ形)、特性は JIS-C4210 をもとにした改訂 JEM-R 規格 (1966 年度中に改訂規格は発行予定) によるものである。

2. 船用電動機の規格および規定事項

2.1 船用規格

船用規格については各国それぞれの事情に応じて取り決められた下記のようなものがある。すなわち代表的なものだけあげると、わが国の JEM-R (日本電機工業会規格), NK (日本海事協会鋼船規則), JG (船舶安全法), イギリスの LR (ロイド船級協会規格) アメリカの ABS (American Bureau of Shipping), ノルウェーの NV (DET NORSKE VERITAS RULE) などである。

絶縁については、E 種を認めていなかった ABS 規格も E 種絶縁自体が IEC に採用されてから世界的に使用されるようになった実績により、1966 年度版から追加することに決定している。また JEM-R (1961) も A 種絶縁の規格であるので、急ぎ日本電機工業会で改訂審議中であり、E 種絶縁を追加することになっている。したがって船用規格に関する限り、E 種絶縁は全部認められたことになる。

周囲温度は機関室補機用の場合、NK, JEM-R および ABS は 50°C, RL, NV は 45°C, JG を適用する場合は、40°C になっている。

軸材については、とくに指定のないかぎり船用電動機もハッ用電動機とどのような JIS-G3102 (機械構造用炭素鋼) の S35C またはこれと同等以上の性能を有するものを使用するわけであるが、ある出力以上についてはあらかじめ軸材のみに適用される規格に合格した材料を使用することになっている。すなわち、JG は 40 kW 以上、LR は 75 kW 以上、NK, ABS, NV が 100 kW 以上である。

2.2 船用電動機規定事項

2.2.1 適用規格

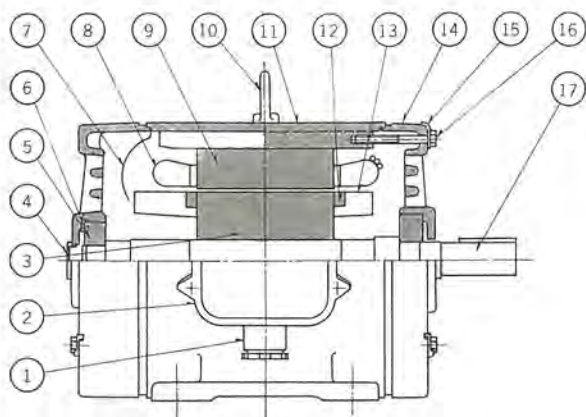
電動機の構造、性能などについては、JEM-R2027 の標準仕様書によることのほか、造船所あるいは使用者からの注文仕様書に指定する法規、船級協会規則によることになっている。なお、それ以外の事項については、JIS (日本工業規格), JEC (電気規格調査会標準規格), JEM (日本電機工業会標準規格) を準用することになっている。

2.2.2 使用条件

基準周囲温度の限度は、冷却媒体が空気の場合はそれぞれの規格により 50, 45, 40°C、水の場合は 30°C または 25°C のいずれ



図 3.4 速度-トルク曲線
(SB-E M200L 45kW 4P)
Fig. 3.4 Speed-Torque
curve (SB-E M200L
45kW 4P)



- | | |
|----------------|--------------|
| ① 電線貫通金物 | ⑩ アイボルト |
| ② 端子箱 | ⑪ フレーム |
| ③ 固定子鉄心 | ⑫ エンドリング |
| ④ 商標プタ | ⑬ エンドリングファン |
| ⑤ シールドボールベアリング | ⑭ ブラケット |
| ⑥ プレロードスプリング | ⑮ 舌付座金 |
| ⑦ 風受 | ⑯ ブラケット取付ボルト |
| ⑧ 固定子コイル | ⑰ 軸 |
| ⑨ 固定子鉄心 | |

図 3.5 船用 SB-E 形 スーパーライン E モートル 断面図
(M80~M180L フレーム)
Fig. 3.5 Cross section of type SB-E superline E
motor for marine use.

は、それぞれ防滴保護形横形および ヲテ 形の外形寸法図である。船用電動機は防滴保護形の比率が圧倒的に多いので、ここでは全閉外扇形の外形寸法図は省略してある。なお防滴保護形についても 63, 71 フレームおよび 225 フレーム以上のものを省略しているのは、現在審議中の JEM-R では 750W M80 から 45kW M200L になっているためである。また全閉外扇形については M160L までを規格にのせることになっている。

3.2 電気部分の設計

3.2.1 特性

多年にわたる電動機製作の豊富な実績と新しい技術改良を加えた合理的な設計により、全負荷特性、トルク 特性などは、従来の A 種絶縁のものに比べてなんら見劣りしないものになっている。このことは最適な固定子、回転子 ミジ 数組み合わせ、鉄心の ミジ の形状の大きさ、ギヤッウ 径および ギヤッウ の大きさの決定、最適な磁気装荷および電気装荷になるような鉄心各部の磁気回路の設計、コイルの設計、さらにすぐれた磁気特性の ケイ 素鋼板の選定などの結果といえよう。通常の場合、小形化することによりトルク は減少するがこの E 種電動機に関しては従来の A 種絶縁電動機と同等以上のトルク を有し速度——トルク の状態も良好である。図 3.4 は、直視装置でみた SB-E 形 M200L フレーム 45kW 4p 200V 60 c/s の速度——トルク 曲線である。なお、従来からの半閉

ミジ をやめて全閉 ミジ を採用したので漂遊損も減少し、したがって温度上昇も低下させるのに成功している。

3.2.2 絶 縁

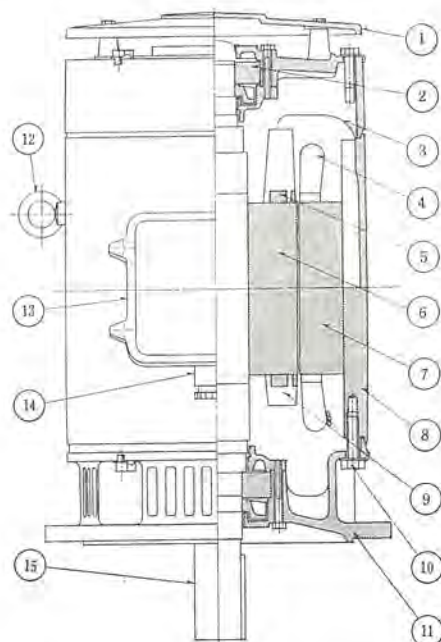
電線は ポリエステル 電線、ミジ 絶縁の スロットセル、ウェジ、セパレータなどは、耐熱性の高い ポリエチレンテレフタレート 樹脂系の適切な絶縁材料を用い、ワニス は フェノリック 系のものを使用し、口出し線は耐熱性のすぐれた ハイパーロン 電線を採用している。したがって A 種に比べて許容温度の上ったことに対する心配はまったくなく、長い寿命を保証できる。ただし ロイド 規格の場合には ミジ 絶縁にマイカ 使用を指定している。

とくに船用絶縁の場合は、周囲温度が 50℃ と高いことと相対湿度が 95% と上がることのほかに、耐油、耐塩性も考慮しなくてはならぬため とくに絶縁ワニス 処理を十分にし、さらに固定子コイルエンド の表面に特殊な防湿処理をほどこし、その使用条件に十分耐えるよう考慮を払っている。

3.3 構造一般

3.3.1 保護構造および冷却方式

図 3.5 は防滴保護形横形の構造断面図、図 3.6 は防滴保護形立テ 形構造断面である。外観写真および構造断面図からわかるように近代感覚にあふれたスマートな ジェットスタイル で、しかも完全な防滴形と保護形の両方の機能をそなえている。船用電動機については、開口は直径 12mm を越える丸棒はいらないような金綱または 12mm 以下のスキマとし、ねずみの侵入のおそれのない構造を指定しているのが、当社の A 種電動機についてはこの保護構造（防水処置）も十分満足している。冷却方式は、とくに排出 ファン を設けず、回転子 ダイカストファン のみで反負荷側



- | | |
|------------|--------------|
| ① 防滴カバー | ⑩ エンドリングファン |
| ② ボールベアリング | ⑪ ブラケット取付ボルト |
| ③ 風受 | ⑫ プラケット |
| ④ 固定子コイル | ⑬ アイボルト |
| ⑤ エンドリング | ⑭ 端子箱 |
| ⑥ 回転子鉄心 | ⑮ 電線貫通金物 |
| ⑦ 固定子鉄心 | ⑯ 軸 |
| ⑧ フレーム | |

図 3.6 船用 SB-EV 形 スーパーライン E モートル 断面
(ML-5~200L フレーム)
Fig. 3.6 Cross section of type SB-E superline E
motor of marine use.

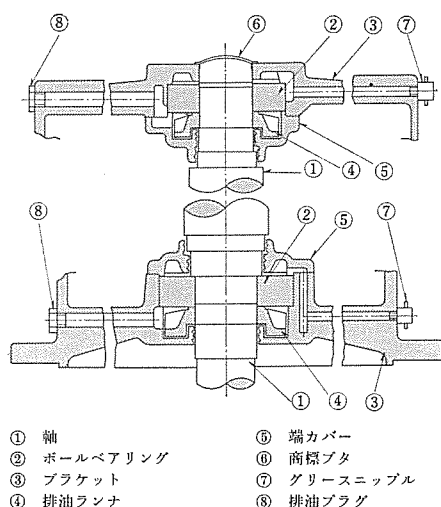


図 3.7 船用立形電動機軸受箱構造 (ML5~200L フレーム)
Fig. 3.7 Construction of marine vertical motor bearing box.

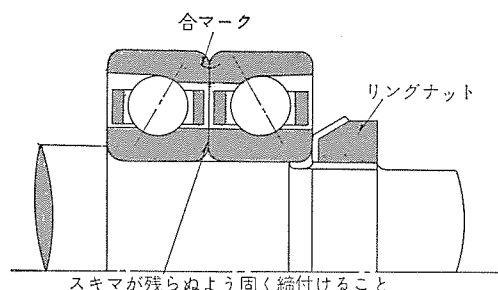


図 3.8 操舵機用電動機軸受
Fig. 3.8 Motor bearing of steering apparatus.

より吸い込み、負荷側に排出する方式を採用している。従来のA種電動機に比較して大幅に容積が小さくなっているのに、鉄心、固定子、回転子導体から発生する熱損失をいかに効率よく発散させるかが問題である。そのため、エンドリングファンと風受の相対関係、通風路の構造を種々検討し、最適な構造を採用して良好な結果を得ている。

全閉外扇形の場合は、従来のA種絶縁電動機とほとんど同じ構造であるが2段フレームサイズが下がることによる冷却効果の減少が考えられるので、M80 フレーム以上の鋳鉄フレームについては冷却フィン数を増すとともに、その高さを高くし冷却表面積を増している。さらに、外扇ファンの形状、寸法とファンカバー、ファンカバーの吸い込み口などの相対関係を十分検討し、冷却効果の最適をねらい満足な結果を得ている。なお回転子ダイカストファンを付けていることにより内部に発生する熱を均一に分散させ、熱放散に対してより好ましい状態においている。

3.3.2 軸受

軸受については、M180 フレームまではグリースの漏れが少なく摩擦損失の少ない非接触形シールドボールベアリングを採用し、M200 フレーム以上に対しては開放形のボールベアリングあるいはコロ軸受を採用している。図 3.7 は立形電動機の開放形のボールベアリング軸受箱構造図を示す。軸受箱内部には、当社独特な排油ランナーを取付け、オーバグリースの防止とともに理想的な排油作用を行なう。グリース注入口にはピン形グリースニップルを、排油口には排油プラグを設けている。操舵機用のように振動により軸受のフレットイングコロージョンを起こすおそれのある用途については、図 3.8 に示すようにアンギュラコンタクトボールベアリングの組み合わせをとり入れた構

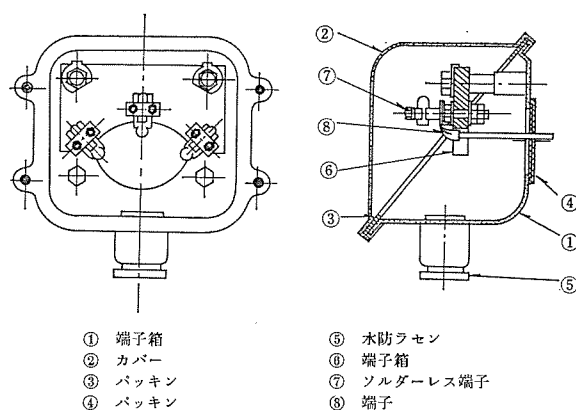


図 3.9 船用端子箱断面
Fig. 3.8 Cross section of marine terminal box.

表 3.3 端子および電線貫通金物適用

ワケ番号	端 子 の 種 類		電線貫通金物
	締付け端子	圧着端子	
M63 M71 M80 M90L M100L M112M	NS-4	2	20
M132S M132M		5.5	25
M160M M160L	NS-6	8	30
M180M M180L		22	
M200M M200L	NS-8	38	35

造にしている。使用グリースは、密封形、開放形とも、耐熱性、耐老化性、耐湿性の非常にすぐれたリチウム系のものを使用している。ブラケットのベアリングはめ合部およびフレームのはめ合部は、当社独得の捨て加工方式を採用しているため、ヒズミのない精密な同心加工が得られ、組立の際のボールのゴシもなく、軸受の長い寿命を保持するとともに振動、騒音のきわめて小さい円滑な運転になっている。

3.3.3 端子箱構造

端子箱は全閉構造で容易に取りはずしのできる斜め二つ割り構造であり、端子箱カバーと座の間、座とフレームの間にはパッキングを入れて水滴に対する十分なシールを考えている。箱内の空間は、ケーブル端子と電動機端子が容易に接続できるよう十分な余裕をとっている。端子箱の方向は、90°ずつ方向転換可能になっている。図 3.9 は船用電動機の端子箱の断面図を示す。

端子板については、ロイド規格品の耐絶縁性、耐熱性のすぐれた合成樹脂積層板を使用している。

端子は、JEM-R2023 (船用締付形端子) の NS あるいは YS 端子、あるいは JEM-1149 (裸圧着端子) に規定してある端子を使用する。

水防ラセン (船用電線貫通金物、JIS-F8801) は、端子箱の座の底に取付け、ケーブルに沿っての水の浸入を完全に防止する。その使用電線に対する適用は JEM-R2014 (船用電線貫通金物の適用基準) によっている。

表 3.3 は、改訂 JEM-R 規格にとり入れられる船用 E 種電動機の端子および水防ラセンのワケ番に対する標準適用を示す。

3.3.4 防食処理

ボルト・ナット・ピン・ネジ・端子・スタッドパネ そのほか小口部品については、適当な防食処理をほどこしている。回転子のアルミ導体については、化学処理をほどこし、表面に耐食性のよい堅固な酸化アルミニウムの金属面を形成させる。

塗装については、防食の面から十分な下地処理を施したうえ仕上げ塗装を行なうように指定してある。なお塗色はアンセル7.5BG 7/2、色相 ± 1.5 、明度 ± 0.25 、彩度 ± 0.5 を標準としている。

3.3.5 その他

振動に対して、通電部分および可動部分に用いるネジ類およびナット類がゆるまぬように有効なゆるみ止めの処置をほどこしている。また注文主からとくに指定のあった場合には、JEM-R 2039（船用電気機器の銘板）に規定してある用途名板を取付けている。

船に積む予備品および特殊工具は、JEM-R2013（船用電気機器の予備品箱）に規定してある予備品箱に納めている。

4. む す び

三菱船用E種電動機は従来のA種電動機に比較して、重量で防滴保護形で約 65~80%、全閉外扇形で約 65~75%、容積でおの

おの約 40~75%、50~65% と大幅な軽量化、小形化がなされたことは据付け運搬が容易になることだけでなく、所要スペースが節約できてきわめて有利であるとともに、船の場合は有効トン数の増加にも結びつくことになる。さらに、トルク特性は従来のA種以上であること、完全なE種絶縁により長い寿命の保証できること、振動、騒音がいずれも一割以上減少し、きわめて静かで円滑な運転が期待できるようになったこと、電動機が小形化されているので、回転子のGD²も小さくなり正逆などヒン繁な起動停止を行なう場合、発生熱損失が少なく有利であることなど電動機としての数々の特長を有するものである。

今回ここで紹介した三菱船用E種電動機は、一応防滴保護形M200LおよびML5-200Lまでしか述べていないがIEC寸法にあるM315フレームまでの製作態勢も整えており、すでに防滴保護形SB-E 110kW M280Mまでの製作実績を有している。現状に満足して止まることなく、さらにいっそうの設計上、工作上、材料上の検討を行ない、技術上の衆知を集め、よりすぐれた特性でより経済的な電動機に育てあげるよう努力し、需要家のご期待にそいたいと考えている。

船用交流発電機の最近の動向

馬場俊晃*

Recent Trend of AC Generators for Marine Use

Nagasaki Works Toshiaki BABA

From the year 1945 a trend became conspicuous in the ship building that all the machines on board are AC electrified and the vessels are made larger size, higher speed and automatic operation. AC generators to feed power to the machines are demanded to be modernized strongly. With an aim of utilizing the space of ship effectively and of simplifying the wiring work, self-excited generators of top mounted exciter type are employed. To minimize the maintenance and inspection the machines are built totally enclosed, inner cooled with air coolers and also of brushless system. The above being the some of talking points, the article describes all the allied subjects.

1. ま え が き

最近の約10年間におけるわが国造船業界の躍進ぶりには、まさに目をみはらせるものがあり、タンカに例をとってみれば、昭和30年ごろには驚異の目で迎えられた数万トン級スーパー・タンカが数年のうちに、7〜8万トン級のマンモス・タンカに、さらにこれも数年を経ずして十数万トン級のモンスター・タンカにとってかわられている。この大形化の傾向はとどまることを知らず、昨年から本年にかけては、20万トン級の巨船が各造船所で計画・着工または建造中であると伝えられている。このような傾向に加え、さらに、高速化・自動化合理化が急ピッチで進められており、その船内電源である交流発電機にも大容量化と近代化——小形・軽量・保守・点検の簡易化——が強く望まれるようになってきたのは当然のなりゆきであろう。一方、漁船とか中・小形のタンカ・貨物船・客船などの発電機についても、その容量は増加の一途をたどっており、原動機であるディーゼル機関の高速化とあいまって、その小形・軽量化への動きはきわめて活発である。当社は昭和20年代の初期から船用交流発電機を手がけてきており、これまでに台数にして約1,500台（内自励式のもの約850台）、合計容量、実に600,000kVA（内自励式のもの約365,000kVA）におよぶ発電機を製作しているが、前述のような“時代の流れ”にも十分にマッチし、さらに“安価・短納期”という条件をも満足させようような発電機の開発には絶え間のない努力を続けている。

以下、この船用交流発電機についてその発展の沿革、最近の当社標準発電機の特徴ならびに構造、保守上の問題点などについて簡単に述べ需要家各位のご参考に供したいと思う。

2. 船用交流発電機の変遷

2.1 励磁方式の変遷

昭和20年代の後半になって、交流発電機を主電源とする交流船が、それまでの直流船に代わり登場してきたのであるが、当時の発電機はその軸に直結された回転励磁機によって励磁される方式であったため、瞬時電圧変動特性が悪く、ためにウインチにはワード・レオナード方式が使用されていた。つまり交流船とはいえ、かなりの台数の直流機が依然として残っていたわけで、整流子回りの保守・点検はやはり必要であった。昭和32〜33年に至り半導体整流器（当初はセレン、その後はシリコン）の急速な進歩・発達に伴って複巻静止自動方式が出現し、そのすばらしい過度特性が極数変換形（ポールチェンジ形）ウインチの使用を可能として、ここに完全な

表 2.1 三菱船用交流発電機の生産実績

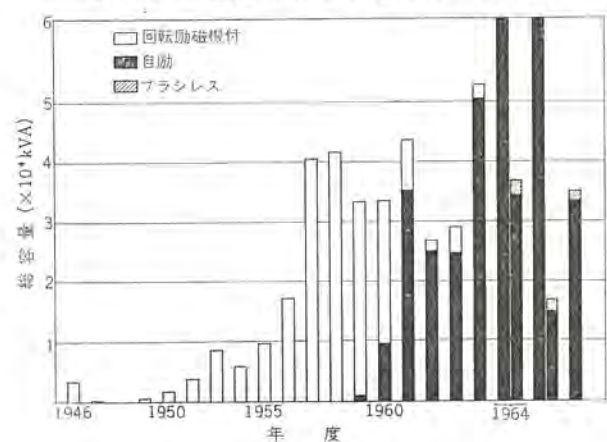


表 2.2 ブラシレス発電機製作一覧

船 主	造 船 所 (船番)	船 名	容 量	極 数	回 転 数	規 格	台 数	製作年月	備 考
ESSO STANDARD	三菱重工 (神戸) S. 944	ESSO BARCELONA	937.5	6	1,200	AB	2	39/3	全閉内冷
LIVANOS	興造船所 S. 70	STAVROS G LIVANOS	150	12	600	LR	1	39/1	
"	" S. 71	"	"	"	"	"	1	39/1	
"	" S. 72	ATLANTIC PRINCE	"	"	"	"	1	39/2	
SHELL OIL	三菱重工 (長崎) S. 1611	"	750	4	1,800	"	1	40/12	
"	" " S. 1612	"	"	12	600	"	1	"	
"	" " S. 1612	"	"	4	1,800	"	1	41/6	
"	" " "	"	"	12	600	"	1	"	

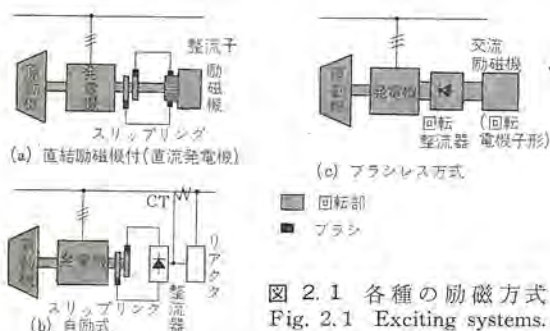


図 2.1 各種の励磁方式
Fig. 2.1 Exciting systems.

交流船が誕生したわけである。

これ以後の自励交流発電機の発達については、いまさら多言を要しはすまい、^{(1) (2) (3) (5)}しかし、自動化による乗組員数の削減は、よりいっそう保守・点検の少ない発電機を要求しはじめ、この点においてはまず最良と思われる“ブラシレス”方式がここ2・3年のうちに大きくクローズアップされてきたのである。欧米における船用交流発電機には、この“ブラシレス”方式が標準となりつつあると報ぜられているので、わが国において、この方式が広くとりあげられるようになるのも時間の問題であろう。

当社は、すでに9台のブラシレス発電機(表2.2参照)を納入しており、いずれも好調に運転中である。この方式の発電機では、複巻静止自励方式に比べて、その過度特性がいくぶん悪くなるが、ブラシ回りの保守・点検の手間(これが、唯一のそして最大の手間であろう)を解消できるという特長のために、今後の需要の伸びが大いに期待される^{(5) (6)}。

2.2 容量・回転数の変遷

タービン発電機については、さして大きな変遷はなく、当初から625~875 kVA機が6極 1,200 rpm、または4極 1,800 rpmとして製作されていたのが、最近では、そのほとんどが4極、1,800 rpmで製作され、出力も1,250 kVA程度にまで増加した程度のものであった。一方ディーゼル発電機については表2.3に見られるとおり、容量も回転数も増加の一途をたどっている。これはディーゼル機関そのものの、材料の向上、設計・工作技術の向上による大容量・高速化の結果であって、最近では数百kVA程度のものが10極、または12極として製作されている。これから類推すれば、近い将来の回転数は500~750 kVA機では10極 720 rpm、200~500 kVA機では8極 900 rpm、200 kVA以下のものでは6極 1,200 rpmが標準となろう。ただし、非常用発電機ではディーゼル機関の寿命はさして重要でないから、小形・軽量化をねらって、できる限り高速化するのが望ましく、300 kVA程度以下のものでは4極、1,800 rpmが普通となるものと思われる。

2.3 発電機用原動機の変遷

発電機の原動機は、推進用主機関がタービンかまたはディーゼルかに応じて、それぞれタービンまたはディーゼル機関とするのが普通であった。しかし主機関がディーゼル機関の場合には、排ガスとともに大気へ放出されてしまっていた大きなエネルギー(これは全エネルギーの約35%にも及ぶといわれる)を、排ガスマンダに、排ガスエコマイザを装備することによって吸収して、タービン発電機を運転する方式が確立されて以来、ディーゼル船にあってもタービン発電機が搭載される例が多くなった。これにより、燃料費の節約、船の経済的運航および従来から多くの保守・点検を要していた発電用ディーゼル機関の台数をへらしめる、といった合理性が実現されたわけで

表 2.3 ディーゼル交流発電機出力および回転数の変遷

年 代	発 電 機 要 目			当時の代表的船舶の例
昭和28~29年	280~300 kVA	20p	360 rpm	大同海運: “高典丸”, “高忠丸”, NYK: “龍破丸”
昭和30~31年	250~300 kVA	16p	450 rpm	日東商船: “隆興丸”, “隆興丸”, NYK: “龍津丸”, “龍津丸”, 大同海運: “高征丸”, “高征丸”, “高定丸”, “高定丸”, “高宗丸”
	175 kVA	14p	514 rpm	三菱海運: “かれどにあ丸”
昭和32~34年	250~300 kVA	14p	514 rpm	三菱海運: “おせあにあ丸”, NYK: “滋賀丸”, “島根丸”, “佐賀丸”, “瀬田丸”
	225 kVA	12p	600 rpm	東邦海運: “寿山丸”
昭和35~37年	350~550 kVA	14p	514 rpm	日正汽船: “雄鷹丸”, 千代田鉱石: “サンタクルス丸”
	275~438 kVA	12p	600 rpm	大同海運: “高来丸”, India: “BHARATA JAYANTI”
	200~250 kVA	10p	720 rpm	関西汽船: “すみれ丸”, “こはく丸”, 日魯漁業: “あけぼの丸”
昭和38~40年	600~700 kVA	12p	600 rpm	NYK: “山城丸”, “第二並細丸”, 日東商船: “第二並細丸”, “半鐘丸”, 国鉄: “大雪丸”, “摩周丸”, “半鐘丸”
	625~875 kVA	10p	720 rpm	南極観測船: “ふじ”, “第二ブジストン丸”, 日東商船: “第二ブジストン丸”, 国鉄: “八甲田丸”

表 2.4 排ガス利用発電方式採用の船舶

造船所	船番	船 名	発電機容量と極数
三菱重工・広島	V. 164 V. 165 V. 166	LIUBLINO LENINO	各 1×350 kVA, 4p, T/G 2×350 kVA, 10p, D/G
三菱重工・長崎	S. 1601 S. 1602	RUSSEL H GREEN SAMUEL B MOSHER	各 1×562.5 kVA, 4p, T/G 2×625 kVA, 12p, D/G
三菱重工・長崎 日立造船 石川島播磨重工業	S. 1616 V. 175 S. 1579 S. 3966 S. 607	多 摩 丸 摩 和 丸 SHIGEO NAGANO INAYAMA	各 1×625 kVA, 4p, T/G 1×625 kVA, 12p, D/G 各 1×687.5 kVA, 4p, T/G 2×687.5 kVA, 10p, D/G
三菱重工・長崎	S. 1610 S. 1617 S. 1619 S. 1625	電 田 丸 土 佐 丸 英 洋 丸 宜 洋 丸	各 1×700 kVA, 4p, T/G 1×700 kVA, 12p, D/G

ある。表2.4は、昭和37年以来、当社が納入したこの発電方式船の一覧であり、さらにこの方式による数隻分の発電機を製作中である。なおこの場合にはタービン発電機とディーゼル発電機と並行運転が必要となるが、この場合における系の安定問題についても解析が行なわれ、十分安定な運転が可能であるとの結果が得られた。船内での並行運転結果も予想どおりきわめて円滑であった。この種の運転方式は、今後ともますます多用されるものと考えられる。

2.4 発電機運転方式の変遷

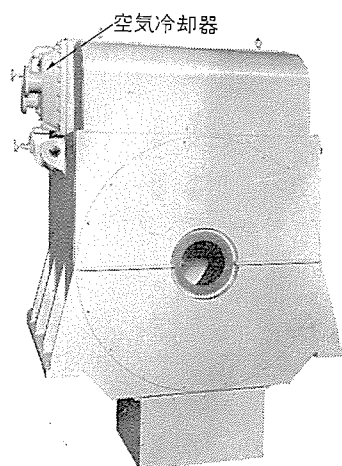
従来の発電機は原動機の起動、同期投入、負荷分担などをすべて手動で行なっていたが、より安全かつ確実な並行運転を行なうために、これらの操作をすべて自動化する方式が考案され、実用に供せられるようになった。^{(4) (7)} この自動同期投入方式が実現される以前の同期法に、いわゆる“強制並列方式”(発電機の電圧および周波数を、ほぼ規定値内に保つのみで、投入位相はなんら確認することなく、リアクトルを介して強制的にシャ断器を投入する方式)が流行したこともあって、当社でも数隻のタンカにこの方式を採用したことがある。しかし、その信頼性も100%とはいいがたく、突入電流も200%に及ぶこともありうるので、自動同期投入方式完成後の現在では、あまり推奨できる方式とはいえない。(なお、発電設備の自動化については本号の別論文に詳しい)

2.5 発電機通風冷却方式の変遷

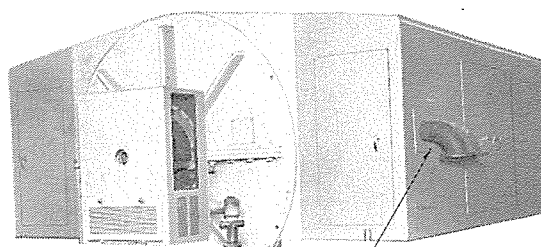
これまでのほとんどの発電機は、機関室内部の空気を吸入し機内を冷却するいわゆる開放形として製作されていたが、これでは機内に水滴・油滴・ジヤイなどがはいる、絶縁物の劣化を招くお

表 2.5 三菱船用全閉内冷形（空気冷却器付）発電機製作実績

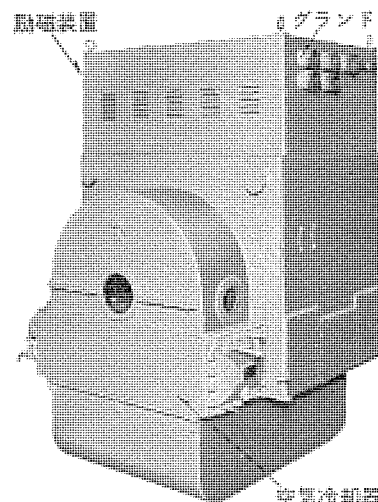
船 主	造船所 (船番)	船 名	容 量	電 圧	規 格	極 数	回 転 数	励磁方式	台 数	製作年月	空気冷却器取付位置
NAESS SHIPPING CO.	三菱重工 (長崎) S1518	NAESS SOVEREIGN	1,250	450	AB	2	3,600	同 転 Ex	2	35/2	トップマウント
"	" (") S1520	NAESS CHAMPION	"	"	"	"	"	"	"	36/7	"
HEMISPHERE TRANSP. CO.	" (") S1524	CALIFORNIA GETTY	1,100	"	"	"	"	自 励	"	38/5	"
"	" (") S1525	OREGON GETTY	"	"	"	"	"	"	"	39/2	"
国土総合開発 KK	" (広島) V156	第一国策丸 (ドレツジャ)	13,529	6,600	JEC	"	"	"	1	37/2	サイドマウント
"	" (") V160	第二 (")	"	"	"	"	"	"	"	38/2	"
ESSO STADARD	" (神戸) S944	ESSO BARCELONA	937.5	450	AB	6	1,200	ブラシ レス	2	39/3	トップマウント
文 部 省	日本鋼管 (鶴見) S819	ふ じ (南極観測船)	625	"	防衛庁	10	720	自 励	3	39/10	ベッドマウント
TIDE WATER CO.	三菱重工 (長崎) S1603	WASHINGTON GETTY	750	"	AB	4	1,800	"	2	40/3	トップマウント
"	" (") S1604	TEXAS GETTY	"	"	"	"	"	"	"	40/4	"
ISLAND NAVIGATION CO.	" (") S1606	ORIENTAL DRAGON	1,000	"	LR	"	"	"	"	40/7	"
MTL (OSWEGO)	" (") S1607	CHARLES E. SPAHR	812.5	"	AB	"	"	"	"	40/6	"
"	" (") S1608	RICHARD C SAUER	"	"	"	"	"	"	"	"	"
NYK	" (") S1630	徳島丸	"	"	NK	"	"	"	"	40/11	"
ジャパンライン	" (") S1631		"	"	"	"	"	"	"	41/1	"
日邦・昭和汽船	" (") S1632		"	"	"	"	"	"	"	41/2	"
Canadian Pacific Co.	" (") S1623		875	"	AB	4・12	1800 & 600	"	各 1	41/2	"
"	" (") S1624		"	"	"	"	"	"	"	41/	"



(a) 冷却器トップマウント形



(b) 冷却器サイドマウント形



(c) 冷却器ベッドマウント形

図 2.2 全閉内冷形発電機

Fig. 2.2 Totally enclosed AC generator.

それがあったため、かなりの保守点検を必要としていた。船舶の自動化による乗組員数の削減は、この点についても発電機の近代化を要求し、全閉内冷形発電機の登場となったわけである。この形のは海水を使用する空気冷却器を備え、その特長をあげれば、

(1) 機内への異物（油滴・油蒸気・水蒸気・塩分・ジニアなどの）の侵入がない。

(2) したがって機内は常に清浄に保たれ、絶縁物の汚損や劣化、鉄心の通風ダクトがつまることによる通風阻害などが皆無。

(3) したがって発電機の寿命が長くなる。

(4) 点検・手入れ・清掃の手間・時間および労力が大幅に軽

船用交流発電機の最近の動向・馬場

減される。

(5) 全閉形であるため、騒音が減少し環境衛生上も好ましい。

(6) 発電機の発生損失が、冷却水によって外部へ持ち去られるから、機関室室温の余分な上昇が避けられる。

表 2.5 は当社で製作したこの形式の発電機の一覧であり、図 2.2 (a),(b),(c) にその写真を示す。(a) は空気冷却器を固定子ツク上部に“トップマウント”したもの、(b) はこれを“サイドマウント”したもの、また (c) はこれをベッド面と軸との中間に納めた“ベッドマウント”形である。(b) および (c) では、固定子ツク上部に、励磁装置一式を“トップマウント”することも可能である。今後の大容量高

速機への適用が期待される。

3. 三菱船用交流発電機の標準仕様

3.1 準拠規格

設計にあたっては、現在の規格や法規のすべてに適合するように考慮している。対象とする規格は次のとおりである。

(1) 日本海事協会鋼船規格 [NK]

- (2) American Bureau of Shipping [AB]
 (3) Lloyd's Register of Shipping [LR]
 (4) Norske Veritas [NV]
 (5) JEM-R-2016 “船用交流発電機標準仕様書”
 (6) 船舶設備規程, 船舶安全法 [JG]

なお参考までに、これらのうちの(1)～(5)について、交流発電機の主要点に関する比較一覧を表 3.1 に示す。(注 ただし細

表 3.1 船用交流発電機に関する主要点比較

項目	JEM-R2016 (1965)	NK (昭和40年)	AB (1965)	LR (1965)	NV (1964)
主要部の 温度上昇限度	A種 電機子巻線	40°C(T), 50°C (R, ETD)	40°C(T), 50°C (ETD)	40°C(T), 50°C(R)	40°C(T), 50°C(R)
	B種 電機子巻線	60°C(T), 70°C (R, ETD)	60°C(T), 70°C (ETD)	60°C(T), 70°C(R)	60°C(T), 70°C(R)
	A種 多層界磁巻線	40°C(T), 50°C (R)	— 50°C(R)	40°C(T), 50°C(R)	40°C(T), 50°C(R)
	B種 多層界磁巻線	60°C(T), 70°C (R)	— 70°C(R)	60°C(T), 70°C(R)	60°C(T), 70°C(R)
	A種 電機子鉄心	50°C(T) —	40°C(T) —	45°C(T) —	50°C(T) —
	B種 電機子鉄心	70°C(T) —	60°C(T) —	65°C(T) —	70°C(T) —
(T): 温度計法 (R): 抵抗法 (ETD): 埋入れ 温度計法	基準空気温度	50°C	50°C	45°C (113°F)	50°C まで
	備考	基準周囲温度が 40°C または 45°C の場合には、上表より、それぞれ 10°C または 5°C だけ高く、その差だけ高く、 または 5°C だけ高く、その差だけ高く、 なってもよい。	25% 過負荷・2h の定格を有するものでは、その際の温度上昇限度を (上表の値 +15°C) とする	周囲温度が、40°C (104°F) の場合には、(上表の値 +5°C (9°F)) を許容する。	周囲温度が、40°C 以下の場合には、(上表の値 +10°C) を許容する。
	電機子巻線 B種	— 90°C (R, ETD)	—	85°C(T), 95°C(R)	80°C(T), 90°C(R)
	全周多層界磁巻線 *	— 90°C (R)	—	85°C(T), 95°C(R)	80°C(T), 90°C(R)
負荷印加時の 瞬時電圧変動特性	電圧変動率	15% 以下	15% 以下	15% 以下	15% 以下
	電圧の回復時間	1.5秒 以下	1.5秒 以下	1.5秒 以下	1.5秒 以下
	備考	①～④ のいずれかによる	①～④ のいずれかによる	①～④ のいずれかによる	①～④ のいずれかによる
	備考	① 286% ② 167% ③ 125% ④ 80% そのつど 協議	① 286% ② 167% ③ 125% ④ 80% そのつど 協議	① 286% ② 167% ③ 125% ④ 80% そのつど 協議	① 286% ② 167% ③ 125% ④ 80% そのつど 協議
原動機の速度変動率 暫定電圧変動特性 (無負荷～全負荷間) 瞬時過電流耐力	印加すべき インピーダンス	±2.5% 以内 (非常用は 3.5% 以内)	±2.5% 以内 (非常用は 3.5% 以内)	±2.5% 以内	±2.5% 以内
	相当する突入電流	150% 電流・2 分間	150% 電流・2 分間	150% 電流・2 分間 (0.6PF)	150% 電流・2 分間 (0.6PF)
	電圧変動率	115%, 1 分間	115%, 1 分間	115%, 1 分間	115%, 1 分間
	電圧の回復時間	120%, 1 分間	120%, 1 分間	120%, 1 分間	120%, 1 分間
過速度耐力	タービン駆動のもの	125%, 1 分間	125%, 1 分間	125%, 1 分間	125%, 1 分間
	内燃機関駆動のもの	1.5 MΩ 以上	1.5 MΩ 以上	1.5 MΩ 以上	1.5 MΩ 以上
	その他の電機機	1.5 MΩ 以上	1.5 MΩ 以上	1.5 MΩ 以上	1.5 MΩ 以上
	電機子巻線	1.5 MΩ 以上	1.5 MΩ 以上	1.5 MΩ 以上	1.5 MΩ 以上
絶縁抵抗値 (対アース)	界磁巻線	1 MΩ 以上	1 MΩ 以上	1 MΩ 以上	1 MΩ 以上
	スベースヒータ回路	1 MΩ 以上	1 MΩ 以上	1 MΩ 以上	1 MΩ 以上
	埋込温度計回路	1 MΩ 以上	1 MΩ 以上	1 MΩ 以上	1 MΩ 以上
	電機子巻線	(2E+1,000)[V], 最低 1,500V	(2E+1,000)[V], 最低 1,500V	(2E+1,000)[V], 最低 2,000V	(2E+1,000)[V], 最低 2,000V
耐圧試験 (対アース)	界磁巻線	10E _{sc} [V], 最低 1,500V	10E _{sc} [V], 最低 1,500V	10E _{sc} [V], 最低 2,000V	10E _{sc} [V], 最低 2,000V
	スベースヒータ回路	1,500 V	1,500 V	1,500 V	1,500 V
	埋込温度計回路	500 V	500 V	500 V	500 V
	電機子鉄心	1 分間	1 分間	1 分間	1 分間
(E: 定格電圧 (E _{sc} : 定格絶縁電圧))	埋込温度計回路	1 分間	1 分間	1 分間	1 分間
	電機子鉄心	1 分間	1 分間	1 分間	1 分間
	電機子鉄心	1 分間	1 分間	1 分間	1 分間
	電機子鉄心	1 分間	1 分間	1 分間	1 分間
予備回転子コイル	電機子鉄心	1 分間	1 分間	1 分間	1 分間
	電機子鉄心	1 分間	1 分間	1 分間	1 分間
	電機子鉄心	1 分間	1 分間	1 分間	1 分間
	電機子鉄心	1 分間	1 分間	1 分間	1 分間

表 3.2 三菱船用交流発電機の標準出力

kVA (kW)	kVA (kW)	kVA (kW)
2,190 (1,750)	563 (450)	75 (60)
1,875 (1,500)	500 (400)	60 (48)
1,563 (1,250)	438 (350)	50 (40)
1,250 (1,000)	375 (300)	40 (32)
1,125 (900)	313 (250)	35 (28)
1,000 (800)	250 (200)	30 (24)
875 (700)	219 (175)	25 (20)
813 (650)	188 (150)	20 (16)
750 (600)	156 (125)	15 (12)
688 (550)	125 (100)	12.5 (10)
625 (500)	100 (80)	10 (8)

部についての差異は、記載していない。

3.2 標準仕様

- (1) 形式：横軸突極回転界磁形(形名……SES)
- (2) 外被形式：開放保護防滴形(記号…DP) および全閉内冷形(記号……TE) の2種

(3) 定格事項

- (a) 標準出力：表3.2のとおり、
- (b) 端子電圧：450V、ただし約500kVA以下は225Vも可
- (c) 相数：3
- (d) 力率：0.8(遅れ)
- (e) 周波数：60c/s
- (f) 極数：4極～16極

なお、1,250kVAをこえるタービン発電機では2極、円筒形としても製作する

- (g) 絶縁種別：B種ただし100kVA以下ではA種でも可
- (h) 定格：連続
- (4) 通風方式(保護防滴形の場合)

通風方式は、いわゆる“軸方向一方通風”を標準としている。冷却風は反原動機側正面から吸入され、機内の発熱部分を有効に冷却したのち、原動機側に排出される。いわゆる“両吸込方式”(直結側および反直結側の両方から吸入し、固定子中央から排出するもの)とは異なり、原動機側からは吸気しないため、原動機が排出する油蒸気・水蒸気などの発電機内への侵入も最少限に押えることができ、機内汚損も少ないという利点を持っている。(全閉内冷形については2.5節を参照されたい)

(5) 軸受方式

軸受け回りは次のように分類できよう。

- (a) 軸受形式：スベリ軸受けとコロガリ軸受け
- (b) 給油方式：強制給油と自冷式(オイルリング方式とグリース潤滑)

(c) 支持方式：ブラケット形とベDESTAL形

(d) 軸受方式：両軸受方式と片軸受方式

当社では、これらを発電機の容量と極数によって適宜組み合わせ使用しているが、参考までにB種絶縁の場合の標準軸受方式を表3.3に示す。なお図3.1はブラケット形の図3.2はベDESTAL形の発電機を示す。

(6) 標準特性

- (a) 整定電圧変動特性……定格力率(0.8)の全負荷・無負荷間で±2.5%以内を基準とする。
- (b) 瞬時電圧変動特性……JEM-R-2016中の第3種、つまり“低力率80%突入負荷に対する電圧降下15%以内”を基準とする。(注参照)

船用交流発電機の最近の動向・馬場

表 3.3 標準軸受方式と給油方式(B種絶縁)

極数 kVA (kW)	4 rpm	6	8	10	12	14
1,250 (1,000)	1,800	1,200	900	720	600	514
1,125 (900)	強 制 給 油 方 式			強 制 給 油 方 式		
1,000 (800)	片 軸 受 方 式			両 軸 受 方 式		
875 (700)	ベ ス タ ル 形			ベ ス タ ル 形		
813 (650)						
750 (600)						
688 (550)						
625 (500)						
563 (450)						
500 (400)						
438 (350)						
375 (300)						
313 (250)	オ イ ル リ ン グ 給 油 方 式	両 軸 受 方 式				
250 (200)		ベ ス タ ル 形				
219 (175)						
188 (150)						
156 (125)						
125 (100)						
100 (80)						



図 3.1 ブラケット形発電機(オイルリング給油)
Fig. 3.1 Bracket type generator.



図 3.2 ベDESTAL形発電機(強制給油方式)
Fig. 3.2 Pedestal type generator.

(注1) 低力率負荷投入時の最大電圧降下：ΔVは次式で与えられる。

$$\Delta V = \frac{X'_{dt}}{X_L + X'_{dt}} \times 100 \quad (\%)$$

ここで X_L ：投入負荷のリアクタンス(%)

X'_{dt} ： $\frac{1}{2}(X'_d + X''_d)$ (つまり発電機の過渡リアクタンスと次過渡リアクタンスとの平均値)

しかし、実際の使用上では、負荷のリアクタンスよりも、突入電流(%)を用いたほうが便利なが多いことから、 X_L の代わりに $(1/X_L) \times 100(\%)$ を用いる。図3.3は上式を用いて、突入電

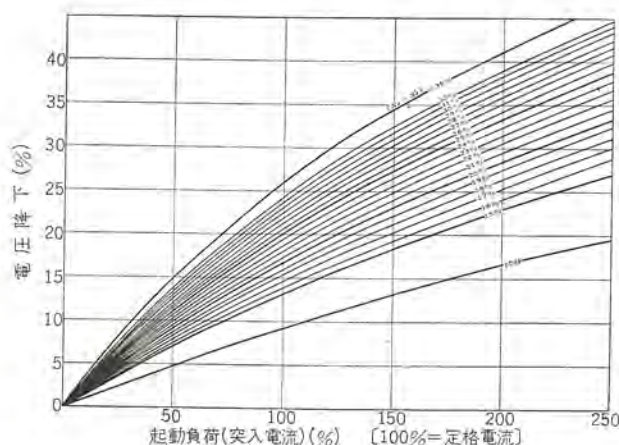


図 3.3 自励交流発電機の電圧降下曲線
Fig. 3.3 Voltage-dip curves of selfexcited AC generator.

表 3.4 標準励磁方式一覧

形名	SE-11	SE-21	SE-22	SE-31
項目				
電圧調整要素	AVR なし リアクタ、CT のタップ調整後 固定するもので 電圧調整は行な えない。	AVR 付 (可飽和リアクタ 式 AVR) 電圧調整可能	AVR 付 (SCR 式 AVR) 自動・手動電圧調 整も可能	AVR 付 (SCR 式 AVR) 自動・手動電圧調 整可能
整定 (漸変) 電圧変動特性	0.8 PF、無負荷 と全負荷間にて ±2.5% 以内	0.8 PF~1.0 PF で無負荷と全負荷 間で 20% 以内	0.8 PF~1.0 PF で無負荷と全負荷 間で ±1.5% 以内	0.8 PF~1.0 PF で無負荷と全負荷 間で ±1.0% 以内
低力率負荷に 対する瞬時電 圧変動特性	80% 突入 kVA に対し 15% 降下			60% 突入 kVA に対し 20% 降下
電圧調整範囲	電圧調整なし	定格電圧の ±5%	定格電圧の +5% 〜-10% (手動調 整付)	定格電圧の +5% 〜-10% (手動調 整付)
並行運転	同一定格機間 に限り均圧線を使 用する。異容量 機間で切替時の み並行運転を行 なうものでは AC 側に均圧線 を入れる。	T/G と D/G の並 行運転も可能。 横流補償器付	異容量機間 T/G と D/G 間の並行 運転も可能。 横流補償器付	異容量機間 T/G と D/G 間の並行 運転も可能。 横流補償器付
構成要素 (自動装置本体)	1×三相リアク タ 1×三相 CT 1×三相全波シ リコン整流器 (グレース結 線)	1×三相リアク タ 3×三相可飽和 CT 1×三相全波シ リコン整流器 (グレース結 線)	1×三相リアク タ 3×三相可飽和 CT 1×三相全波シ リコン整流器 (グレース結 線)	1×三相 SCR (全波) (1)×三相変圧器
電圧調整部	なし	1×可飽和リアク タ 1×調整用整流器 抵抗コンデンサ 1×VAD 1×電圧検出トラ ンス	1×AVR (VAD: 自動) 1×検出用 PT 1×電源用トラ ンス 1×手動調整用 トランス	1×AVR VADI (自動)
並行運転用 部品類	1×均圧線用 コンタクタ	1×CCC 用抵抗 1×CT 1×PRS (パラ ランススイッチ)	1×CCC 用抵抗 1×CT 1×PRS (パラ ランススイッチ)	1×CCC 用抵抗 1×CT 1×PRS (パラ ランススイッチ)

流(%)と最大電圧降下(%)との関係を、 $(X_d' + X_d'')/2$ をパラメータとして描いた曲線群であり、電動機起動時の電圧降下、または、この際の電圧降下をある値以内に押えるために必要な $(X_d' + X_d'')/2$ の値が容易に求められる。したがって、当社の標準発電機の $(X_d' + X_d'')/2$ は約 22~23% と考えてよい。

(注 2) 初期負荷の影響

電動機を起動する際の初期負荷の存在も、電圧変動率を左右する初期負荷にも次の 2 種、つまり一定インピーダンスを持つ、いわゆる“静負荷”と、電圧が降下してくるにしたがって、大なる電流を必要とする、いわゆる“動負荷”(たとえば運転中の誘導電動機)にわけられる。いま無負荷の発電機への低力率負荷投入時における最大電圧降下を基準にとれば、初期負荷が存在する場合の電圧降下はこれが静負荷の場合には減少し、動負荷の場合には増加す

る。実際にはこの両負荷が同時に存在する場合がほとんどなので、上述の作用は相殺しあって小さくなり、実用上の問題では初期負荷の影響を無視して、電圧降下を求めてもさしつかえない。

(6) 標準励磁方式

複巻静止自動方式とブラレス方式の 2 種があるが、前者についてはこれをさらに 3 種に分類している。その特長および構成要素は表 3.4 のとおりである。これらの適用基準をあげれば

(a) SE-11 形 (AVR なし)……(図 3.4)

- (1) 並行運転される発電機が、同一設計機の場合
- (2) 定格力率での電圧変動率が ±2.5% 以内のとき
- (3) ポールチェンジウインチが多数トウ載される場合 (電圧の回復特性が、最もよい)

(b) SE-21 形

- (1) 約 150 kVA 程度以下のもので、整定電圧変動率が、定格力率と 100% 力率の間で ±2.0% 以内の場合

(c) SE-22 形……(図 3.5)

- (1) 上述の (b) 項より大なる容量のもので、電圧変動率が ±1.5% 以内の場合
- (2) 異なった発電機間またはタービン発電機とディーゼル発電機との並行運転を要する場合

(d) SE-31 形……(図 3.6)

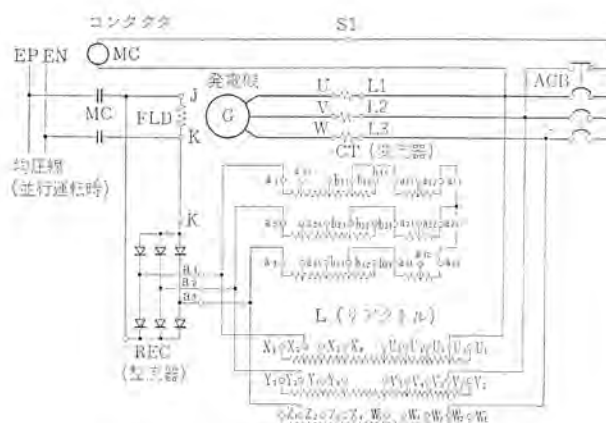


図 3.4 SE-11 形励磁装置 (AVR なし)
Fig. 3.4 Type SE-11 exciting equipment without AVR.

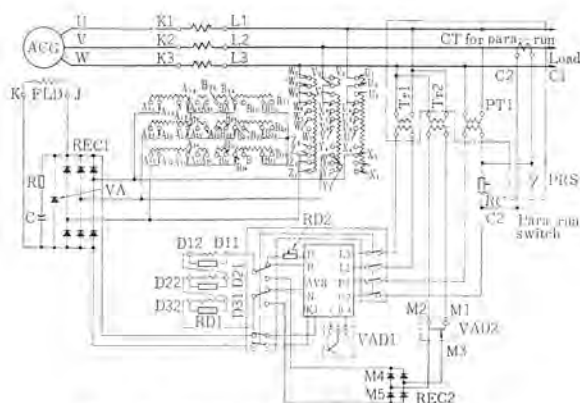


図 3.5 SE-22 形励磁装置 (AVR 付き)
Fig. 3.5 Type SE-22 exciting equipment with AVR.

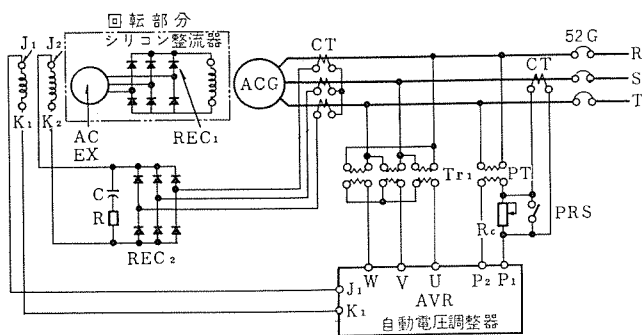


図 3.6 SE-31 形励磁装置(ブラシレス方式)
Fig. 3.6 Type SE-31 exciting equipment brushless.

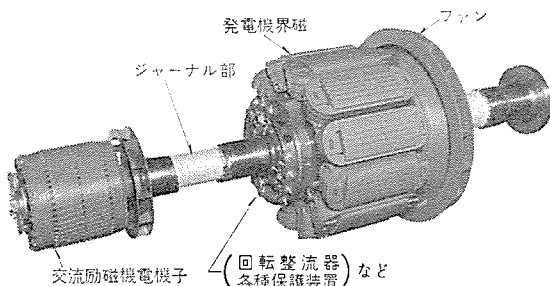


図 3.7 ブラシレス発電機の回転子
Fig. 3.7 Assembled rotor of brushless type AC generator.

(1) ブラシレス発電機用

(7) 励磁装置の配置

SE-11, 21 および 22 形では、その主要部 (CT, リアクトル, SCT, シリコン整流器) を配電盤の中に納めるか、または励磁箱に納めたい。発電機固定子ワック上部に取り付ける。後者の方式 (いわゆるトップマウント形) では発電機の上部空間を有効に利用できるうえ、船内の配線工事が簡単になるという利点があるので、最近ではそのほとんどのものがこの形式で発注され、製作されている。(前出の図 2. 2(c) および後出の図 6. 1 参照)

一方ブラシレス形の場合には、発電機軸端に回転電機子形の交流励磁機を取り付け、従来スリップリングが取り付けられていた位置に、整流器などを取り付けるための保持環を設けている。図 3. 7 にブラシレス発電機の回転子を示す。

4. 発電機の構造と材料

船内における発電機的重要性を考慮し、小形・軽量・簡潔・容易な保守点検に重点を置いて、その主要部の構造と材料を定めている。なお便利のために主要材料の一覧を表 4. 1 に示す。

4. 1 固定子

固定子ワックは軟鋼板の溶接構造が標準であるが、約 150 kVA 程度以下のものでは、鋳鉄を使用することもある。いずれにあっても十分な剛性と強度を持たせると同時に、外観は美しく、また内面は機内の通風冷却効果を均一とするよう設計している。

固定子鉄心は、円形または扇形に打ち抜いたケイ素鋼板を積層し両端に堅固なクランプを置いてコイルで強固に締めつけているが、固定子の軸方向温度分布を均一にするために、鉄心の積厚さの数 cm ごとに、半径方向の通風ダクトを設けている。

固定子コイルの絶縁処理は、最も神経をかつかうところであり、良質のサーモセットワニス (エポキシ変成アルキッドフェノールワニス) を用いて入念な処理を行なったのち、その表面に保護用仕上ワニスを適用し、十分な耐湿・耐油・耐酸・耐アルカリ性を与えている。した

船用交流発電機の最近の動向・馬場

表 4. 1 船用交流発電機の主要部材料

部 分	主 材 料
固定子ワック	軟鋼板。ただし小形機では鋳鉄
固定子鉄心	低鉄損冷間圧延ケイ素鋼板
固定子コイル	A 種 (素線): DCC または PVF, (主絶縁): マイカラップ
	B 種 (素線): DGC (主絶縁): ガラスマイカラップ
回転子鉄心	軟鋼板
回転子軸	炭素鋼鍛鋼 (SF-55 級)
回転子コイル	A 種 (素線): DCC または PVF, (主絶縁): マイカシートおよびワニスガラスクロス
	B 種 (素線): DGC (主絶縁): マイカシートおよびワニスガラスクロス
スリップリング	ステンレス鋼 (SUS 27)
ブラシ	天然黒鉛質
ブラケット ベダスタル	鋳鉄
2 重冷却管	(内管): アルミニウム黄銅管, (外管): 銅管

がって、船内のふんい気中であっても、その劣化などの事故のおそれはないものと考えているし、また今までの無事故の実績も、それを裏づけるものといえよう。

なお全閉形のもの、またはそれ以外のものでもとくに要求があった場合には、固定子コイル内に測温用抵抗素子 (白金線 50 Ω , 0°C) を埋め入れ、そのリード線を端子板まで導いている。素子は各相の 2 点、つまり計 6 点とし、埋め入れ位置はミジ内の上ロコイルと下ロコイルの間としてしている。

4. 2 回転子

回転子は、軸、スパイダ、鉄心コイル、制動巻線、ダンパ巻線、スリップリングおよびファンからなっている。

鉄心は薄鋼板の積層式を標準とし、そのスパイダへの取り付けは、ダブル方式としている。鉄心の頂部には低抵抗の銅棒を埋め入れ、それを極間で接続して完全な制動巻線としており、高調波トルク、不平衡負荷時の単相分の吸収効果を大きくしている。なおその極間接続は、考えられる過速事故に対しても損傷しないよう十分な考慮を払って設計を行なっている。コイルは特殊な大形機をのぞき、絶縁電線の多層形巻方式を標準としている。

コイルの上部および側面の保持については、ワニスの接着強度に関する詳細な各種実験の結果を基にして、最も合理的な方式を決定している。ファンは遠心形とし、発電機軸上の原動機側に 1 個設けるのを標準とする。その大きさ、羽根の枚数、その取り付け角度などについては、各フレームサイズについて、最適なものを選定しており、図 4. 7 に完成された 4 極機の回転子を示す。

4. 3 スリップリングとブラシ (5. 3 節 参照)

スリップリングは、ボスの上に、絶縁物を介して焼きパメされたうえ、軸の取り扱いに便利な部分にとりつけられる。リングの材質は、防シヨウ (錆) を考慮してステンレス鋼 (SUS27) とし、また周速の大なるものでは、ブラシのシヨウ動および冷却特性を良くするために、ラセン状のミジを加工している。リングとボスとの絶縁については、“枯れ”によるゆるみが絶対に生じないように、その乾燥処理には万全を期している。一方ブラシには、リング材質に適合したものを選定する必要があるが、当社では天然黒鉛質のもの (たとえば G-6, G-445 など) を標準として使用している。

このブラシは、ベダスタルまたはブラケットに取り付けた絶縁棒によって固定される腕に取り付けられている。図 4. 2 はベダスタル形の場合のブラシ取付部である。

4. 4 端カバー

これは、防滴・防ッ (鼠) (Rat-Proof) 構造で、スリップリングの点



図 4.1 完成された回転子 (4 極)
Fig. 4.1 Completed rotor. (4 pole)



図 4.2 ペDESTALとブラシ回り
Fig. 4.2 Pedestal and brush-rigging.

検窓および吸・排気孔をそなえねばならない。分解・組立ても容易に行なえるような構造とする必要があるのは当然であるが、とくに高速機では、振動に対する考慮も必要である。固定子ウツへの取付面には、ガスケットをそう入して、防滴効果を完全なものにしている。なお高速・大容量機では、その排気をトランクによって室外に導くことができるように、トランクを取り付けるためのフランジを、端カバーに設ける。(図 3.2 参照) この構造は騒音の低減にも有効である。

4.5 端子箱、励磁装置箱

これらは、いずれも固定子ウツ上部に取り付けるのを標準とするが、1,000 kVA 前後の大容量機になると電流の値がきわめて大きくなるため、固定子ウツ下部に銅板のリード線を引き出す方式を推奨している。なお 3.2 節(7)でも述べたように、自励式では、励磁装置一式を、固定子ウツ上部にトッパマウントすることが、最近とくに多くなっている。この場合には、この励磁箱が端子箱を兼用するので、グラウンド(貫通金物)は箱側面にとりつけられる。(図 2.2(c) および図 6.1 参照)

なお端子には、ソルダレスの端子を標準としている。

4.6 軸受回り (5.1, 5.2 節参照)

軸受は、とくに小容量のものを除きスベリ軸受を標準としているが、前述(3.2 節(5)および表 3.3)のように、容量と極数によってその方式を定めている。ブラケット、ペDESTAL には、いずれも鋳鉄が、また軸受金には、ホワイトメタルが標準として用いられる。油漏れの防止については、とくに意を注ぎ、細部の構造にも万全を期している。

4.7 スペースヒータ

休憩時の吸湿防止用として、発電機の固定子ウツ両側面下部に適当な容量のスペースヒータを設ける。設計基準としては、“機内温度を周囲温度より約 5°C 高めるもの”を標準としている。ヒータ素子の取付け位置、配線材料にはとくに考慮を払っているが、異常高温を防止するためのサーモスタットについては、必ずしも必要とは考えていない。

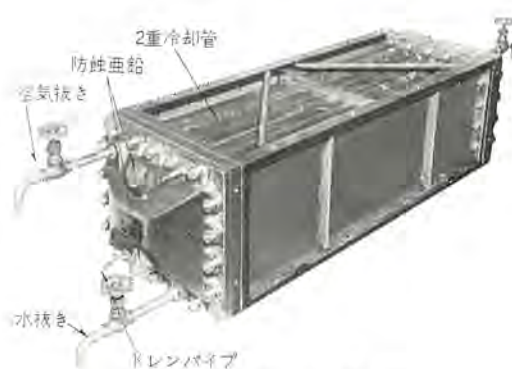


図 4.3 空気冷却器
Fig. 4.3 Air cooler.

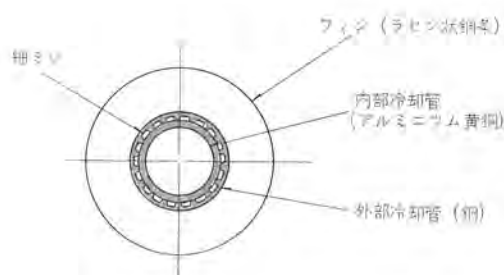


図 4.4 二重管断面
Fig. 4.4 Sectional view of double-tube.

4.8 空気冷却器 (5.5 節参照)

管材には 2 重管を用いるのを標準とし、漏水に対して万全の対策をとっている。冷却海水に触れる内管には、耐食性のある復水器用継目なし黄銅管 (JIS-H-3632, BsTF-2, 3 または 4 種) を標準材料としている。なお、冷却管以外の材料についてもその防食が重要となるので、当社では管板には、ネーパル黄銅を、水室には鋳鉄を、またドレンパイプ類には黄銅などの耐食材を用いた上、防食亜鉛を取り付けて電気化学的腐食を積極的に防止している。冷却管外周には、冷却面積を増すために、銅条をラセン状に巻いたフィンを手付けしている。図 4.3 に冷却器の外観を、また図 4.4 に 2 重管の断面を示す。万一内管が破損した場合には、漏エした海水が内管と外管との中間にある細ミジを通して、両側の管板部にたまり、ドレンパイプから滴下するので漏水の発見が可能である。冷却器の所要水量は、発電機の熱損失 1 kW あたり約 5~6 l/min 程度であり、その出口空気温度は普通 50°C 以下として設計する。

5. 発電機保守上の問題点

5.1 軸電流とその防止

軸受は元来、電流を通すように作られてはいないので、軸電圧が増大し、軸と軸受間の油膜を破って電流が流れると、軸のジャーナル部には引っかき状のきず (スコアリングと呼ばれる) が生じ、また軸受にはピッチングと呼ばれるピンホール (その平均直径は約 0.2 mm といわれている) が生ずるので、油膜の形成がさまたげられ、軸受けの異常摩耗をきたすことになる。しかし、一口に軸受電流といっても、原因別にわければ表 5.1 に示すように多種多様であり、その測定法もそれぞれ異なっている。この点について簡単に述べると、

(1) A 形……軸に電圧が直接印加された場合
これに相当するものに、回転子コイルの接地事故がある。

表 5.1 軸電流分類

形	原因	電圧発生箇所	電流の種類	対策
A	軸に電圧が直接印加された場合	軸と各軸受間	ACまたはDC (電圧の種類による)	(a) 各軸受を絶縁 (b) 軸を接地
B	電磁誘導により軸に起電力が発生した場合	(a) 軸の両端間 (b) 軸と各軸受間	AC (周波数は機械の構造と回転数による)	(a) 1 軸受を絶縁 (ただしこの軸受よりさきさらに軸受があればそのすべてを絶縁する) (b) 軸の両端を接地
C	軸に磁束がある場合	(a) 各軸受の両端部におけるジャーナル部分の間 (b) 各軸受の端部とこれに対応するジャーナル部分の間	ACまたはDC (磁束の種類による)	(a) 補償巻線を付加して AT の不平衡をなくす (b) 軸受支持部に非磁性の材料をそう入して磁路のリアクタンスを増す (c) 各ジャーナルの両端部を接地
D	静電荷による場合 (1) 微粒子が衝突してイオン化した場合 (2) 荷電した潤滑油が供給された場合	軸と各軸受間	DC	(a) 各軸受を高電圧に対して絶縁 (b) 軸を接地

(2) B 形……電磁誘導による軸の起電力

従来から最も広く知られているものであり、磁路の磁気的不平衡（機工上の誤差、鉄心分割数の不適當、空ガキ長さの不均一などが考えられる）によって生ずることが多い。一般に軸の両端間電圧が 300mV 以下ならば問題ないといわれている。対策としては、軸電圧の発生源（つまり発電機回転子と考えてよい）の、いずれか一方の側の軸受けをすべて絶縁する必要がある。たいていの場合には、発電機の反原動機側ペダスタル下に絶縁ライナをソウ入しこれを絶縁ボルトおよび絶縁リーマボルトを用いて取り付けられている。

なお、この際給排油管の取り付けフランジ部はもちろんのこと、軸受けに埋め入れられた隔測用温度計リードなどの金属製シースがペダスタルに接触しないよう、その絶縁には十分注意せねばならない。

図 5.1 はペダスタルの絶縁要領を示すものである。なお当社標準のブラケット形発電機では、その固定子鉄心が 1 枚の円形抜き板であり、軸電圧の面から見れば非常に有利なものであるから、軸電流防止絶縁はとくに設ける必要がない。

(3) C 形……軸に磁束がある場合

軸をめぐる起磁力が不平衡の場合には軸が磁化され、いわゆる単極作用により軸電流が流れる。この種の軸電流は直流機などに発生しやすいものであるが、一般にジャーナルと軸受間の電圧が 100mV 以下ならばさしつかえないと考えられている。

(4) D 形……静電荷による場合

帯電した潤滑油が供給されたときなどに生ずると考えられるが油膜で絶縁された軸にこの静電荷が蓄積されて、油膜の耐圧以上の電位になれば、放電して軸受を損傷させるのである。しかし、船用交流発電機ではこの種の軸電流はあまり生じていないようである。

5.2 軸受回りの保守

当社の軸受けの設計には、大きな余裕を見こんであるので、温度上昇が問題となることは、まずないと考えている。強制給油方式の場合の油量は、一軸受けあたり 1.5~2.5 l/min 程度であり、給油圧力は 0.7~1.0 kg/cm² 程度が普通であるが、油圧が高すぎる場合には、油量が過剰となり油漏れを生ずるおそれがあるから、給油孔にオリフイスなどを入れて減圧する必要もあろう。ただし、オリフイスの穴径をあまり小さくすれば、異物が詰まり、軸受を焼くことも考えられるので JEM-R でもこの最小径を 3mm と定め

船用交流発電機の最近の動向・馬場

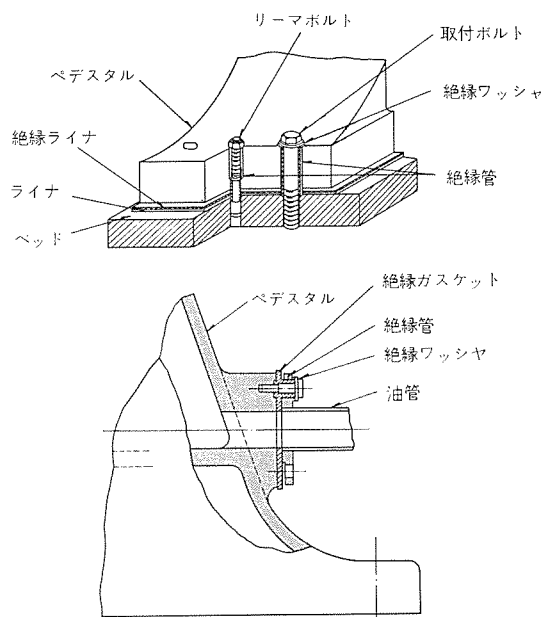


図 5.1 軸電流防止絶縁要領
Fig. 5.1 Insulation of shaft current prevention.

ている。なお油漏れは、排油系統のぐあいによって生ずることが多いので、排油管のコー配が適正な値となっているかどうか、確認しておかねばならない。

5.3 ブラシ回りとその保守

交流発電機におけるブラシ回りの保守は、最も重要なものであって、これを怠れば、シユ動部分での火花発生、リング面の過熱および荒損、ブラシの異常摩耗などを生じ、ひいては界磁喪失による全船のブラックアウトにも至ることがある。この保守は少なくとも 1 週間に 1 回程度は必要であり、とくにふんい気中に ジンアイや炭素粉末などが多量に含まれるような場合にはこれらがブラシと保持器とのすきまに付着して、ブラシの固着を招くことのないよう、清掃を行なう必要がある。ブラシ圧力は、約 200g/cm² 程度が適当な値であるからブラシの摩耗によっても、この値が保たれていることを点検により確認すべきであろう。

5.4 振動の発生

発電機は工場出荷時には、その軸受部の振動を、複振幅で 2/100 mm 以下に押えているが、長年の運転の間に異物の付着その他により、振動が多くなることもありうる。このような場合に発電機の運転を継続しうるかどうかの判定がむずかしいが、大体の目安としては図 5.2 が有用であろう。

5.5 空気冷却器回りの保守

空気冷却器回りの保守としては、冷却管の破損による漏水と防食とが重要であろう。前述 (4.8 節) のように、冷却管には 2 重管を用いているので、万一これにキ裂が発生しても、海水が機内にはいりこむおそれはないが、その早期発見が望ましいことは当然である。これは、冷却器の両端にとりつけたドレンパイプからの海水滴下によって確認できる。なお、防食重鉛(棒状)については、発電機の休転時に必ずその消耗状態を確認し、要すれば、これを代品と取り換えねばならない。不幸にして、冷却器または冷却水ポンプ系統の事故によって、冷却器なしでの運転が必要となる場合もありえようが、当社では冷却器の出口空気温度を 50°C 以下に設定しているので、かような場合にも、通風用カバーをとりはずし、室内空気を吸入するのみで、全負荷運転に切り換える

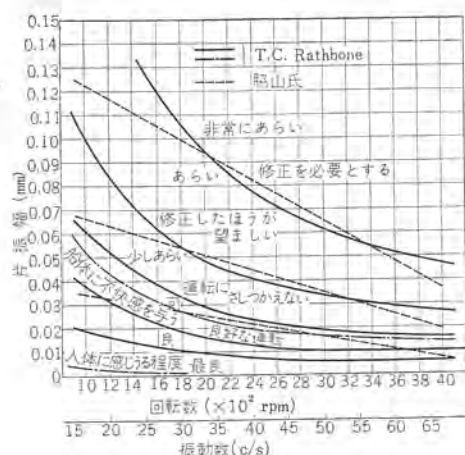


図 5.2 振動許容
Fig. 5.2 Allowable limit of vibration.

ことができる。

6. 小容量標準形発電機 (SFS-PK シリーズ)

これは主として漁船用、小形船舶用または非常用発電機を対象とし、“高速・小型・短納期”に、とくに重点をおいて設計・製作されたものであり、すでに仕込み生産の段階にはいっている。出力は30~100 kVAの5種類とし、回転数はすべて1,200 rpm (60 c/s, 6極)で、端子電圧は450/225Vとの両用に使用できるように考慮している。励磁方式はSE-21形で、AVR付自動式であるから、不慣れた運転員でも簡単に操作でき、並行運転特性もきわめて安定している。励磁装置はすべて発電機固定子ウツ上にとりつけられており、また必要な場合には軸端に、1,200 rpmのコンプレッサもとつけられる構造となっている。そのコンパクトな構成は各方面から多大の好評を博しており、今後の需要が期待されている。

表 6.1 にとの PK シリーズの要目表、図 6.1 にディーゼル機関(ダイハツ工業 KK 製)と結合したこのシリーズの発電機、また図 6.2 にその励磁回路接続を示す。

7. む す び

当社の経験を通してながめた、船用交流発電機の最近の動向および当社の標準機についての概略を述べた。発電機の近代化に日夜努力を重ねている当社では、さらに一段と小形で軽量の発電機

表 6.1 SFS-PK 形シリーズの発電機要目

形 式	SFS-PK 形 (横軸突極回転界磁) 保護防滴自己通風形				
定 格	全 負 荷 連 続				
出力 (kVA)	30	45	60	80	100
出力 (kW)	24	36	48	64	80
電 流 (A)	39/77	58/116	77/154	103/206	129/257
電 圧	450/225V				
相 数	3				
力 率	80% (遅れ)				
周 波 数	60 c/s				
極 数	6				
回 転 数	1,200 rpm				
過 速 度 耐 力	1,440 rpm (120%) 1 分間				
絶 縁 種 別	A 種				
軸 受 方 式	グリース潤滑、コロガリ軸受、座ブACKET形				
励 磁 方 式	AVR付静止自動方式 (励磁装置は一体形の励磁箱に納め、発電機フレーム上に取付ける)				

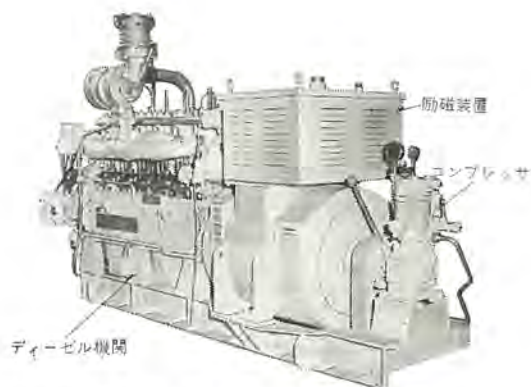
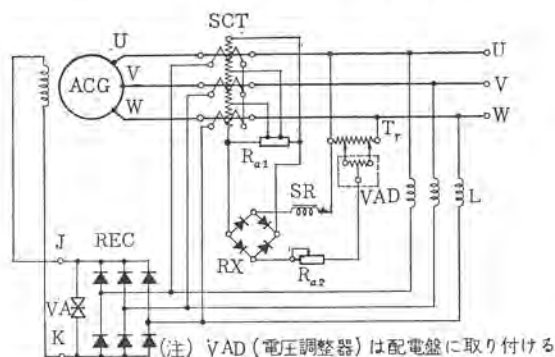


図 6.1 SFS-PK 形ディーゼル 発電機 セット
Fig. 6.1 Type SFS-PK diesel generator set.



記 号	名 称	記 号	名 称	記 号	名 称
ACG	交流 発 電 機	VA	セレンバリスタ	SR	飽和リアクトル
SCT	可飽和変流器	Tt	変 圧 器	RX	セレン整流器
L	リアクトル	VAD	電圧調整器	Rn	抵 抗 器
REC	シリコン整流器				

図 6.2 発 電 機 接 続
Fig. 6.2 Wiring diagram of generator.

を開発するために、大型電子計算機を用いて“最適設計”をねらった新フレームサイズ系列の検討を行なっている。この稿が活字となるころまでには、この開発機も具体的になっているものと思われるが、その寸法ならびに重量については大幅な小形・軽量化が期待されており、いずれ機会を見て発表したいと考えている。当社船用交流発電機のいっそうご愛用と、ごしっ正・ご激励を願う次第である。

参 考 文 献

- (1) 甲斐：三菱自励交流発電機、「三菱電機」32, No.8(昭33)
- (2) 武藤：三菱自励交流発電機「三菱電機」33, No.5(昭34)
- (3) 甲斐：自励交流発電機の容量決定上の 2,3 の問題「三菱電機」33, No.5(昭34)
- (4) 元木：船用交流発電機の自動化、船舶 38, 12 月
- (5) 馬場：船用交流発電機の近代化、船舶 38, 12 月
- (6) 高原、元木：ブラシレス 交流発電機「三菱電機」38, No. 11(昭39)
- (7) 元木ほか：日本国有鉄道 青函連絡船の電機設備「三菱電機」38, No.11 (昭 39)
- (8) 甲斐・九里：自励 タービン 発電機「三菱電機」34, No. 4 (昭 35)

船用配電盤

元木和春*・境正昭*

Marine Switchboards

Nagasaki Works Tomoharu MOTOKI・Masaaki SAKAI

Unlike the ground equipment, machines on ships have no other resource than to the electric power source there. Switchboards, the heart of the operation, are the most important of marine electric apparatus, always on the watch of the apparatus, and electric circuits, positively controlling them. They are also provided with concentrated instruments needed for rapid and pertinent protection of the machines against abnormal conditions. Hence their performance has a great bearing on the navigation. In building switchboards, every operating condition, covering the characteristics of apparatus, circuits and installed places, is to be thoroughly studied. Type VA and type VS switchboards are the outcome of many years' untiring technical efforts for the purposes.

1. ま え が き

船の電源は陸上の施設などと異なりすべて船内の電源にたよるほかはなく、その中心となる配電盤は船内の電機品の中でも最も重要なものである。配電盤は船内の電気機器・電力回路などを常に監視し、これらを確実に制御し、また異常状態においては迅速、適切にこれらを保護するために必要な器具類を集中装備しており、その性能のいかんは船の運航にも影響を及ぼすほど重大なものである。したがって配電盤の製作に当たっては機器、回路の特性、船内装場所などあらゆる使用条件を慎重に検討し、これを決定しなければならない。

船内配電盤に要求される条件には下記がある。

- (1) 運転・操作の信頼性の高いこと。
- (2) 監視・制御に便利であること。
- (3) 操作および取扱いが簡単であること。
- (4) 耐振・耐衝撃構造であること。
- (5) 保守・点検が容易で安全であること。
- (6) すえ付け面積が小さく、船内装が容易であること。

などがあげられる。

当社では、長年の船用電機品に関する経験と新しい技術を駆使して、これらの条件を満足する形式の配電盤を多数製作している。

以下に船用配電盤の概要を紹介する。

2. 制 御 回 路

2.1 船用自動交流発電機制御回路

(1) 三菱船用自動交流発電機用励磁装置には下記の3種類がある。

- (a) SE-11形 自動電圧調整器 (AVR) なし、電圧調整要素なし
- (b) SE-12形 自動電圧調整器 (AVR) なし、電圧調整器付
SE-22形 自動電圧調整器付
- (c) SE-31形 シリコン 制御整流素子を用いた自励装置

このほかに ブラシレス 発電機の制御回路には SE-31 形と同じ自動電圧調整器を用いている。

形式区分は表 2. 1 による。

表 2. 1 励磁装置形式区分

形 式	SE-11	SE-21	SE-22	SE-31
電圧調整要素	AVRなし リアクトル 変流器タップ調整後固定、電圧調整行なわない	AVR付 飽和リアクトル式 AVR付 電圧調整付	AVR付 SCR方式AVRによる電圧調整 (手動による電圧調整も可能)	SCR方式AVR付 自動-手動電圧調整可能
特 性	漸変電圧変動率 PF 0.8で±2.5% 瞬時電圧降下率0.4 150% 電流で定格電圧の25%以内で復帰0.6sec以内	漸変電圧変動率 PF 0.8~1.0で±2.0% 瞬時電圧降下 SE-11に同じ 複巻特性	漸変電圧変動率 PF 0.8~1.0で瞬時電圧降下±1.5% SE-11に同じ 複巻特性	漸変電圧変動率 PF 0.8~1.0で1.5% 瞬時電圧降下はJEMR 相当分 巻特性
電圧調整範囲	電圧調整できない	電圧調整定格電圧の±5%	電圧調整範囲+5~-10% 手動調整付	電圧調整範囲+5~-10% 手動調整付
並行運転	同容量機間に限り均圧母線使用して並行運転できる。容量の異なるGEN間でAC均圧母線により切換え並列運転はできる	並列運転可能 タービンとディーゼル駆動でも並行運転可能 横流補償装置付 周波数補償なし	並列運転可能 異容量機間および駆動機が異なるときにも並行運転可能 横流補償装置付	
電圧確立	2P 円筒形を除いてトッポ極では前磁装置は不要	2P 機を除いて一般には前磁装置なしで電圧確立する	2P 機を除いて一般には前磁装置なしで電圧確立する	前磁装置必要
電圧確立	シリコン整流器を用いたときにはさらに電圧確立容易である			
短絡特性	変流器の飽和値により異なるが持続短絡電流は定格電流の4~6倍	持続短絡電流は定格電流の約5倍	SE-21に同じ	短絡後電源電圧消滅し持続短絡電流はゼロとなる
構成部品	1-三相リアクトル 1-三相変流器 1-三相全波シリコン整流器	1-三相リアクトル 3-単相可飽和変流器 1-三相全波シリコン整流器	1-三相リアクトル 3-単相可飽和変流器 1-三相全波シリコン整流器	1-三相全波整流器 (SCR) 1-三相トランス 発電機に降圧タップを設けて一般にはトランスを用いない方法とする
電圧調整部	なし	1-飽和リアクトル 1-電圧調整用整流器 抵抗コンデンサ 2-電圧調整器 VAD 1-電圧検出トランス200VA	1-自動電圧調整器 1-電圧検出用PT 15VA 1-電源トランス Tr. 500VA	1-自動電圧調整器 VAD (自動)
並行運転	1-均圧母線コンタクト	1-横流補償抵抗 2-計器用変流器 40VA 1-PRSパラランススイッチ	1-横流補償抵抗 1-計器用変流器 40VA 1-PRSパラランススイッチ	1-横流補償抵抗 1-計器用変流器 40VA 1-PRSパラランススイッチ

表 2.2 励磁装置選定

	漸変電圧変動率 負荷 0~100%	瞬時電圧低下% 力率 0.4 以下	復帰時間	自動電圧調整器	形 式
1	±1.5%	150% 電流で定 格電圧の25以内	0.6 秒以内	付き	SE-31
2	±1.5%	同 上	同 上	付き	SE-22
3	±2.0%	同 上	同 上	電圧調整要素付	SE-21
4	±2.5%	同 上	同 上	電圧調整要素なし	SE-11

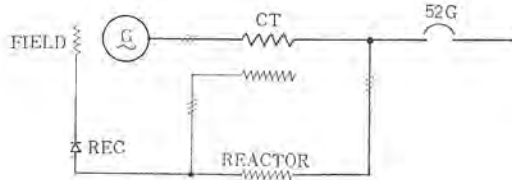


図 2.1 SE-11 励磁回路
Fig. 2.1 SE-11 exciting circuit.

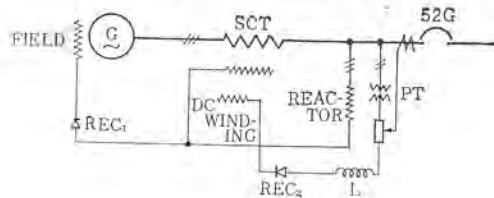


図 2.2 SE-21 励磁回路
Fig. 2.2 SE-21 exciting circuit.

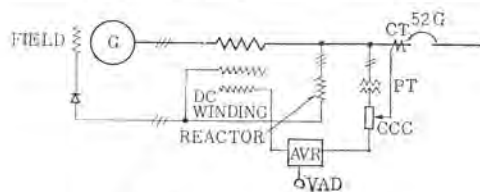


図 2.3 SE-22 励磁回路
Fig. 2.3 SE-22 exciting circuit.

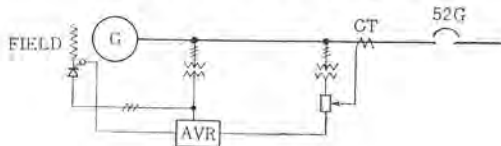


図 2.4 SE-31 励磁回路
Fig. 2.4 SE-31 exciting circuit.

(2) 選定基準

自動電圧調整器 (AVR) 有無の選定は表 2.2 の特性 および 使用条件から決める。

「注 1」船舶用 ACG で選定電圧変動率要求値により下記を選定する。

(a) 定格力率 (PF 0.8) で 0~100% 負荷変化に対して ±2.5% のとき……SE-11

(b) 力率 PF 1.0~0.8 で 0~100% 負荷変化に対して ±2.0% および電圧調整(範囲: 定格電圧-5%~+5%)が要求されたとき……SE-21

(c) 力率 PF 1.0~0.8 で 0~100% 負荷変化に対して ±1.5% 以下が要求されたとき……SE-22, SE-31

「注 2」並行運転条件

(a) 同容量 ACG の並列運転を行なうときには、界磁均圧線を用いることにより SE-11 方式で並列運転可能

(b) 容量の異なる ACG の並列運転を行なうときには横流補償のついた SE-21, SE-22, SE-31 による。

(c) タービン発電機とディーゼル発電機または電力系統(陸電)との並行運転を行なうときには SE-22, SE-31 が推奨できる。

「注 3」ポールチェンブリウインチ または大容量カギ形電動機のシカ 入れ 起動を行なう場合で、電圧恢復時間 20 c/s 以内、150% 負荷投入時の電圧低下 20% 以内など過渡特性がとくに問題になるときは、SE-11 方式が簡単で最もすぐれている。

「注 4」船舶用としては、SE-11 方式 (AVR なし) が簡単ですえ付け スペース も少なくなり安価なものとなる。電圧 調整は付加してないが、負荷力率 0.8~0.9 の変化に対して電圧変動は ±2.5% になるようリアクトルおよび変流器タツを調整している。

ただし、この方式では負荷力率 1.0 のとき電圧が上昇することがあり、水抵抗負荷でテスト時に問題があるが、テスト時のみ変流器タツを調整することもできる。船内実用負荷運転ではほとんど電圧調整の必要がない。

「注 5」精密 M-G 電源などで過渡特性よりもむしろ漸変電圧変動率 ±1.0~±0.5% が要求される場合は SE-31 SCR 方式を用いる。

降圧トランスは一般に発電機にタツを設けることにより省略することができる。

(3) 励磁装置

励磁装置は(a)発電機上部にトウ 載するものと、(b)配電盤に組み込む場合さらに(c)励磁器盤に収納する 3 とおりの格納方法があるが当社では(a),(c)を標準としている。

最近は大形機でも発電機上部に 励磁装置をトウ 載しコンパクトにまとめている。この場合には配電盤には電圧調整要素のみ格納している。

2.2 電路系統

交流発電機による船内の母線系統については種々の系統があるが代表的例について下記に述べる。

(1) 図 2.5 は主母線と非常用母線の 2 母線に分割し、母線間には、母線切換開閉器 (TRS) を設けたものであり、主発電機と非常発電機は並列運転しない、主発電機運転中に、TRS は主母線側にあって、船内負荷はすべて主母線から給電されている。主母線の電圧低下を電圧リレーにより検出し、母線切換開閉器 (TRS) は自動的に切り換わり非常母線には非常用発電機から給電される。

非常発電機を主母線の電圧低下により自動起動すれば、主母線の電圧喪失時にも重要補機の給電の連続性は失なわれないようになる。さらに主発電機の電圧恢復により母線切換開閉器 (TRS) は自動的に主発電機側に切り換えられるようにしておけば、さらに信頼度の高いシステムを得ることができる。また フィードバックスイッチ (FBS) を投入することにより主母線側へ非常発電機から逆送電することも可能である。

なお主発電機 ACB, または陸上受電用 NFB が投入されている

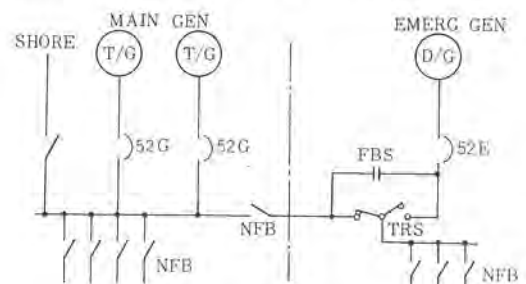


図 2.5 電路系統 (1)
Fig. 2.5 Single-line system diagram.

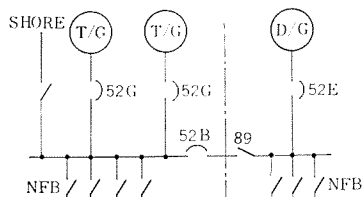


図 2.6 電路系統 (2)
Fig. 2.6 Singleline system diagram.

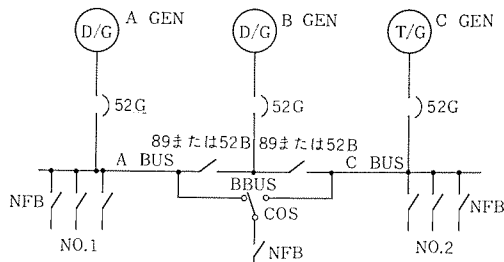


図 2.7 電路系統 (3)
Fig. 2.7 Singleline system diagram.

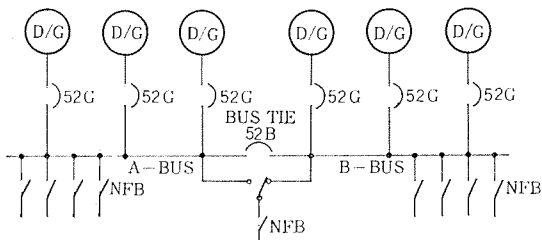


図 2.8 電路系統 (4)
Fig. 2.8 Singleline system diagram.

るときはフィードバックスイッチ (FBS)は投入できないようインターロックされている。この回路は主発と非発は停電切り換えを行なうもので、タービン船、ディーゼル船などに一般的に使用されているものである。

(2) 図 2.6は主発母線と非発母線に区分し、両者の間に Bus-tie ブレーカを設けたものである。主発電機と非常発電機は並列運転可能であるが、常時は主発電機により全負荷 NFB に給電している。主母線ブラックアウト時には電圧リレー(84B)により検出し非常発電機を自動起動し、非発用 ACB は自動的に投入され重要負荷に非常発電機から給電できる。また主発電機から非常用発電機に切り換えるときには主発、非発並列運転を行ない無停電切り換えを行なうこともできる。

なお主発電機事故の場合は断路器(89)を断路することにより非常配電盤で単独に運転することもできる。このシステムでは Bus-tie ブレーカ(52B)は常時閉のままで使用される。この回路は最近の大形タービタンカーに数多く採用した例を示すもので主発電機には自動タービン駆動発電機、非常用発電機にはディーゼル駆動ブラシレス発電機を用い両者の並列運転が行なえるので非常に便利である。

(3) 図 2.7は3台の発電機をそれぞれ A, B, C Bus line に接続し Bus line は断路器 (89) または Bus tie ブレーカ (52B) により、いつでも切り離せるようになっており負荷は A, C の2系統の Bus に接続されている。また重要補機は切り換えスイッチ COS により、A, C いずれからも給電できるようになっている。発電機の組み合わせは (A+B) 発電機または (A+C) の組み合わせがあり、一例では A, B 機にディーゼル発電機 C 機に排ガスエコノマイザ使用のタービン発電機を接続したものがある。

母線が2系統になっているので信頼性が高く、かついずれの発電機からもこれらの母線に給電できるメリットがある。

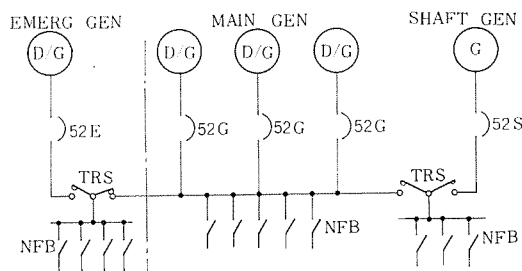


図 2.9 電路系統 (5)
Fig. 2.9 Singleline system diagram.

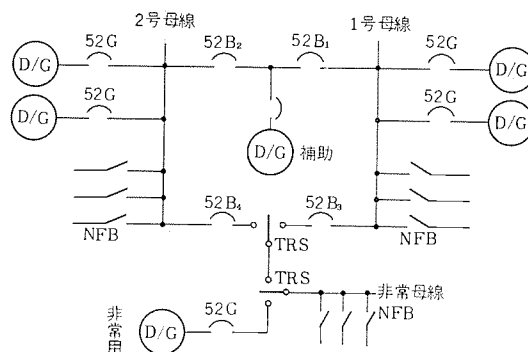


図 2.10 電路系統 (6)
Fig. 2.10 Singleline system diagram.

この回路はッ連向けタンカーに採用した例で二つの母線にそれぞれ No.1, No.2 補機群をそれぞれ接続した。また陸電および非常用発電機からは A, C 両母線に給電可能とした。

(4) 図 2.8は A, B 2重母線方式のもので、重要補機は A または B いずれの母線からも給電できるよう切換開閉器を介して接続されている。Bus tie ブレーカ(52B)の投入によって A または B 母線側のいずれの発電機からも全系統に給電することもできるし、また自動同期投入装置を装備することにより、各発電機の自動同期以外に A, B 母線おのおの別々に運転している状態でバスタイブレーカ (52B) 投入により A, B 発電機群の並行運転も行なうことができる。ッ連向け漁工船に採用した例でマルチアルエンジン発電機による大容量船内電源回路として使用した。

(5) 図 2.9は国鉄青函連絡船向けに採用した3系統母線の組み合わせで主発母線、軸発母線および非発母線に区分されており、通常負荷は主発母線に、VITAL 負荷を軸発母線に電灯通信関係は非発母線に接続している。主発母線の電圧低下時には、電圧リレーにより検出し、TRS によりそれぞれ軸発母線、非発母線に自動的に切り換わるようになっている非常発電機は主発母線電圧低下により自動起動する。

(6) 図 2.10は1号母線、2号母線および非常用母線の組み合わせで、主として艦船に用いられる母線方式で商船用として使用例はない。

(7) そのほかリング母線方式などもあるが一般には(1)~(5)までお各方式の組み合わせにより構成されている。

2.3 船用電気回路の短絡保護

(1) 船用電気回路の短絡電流は交流発電機と誘導電動機が供給するものとして計算される。短絡発生後 $\frac{1}{2}$ サイクルにおける短絡点の短絡電流の合成値の厳密な計算は困難であるが、シャ断器およびヒューズの定格シャ断電流の選定や母線強度を決定するための短絡電流の算出には若干の誤差を許すならば次の簡易計算法がある。次に母線短絡電流の簡易計算法を示す。

母線の短絡電流を一般に次式のように3成分の和として計算する。

$$I = I_M + I_{G0} + I(I_L) \quad (2.1)$$

I 全短絡電流

I_M 電動機の Contribution

I_{G0} 無負荷発電機の Contribution

$I(I_L)$ 負荷電流の影響 = 負荷電流の無効分

式 (2.1) において最大規約短絡電流 [$1/2$ サイクル 目の三相平均値 (実効値) および最大規約非対称短絡電流 (実効値)] を計算する、次に フィーダ 故障点 に関しては

$$I = A \times I_M + B \times I_{G0} + I(I_L) \quad (2.2)$$

式 (2.2) のように、電動機および無負荷発電機の Contribution に対してそれぞれ係数 A , B を乗じて、それらの和として全短絡電流を計算する。

計算法 (a) 母線短絡電流

$$I_{ave} = 3.5 I_M + \frac{K_1 E_g}{X} + I(I_L) \quad (2.3)$$

ただし E_g ... 発電機定格電圧 (相電圧)

I_{ave} ... 最大規約短絡電流 (短絡後 $1/2$ サイクル 目の三相平均値, 実効値)

I_M ... 事故時に接続されている全電動機の定格電流の和

X ... 発電機の次過渡リアクタンス

R ... 発電機の電機子抵抗

K_1 ... X/R によって 図 2.11 から求められる定数

(注1) 発電機の抵抗はリアクタンスに比べ小であるから、第2項の分母で米軍規格の R を省略、しかし K_1 の計算には R が必要。

$$I_{max} = 4.0 I_M + \frac{K_2 E_g}{X} + I(I_L) \quad (2.4)$$

ただし I_{max} ... 最大規約非対称短絡電流 (短絡後 $1/2$ サイクル 目の値, 実効値)

K_2 ... X/R によって 図 2.11 から求められる定数

(注2) I_{ave} の場合と同じ趣旨で導いた。

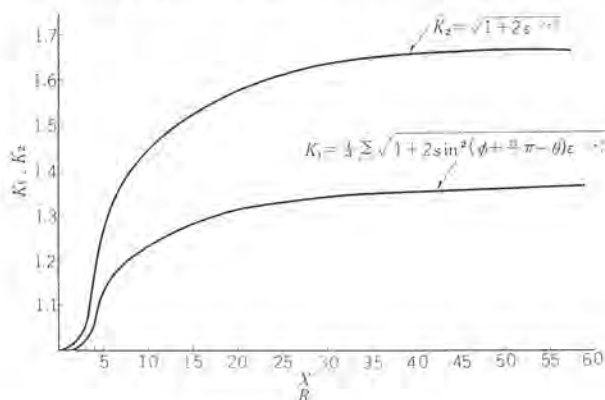


図 2.11 K_1 , K_2 曲線
Fig. 2.11 K_1 , K_2 , curves.

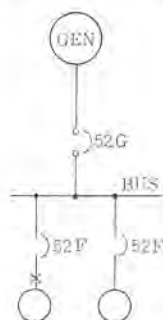


図 2.12 母線回路の一例
Fig. 2.12 Example of bus circuit.

(2) シェ断器の決定

シェ断器の応用には、それぞれシェ断器容量をもったものによる選択性シェ断と、DBシェ断器の大きな過電流強度を利用したカスケード方式がある。

(a) 選択性シェ断

これは一般的な応用であり、図 2.12 において M は電源の開閉および母線 A およびシェ断器 (F) に故障のあった場合シェ断し、DB(F) は負荷の事故に対し DB(M) より早い時限でシェ断し、事故シェ断区域を極限する。この方式では、いずれの DB も故障電流に同等か、それ以上の定格シェ断電流を持っていないなければならない。

(b) カスケード方式

可能な限りの連続通電を必要とする発電所など以外で、できるだけ経済的に設計したい場合、カスケード方式を採用する。すなわち電源に近い DB(M) は負荷に近い他の DB (F) を通して流れる大きな故障電流に対して瞬時トリップする。または過負荷または定格シェ断容量以内の事故に対してはそれぞれ長限時または短限時引きはずしてトリップを行なう。

(3) 現在の短絡保護回路には (2) 項 (a), (b) の 2 種があるが、給電の連続を維持するために協調のとれた限時シェ断を行なわなければならないが、他の引きはずしリレーを使用することなくシェ断器自体に組み込まれた選択性直列過電流引きはずし装置により行なうことが最も望ましい。このため当社では DB 形気中シェ断器に 3 要素 (長限時, 短限時, 瞬時引きはずし) 引きはずし特性を与えることにより完全な選択シェ断を行なうようにしている。

3 配電盤形式

配電盤の種類・形式には、VA シリーズと VS シリーズがあり、VA 形は主として大容量の発電機制御用とし、VS 形は中小容量機の制御に適用する。

VA 形と VS 形の大きな違いは、VA 形は発電機ブレーカとして DB 形気中シェ断器を使用し、VS 形には NF 形ノーヒューズシェ断器を使用している。

NFB を発電機ブレーカとして使用することは、近來 NFB のシェ断性能も一段と向上、ACB と同等の引きはずしコイル等を装備することができ、長限時リレーとともに装備することにより ACB と比較してなんら見おとりしないということ。一部船級協会の承認を得ている。

発電機ブレーカとしてノーヒューズシェ断器を使用することにより、配電盤価格の大幅なコストダウンに期待することができる。

配電盤の形式は発電機ブレーカの容量、操作方式、制御および監視の方法によって区分している、表 3.1 形式の区分を示す。

3.1 VA 形配電盤 (図 3.1, 3.2 参照)

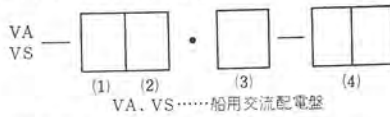
VA 形配電盤は発電機ブレーカの容量・操作方式・制御・監視の方法によって表 3.2 のように区分される。

盤の構成はデッドフロント形、床置き自立形として発電機盤および中間に同期盤を設けるのを標準としており、左右に給電盤または集合起動器盤を列盤として補機の監視・制御を同時に行なうこともできるようにアレンジできる。

盤の体裁としては、VA-S 形には各パネルごとに計器・器具を装備し、各発電機盤上で制御・監視を行なうことができる。VA-B 形は同期盤をベンチボード形として、同期盤で発電機の制御・監視を集中して行なうことができる。

表3.1 配電盤形式区分

(a) 形式は下記のワケ番で表示される



(b) (1) は発電機ブレーカ形名により次のとおり区分する

VA	2	DB- 25	VS	1	NE 100
	5	DB- 50		2	NE 225
	7	DB- 75		4	NF 400
	0	DB-100		6	NF 600
				8	NF 800

(c) (2) はブレーカ操作方式により次のとおり区分する

1	3 段引出し電磁操作
2	3 段引出し手動操作
0	NFBの場合

(d) (3) は盤の形式により区分される

S	配電盤上で制御監視を行なうもの
B	同期盤をベンチボード形とし制御監視部分を集めたもの
C	制御室の別盤で制御監視を行なうもの

(e) (4) は励磁方式を示す 記入のないものは回転励磁式または配電盤内に励磁部分を収納しないものを示す

11	AVRなし
21	電圧調整付
22	自動電圧調整付
31	ブラシなし

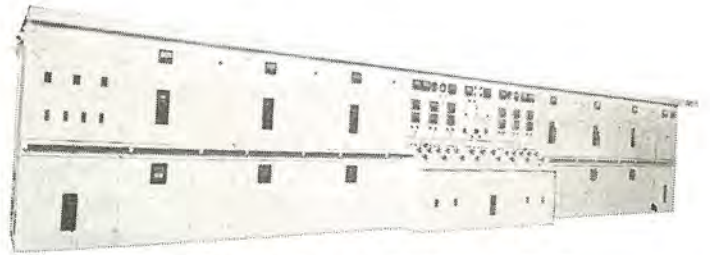


図3.1 VA-B形船用配電盤外観
Fig. 3.1 Exterior view of VA-B switch boards for marine use.

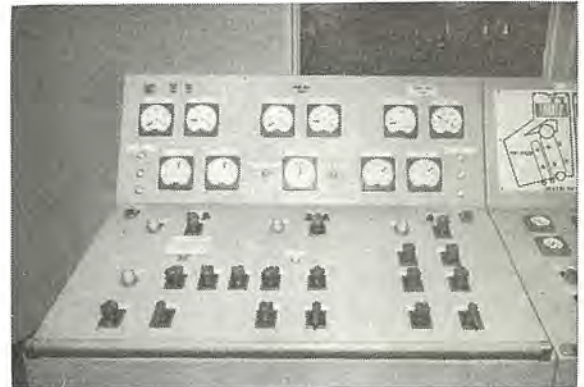


図3.2 (a) 発電機 コンソール 外観
Fig. 3.2 (a) Exterior view of generator console.

表3.2 V A 形 配 電 盤 の 区 分

形 式	シャ断器	操作方式	定格電流 (A)	定格電圧 AC(V)	シャ断容量 (A)	発電機容量 450V (kVA)
VA-21 VA-22	DB- 25	電 磁 手 動	800	500	35,000	563以下
VA-51 VA-52	DB- 50	電 磁 手 動	1,600	500	60,000	600~1,100
VA-71	DB- 75	電 磁	3,000	500	75,000	1,200~2,000
VA-01	DB-100	電 磁	4,000	500	100,000	200以上

表3.3 V S 形 配 電 盤 の 区 分

形 式	シャ断器	定格電流 (A)	シャ断容量 (A)	発 電 機 容 量	
				450V (kVA)	225V (kVA)
VS-10	NF-100	100	15,000	7.5~ 60	7.5~ 30
VS-20	NF-225	225	25,000	7.5~156	35~ 75
VS-40	NF-400	400	25,000	187~250	100~125
VS-60	NF-600	600	30,000	300~400	156~219
VS-80	NF-800	800	35,000	437~563	250~300

VA-S形, B形ともトビラを上下2分割して, 中央部は水平ハンドルを取り付ける。

VA-C 形は配電盤上には計器・器具は設けず, コントロールルームに設けた別の発電機 コンソール 盤上で制御を行なえるようになっており, この場合はトビラは1枚トビラとして上下に分割はしていない。発電機励磁装置はパネル内に組み込むことも可能である。

3.4 VS 形配電盤 (図3.3参照)

VS形配電盤は発電機ブレーカの容量により, 表3.3のように区分される。

盤構成はデッドフロント形床置き自立形とする。

発電機2台の場合は2台分および同期盤を同一面とし, 3台の場合はNo.1, または No.3 発電機のみを1面として他の2台分は同一面に収納しトビラは1枚トビラとして上下分割は行なわない。

発電機ブレーカはNF形ノーヒューズシャ断器を使用する。陸上受電用船用配電盤・元木・境



図3.2 (b) VA-C形船用配電盤外観
Fig. 3.2 (b) Exterior view of switchboard for marine use.



図3.3 VS 形 船 用 配 電 盤
Fig. 3.3 Type VS switchboards for marine use

ブレーカも発電機盤に組み込むが、励磁装置はすべて発電機上にトウ載する。各種計器は普通 120 角のものを使用し、表示灯類はすべて E-12, 18V 2W とし、照明灯は原則として取り付けない。

3.5 ケーブル引き込み

発電機主回路関係のケーブルの引き込みは下部からの引き込みを標準としている。給電盤 ブレーカへの引き込みは上下いずれの方向にもでき、上部の場合は天板に設けた トランク または 盤背面から水平引き込みとなる。

発電機用および制御回路の引き込みには端子板を設けるが、給電盤 ノーヒューズブレーカへの引き込みは圧着端子による接続とし、シヤ断器 スタッドに直接接続する方法を標準としている。

3.6 内部配線

母線用導体は導電率 97% 以上の良質の銅帯を使用し、接続部にはすべて銀メッキを施し、十分な容量と良好な接触を保つようになっている。なお導体の締付けには特殊の二重ナットを使用し、船体の振動・衝撃にも十分耐えうるようになっている。

制御回路電線は耐熱ビニール線 (NK 規格 75°C) または STW 線を使用しており、硬質塩化ビニールのワイヤダクトの採用により盤内の配線をスッキリしたものにとまとめている。

4. 主要器具

4.1 DB 形気中シヤ断器

船用電気回路短絡保護としては一般に選択シヤ断方式が推奨されるが、短絡保護を完全に行なうためには協調のとれた限時シヤ断を行なう必要がある。

DB 形気中シヤ断器は瞬時、短限時および長限時と精度の高い引はずし特性を容易に与えることができ完全な短絡保護を行なうことができる。

表 4.1 に DB ブレーカの定格を示す。

なお DB ブレーカには固定取付と 3 段引き出し形があるが、船用としては保守点検を容易に行なうことができるように閉鎖 3 段引き出し形気中シヤ断器を採用している。これは“接続”、“試験”、“断路”の三つの位置をもつ引き出し形のものであって、主回路を接続する一次接触子と、制御回路をつなぐ二次接触子を備え“接続”位置では、一次二次接触子とも完全に接続する。試験位置では一次接触子は接続をたたれ二次接触子のみが接続しているので、主回路を切り離れた状態でシヤ断器の投入、シヤ断のテストができる。“断路”位置では一次二次とも完全に接続をたたれている。した

がって 3 段引き出し形を使用することによって、従来母線とシヤ断器の間にあった断路器を省略することができた。配電盤に装備した場合“断路”“試験”いずれの位置にあっても配電盤のトビラは完全に閉めることができる。

4.2 NE 形ヒューズシヤ断器

ノーヒューズシヤ断器は熱動引きはずしおよび電磁引きはずし装置を一体として、モールドケースに納めたもので、開閉器と同様に手動操作によって開閉できるとともに回路の過負荷および短絡保護を行なうことができる。

シヤ断器が動作したあとは、ヒューズのようにそのつど取り換える必要はなく、故障の原因のみ取り除けばただちに再投入できる。

シヤ断器の開閉機構はパネ機構によって早入れ・早切り動作をするようになっており、シヤ断のさいのアーキはダイオングリッドによってすみやかに消滅するようになっている。表 4.2, 4.3 に NFB ノーヒューズブレーカの定格表を示す。

またこの NFB, ノーヒューズブレーカには、2 台のブレーカの機械インターロック・電動操作により電気的に遠隔制御のできる NFM ノーヒューズブレーカもある。

NF 形 ノーヒューズブレーカは性能も向上し、発電機保護用としての性能を満足できるようになったので一部船級協会の承認も得て VS 形配電盤に取り付けて納入した例がある。適用上の注意としては次があげられる。

(1) 過電流保護は NFB ノーヒューズブレーカで行なわず過電流リレーを用いる。

(2) 電磁引きはずし特性は 7 または 9 段の可調整ノッチを有



(a) DB-25 形気中シヤ断器 (b) DB-50 形気中シヤ断器

図 4.1 DB 形気中シヤ断器

Fig. 4.1 Type DB air circuit breaker.

表 4.1 DB 形気中シヤ断器交流定格

形 名	定 格 電 圧 (V)	定 格 電 流 (A)		定 格 シ ャ 断 電 流 (kA)		定 格 投 入 電 流 (kA)
	50/60c/s	閉鎖箱内空気温度 55℃ 以下の状態における		短絡発生後 1/2 サイクルにおける電流		最初の周波の瞬時値 (一相) の最大
		最 大 値	最 小 値	非対称 (rms) 三 相 平 均 値	対 称 値	
DB- 25	600	600	40	25	22	51
	500		100	35	30	
	250		150	50	42	
DB- 50	600	1,600	200	50	42	97
	500		400	60	50	
	250		600	75	65	
DB- 75	600	3,000	2,000	75	65	150
	500			75	65	
	250			100	85	
DB-100	600	4,000	3,000	100	85	195
	500			100	85	
	250			150	130	
備 考	最大設計電圧を示す	直列コイル定格電流の標準値 (A) は 40, 50, 70, 90, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 800, 1,000, 1,200, 1,600, 2,000, 2,500, 3,000, 4,000 である		1. 3 極三相短絡シヤ断の場合を示す 2. 短絡力率 0.15 以上の場合を示す 3. 短限時引きはずし要素付の場合ならびに 後備シヤ断方式の場合は別表による		

表 4. 2 三菱船用 ノーヒューズシタ 断器
トライパックシタ 断器 認定品一覧

形名および極数	N K 認 定			
	定格電圧 (V)	定格シタ断容量 (A)		認 定 番 号
		AC	DC	
BH 2P	AC125	5,000 (非)	—	NK認電 第 4087 号
	AC250	2,500 (対)	—	NK認電 第 4087 号
BH-P 2P	AC125	5,000 (非)	—	NK認電 第 4087 号
	AC250	2,500 (対)	—	NK認電 第 4087 号
NF-30 2P 3P	AC250 DC125	2,500 (対)	2,500	NK認電 第 4096 号
	AC500 DC250	8,100 (非) 7,500 (対)	5,000	NK認電 第 4041 号
NF-50B 2P 3P	AC500 DC250	8,100 (非) 7,500 (対)	5,000	NK認電 第 4093 号
	AC500 DC250	15,000 (非)	10,000	NK認電 第 4042 号
NF-100B 2P 3P	AC500 DC250	16,500 (非) 15,000 (対)	—	NK認電 第 4094 号
	AC500 DC250	10,000 (対)	7,500	NK認電 第 4042 号
NF-225D 2P 3P	AC500 DC250	25,000 (非) 23,000 (対)	40,000	NK認電 第 4055 号
	AC500 DC250	25,000 (非) 23,000 (対)	40,000	NK認電 第 4057 号
NF-225E 2P 3P	AC500 DC250	25,000 (非) 23,000 (対)	40,000	NK認電 第 4055 号
	AC500 DC250	25,000 (非) 23,000 (対)	40,000	NK認電 第 4057 号
NF-225F 2P 3P	AC500 DC250	25,000 (非) 23,000 (対)	40,000	NK認電 第 4054 号
	AC500 DC250	25,000 (非) 23,000 (対)	40,000	NK認電 第 4054 号
NF-400A 2P 3P	AC500 DC250	30,000 (非)	40,000	NK認電 第 4011 号
	AC500 DC250	30,000 (非)	40,000	
NF-600A 2P 3P	AC500 DC250	35,000 (非) 30,000 (対)	40,000	NK認電 第 4099 号
	AC500 DC250	35,000 (非) 30,000 (対)	40,000	
NF-800A 2P 3P	AC500 DC250	100,000 (非) 82,000 (対)	—	NK認電 第 4090 号
	AC500 DC250	100,000 (非) 80,000 (対)	—	NK認電 第 4098 号
NFT100 2P 3P	AC500	100,000 (非) 80,000 (対)	—	NK認電 第 4091 号
	AC500	(非) (対)		NK認電 第 号

し発電機特性に応じて瞬時引きはずし特性を自由に調整できるようにしている。

(3) シタ断性能, NFBシタ断後の再用性を高めるために小容量のものについては電磁引きはずし コイルの一部を大電流通過時には短絡するようにしシタ断後の特性に狂いを生じないようにしている。

(4) カスケード 接続を行なう場合, 発電機 NFBブレーカは後備シタ断器としては使用せず, 給電盤ブレーカより一段上のフレームを採用し, しかも NFBは1段とし協調を計るようにしている。

このほか予備品としては完成品を納入し ACBのように接点, パネなど個別に供給していないので故障時の取り換えは容易であり, 実動率を高めるように考慮している。

4. 3 NFT トライパックブレーカ

船内の電源設備の容量増大により, 短絡電流は非常に大きくなっている。このため過負荷および普通の短絡保護を NF ノーヒューズシタ断器と同じく熱動および電磁引きはずし動作でシタ断し, かつ 100kA にも達する大きな短絡電流をシタ断器内部に装着された FLT 形ヒューズの限流作用によりシタ断器を使用している。その種類は 100A フレーム 225 A フレーム, 400A フレームの 3 種類がある。

このシタ断器は, 内部の一相のヒューズのみが溶断した場合の三相回路の単相運転を防止するため機械的連動機構が装備されており, ヒューズの取り付け, 取りはずしの際にも危険のないよう種々の特長を有している。表 4. 4 に定格を図 4. 2 に外観を示す。

4. 3. 2 特 性

NFT 形 トライパックシタ断器は, NF 形 ノーヒューズシタ断器のもつ船用配電盤・元木・境

表 4. 3 三菱船用 ノーヒューズシタ 断器
トライパックシタ 断器 認定品一覧

形名および極数	定格電圧 (V)	ロ イ ド 認 定 定 格 シ タ 断 容 量 (A)		備 考
		AC	DC	
BH 2P	AC125	5,000 (対)	—	申請中
	AC250	2,500 (対)	—	申請中
BH-P 2P	AC125	5,000 (対)	—	申請中
	AC250	2,500 (対)	—	申請中
NF-30 2P 3P	AC250 DC125	2,600 (対)	2,600	申請中
	AC250 DC125	5,200 (対)	5,300	認定済み
NF-50A 2P 3P	AC250 DC125	5,100 (対)	5,200	申請中
	AC500 DC250	5,400 (対)	5,200	認定済み
NF-50B 2P 3P	AC500 DC250	7,800 (対)	5,200	申請中
	AC500 DC250	7,800 (対)	5,200	申請中
NF-60A 2P 3P	AC500 DC250	15,700 (対)	10,500	認定済み
	AC500 DC250	15,500 (対)	—	申請中
NF-100D 3P	AC500 DC250	10,300 (対)	7,500	申請中
	AC500 DC250	27,000 (対)	48,000	認定済み
NF-225D 3P	AC500 DC250	27,000 (対)	48,000	認定済み
	AC565 DC250	22,000 (対)	44,800	認定済み
NF-225E 2P 3P	AC565 DC250	22,000 (対)	44,800	認定済み
	AC600 DC250	22,000 (対)	48,000	認定済み
NF-225F 2P 3P	AC600 DC250	27,000 (対)	44,800	認定済み
	AC625 DC250	27,000 (対)	48,000	認定済み
NF-400A 2P 3P	AC550 DC250	25,000 (対)	44,800	認定済み
	AC620 DC250	28,000 (対)	48,000	認定済み
NF-800A 2P 3P	AC555 DC250	28,000 (対)	44,800	認定済み
	AC500	82,000 (対)	—	認定済み
NFT-100 2P 3P	AC500	82,000 (対)	—	申請予定
	AC500	82,000 (対)	—	認定済み

すべての特性を有しているうえに, 限流ヒューズを内部に装着した小形モールドケースシタ断器であるからつぎの三つの動作特性をもっている。

(a) 長時延熱動引きはずし特性

JISC 8370 および JEM1071「配線用シタ断器」の 200%および 125%電流引きはずし特性に合格し, 回路の過電流および高抵抗短絡電流を安全確実にシタ断し電線を熱的損傷から保護する。またモータの起動時などの高い突入電流に対して不必要に開路することのない長時延特性を有している。(図 4. 3, 4. 4 参照)

(b) 電磁引きはずし特性

NFT 100 形 トライパックシタ断器は NF 100A フレーム B 形と同様表 4. 4 に示す範囲で瞬時動作する。

NFT225・400 形 トライパックシタ断器の電磁引きはずし電流値は, 定格電流別に表 4. 5 に示すような最高および最低設定値に調整できます。最高および最低設定値の間は 4 段階に調整でき, 全部で 6 段階調整となっている。

これらの電磁引きはずし電流値から限流ヒューズの溶断特性との交差点(クロスポイント)までの普通の短絡電流に対しては, この電磁引きはずし特性によって回路を保護する。(図 4. 5 参照)

(c) 限流ヒューズによる大短絡電流のシタ断

限流ヒューズはその限流作用により, 図 4. 6 のように大短絡電流を限流ヒューズがなければ回路に流れるであろう大きさよりも少く制限してシタ断し, 全シタ断時間も推定短絡電流の最初の半波ルーラの最大のものよりも短かくシタ断する。

表 4.4 NFT 形 トライパックシヤ 断器定格

フレームの大きさ	100A	225A	400A
形 名	NFT100	NFT225	NFT400
極 数	2 3	2 3	2 3
定 格 電 圧 (V)	500	500	500
定 格 電 流 (A) 周囲温度45°C, 50°C	15, 20, 30, 40 50, 60, 75, 100	125, 150, 175 200, 225	250, 300, 350 400
定 格 シヤ 断 容 量 (kA) AC 500V	100 (非) 82 (対)	100 (非) 82 (対)	100 (非) 82 (対)
船級協会 認定	NK	NK認電第4090号	NK認電第4098号
	LR	認定済み	認定済み



図 4.2 NET 形 トライパックシヤ 断器

Fig. 4.2 Type NFT tripack circuit breaker.

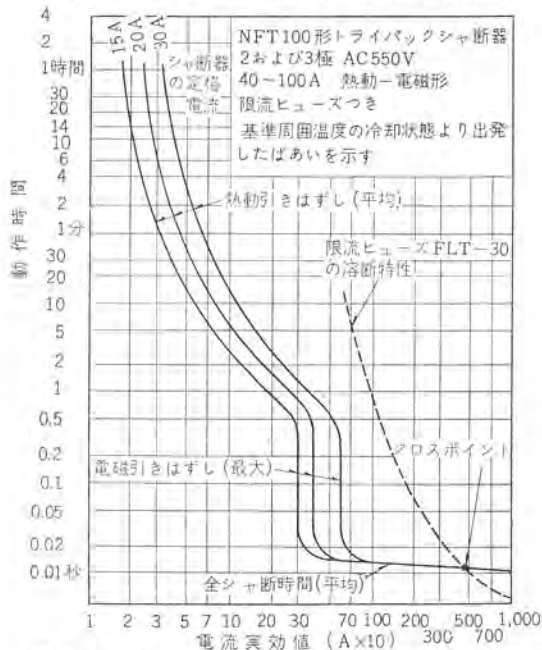


図 4.3 NFT 100 形の熱動電磁—限流 ヒューズ 特性

Fig. 4.3 Thermal-electromagnetic-current limiting fuse characteristics.

したがって大短絡事故発生の場合、回路およびシヤ断器に實際流れるであろう電流よりも小さいものに軽減し、回路を熱的および電磁的損傷から保護する。

トライパックシヤ断器は、特別に設計されたこの限流ヒューズを内蔵することによって図 4.3, 4.4, 4.5 のクロスポイント以上トライパックシヤ断器のシヤ断容量までの大短絡電流を回路に害を与えないでシヤ断する。

4.4 保護継電器

4.4.1 COA-10-R 形過電流継電器

発電機ブレーカにを使用する場合、NFBの熱動引きはずし特性は発電機特性と合致しないので COA-10-R 形誘導円板式過電流継電器を装備する。この継電器は船用としてとくに耐振性を考慮して当社で製作したもので、整定タツプは100-115-150%の4タツプを有し、このタツプ値は発電機の定格電流に相当する、CT 2次

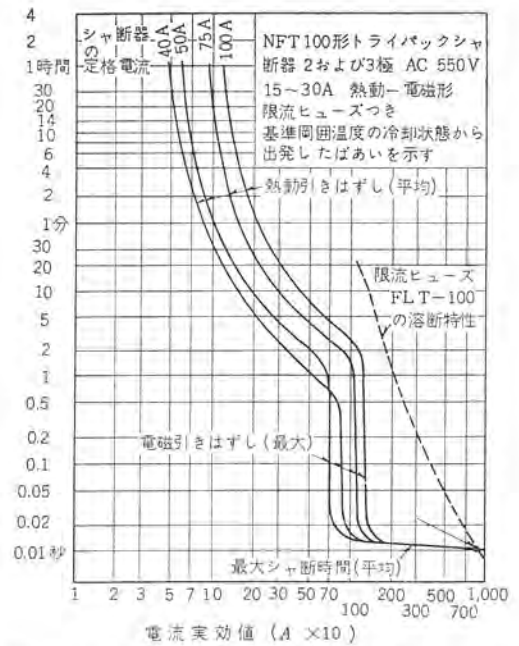


図 4.4 NFT 100 形の熱動—電磁—限流ヒューズ特性

Fig. 4.4 Thermal-electromagnetic-current limiting fuse characteristics.

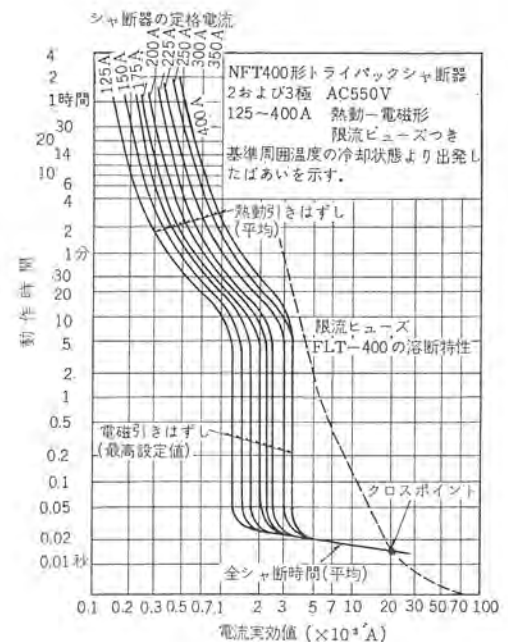


図 4.5 NFT 400 形の熱動—電磁—限流ヒューズ特性

Fig. 4.5 Thermal-electromagnetic-current limiting fuse characteristics.

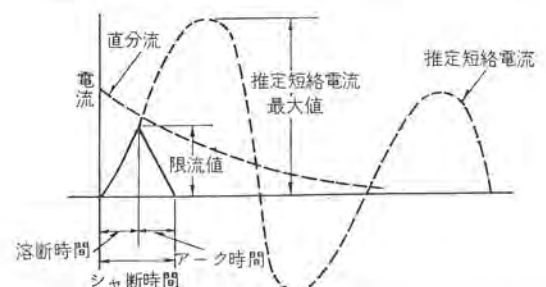


図 4.6 交流回路大短絡シヤ断における限流ヒューズの限流特性

Fig. 4.6 Current limiting fuse characteristic.

表 4.5 NFT100 形 トライバックシヤ 断器電磁引きはずし特性

シヤ断器の定格電流 (A)	25°C	15	20	30	40	—	50	60	—	75	—	90	100
	46, 50°C	15	20	30	—	40	50	—	60	—	75	—	100
電磁引きはずし電流値 (A)		135 〜 300	180 〜 400	270 〜 600	360 〜 800	360 〜 560	450 〜 700	540 〜 730	540 〜 840	675 〜 1,050	675 〜 1,050	810 〜 1,200	900 〜 1,200

表 4.6 NFT 400 形 トライバックシヤ 断器電磁引きはずし特性

シヤ断器の定格電流 (A)		125	150	175	200	225	250	300	350	400
瞬時引きはずし 電流値 (A)	最高 (H) 値	±10% 1350	±10% 1500	±10% 1750	±10% 2000	±10% 2250	±10% 2500	±10% 3000	±10% 3500	±10% 3500
	最低 (L) 値	±25% 400	±25% 500	±25% 500	±25% 600	±25% 600	±25% 700	±25% 800	±25% 900	±25% 900

電流をもって%とした値に対応している、しかもタツプ値の電流では動作せずタツプ値の 1.15 倍の電流が流れた場合秒の動作時間で動作するようになっている。

4.4.2 CW-15-R 形逆電力継電器

並列運転を行なう発電機盤には、CW-15-R 形逆電力継電器を装備し逆電力の検出をおこなっている。三相回路に使用するものであるが電力は平衡しているので単相電力のみで検出している。

整定 タツプは 5-10-15% の 3 タツプを有し、この タツプは発電機定格電力を 100% とした場合それに対する%目盛の逆電力で動作するようになっている。そしてタツプ値の逆電力が流れた場合 10 秒で継電器は動作する。通常 タービン発電機の場合は 5%, ディーゼル発電機の場合は 15% に整定している。

4.5 配電盤用指示計器

指示計器にもっとも必要なことは、目盛が解明で見やすく、かつ精度が高いことである。三菱製配盤用広角度計器の指針は 250 度回転して目盛が長く指針は幅が広く、先がとがっていて読みやすく、目盛の分割線は傾斜した面に刻んであるので、光線がどの方向からはいっても影ができず、理想的な指示計器である。

標準としては K-11 形 110 角のものを使用している。普通角計器の場合は、Y シリーズ、120 角のものを使用する。このほかとくに耐衝撃、耐振構造が要求された場合には パンドサスペンションタイフのものを使用している。計器はいづれも 1.5 級以上のものを使用している。なお計器変成器も、三菱 TE 形変圧器、TM 形変流器を使用している。

5. 電源設備の自動化

船内電源設備の自動化は、発電機 エンジンの自動起動、自動同期さらに自動負荷分担装置の採用により、完全な自動化を計ることができる。このような自動化装置の採用によりえられる利点は、船内発電機の安全で確実な並行運転を行なうことにより、信頼性の高い電源をうることができることにある。また、タービン駆動発電機と ディーゼル駆動発電機との並行運転、主発電機と非常用発電機との並行運転、2 重母線間の並行運転、陸電との並行運転などに利用できる。当社ではこの種装置をすでに 100 数台以上製作納入実績がありいづれも好評をいただいている。

5.1 三菱 XET-B 形自動同期投入装置

XET-B 形自動同期装置は、まず発電機の周波数が線路側の周波数と合致するように、原動機を速度を制御する ガバナモータに、正逆転の指令を与える自動 セン 速装置と、位相が一致する瞬間に同期閉合指令を与える自動投入装置から構成されている。制御部分にはシリコントランジスタによる無接点リレーを採用し、とくに耐振性・耐衝撃性の向上を計り、周囲温度変化によるドリフトもほとんどない。この装置のセン速性能は次のとおりである。

- (1) 周波数差検出精度 $\pm 4.0 \sim \pm 0.125 \text{ c/s}$
- (2) セン速精度 $\pm 0.125 \text{ c/s}$ 以内
- (3) ガバナ 駆動時間の設定範囲 ($\Delta f = \pm 2 \text{ c/s}$ のとき)
3.8~1 秒まで可調整
- (4) ガバナ最小停止時間の設定範囲
0.1~3 秒まで可調整

自動同期投入装置は両電圧の周波数差がシヤ断器の投入可能な範囲になると、投入限界周波数検出回路から信号 (A) が出る。またシヤ断器の閉合時間だけ同位相点より進んだ点で、漸進位相検出回路が信号 (B) をだす。信号 (A) のつぎに信号 (B) がくればシヤ断器は投入される。投入限界周波数は Frequency Adjustor で、シヤ断器の閉合時間に相当する漸進位相角は Time Adjustor で、それぞれシヤ断器の特性に適合するように調整することができる。

5.2 三菱 XPF 形自動負荷分担装置

自動同期装置により交流発電機を並列投入した状態では、被並列機の ガバナ は無負荷状態に セット されたままになっているので負荷を分担することができない。自動負荷分担装置は、複数発電機の並列運転時に各発電機の定格出力に比例 (同容量機または異容量機いずれでもよい) させて、出力負荷を分担させるもので、各発電機の有効出力 (kW) を検出し、船内負荷を各発電機定格に応じて分担させるように、駆動原動機 ガバナ を制御する。

ガバナの増減速動作を行なうときには、必ず電源周波数が規定範囲にあるように、常に監視しながら kW 負荷の分担を行なわせる必要がある。このために周波数検出も行なっている。これら制御部分には、シリコン制御素子およびシリコントランジスタを用いた無接点リレーを採用しており、とくに高温 (周囲温度 60°C) まで耐えるよう、また高温度、振動衝撃などにも安定な動作が得られるようにしている。XPF 形自動負荷分担装置の性能は次のとおりである。

動力 (kW) 分担性能……最大発電機定格の 10% 以下
周波数検出性能……………定格周波数の $\pm 1\%$

5.3 応用例

(a) 発電機のワンタッチコントロールエンジン自動起動回路と自動同期、負荷分担装置を組み合わせることにより、発電機およびシヤ断器のすべての一連の操作をワンタッチでプログラム制御することができる。たとえば青函連絡船向けでは操縦ハンドルに 4 ノッチを設けており

- (1) エンジン 停止
- (2) エンジン 起動
- (3) ACB 投入
- (4) 並列切り換え

表 5.1 に示すような一連の操作をワンタッチで行なうことができる。

発電機開操縦ハンドル

ハンドルノッチ				動作
停止	始動	ACB投入	並切	停止
●	→			
	●	→		
●	→	→		
●	→			
●	→			
		●		
			●	→
			●	→
	←	●		
←		●		
	←	→		
	●	→		

エンジン起動—発電機電圧確立

発電機電圧確立後—ACB投入

単独運転、エンジン起動—電圧確立—発電機ACB投入

並行運転、エンジン起動—電圧確立—自動セン速—自動同期—ACB投入—自動負荷分担

呼出スイッチ操作により自動負荷分担装置動作

並行運転中の発電機負荷を他機に移した後A CBシャ断、エンジンは運転継続

エンジン停止

発電機ACBのみシャ断、エンジンは運転継続

発電機ACBシャ断、エンジン停止

発電機ACBのみシャ断、エンジン運転継続

表 5.2 は排ガスターボ発電機とディーゼル発電機の運転方法を示したものである。これらタービン発電機とディーゼル発電機との並列運転、定出力制御、定周波制御なども行なえるよう種々の制御装置および発電機、励磁装置、原動機起動装置などを配電盤に一括収納し、原動機と制御装置との有機的な関連をもたせたものも製作している。

終わりにこの標準シリーズの製作にあたり、種々ご指導いただいた三菱重工業株式会社、関係者のかたがたに深謝の意を表する次第である。

表 5.2 ポーランド発電機とドイツ発電機の運転方法

機名	燃料油圧 (CANUDO Oil Loading 単位)	燃料油圧低下警報装置 (CANUDO Oil Loading 単位)	出 入 港 時	高 速 航 行 中	定 速 航 行 中	機 油 行 中	AUTTER WORTH Tandem Machine	備 考
主 機 関			60ノット以下	60ノット以上	60ノット以上	60ノット以上		
ボイラー機			Stream pressure: 16 kg/cm ²			Spring Pressure		
ターボ発電機			常速以上 40ノット			常速以上 40ノット		
ディーゼル発電機								自給油機と兼用 1. 主機油圧が低下した時 (40ノット以下) 2. 主機油圧が低下した時 (40ノット以下) 3. 主機油圧が低下した時 (40ノット以下) 運転中 Stand-by 中 この場合は Donkey Boiler をたいているので Turbo Generator を運転すること を原則とする

船用起動器

末 永 登*

Starters for Marine Use

Nagasaki Works Noboru SUENAGA

Control equipment of marine auxiliary motors is so complicated and diversified as to begin with simple switch controls for small motors and to end with central control apparatus including mutual interlock of many motors. However, they are mostly of line start or reduced voltage start with speed control of squirrel cage pole changing, only very few being the operation of wound rotor machines. Particularly those operating on ships must be small size, light weight, withstanding vibration, impact and other gruelling conditions without malfunction. With all these requisites taken into account, Mitsubishi has developed a standard series of starters for marine use which meet the standards of the Classification Society such as NK, AB and LR based on the experience of various relays, operation switches and no-fuse breakers.

1. ま え が き

船用補機電動機の制御装置は、小容量電動機の単なる開閉制御装置から、多数の電動機の相互 インターロック を含んだ、集中制御装置まで複雑多岐にわたるが、 Δ 入れまたは減圧起動がほとんどであり、速度制御もカゴ形ポール チェンジによるもので巻線形電動機の使用例は少ない。

また船用の特殊性として小形軽量、船の振動、波浪に起因する衝撃、種々の過酷な使用条件に対しても誤動作せず、信頼性の高いことが要求される。更に NK, AB, LR 等の各種船級協会規格を満足する必要がある。

当社では電磁開閉器をはじめ各種制御継電器、操作スイッチおよびノー ヒューズ シャ 断器などいずれも合理的な設計と生産に基づく小形高性能、シリーズ が開発されたので、この機会にこれらを用いた船用起動器の標準 シリーズ を完成し、各種船級協会規格も十分に満足する製品をうる事ができたのでここにその概要をのべる。

2. 制 御 の 概 要

2.1 誘導電動機の起動、運転

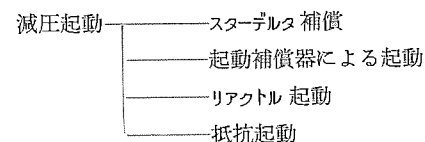
船用補機電動機としては誘導電動機が使用され、その目的に応じた制御を必要とするがこれらの制御の持つおもな目的は次のとおりである。

- (1) 起動、停止および正転逆転
- (2) 起動時の電流およびトルクの制御
- (3) 停止時の制動
- (4) 回転速度およびトルクの調整
- (5) 電動機および分岐回路の保護

またカゴ形誘導電動機の起動時は、変圧器の二次側を短絡したと同様であり、直接全電圧を与える Δ 入れ起動法では、大きな起動電流が流れるため、船内発電機容量に応じて減圧起動器を使用するか巻線形電動機としてその起動電流を制限し電源電圧の異常低下を防止する必要がある。

カゴ形および巻線形誘導電動機の起動法の分類を次に示す。

- (1) カゴ形誘導電動機
全電圧起動—— Δ 入れ起動



- (2) 巻線形誘導電動機
 - 2 次抵抗起動
 - リアクタ コントロール
 - その他特殊制御

さらに、一般に電動機を運転する場合はそれ自身の運転および起動電流以下の過負荷保護用に、電極開閉器を使用するが給電線から電動機回路への分岐点にはその分岐回路の短絡事故を確実にシャ 断できる保護装置が必要である。

これらの装置を要素別に分類すれば次のとおりである。

- (1) 分岐回路の開閉装置
- (2) 分岐回路の短絡保護装置
- (3) 電動機回路の開閉装置
- (4) 電動機回路の過負荷保護装置

2.2 標準仕様

船用起動器は船舶にトウ 載されるので一般電機品と相違し下記のような特殊性に適合した仕様で製作している。

2.2.1 適用規格

社団法人日本電機工業会標準規格 (JEM-R) を基本とし国内、国外を問わず使用できるように次の規格により製作しているので各種船級協会のいずれにも適用可能である。

日本工業規格 (JIS)

電気学会電気規格調査会標準規格 (JEC)

日本海事協会規格 (NK)

ほか各種船級協会 (LR) (AB) (NV) (BV)

2.2.2 使用条件

船舶の振動、衝撃、周囲条件および電源変動に対し次のとおり保証している。

- (1) 基準周囲温度 45°C または 50°C
- (2) 相対湿度 95% (45°C または 50°C)
- (3) 船体の傾斜および揺播
 - リスト 22.5°
 - トリム 10°
 - ローリング 22.5°

(4) 振 動

複振幅 1.0mm 1000c/min

(5) 電 圧 周波数の許容範囲

電圧は定格周波数のもとで定格値の85-110%

周波数は定格電圧のもとで定格値の95-105%

2.2.3 定 格

標準定格は次のとおりである。

定 格 連続

定格電圧 440V

定格周波数 50c/s または 60 c/s

相 数 三相

操作回路電圧 440V

(特殊指定の場合のみ110Vとする)

2.2.4 防滴構造

防滴形のもはJIS-F 8001 第1種散水試験に合格する構造としている。防滴形の場合は新形開発時において上記試験により実際の散水試験を実施しており、各製品についての散水試験は行わない。

2.2.5 防水構造

甲板部に設けられる防水構造のもはJIS-F 8001 第2種注水試験に合格するものとしている。

各製品についておのおのに注水試験を実施し完全な防水製品としての品質管理を行っている。

2.2.6 配 線

(1) 種 類

主回路 8mm² 以下 NK耐熱ビニール電線

14mm² 以上 STW 線

補助回路 すべてNK耐熱ビニール電線

(2) 色 別

主回路 灰色

交流制御回路 灰色または黄色

直流制御回路 灰色または青色

計器用変圧器2次側 灰色または黒色

(3) 端末色別

主回路のみビニールキャップまたはテープで下記の色分けを行なっている。

相	JEM-R	IEC
R,U	赤	緑
S,V	白	黄
T,W	青	茶(紫)

(4) 端子マークと線番号

外部ケーブル接続端子盤のみに端子符号を表示する。

主回路、制御回路とも束線またはダクト配線を行なう。

2.3 特 長

新形船用起動器は需要の伸びに対応して小形化された器具を合理的に組み合わせかつ細部仕様の比較的広範囲な変更にも容易に即応でき、さらに新形式の系列単純化により最適な起動器を簡単に選択できるようにし低価格、高性能起動器を短納期の要求にも応じられるように計画した。

新形船用起動器の共通の特長はつぎのとおりである。

2.3.1 小形高性能品の組合せ

EMO形電磁開閉器、M形電磁接触器、MR形電磁継電器のほかNF形ノーヒューズシタ断器を主要構成器具としており、いずれ

も高性能で信頼度の高いものである。

2.3.2 長い寿命

電動機の運転停止用コンタクタにはJIS-C 8325 A級1号1種を上回る性能のM形電磁接触器を用いているので寿命は非常に長くなっている。

2.3.3 小形軽量

小形高性能器具と相まって起動器の小形化を促進した。

特に両面形集合起動器は60%、片面形集合起動器は85~90%に据付面積を縮小することが可能となった。

2.3.4 確実な保護特性

M形電磁接触器の低電圧保護(LVP)または低電圧釈放(LVR)特性、TR形熱動過電流継電器の三相および単相による拘束および過負荷保護特性のほかNF形ノーヒューズシタ断器のシタ断特性などはすべて品質管理を行っており、それらの特性の協調も十分に考慮されているので新形起動器の保護特性は確実である。

3. 新形船用起動器の概要

M形コンタクタを用いた、標準シリーズの分類は、制御方式および構造区分の2種に大別される。

制御方式による区分は次のとおりである。

- A 巻線形電動機起動器
- B 巻線形電動機速度制御器
- C カゴ形電動機減速起動器(起動補償器)
- D カゴ形電動機ジカ入れ起動器
- E カゴ形電動機スターデルタ起動器

構成上の区分は(1)モータ側に設けられる単独起動器、(2)補機の集中制御を行なう集合起動器、および(3)電源開閉器、電磁接触器、操作押ボタンなどを個々にまとめた組み合わせ式起動器の3種に分類される。

4. 制御方式による分類

4.1 A形起動器

巻線形誘導電動機の起動器である。巻線形誘導電動機は、二次抵抗値を加減することによりトルク、電流が容易に制御され、かつ安価、簡単であるためほとんどすべての場合二次抵抗起動が採用される。

一次、二次の主回路接続は図4.1に示すとおりである。

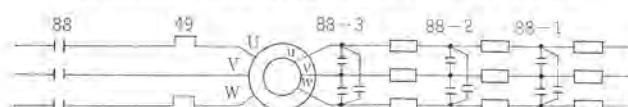


図4.1 A形起動器接続図

Fig. 4.1 Connection diagram of type A starter.

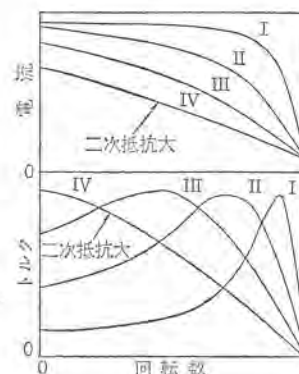


図4.2 二次抵抗の変化に伴う電流トルクの変化
Fig. 4.2 Current and torque curves by secondary resistance.

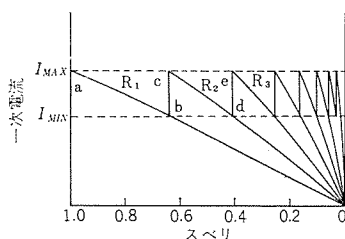


図 4.3 起動中の電流
Fig. 4.3 Starting current curves.

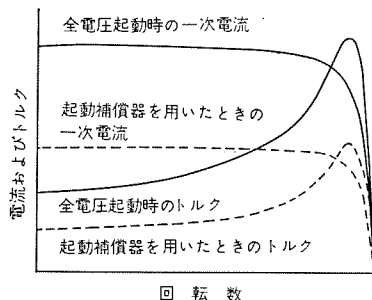


図 4.5 起動補償器を用いた場合の電流トルク
Fig. 4.5 Current torque curves.

二次抵抗の変化にともなう電流、トルクの変化は図 4.2 に示す比例推移の形を示し、起動時には起動トルクが負荷トルクより大きくかつ電源に与える影響がなるべく小さくなるように外部抵抗値をきめる。起動電流は負荷の種類によっても異なるが普通定格電流程度に押える場合が多い。加速中 2 次回路にそう入した外部抵抗値を図 4.3 の折線 a. b. c. d をたどらせて加速し最後に外部抵抗を短絡させて起動完了となる。

抵抗段数および短絡時間特性は電源容量に応じ、起動電流、加速時間、負荷トルクなどによって決定する。

用途に応じて、手動起動の他 タイムリレー などによる限時起動を用いる。制御装置の構成は起動器、抵抗器が必要であり、場合によってはこれらを一体に組むことも可能である。

4.2 B 形起動器

巻線形誘導電動機用速度制御器である。電路接続図は A 形起動器と同じである。B 形起動器の場合は速度制御を行なうため任意の速度位置に放置されるため抵抗器の時間定格決定が重要である。また広範囲の速度制御を行なう場合は速度の遅い領域では起動トルクが電動機および負荷の慣性モーメントより小さい場合が生じ起動不能の現象が生じる。この場合は起動時に抵抗ノッチを進め起動トルクを大きくしている。コントローラには一般に C 形カムコントローラを用いる。

4.3 C 形起動器

起動補償器を用いたカゴ形誘導電動機の減圧起動器である。船内発電機容量によっても異なるが船舶用の減圧起動器には主として起動補償器を用いリアクトル起動はトルクと電流の減衰関係からほとんど用いない。起動補償器の接続法には図 4.4 に示す 3 種類があり、当社では図 4.4 (b) (PARALLAL CIRCUIT) を採用している。

起動補償器を使用した場合の電流トルク特性は図 4.5 に示す。補償起動器の起動時における各点の電流値および補償起動器の容量は次式で計算できる。なお補償起動器の標準タップは 50%, 65%, 80% であり通常 65% に接続する。当社の標準接続を図 4.6 に示す。75 kW までは起動補償器を V 接続としそれ以上のものは Y 接続としている。

THE STARTING CUR. DRAWN FROM LINE...

船用起動器・末永

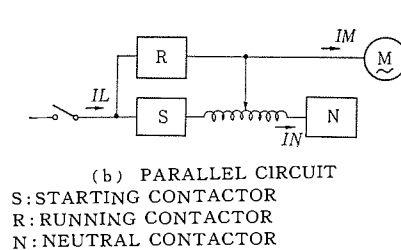
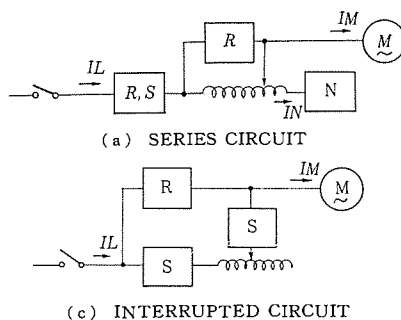


図 4.4 補償起動器接続
Fig. 4.4 Connection diagram of compensator.

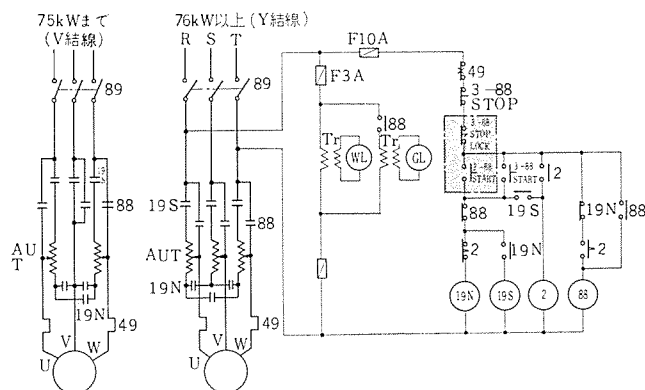


図 4.6 C 形起動器標準接続
Fig. 4.6 Connection diagram of type C starter

$$I_L = I \times P^2 + 0.25 I_m$$

THE STARTING CUR. TAKEN BY THE MOTOR...

$$I_M = I \times P$$

THE AUTO-TRANS NEUTRAL CUR...

$$I_N = I \times P - I \times P^2 + 0.25 I_m$$

$I =$ LOCKED ROTOR CUR. $\approx 5 \sim 6 I_m$ ASSUME

($6 I_m$ とし算定のこと)

$I_m =$ RATED FULL LOAD CURRENT

$P =$ TRANSFORMER TAP USED 0.8-0.65-0.5

$$kVA = \sqrt{3} \cdot I_S \cdot E_S \cdot (1/U)^2 \times 10^{-3} \times \alpha$$

I_S 全電圧時の起動電流 (線電流) (A)

E_S 一次線間電圧 (V)

U 変圧比 (使用タップ値)

α kVA を数値的にまとめるための定数で 1.05~1.2 とする。

4.4 D 形起動器

カゴ形誘導電動機のジカ入れ起動器である。電動機端子に直接定格電圧を印加して起動する方法であり、もっとも簡単かつ安価であるため広く用いられる。全電圧起動を採用するかほかの起動法を採用するかは船内発電機容量と起動時の電圧降下より決定されるが近年船用発電機の自動化とともに高圧復帰時間が短縮されたため大幅にジカ入れ起動器が採用されるようになった。ジカ入れの場合は特性上起動時 5~7 倍の起動電流が流れ起動時皮相電力の急激な増加があるので LVR (LOW VOLTAGE RELEASE) 回路が多い船の場合は電動機の順序起動を考慮し船内発電機に大きな衝撃を与えることのないようにする必要がある。代表的接続を図 4.7 に示す。

4.5 E 形起動器

カゴ形誘導電動機のスターデルタ起動器である。Y-Δ起動は電動機の一次側巻線を起動時には Y 結線とし起動完了後 Δ 結線とする方法である。電流トルクの関係は次のとおり示される。各相のインピーダンスを (Z_M) 電源電圧を (E_S) とすると起動時に各相巻

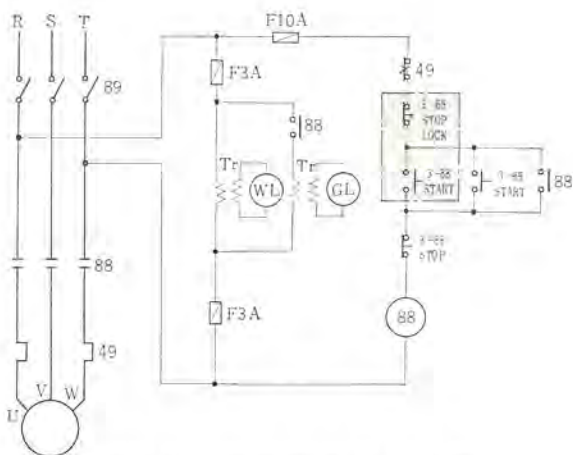


図4.7 D形起動器標準接続
Fig. 4.7 Connection diagram of type D starter.

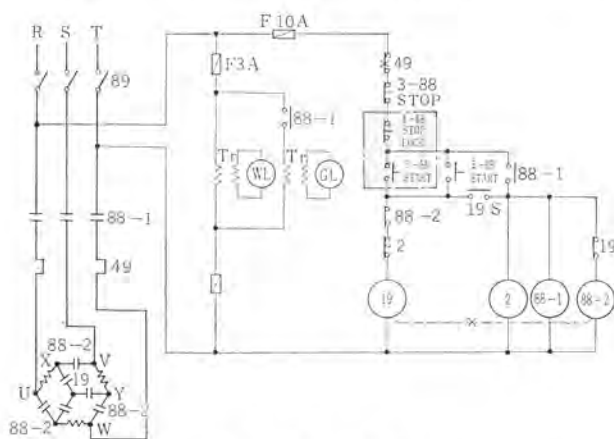


図4.8 E形起動器標準接続
Fig. 4.8 Connection diagram of type E starter.

線に印加される電圧は $(V_L/\sqrt{3})$ であり電流 (I_r) は、

$$I_r = \frac{E_s}{\sqrt{3} Z_M}$$

である。もし最初から△結線で起動すれば電流 (I_d) は

$$I_d = \sqrt{3} \frac{E_s}{Z_M}$$

であり Y-△起動したため

$$\frac{I_r}{I_d} = \frac{1}{3}$$

に減少する トルク は電圧の2乗に比例するので、

$$\frac{T_r}{T_d} = \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2 = \frac{1}{3}$$

である。したがって Y-△起動は電動機起動トルクが $1/3$ に減少しても負荷を起動できる場合に採用する。主として油圧ポンプ用起動器の適用が多い。当社の標準接続を図4.8に示す。

5. 構造区分による起動器

起動機を単独形にするか集合式にするかは船内配置と集中制御の有無により決定される。単独起動器は主として機側に設けられ壁掛防滴形である。集合起動器は集中制御を行い操作と監視の便を計っており、各用途または室ごとにまとめた形式としており、まとめる起動器の数によって壁掛防滴、床置防滴のいずれかに決定される。単独および集合形の比較は表5.1参照のこと。

5.1 単独起動器

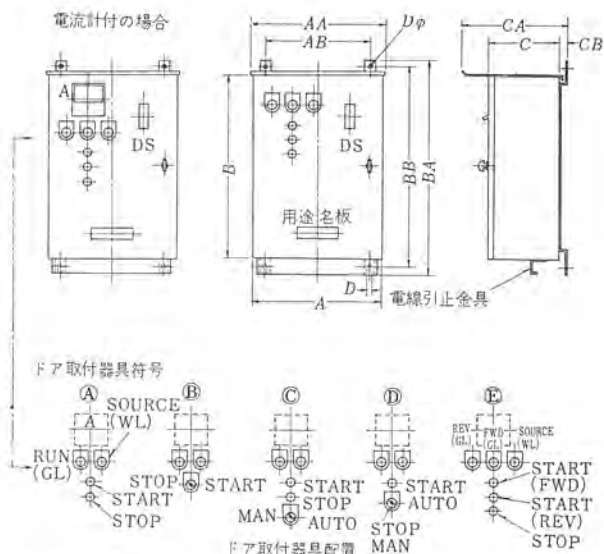
単独起動器の外観を図5.1に示す。

表5.1 起動器比較一覧

区 分	単 相 起 動 器	集 合 起 動 器
機 能	各用途ごとに単独起動機にまとめたもので主として補機機側に設置される	集中制御を目的としたものである各起動器をユニットに収納し、それらの組み合わせにより構成される
部 品	主要機械部品は電源開閉器、電磁接触器、過電流継電器、操作押しボタンスイッチ、表示灯類を使用する	主要部品は、ノーヒューズシャ断器、電磁接触器、過電流継電器、操作押しボタンスイッチ、表示灯類を収納する
保 護	ノーヒューズシャ断器は使用しないのでケーブルの保護は行なわない モータの過負荷保護は過電流継電器により行なう	ノーヒューズシャ断器によりケーブルの保護ができるモータの過負荷保護は過電流継電器により行なう ノーヒューズシャ断器と、過電流継電器の保護協調が十分行なえる
据 付	ジカ入起動器およびスターデルタ起動器は壁掛形とする 補償起動による減圧起動器は床置形を標準とする	まとめるユニットの数により壁掛形、床置形に区分され、さらに設置場所により片面形、両面形の形式がある

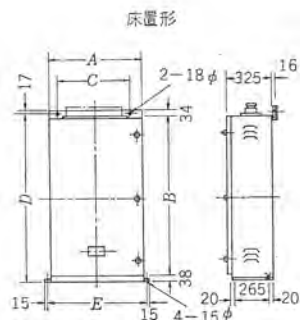


図5.1 単独起動器
Fig. 5.1 Individual starter.



ケース サイズ	変 化 寸 法										最大モータ容量 (440V)
	A	AA	AB	B	BA	BB	C	CA	CB	D	
12 号	260	270	200	445	510	480	122	198	21	11	11kW
22 号	310	320	250	445	510	480	172	248	21	11	11kW (可逆)
32 号	340	350	250	655	740	700	202	285	30	15	30kW
42 号	420	430	300	915	1,000	960	252	355	30	15	75kW
52 号											

図5.2 単独起動器外形(壁掛形)
Fig. 5.2 Outline of wall mounting type individual starters.



Box. No.	A	B	C	D	E	Approx WT (Kg)
10	700	1,250	560	1,305	736	245
20	700	1,400	560	1,455	736	300
30	750	1,550	600	1,605	786	370

図 5.3 単独起動器外形 (床置形)
Fig 5.3 Outline of the floor mounting individual starter.

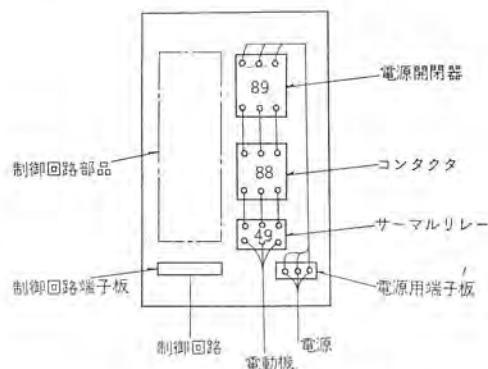


図 5.4 単独起動器ケーブル引込み
Fig 5.4 Cable coaming.

表 5.2 ケーブルと圧着端子

外部ケーブル断面積	T E 端 子	圧 着 端 子
1.25mm ²	TE-2	2-3.5
2.0		
3.5	TE-5.5	2-4
5.5		5.5-4
8	TE-8	8-5
14		14-6
22	TE-22	22-6
30		30-8
38	TE-60	38-8
50		50-8
60	TE-100	60-8
80		80-1/2
100	TE-200	100-1/2
125		125-3/8
150	TE-200	150-3/8
200		200-3/8

表 5.3 コーミングと端子間距離

ゲ ー ブ ル	コーミングと端子間距離
TBYC-1.25	50
TRYC-2.0	"
3.5	60
5.5	"
8	"
14	70
22	100
30	110
38	"
50	"
60	"
80	"
100	"

(1) 外形寸法

外形は標準シリーズとして壁掛形5種類、床置形3種類に集約している。外形寸法は図 5.2 および図 5.3 に示すとおりである。トビラ 取付部品も標準化し外形図 ドア 取付器具配置に示すとおりのものである。

(2) 温度上昇

通風窓は設けていないが、器内消費電力が少なく箱内温度上昇はわずかなため、過酷な周囲条件でも高性能が発揮できる。

(3) ヒンジおよび締付具

トビラ ヒンジは左ヒンジを標準とする。

トビラ 締付けにはイカリ (錨) 形 ハンドル を使用しているので簡単に トビラ の締付けができる。

(4) ケーブル引込み

壁掛形はケーブル引込み下部で JEMR-2010 による コーミング方式を標準とする。電源側は端子盤を設けるが、負荷側端子盤は設けず過電流継電器の端子に直接接続する方式とする。

床置形はケーブル引込み上部で JISF 8801 による 電線貫通金物を使用している。ケーブル引込み要領は図 5.4 に示す。

(5) 外部端子

外部端子は圧着端子を使用し適用は表 5.2 のとおりとする。

(6) ケーブルサイズと端子盤間距離

外部ケーブルに適合した コーミング と端子盤間の距離は 表 5.3 の寸法以上としケーブル装を容易にしている。

5.2 集合起動器

(1) 種 類

集合起動器には次の3種類がある。

片面形式 (S形)

両面形式 (D形)

壁掛形式 (W形)

片面形式 S形、両面形式 D 形ともユニットは固定式であるがノーヒューズブレーカーのみは電源母線を活かしたまま引抜き、取換えができる。または取付器具はすべて前面から保守点検ができる。両面形集合起動器の外観を図 5.5 および図 5.6 に示す。

(2) 機械的構造

(a) 図 5.7 に示すように S 形 D 形ともにキャビネットは箱のよすみにアングルを立てた構成でキャビネット間は側板によりお



図 5.5 両面形集合起動器
Fig. 5.5 Type D group starter panel.



図 5.6 両面形集合起動器
Fig. 5.6 Type D group starter panel.

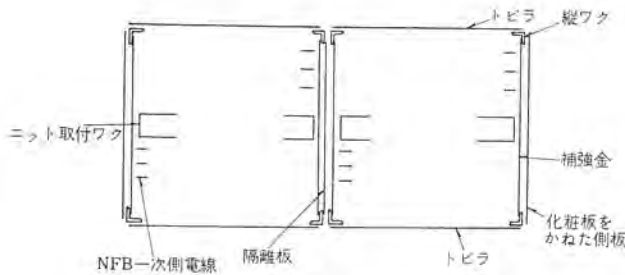


図 5.7 S 形および D 形集合起動器断面
Fig. 5.7 Construction of group starter panel.

のおのが閉鎖された箱になっている。また上下ユニット間はユニット仕切板により区分されている。D 形は前背面ともドアを設け、S 形では前面のみドアを設け背面は開放とする。

(b) 屋根板

屋根板は防滴ヒサシを設け照明灯を設置できる。コントロールルームに設定する場合にはヒサシはのぞく。ドアは右ヒンジとしドア締付ネジにより締付けられている。

(c) 取付足

床置形の場合は底部アングルに取付用穴を設けており上方にもささえ用取付穴を設けている。壁掛形の場合は横方向に取付足を設けている。

(d) 通風

パネル上下部分に通風用抜穴を設けている。

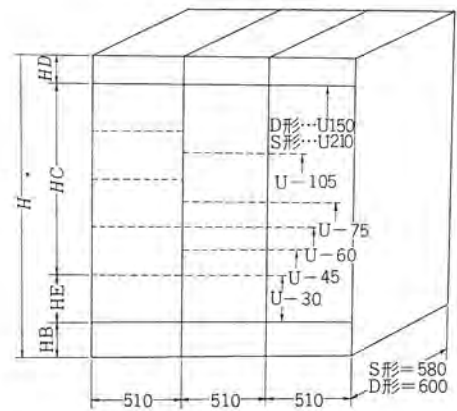
(e) ツリ金具

床置形はショッピングユニットごとにパネル側面に着脱自在なツリ上げ用金具を取付けられる。壁掛形は取付足を利用してツリ上げる。

(3) 片面形式 (S 形) および両面形式 (D 形)

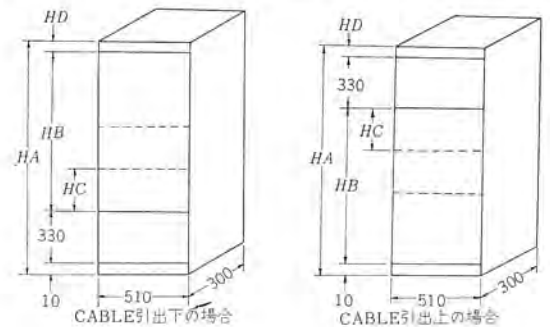
図 5.8 のごとく、パネル高さは 2,250 (屋根を含む) であり、照明灯付の場合 D 形は 2,250、S 形は 2,300 となる。(チャンネルベース付の場合は 50 高くなる) ユニット種類は W-30, 45, 60, 75, 105, 150, 210, 300 の 8 種類あり 1 面のユニット収納寸法は図 5.8 HE 寸法が D 形では 1,500 S 形では 2,100 となり、1 面は各ユニット寸法の和をもって構成される。すなわち各ユニットの HE 寸法の和が D 形では 1,500、S 形では 2,100 になれば 1 面が構成される。片面形 (S 形) の場合背面は開放とする。

(4) 壁掛形式 (W 形)



ユニット 形名	ユニット数/面		外形寸法					
	S 形	D 形	H	HB		HD		HE
U-30	7	5	2,250	100	500	50	250	300
U-45	4+()	3+()	*	*	*	*	*	450
U-60	3+()	2+()	*	*	*	*	*	600
U-75	2+()	2	*	*	*	*	*	750
U-105	2	1+()	*	*	*	*	*	1,050
U-150	1+()	1	*	*	*	*	*	1,500
U-210	1		*	*	*	*	*	2,100
U-300	1/2	1/2	*	*	*	*	*	1,500× 2面

図 5.8 S 形、D 形集合起動器寸法
Fig. 5.8 Outline of type S and D group starter panel.



ユニット名称	HC	HA
U-30	300	U-75収納=1,100
U-45	450	U-90 * =1,250
U-60	600	U-150 * =1,400
U-75	750	U-120 * =1,550
U-105	1,050	U-135 * =1,700
U-150	1,500	U-150 * =1,850

図 5.9 W 形集合起動器寸法
Fig. 5.9 Outline of type W group starter panel.

比較的台数の少ない場合小容量機の場合に適用する。パネルサイズは S 形、D 形と同寸法を使用し、台数、容量によりユニット HC の組み合わせを基本として高さ HA を自由に決定することができる。W 形のユニット取付寸法を図 5.9 に示す。

(5) 電源母線

電源母線は次のとおり配置している。

(a) 片面形式 S 形は図 5.10 に示すとおりキャビネット背面を利用して母線を最大限 4 組まで装備できる。

(b) 両面形式 D 形は図 5.11 に示すとおりキャビネット上部に母線を設置しており、寸法の関係上母線は 2 組のみとなる。ただし限定したパネルのみ第 3 組の母線から供給するユニットを組み込めば、3 組の母線を使用することもできる。

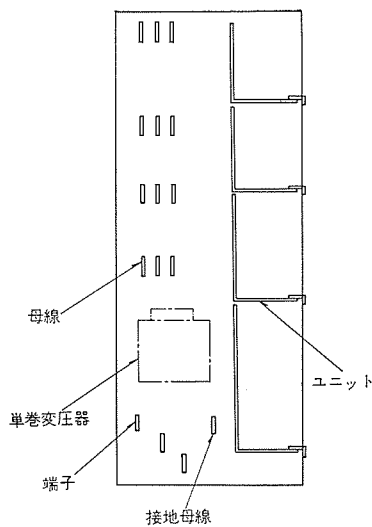


図 5.10 片面形 (S 形) 集合起動器母線配置
Fig. 5.10 Bus-bar arrangement.

表 5.4 母線定格電流とサイズ

母線連続電流 (A)	母線サイズ
250	3×25
500	4×36
600	4.5×45
750	6×50
1,100	6×75
1,400	6×100

表 5.5 母線定格短時間電流

定格短時間電流 (A)	最大波高値 (A)
5,000	10,000
10,000	20,000
15,000	33,000
20,000	44,000
30,000	69,000
40,000	92,000

表 5.6 母線定格電流に対する接地母線サイズ

母線の定格電流 (A)	接地母線の太さ (mm×mm)
250	3×13
500	"
600	"
750	3×16
1,100	4×20
1,400	"

(6) 母線容量

母線定格電流は連続最大電流 (実効値) をいい母線および接続導体の温度上昇を 45°C とした場合の定格電流値を表 5.4 に示す。

(a) 連続使用のものはモータの最大全負荷以上の大きさとする。

(b) 短時間定格のモータはモータの定格時間、その最大電流を流すのに十分な大きさとする。

(c) 断続使用のモータはモータの起動電流とそのヒン度から決める。

(d) 給電母線は給電回路の定格電流合計の75%の電流を流す大きさとする。ただし単一負荷回路または連続使用の一群の機器に給電する場合はその定格全負荷電流の合計を流すに十分な大きさとする。

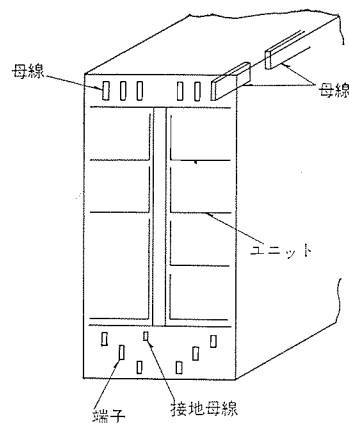


図 5.11 両面形 (W 形) 集合起動器母線配置
Fig. 5.11 Bus-bar arrangement.

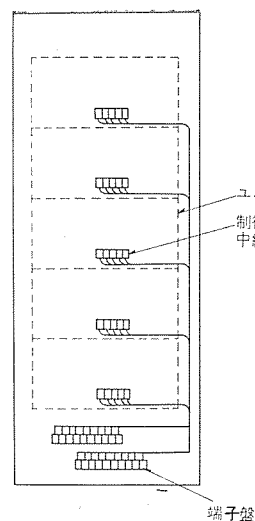


図 5.12 集合起動器端子盤配列
Fig. 5.12 Terminal arrangement.

表 5.7 EMS, EDS 起動器定格と種類

形式	定格	断路器	電磁接触器	サーマルリレー	電流計	表示灯	ヒューズ
EMS-15	200-220V 3.7kW		M-15B	TR-15			
-15-1	400-550V 5.5kW		M-15B	TR-15	1		
-15-6			M-15B	TR-15		1	2
EMS-35	200-220V 7.5kW		M-35C	TR-35B			
-35-1	400-550V 11kW		M-35C	TR-35B	1		
-35-6			M-35C	TR-35B		1	2
EDS-15	200-220V 3.7kW	1	M-15B	TR-15			
-15-1	400-550V 5.5kW	1	M-15B	TR-15	1		
-15-2		1	M-15B	TR-15		1	2
-15-6		1	M-15B	TR-15		1	2
EDS-35		1	M-35C	TR-35C			
-35-1		1	M-35C	TR-35C	1		
-35-2		1	M-35C	TR-35C	1	1	2
-35-6		1	M-35C	TR-35C		1	2

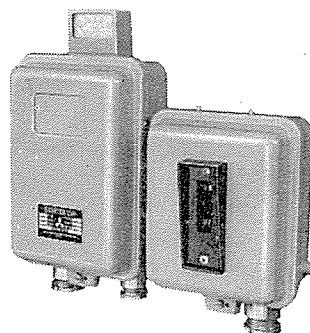


図 5.13 EDS-15-1 形起動器
Fig. 5.13 Type EDS-15-1 starter.

(7) 母線短時間容量

定格短時間電流は設計の基準となる短時間電流を熱的、機械的に損傷なく1秒間通じうる電流 (実効値) をいい、対称分で表わし原則として表 5.5 に示す値とする。

(8) 接地母線

接地母線は図 5.10 および 5.11 に示すように配置している。機械的強度によらず、熱的強度で大きさをきめている。表 5.6 参照。

(9) 端子配列

端子盤の配列は図 5.12 に示す如く、キャビネット下部に設置している。標準としては 100mm² まで圧着端子を使用するがケーブルの大きいものは必要に応じ圧着端子または NS 端子を使用することもできる。補助回路のみは各ユニットに中継端子を準備している壁掛形の場合、キャビネットの下方よりコーミングで引込むのを原則とする。



図 5.14 OU-120-DH 押し
ボタンスイッチ
Fig. 5.14 Type OU-120-DH
push button switch.

5.3 EMS 形および EDS 形起動器

EMS, EDS 形起動器は単独起動器の変形ともいべき形式のもので電磁開閉器箱、電流計、表示灯箱、電源開閉器箱および操作スイッチ箱を用途、設置場所に適合するように組み合わせたものでその定格と種類を図 5.7 に示す。EDS-15-1 の外観を図 5.13 に示す。

(1) EMS 形船用起動器は防滴構造のケースに、電磁接触器と過負荷継電器（熱動過電流継電器）をコンパクトに組んだものであり、押しボタンスイッチ、リミットスイッチなどと組み合わせて電磁接触器を開閉する非可逆式の三相誘導電動機の 3 相起動器として広範囲の用途に使用できる。

特長としてはディスプレイを具備せず、極力小形にまとめた標準品という点であり、これを生かし従来のように断路装置の二重設置の不経済を排除するため、分電盤、区電盤との距離を勘案して本器を設置し、操作機側に押しボタンスイッチ（停止ロック付も製作可）を設置することにより船内機器の簡易化を計ったものである。また EMS 形船用起動器は電流計あるいは運転表示灯を設置することができるので、用途によって組合わせを選択でき、広範囲に使用できる。

(2) EDS 形船用起動器

EDS 形船用起動器は、上述の EMS 形起動器とシー断器を組み合わせたもので、分電盤と区電盤との距離が比較的長い船用補機用電動機の起動器として最適である。また電流計、運転表示灯を装備できる。

(3) OU-120-DH 形押しボタンスイッチ

OU-120-DH 形押しボタンスイッチは、前述の EMS, EDS 形を含むすべての船用起動器の操作スイッチとして使用するもので正逆、起動停止のほか、切換選択スイッチなどを用いることにより広範囲の制御に適用できる。図 5.14 参照。

6. 使用器具

起動器制御器具を表 6.1 に示す。いずれも当社の長年の経験と新しい技術により製作したもので回路の完全な保護、操作の安全性がえられる。

表 6.1 起動器使用部品一覧

部品名	形名	部品名	形名
電源スイッチ	KN-30A スイッチ	電磁開閉器	M 形
	KN-50A "		N 形
	KN-100A "	サーマルリレー	TR 形
	KN-250A "	補助リレー	MR 形
	ES-405 "	ラッチリレー	MR-L 形
	ES-605 "	タイムリレー	AM 形
ノーヒューズ シー断器	NF-50B 形	押しボタンスイッチ	BTM-110 形
	NF-60B 形		BTM-120.4 形
	NF-100B 形	切換スイッチ	OU 形
	NF-225G 形	電流計	YS-8 形
	NF-400 形	変流器	CW-5C 形
	NF-600 形	表示灯	PLL 形
		電球	TE-12 18V 2W
		ヒューズ	NCI 形

6.1 電磁接触器および熱動過電流継電器

(1) 電磁接触器および熱動過電流継電器については「三菱電機技報」Vol. 38, No. 7, 1964 新形電磁開閉器で詳述されている。電磁開閉器の性能は JISA 級 1 種 1 号を上回る特性であり、接点の開閉およびシー断電流容量は定格容量の 10 倍であり、また過電流継電器は電動機の三相および単相による拘束ならびに過負荷によって生ずる電動機巻線の過熱を防止するための保護装置で、いずれの場合も短絡保護の能力はない。短絡保護は 6.3 節に述べるノーヒューズシー断器により行なう。

(2) 一般に船舶の振動による加速度は 0.5 g 以下といわれさらに当社における実測結果でも 0.5g 以下の値である。M 形コンタクタおよび TR 形サーマルリレーは各種振動試験に対しても次のとおり完全な性能を発揮しており、加速度 1 g に対しても誤動作しないことを保証している。

(a) 振動数 10~50c/s (600~3,000c/m) 加速度 1 g 一定とし前後、左右、上下 3 方向に加振し共振点なし。

(b) 振動数 16.7c/s (1,000c/m) 複振幅 4 mm 約 2 g で 3 方向各 1 時間加振し試験中に接点のオドリなどの誤動作なし。

(c) 振動数 6~30c/s 複振幅 2 mm 一定で振動数変化は 1 往復 24 分 3 方向各 1 時間加振し試験中および試験後とも異常なし。

(d) 振動試験前後の特性は振動によるキレツ変形破損または締付ネジのユルミなど異常なし。動作特性は定格電圧の 80% でうなりはなく、最低吸引、最高落下電圧は規格内にはいり振動試験前の特性と変化はない。

TR 形サーマルリレーも接点オドリおよびトリップなどの誤動作はなく試験後における外観、構造および動作特性の変化はない。

(3) 船用起動器は一般に箱外周囲温度 45°C または 50°C 以下で電動機起動電流が約 600% 以下起動時間が約 5 秒以下のあらゆる用途に適用できる。熱動過電流継電器には TR 形サーマルリレーを用いており二相または三相にヒータエレメントを装備できる。このサーマルリレーは周囲温度補償付であり、補正率を図 6.1 に示す。E 種モータ回転子拘束時におけるサーマルリレーの保護特性を図 6.2 に示す。とくに起動電流の全負荷電流に対する倍率が大きい電動機や起動時間が長い電動機用には熱動過電流継電器のヒータに並列に小形飽和リアクトルを付加して過大電流を分流させ起動時の誤動作を防止することができる。これによって過大電流によるヒータの溶断を少なくできる利点もある。

この飽和リアクトルは実用新案第 286942 号のもので当社製品にのみ使用できるもので原理特性を次に述べる。

飽和リアクトルは鉄心を有するリアクトルで鉄心を磁気飽和によるリアクトルのリアクタンス変化を利用したものである。

図 6.3 に接続を図 6.4, 6.5, 6.6 にその特性を示す。

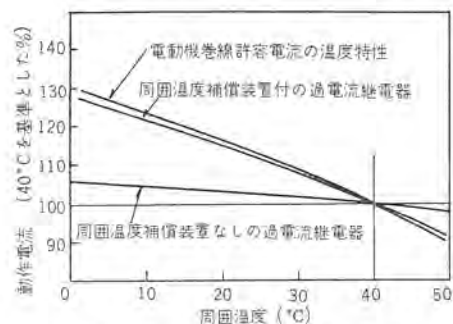


図 6.1 周囲温度補正曲線

Fig. 6.1 Calibration curves of ambient temperature.

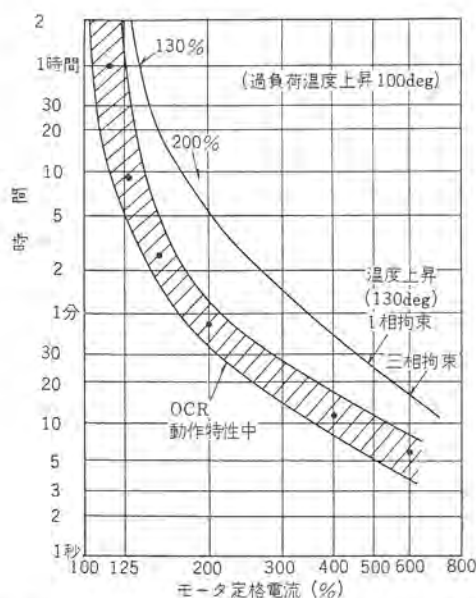


図 6.2 E 種モータの熱特性と TR 形サーマルリレーの動作特性
Fig. 6.2 Characteristic curves of thermal overcurrent relay and thermal characteristic of type SB-A induction motor.

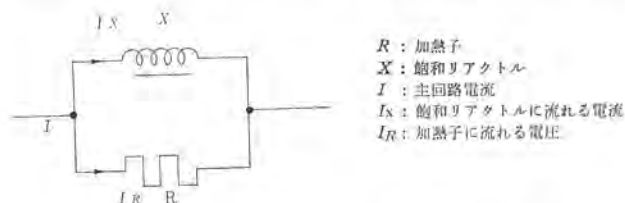


図 6.3 過電流継電器加熱子と飽和リアクトル接続
Fig. 6.3 Connection diagram of saturating reactor.

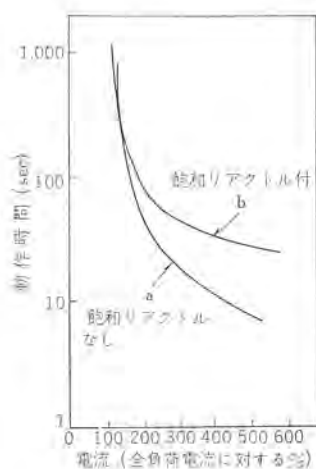


図 6.4 過電流継電器動作特性曲線
Fig. 6.4 Characteristic curves of thermal over-current relay with saturating reactor.

電動機主回路に流れる電流 (I) は飽和リアクトルに流れる電流 (I_X) と加熱子に流れる (I_R) に分流する。全負荷電流付近では飽和リアクトルのリアクタンス分を加熱子の抵抗の数倍に設計し飽和リアクトルに分流する電流をわずかにしている。主回路電流 (I) が全負荷電流の 3 倍程度になると飽和リアクトルの鉄心を飽和させそのリアクタンスは加熱子の抵抗値に比べて小さくなり (I) の大半が飽和リアクトルに分流するので長時間起動にも動作しない特性を与えることができる。飽和リアクトル (X)、加熱子抵抗 (R) の両端に加わる電圧を (E) とすると (E) に対する (I_X)、(I_R) の特性は図 6.5 の如くなりさらに (I) に対する (I_X)、(I_R) の変化

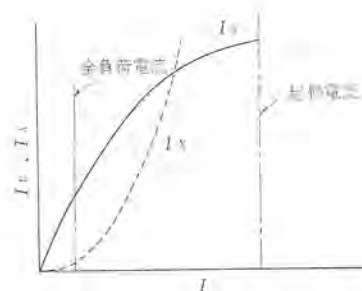


図 6.6 飽和リアクトル電流特性
Fig. 6.6 Current characteristic curves of saturating reactor.

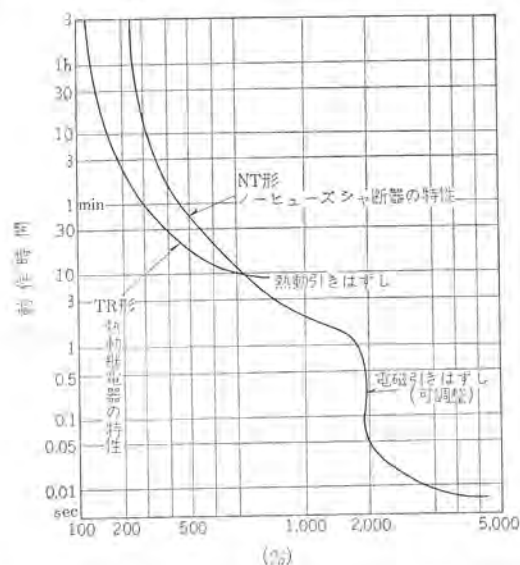


図 6.7 ノーヒューズシャ断器と電磁開閉器の組合せ動作特性曲線
Fig. 6.7 Operation characteristic coordination of thermal overcurrent relay and no fuse breaker.

は図 6.6 に示すとおりである。

6.2 ノーヒューズシャ断器と電磁開閉器の協調

船用カゴ形誘導電動機のシタ入れ起動用として使用する EMO 形電磁開閉器はその開閉部の閉路およびシタ断電流容量が定格容量の 10 倍が限界である。したがってその限界をこえる故障電流は電磁開閉器で安全にシタ断することができないので十分なシタ断容量をもつ NF 形ノーヒューズシャ断器でシタ断することが必要である。

NF 形ノーヒューズシャ断器と EMO 形電磁開閉器を組み合わせた場合は図 6.7 に示すごとく、電動機の起動電流をこえ、全負荷電流の 10 倍以下の範囲で過電流継電器の動作曲線とシタ断器の動作曲線とが交差する最も理想的な協調した保護特性としている。すなわち電動機の過負荷は EMO 形電磁開閉器の TR 形熱過電流継電器によって保護し、回路の保護はノーヒューズシャ断器の熱動引きはずし、電磁引きはずしによって行なうように選定して、あらゆる故障電流を安全に保護するようにしている。

6.3 NF 形トライバックシャ断器

NF 形トライバックシャ断器は NF ノーヒューズシャ断器に独特の限流ヒューズを装備させたもので、そのシタ断容量は 100kA (非)、82kA (対称値) という画期的なものである。

(1) 大形電力設備でノーヒューズシャ断器のシタ断容量以上を要求される場合のシタ断器として集合起動器に装備することができ、NF 形ノーヒューズシャ断器のシタ断特性と NF 形限流ヒューズの溶断特性を完全に協調させており、いかなる過負荷、短絡電流からも

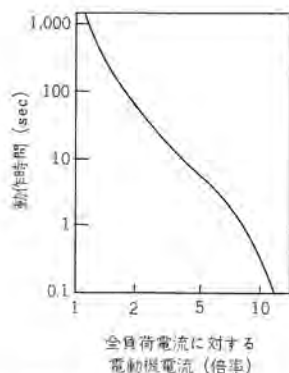


図 6.8 BM-M 形 モータ
ブレーカ 動作特性曲線
Fig. 6.8 Operation character-
istic curves of type BM-M
motor breaker.

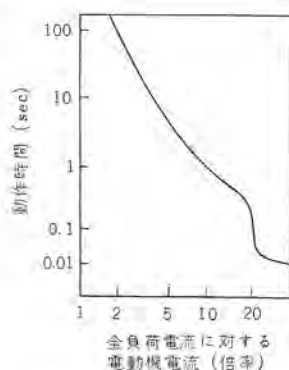


図 6.9 NF-50A 形 モータ
ブレーカ 動作特性曲線
Fig. 6.9 Operation character-
istic curves of type NF-50A
motor breaker.

回路を確実に保護することができる。

(2) 単相運転の防止

短絡事故時に限流ヒューズが3個とも動作するとは限らないがこのトライバックシャ断器ではいずれのヒューズが動作しても確実にシャ断器を開路するので欠相のおそれはなく、単相運転を防止することができる。

(3) 安全性

トライバックシャ断器はヒューズが溶断したまま再投入できないように、またヒューズを取換えの際に危険のないよう次の安全装置を備えている。

(a) 溶断したヒューズが残っているとシャ断器は投入できない。

(b) ヒューズ取換えのためにヒューズボックスを開けるとシャ断器は自動的に開路する。

6.4 モータブレーカ

BM 形および NFM 形 モータブレーカはノーヒューズシャ断器本来の保護特性のほか電動機の過負荷ならびに拘束時の保護もできる特性をもったもので周囲温度 45°C または 50°C における電動機の起動電流以下での動作特性が TR 形熱動過電流継電器の特性に近似したものである。すなわち誘導電動機のジカ入れ起動と過負荷保護およびその分岐回路の保護を1個のノーヒューズシャ断器で行なうものである。図 6.8, 6.9 にモータブレーカ動作特性曲線を示す。

(1) 電動操作機構が取付けられるので回路保護装置の遠方制御が可能である。

(2) 過負荷ならびに拘束保護特性が TR 形熱動過電流継電器と近似のため EMO 形電磁開閉器が不用となり経済的である。

(3) オイルダッシュポット式電磁引きはずし機構であるため周囲温度による動作時間の変動があり、ホットスタート時の動作が若干早くなる。したがって モータブレーカ はひんぱんに起動停止を繰り返すような用途や起動時間の長い用途には不適当である。

7. 最近の特殊制御

船舶の自動化促進に伴い機関系統制御の集中化と相互インタロックがはかられ最近の実績として三菱重工長崎造船建造 S No. 16 03 “WASHINGTON GETTY” 号に採用した例では次のとおりである。

(1) 主要補機起動器はすべて集中起動器盤 (D 形) にまとめエンジンルームコントロールコンソールからリモートコントロールおよび監視ができるようにしている。主要補機には次のものがある。

- (a) 電動駆動主潤滑油ポンプ
- (b) 制御用油 サービスポンプ
- (c) 主循環水ポンプ
- (d) 主復水ポンプ
- (e) 燃料油 サービスポンプ (ボイラ操縦台から)
- (f) 強圧送風機 (ボイラ操縦台から)
- (g) ドレーン移送ポンプ
- (h) 制御室用空気圧縮機
- (i) 海水 サービスポンプ
- (j) 大気圧式復水循環ポンプ
- (k) ガスエアーヒーター駆動電動機 (ボイラ操縦台から)
- (l) 操タ装置用電動機
- (m) 主回転装置

(2) 次の主要補機はそれぞれ2台あるが、1台がなんらかの原因で故障し停止すれば、他方の補機を自動的に起動させる。

- (a) 電動駆動主潤滑油ポンプ
- (b) 主復水ポンプ
- (c) ドレーン移送ポンプ
- (d) 制御用油 サービスポンプ
- (e) 燃料油 サービスポンプ

(3) 強圧送風機および燃料油 サービスポンプの自動速度切換強圧送風機および燃料油 サービスポンプはボイラの自動燃焼制御装置と関連して自動的に速度変換を行なう。

なお制御室のボイラ操縦台から手動でも速度変換を行なうことができる。

(4) 制御用および一般用空気圧縮機の自動発停

それぞれの空気タンクの圧力を一定の範囲に保持するため、自動的に発停させている。

(5) 燃料油移送ポンプ自動停止

燃料油の移送時にセッティングタンクの油面が所定のレベルに達したらポンプを自動的に停止させる。

8. む す び

最近の船用起動器は船舶の自動化とともに複雑多岐となっており、またこれに使用する器具類の小形化、特性の改善、信頼度の向上は自動化の進むにつれてますます要望される。さらにこれらを選択するのに十分な種類の増加、低価格品の出現が要求される。

本文では主として機関室補機用起動器の現在当社で製作している標準シリーズについてその構成、性能、適用などについて紹介した。このほかに甲板補機制御装置についても荷役効率の向上、自動化の大幅な採用により船用電動機制御としては今後さらに新しい発展がみられる分野であるがこの項については次の機会にゆずる。おわりにこれらの起動器標準シリーズ採用に対して種々ご指導をいただいた三菱重工株式会社関係者各位に深く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 宇佐見：新形電磁起動器「三菱電機技報」38, No. 7, 1964 (昭37)
- (2) 三菱重工長崎造船所造船設計部：“MTP” タービン 第1号機トウ載の“WASHINGTON GETTY”号について、船舶 39, No. 2, (昭41)

船用主機遠隔操縦装置

山地正城*・鶴 史 雄*

Remote Control Systems of Marine Main Engines

Nagasaki Works

Masamura YAMAJI・Fumio TSURU

Centralized remote control of the main marine engines is going on increasingly. In doing so, the interior mechanism is left unchanged to permit operation at the site if occasions demand. The remote control, mostly done at the bridge or the central control room, is of two major kinds of a manual and an automatic operation. The manual operation takes care of the start, stop, ahead, astern and all allied functions with levers and switches. The automatic one is to accomplish the above control by one touch of a control dial and obtaining the full programmig operation of appropriate devices, which comprise mechanical, electrical, hydraulic, pneumatic and their combination. Their selection shall be made through careful studies of their relative merits and demerits.

1. ま え が き

現在、船舶とくにその機関部の集中遠隔制御、自動化が盛んに行なわれている。これは、その一環として船舶の主機関であるタービンまたはディーゼル機関の遠隔操縦装置に関するものである。

主機の遠隔操縦の方法としては、機側にある主機操縦装置はそのまま残し、船橋または中央制御室から遠隔操作を行なう形がとられている。

この方法では、機関の内部機構は従来とほとんど変わらなく、したがって、万一の場合には従来どおりの機側運転が可能である。遠隔操作方式にも手動式と自動式がある。手動式は主機関の始動・停止・前進・後進切換え・燃油または蒸気調整・速度増減などの操作を運転員の判断により、それぞれのレバー、スイッチなどを操作して行なうものである。これに対し、自動式はワンタッチすなわち回転数を1回設定するだけで、あらかじめ定められたスケジュールにより先に述べた手動式の場合の各種操作を完全に自動化したものである。この場合、推進補機の運転や各種タンク液面の確認、エンジン始動前のスタンバイ条件、主機関ターニング装置のカン（嵌）脱、潤滑油圧力などは始動インタロックとして組み込まれている。

一言に遠隔制御といっても、この方式には機械式・電気式・油

圧式・空気式あるいはこれらを混用したものがあるが、それぞれ特長を有しているのでどれを採用し、またどのように組み合わせるか、その制御系の成否のカギと考えられ、非常に重要なことである。すなわち制御の様式、主機関の種類、形式に応じて、要求される構造・機能・出力・速度さらには保守・経済性などのあらゆる面から検討し、最も適合した方式を採用しなければならない。

この文では遠隔制御方式全般に関してその考え方、手法を述べるとともに、各手法の比較、さらにその実際例として高度に自動化された遠隔操縦装置について説明する。

2. 操 縦 様 式

エンジンルーム（機関室）から操縦する、ホイールハウス（操縦室）から操縦する場合、さらにウイングから操縦する場合、といろいろの様式がある。



図 1.1 三菱重工製 MTP タービンプラントをとう載した
“WASHINGTON GETTY 号”
(タービンリモートコントロール装置装備)

Fig. 1.1 “S.S. WASHINGTON GETTY” full automatic
ship control with Mitsubishi “MTP” marine turbine
plant.

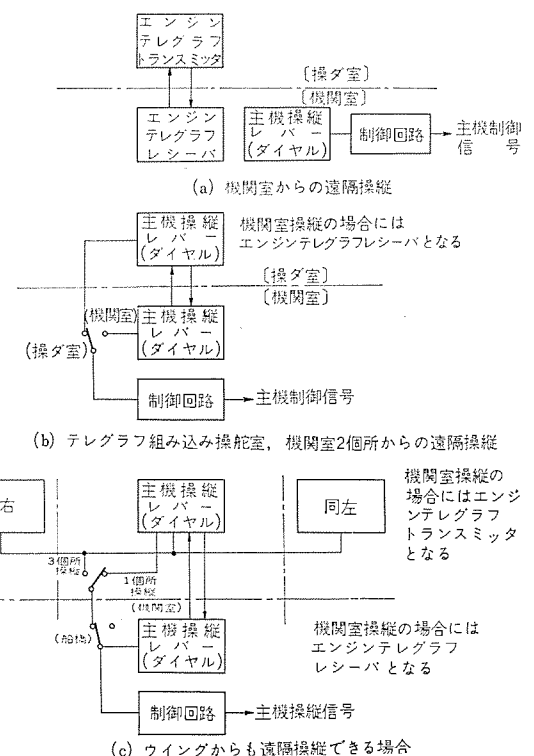


図 2.1 主機遠隔操縦系

Fig. 2.1 Main engine remote control system.

エンジンルームでは、主機操縦用機器は中央制御室に機関各部の諸計器、コントローラと並べて配置され、機関全般の状態を十分監視しながら制御できる。この場合、機関員はエンジンレグラフ(船の運転指令および操船方向指令権のある操縦室と機関室との連絡をする装置)により運転指令を受信確認して主機を操縦する。エンジンレグラフには機械式、セルシ式、押ボタン式と各種あり、これは遠隔操縦機器に深い関係がある。したがってエンジンレグラフの方式も遠隔操作方式により選定される。

ホイールハウスにはエンジンレグラフのみ設置される場合・エンジンレグラフが直接主機を操縦できる場合・エンジンレグラフと主機操縦器が別々にある場合の3種類に大別される。出入港時、運河、海峡運転時などひんばんな操船時はホイールハウスで直接主機を操縦できれば、正確かつじん速な操船ができ、便利である。さらにそれを便利にするために、両ウイングにも操縦器を置く場合がある。この場合、機関室も入れると4箇所から主機を遠隔操縦することになり、制御系はやや複雑になる。

3. 遠隔制御方式

3.1 速度制御系

遠隔制御の中核をなすものは、推進ラローラの回転数制御である。ディーゼル機関では燃料弁の開度、タービンでは蒸気弁の開度を制御するのが通例であり、最終段にはウッドワードガバナなど速度ガバナが機側に設けられている。

したがって、このガバナの調整を遠隔から行なうことにより回転数制御が可能になる。ガバナを調整、駆動するものが電気であるか・油圧であるか・空気圧であるかにより電気式・油圧式・電気油圧式などに分類される。ガバナを駆動させるアクチュエータの種類により、制御系はもちろん異なるが、その種類によらず制御概念から制御系を分類すれば図3.1のようになる。

(a)はガバナ駆動系にフィードバックを持たない場合であり、系としては一番簡単であるが空気式以外の場合連続制御が困難である。(b)は回転数をフィードバック量としている点は理想的であるが主機の特性上、このような系を組むことは困難である。

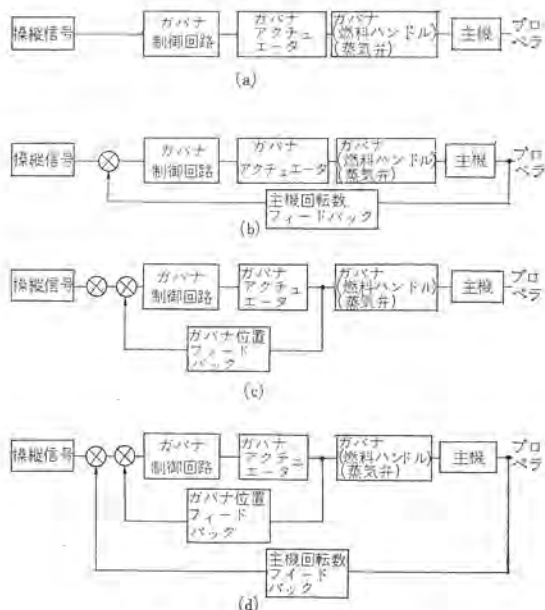


図 3.1 速度制御系
Fig. 3.1 Speed control system.

(c)は最も普通に用いられている系であり、(b)の系に積分要素を入れて補償した制御系とも考えられる。

(d)は(c)の系において系の速応性を大きくすることを目的とした系であり、制御系としては(c)と同一と考えてよい。

3.2 アクチュエータ

アクチュエータを駆動する信号と動力には油圧、空気圧および電気が用いられている。信号としては、電気が最も多く使用されている。これは電気が伝搬速度の速いこと、シーケンス動作、複雑インターロック条件が容易に組み込めることなどから、遠隔信号伝達に最も適しているからである。動力としては、短時間に大出力を要する場合には油圧、または空気が多く用いられているが、連続

表 3.1 各種アクチュエータの比較

	電 気	油 圧	空 気
構 造	複雑、モータの減速が必要	普通	簡単
大 き さ	(中)ただし短時間大出力になれば(大)	(小)ただし油圧源付なら(大)	(中)ただし空気源付なら(大)
操 作 力	遅ければ(大)	遅ければ(大)	(中)ただし空気圧には制限がある
信 号	電 気	電 気	空気、電気(電空変換器使用のとき)
伝達遅れ	なし	なし、ただし低圧では油中の空気により(中)	(大)
負荷による安定性	(大)(ウォームギヤ使用による)	(大)(非圧縮性)	(小)
温度による変化	特性の変化	作動油の粘度の変化	ほとんど問題なし
配管配線	簡 単	油圧配管は制限あり戻りライン必要	わりあい簡単、戻りライン不要
保 守	温度、湿度に注意	油漏れに注意 油汚れ作動油の変換	ほとんど不要 ドレン抜き
危 険 性	漏電火花に注意	作動油引火性に注意	破綻に注意
動力源故障時	その位置に固定	蓄圧器使用可 その位置固定も可	蓄圧器使用容易 その位置固定も可

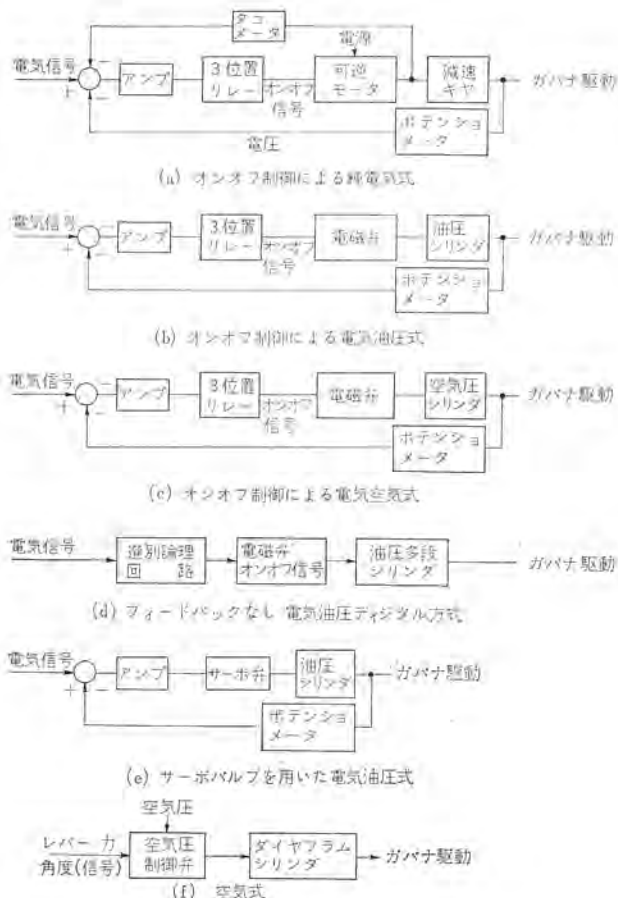


図 3.2 ガバナ駆動方式
Fig. 3.2 Governor control system.

的に出力を変化させる場合には油圧、空気圧のほか継電式も多く用いられている。表 3.1 はアクチュエータを電気、油圧、空気式に分類してその機能を比較したものである。

図 3.2 はガバナ駆動の各方式について、その原理構造をブロック図で示したものである。図 3.3 ~ 3.5 で各場合について詳しく説明する。

3.3 フィードバック（電気信号）のあるオンオフ制御式

図 3.2 (a), (b), (c) は動力が電気、油圧、空気と異なるが信号回路はすべて電気であり、オンオフ制御方式である。

一般にオンオフ制御では図 3.3, 3.4 に示すように、リミットサイクルが発生する場合が多い。そしてリミットサイクルの振幅は L/T が大きいほど大きいと言えよう。

この理由は、リレー切り換えの影響がむだ時間 L のために制御量にただちに現われず、むだ時間分だけ遅れてしまうためである。つまり、制御偏差 ε がリレーのシキイ値 $\Delta \pm h$ に達してからリレーが切り換わるので、図 3.3 に示すように制御量 x の振幅はヒステリシス幅 $2h$ より大きくなり、 L が大きいほどその割合は大きい。リレーオンオフ周期 T_p は目標値 v 、リレーシキイ値 $\Delta \pm h$ 、時定数 T 、むだ時間 L によって決ってしまう。調節パラメータは Δh だけと考えられるから、この Δh を 0 にしても x の振幅は 0 にならず、 L が大きいほど振幅は大きい。しかし、むだ時間 L が 0 になってもリミットサイクルは発生する。もちろんこの場合は、リレーのシキイ値 Δh を小さくすれば x の変動幅は十分小さくできるが、本質的にいって Δh を 0 にすることはできず、したがって図 3.2 (a) に示すようにタコメータフィードバックによって制御を安定化させねばならない。図 3.2 (b), (c) のようにタコメータフィードバックが困難な場合、制御系の安定は図 3.5 に示すように 3 位置リレーのあ

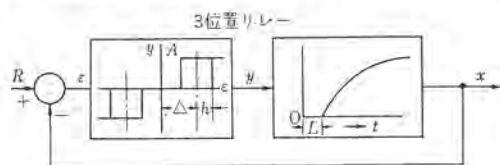


図 3.3 単純なオンオフ制御系
Fig. 3.3 Simple ON-OFF control.

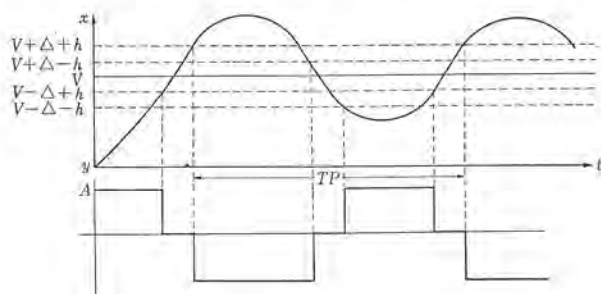


図 3.4 単純なオンオフ制御系（図 3.3）の目標値 V に対するステップ応答

Fig. 3.4 Step response against target value of simple ON-OFF control system.

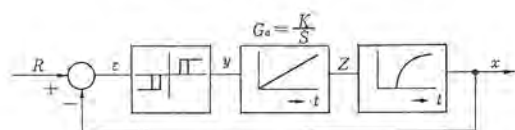


図 3.5 積分要素 G_o のそう入による系の安定化
Fig. 3.5 Stabilized system by the insertion of integral element G_o .

とに積分要素 G_o を入れても安定になる。

積分要素のそう入により、系は安定化することはできるが応答速度は遅くなる。 K を小さくすれば、いくらでも遅くすることができる。

制御系の安定化とは意味が違うが、タービンまたはディーゼル機関を高速回転まで上げる場合、熱による各部のバランスを考慮して、全速指令がでて、全速まで $1 \sim 2$ 時間を必要とする場合がある。とくに船橋からの全自動運転を行なう場合は、適当な場所の温度を検出し、それによって回転数上昇率を自動的に変化させるか、またはある回転数以上では一定の回転数上昇率に押えるか、など保護装置を設けるほうが望ましい。

これは図 3.5 でいえば、積分定数 K を一対数千以上の可変なものにすることによって実現される。

図 3.2 (a) ではモータの減速、(b) では油圧シリンダにはいる流量の絞り、(c) では空気シリンダにはいる流量の絞りを行なうことによって、ある程度の比率積分定数を変化させることができる。モータの減速では、クラッチなどを用いてギヤを切り換えることも考えられるが、機構が複雑になり、それだけ信頼度も減る。油圧または空気の流量の調整は縮小弁弁のような特殊な調整弁を用いないかぎり困難である。

特殊な装置を用いなくても図 3.2 (a), (b), (c) 各場合とも 3 位置リレーのあとに、簡単なインタラプタシステムを入れることにより、すべて解決される。すなわち 3 位置リレーから出た信号をインタラプタにより継続パルスに変換すればよい。

図 3.6 は入力信号を継続的なパルス信号に変換し、それを積分して出力信号とすることにより、等価的に G_o を表わしていることを示したものである。図 3.6 に示すように、出力は精密には階段的になっているが制御対象の時定数を考慮に入れば等価的には、 $Y = Kx$ と見なししてよい。パルス幅 T_1 とパルス幅間隔 T_2 を適当に選ぶことにより、 K は無限の段階に変化させることができる。すなわち、ある意味では変化率の非常に大きい無段変速機構である。

図 3.2 (a), (b), (c) に示す電気、油圧、空気の場合とも、3 位置リレー出力信号は電気信号であり、したがって、各場合と

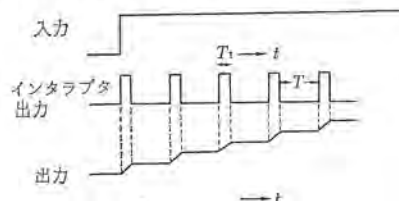
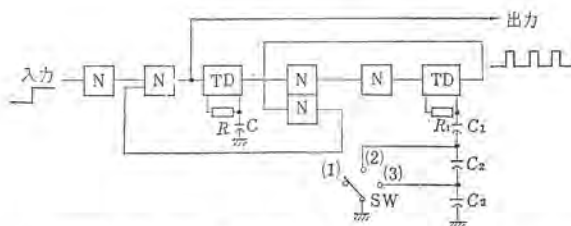


図 3.6 パルス列の積分による積分要素の作成
Fig. 3.6 Formation of integral element by the integration of pulse row.



パルス幅は CR 、パルス間隔は SW (1) の場合 C_3R_1SW (2) の場合 C_1R_1 、 SW (3) の場合 C_2R_1 となる。ただし $C_1 \gg C_2 \gg C_3$ とする。

図 3.7 トランジスタ NOR 回路、CR 回路によるインタラプタ
Fig. 3.7 Interrupter operating on transistor NOR circuit and CR circuit.

も同一形式のインタラプタを積分要素として使用することができる。インタラプタは、トランジスタなど無接点継電器を用いれば、摩耗のない信頼度の高い各種のタイプのものを容易に組むことができる。図 3.7 はトランジスタ NOR 回路を用いたインタラプタの例である。同図において切換スイッチが (1), (2), (3) いずれにあるかにより、コンデンサの静電容量を切り換えてコンデンサの静電容量の比だけパルス間隔を切り換えることができる。たとえば、 C_1 を $1\mu F$ 、 C_2 を $10^2\mu F$ 、 C_3 を $10^4\mu F$ とすれば、パルス間隔すなわち応答速度を $1, 10^2, 10^4$ と切り換えることができる。油圧回路に用いた場合、別の表現をすれば流量を $1/10^4$ まで絞れるといえる。

図 3.8~3.9 は図 3.2 (a), (b), (c) における 3 位置リレーまたは上に述べたインタラプタ 3 回路から先の動力回路、装置について具体的な例を示したものである。

図 3.8 はスイッチング回路にサイリスタを用いた無接点、無シウ動式であり、制御回路も無接点化することにより、制御系全体の寿命、信頼度、保守の点ですぐれたものである。 S_1, S_2, S_3 はサイリスタスイッチであり、上げ偏差信号のときスイッチ、 S_1 と S_2 が ON、下げ信号のとき S_1 と S_3 が ON となる。二相サーボモータは起動トルクが大でオンオフ制御に適している。

モータ方式では、短時間に大出力を出すには大きなモータを用いねばならず、そのような場合には適さない。

図 3.9 はソレノイド制御パイロット操作四方弁を電油変換器とした

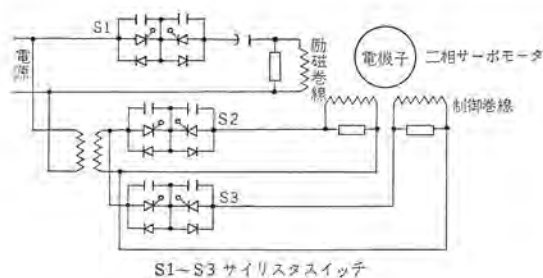


図 3.8 全電気式駆動装置
Fig. 3.8 All electric 2φ servo motor

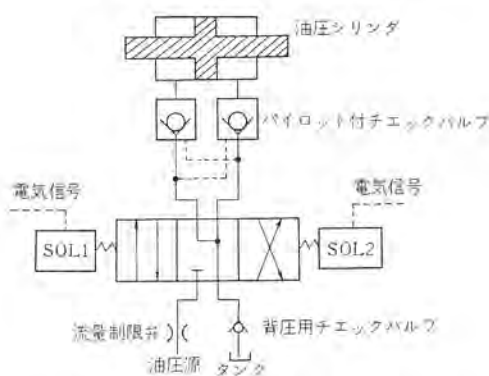


図 3.9 電気油圧式駆動装置(特許申請中)
Fig. 3.9 Electro-hydraulic operator.

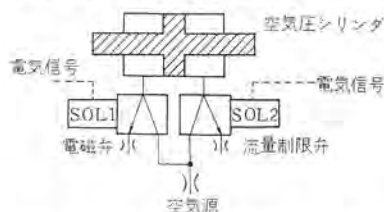


図 3.10 電気空気式駆動装置(特許申請中)
Fig. 3.10 Electro-pneumatic operation.

電気油圧式の場合である。四方弁と油圧シリンダの間の配管が長いと、油の中の空気の影響により図 3.3 で示すむだ時間 L が大きくなり積分定数 K を小さく、すなわち制御系の応答時間を遅くしなければ安定しない。油の中の空気の影響を少なくするためにタンク(油圧0)に帰る前に背圧用のチェックバルブを設け、制御油の油圧を上げればむだ時間は少なくなる。

図 3.10 は原理は図 3.9 と同じであるが、空気は油と異なり圧縮性があるので同一方式とはとれない。空気は油に比べ伝達遅れが多いので電油式に比べ系の安定化はむずかしい。

3.4 フィードバックなしデジタル方式

3.3 節で述べたものはすべてフィードバック回路を有しており、したがってフィードバック信号発信器、電子式のアンプを必要とするなど、調整がやや複雑である。フィードバック回路が断線した場合は、アクチュエータは最大の位置となる危険性もある。

図 3.11 に示すものは、油圧多段シリンダを用いフィードバックを必要としないデジタル方式であり、制御系としては応答速度を上げてでもハンチングのおそれもなく安定である。また 3.3 節で述べたインタラプタ回路も容易に入れることができる。

シリンダの段数を増せば、制御の段数はネズミ算式にふえていくが論理回路、シリンダの工作がそれだけむずかしくなる。図 3.12 は多段シリンダの内部構造を示す。シリンダのストロークは表 3.2 に

表 3.2 デジタルシリンダ作動説明

ポ ー ト 名							シリンダストローク (全ストロークを10として)
A	B	C	D	E	F	G	
×	×	×	×	×	×	×	0
×	×	×	×	×	×	○	3.5
○	×	×	×	×	×	○	3.6
×	○	×	×	×	×	○	3.7
○	○	×	×	×	×	○	3.8
×	×	○	×	×	×	○	3.9
○	×	○	×	×	×	○	4.0
×	○	○	×	×	×	○	4.1
○	○	○	×	×	×	○	4.2
×	×	×	○	×	×	○	4.3
○	×	×	○	×	×	○	4.4
×	○	×	○	×	×	○	4.5
○	○	×	○	×	×	○	4.6
×	×	○	○	×	×	○	4.7
○	×	○	○	×	×	○	4.8
×	○	○	○	×	×	○	4.9
○	○	○	○	×	×	○	5.0
×	×	×	×	×	×	○	5.1
○	×	×	×	×	×	○	5.2
×	○	×	×	×	×	○	5.3
○	○	×	×	×	×	○	5.4
×	×	○	×	×	×	○	5.5
○	×	○	×	×	×	○	5.6
×	○	○	×	×	×	○	5.7
○	○	○	×	×	×	○	5.8
×	×	×	○	×	×	○	5.9
○	×	×	○	×	×	○	6.0
×	○	×	○	×	×	○	6.1
○	○	×	○	×	×	○	6.2
×	×	○	○	×	×	○	6.3
○	×	○	○	×	×	○	6.4
×	○	○	○	×	×	○	6.5
○	○	○	○	×	×	○	6.6
×	○	○	○	×	×	○	6.7
○	○	○	○	×	×	○	6.8
×	○	○	○	×	×	○	6.9
○	×	×	×	×	×	○	7.0
×	×	×	×	×	×	○	7.1
○	×	×	×	×	×	○	7.2
×	○	×	×	×	×	○	7.3
○	×	×	×	×	×	○	7.4
×	○	○	×	×	×	○	7.5
○	×	○	×	×	×	○	7.6
×	○	○	×	×	×	○	7.7
○	○	○	×	×	×	○	7.8
×	×	×	○	×	×	○	7.9
○	×	×	○	×	×	○	8.0
×	○	×	○	×	×	○	8.1
○	○	×	○	×	×	○	8.2
×	×	○	○	×	×	○	8.3
○	×	○	○	×	×	○	8.4
×	○	○	○	×	×	○	8.5
○	○	○	○	×	×	○	8.6

○……圧をかける

×……圧をぬく

操作ソレノイドの選択とシリンダのストロークの関係は上の表に示すようになる。
(全ストローク10)

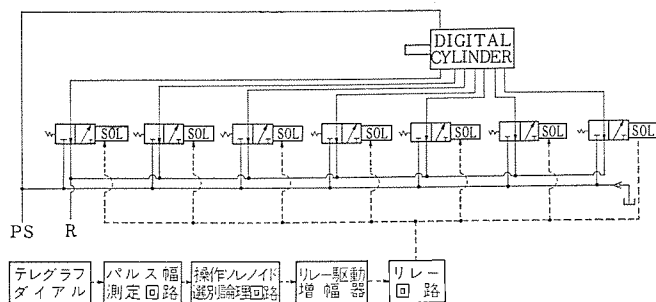
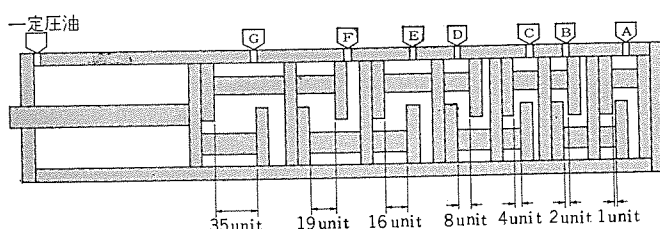


図 3.11 デジタルシリンダ
Fig. 3.11 Digital cylinder.



上の状態はシリンダストロークの状態である
すなわちA, B, C, D, E, F, G各ポートとも圧油をぬいた状態である

図 3.12 多段シリンダの内部構造
Fig. 3.12 Interior construction of multi-stage cylinder.

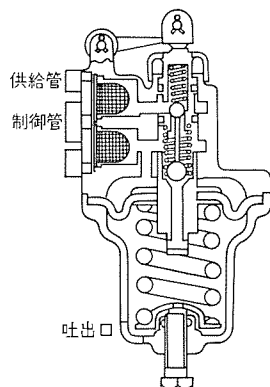


図 3.13 空気圧制御弁
Fig. 3.13 Air pressure control valve.

示すように、ほとんど連続的な変化と見なせるくらいである。この方式は工作上の問題、ノッチを進める場合の衝撃の問題などがあり、本格的な実用段階には今一步というところである。

3.5 空気式

表 3.1 を見てわかるように空気式はその取り扱いおよび保守が容易であること、配管作業にも高度の技術を要せず、また媒体を準備する必要もない点などがあるが、一方比較的低圧で使用するため出力が小さく、形状も大きくなる。また油圧、電気式と比較して動作が遅れる欠点がある。図 3.13 は三菱ウエスチングハウス式空気圧制御弁を示す。

4. 制御素子

4.1 操縦信号発生部

遠隔制御のもとになるもので、機関室、船橋などに置かれ操作が容易にできるものが望ましい。船種、設置場所、制御系的方式、習慣などから各種のものがある。

操作上から分類すれば次のようになる。

(1) レバー式……従来のエンジンテレグラフと操作思想が同一。

船用主機遠隔操縦装置・山地・鶴

表 4.1 部品による発振部の比較

部 品	信 号	特 長	注意すべき点
抵抗	連続電気信号	安価、小形	シュウ動部分があるため、接触不良・断線
差動の変圧器	"	無接点、無シュウ動であり保守の必要ほとんどなし	ゼロ位置の調整
回転インダクタセルシン	"	"	"
機械的位置	制御回路が簡単	ブラシの摩耗	
押ボタンスイッチ	断続電気信号	簡単、フィードバック不要	接触不良
ロータリスイッチ	"	フィードバック不要	"
空気圧制御弁	連続空気圧信号	配管のみ フィードバック不要	カムの形状、空気漏れ・制御空気圧

(2) ダイアル式……精密調整が容易、小形にできる。

(3) 押ボタン式……簡易であるが連続制御はできない。ダイアル式と組み合わせれば連続制御も可能

(4) ハンドホイール式……大形であり船橋などに設置するのは好ましくない。

次に実際信号を発する部品から分類すれば、表 4.1 のようになり表にするような特長、欠点がある。これらの選定は制御方式、制御回路に使用されている部品との思想の統一、信頼度を考慮して行なわれる。とくにフィードバック回路のある場合には、フィードバック信号発信器は操縦(制御)信号発信器と同一形式のものを採用することが望ましい。

4.2 電気部品(無接点式)

電気部品はその種類も非常に多いので、ここでは当社が採用している無接点式の素子について簡単に説明する。制御回路に使用している各要素はユニット化しているので、それらの組み合わせにより合理的な設計を行なえる。とくに船舶用であることを考慮し、部品の取り換えは簡単に行なえるようにしている。

(1) 直流増幅器

指令信号とフィードバック信号との代数和を入力とし、その力をフリップフロップ回路へ送っている。

増幅器はシリコントランジスタ1段増幅とし、十分な温度補償を行ない周囲温度 50°C でもその特性は不変である。

増幅器の利得はラロペラ回転数 0.5rpm の制御が可能な利得としている。図 4.1 はシリコントランジスタ1個による増幅器、図 4.2 はシリコントランジスタ2個による差動増幅器を示している。

(2) トランジスタリレー

フリップフロップ回路には、三菱シリコントランジスタサイパックを使用している。トランジスタサイパックは論理要素、記憶要素および遅延要素に大別されそれらを用途ごとに細分し、数十種類のエレメントを作っている。各エレメントは樹脂でモールドされており、普通のララグリンリレとして使えるようになっている。

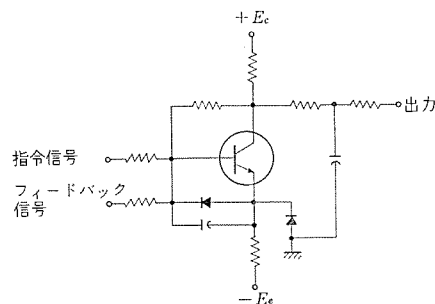


図 4.1 直流増幅器

Fig. 4.1 DC amplifier.

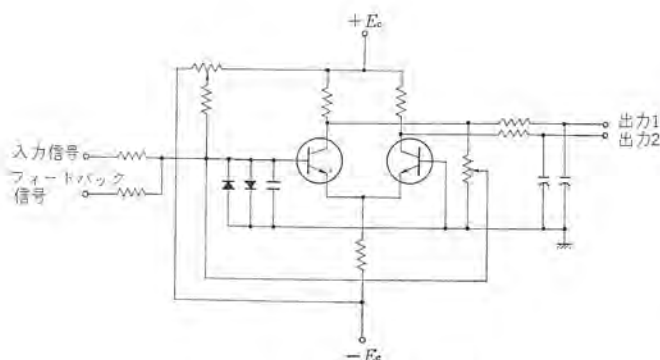


図 4.2 直流差動増幅器
Fig. 4.2 DC differential amplifier.



図 4.3 トランジスタリレー
Fig. 4.3 Transistor relay.



図 4.4 サイリスタスイッチ
Fig. 4.4 Thyristor switch.

(3) サイリスタスイッチ

ガバナモータのスイッチとして無接点サイリスタスイッチを使用している。サイリスタの点弧回路には単接合トランジスタを用いている。

(4) 電圧リレー

臨界速度の検出およびノルマル速度とマニウバリング速度の検出リレーとして、トランジスタ式電圧リレーを使用している。電圧リレーは回転計発電機の出力を入力とし、出力はパワリレーとしている。設定速度は低速から高速まで任意に選ぶことができる。

(5) ガバナモータ

ガバナモータには速応性と、可逆運転が簡単にできる交流二相サーボモータを使用している。

交流2相サーボモータは垂下特性を有し、起動トルクが大きいので速応性の点からガバナモータとして適しており、また制御巻線を正逆二組有しているので簡単に可逆運転ができる。

(6) フィードバック素子

蒸気弁または燃料弁の位置のフィードバック機構には、無シユウ動の差動変圧器または回転形インダクタを用いている。ポテンショメータ方式と違い、シユウ動部の接触不良、断線などの心配がない。



図 4.5 速度検出リレー
Fig. 4.5 Speed relay.



図 4.6 近接スイッチ
Fig. 4.6 Motion detector.



図 4.7 減圧装置 Fig. 4.7 Pressure reducing system.

(7) ゼロ回転検出装置

主軸ターニング開始時期を決定するために、従来はテルテイルなどを用いていたが、三菱近接スイッチを用いて確実に主軸のゼロ回転を検出し、自動ターニングを可能としている。

(8) 電源

電源は二系統から給電し、系統が故障の場合ただちにここの系統切り換えることができる。

トランジスタ電源は船内 440 V 60 c/s を適当に降圧し、三相全波整流しゼナダイオードで定電圧としている。

4.3 空気

遠隔制御を行なう場合の空気制御素子を大別すると、空気源・圧力制御装置・論理素子・動力変換装置および配管となる。

(1) 空気源

空気制御装置に使用される空気圧力は、普通 7kg/cm^2 を最高としている。しかし、大きな出力が要求される場合には 25kg/cm^2 が使用されることもある。コンプレッサの容量および空気タメの大きさの決定は非常に重要なことで、容量が小さいと各機器は完全に動作せず出力不足作動時間の遅れの故障の原因となる。容量を決めるにはまず、配管系の空気消費量を知る必要がある。すなわち作動機器を動かせる場合、空気量はその機器容積とこれに連結された配管面積とから算出される。作動回数と1回あたりの消費量とから単位時間あたりの消費量が算出されるが、配管途中における漏エィも留意しなければならない。実際の予(艦)装管は各種各様で、継ぎ手の形式、数、配管技術、振動などにより、漏エィ量を正確に知ることは困難である。普通その配管系において圧力降下が $0.3\text{kg/cm}^2/\text{min}$ 以上になれば補修する必要がある。そのほか空気タメの脈動、管路の共振などが起こらないよう注意しなければならない。

(2) 圧力制御装置

コンプレッサから出る空気は、フィルタを通して直接制御機器に送られることもあるが、減圧されて図 4.7 に示すようなものを用いて送られることが多い。エアフィルタは空気中のごみと水分を除去するものである。遠心分離の原理と細孔を通過する空気の温度降下を利用して水分の分離をするものであるから、分離条件を良くするため、できるだけ配管末端に付けるほうがよい。

減圧弁は圧力空気を任意の圧力に減圧する弁であるが、二次側の圧力が規定値以上になると自動的に吐き出す構造のものと、そうでない構造のものがある。シリンダや電磁弁に給油しておいても油と水との乳化、高速の空気の流過によって油が洗い流され、潤

滑性がなくなるおそれがある、オイルは霧吹き原理を応用して空気に霧状に油を混入し、それらを防いでいる。このほか水分がシリンダやパイプのさびを発生させるのも防いでいる。

(3) 論理素子

電磁リレー、トランジスタリレーを組み合わせると論理回路を構成するのが普通であるが、回路の簡単化、保守点検の容易さから空気バルブを用いた論理要素が用いられる。図4.8は基本的なAND,OR,NOT回路について例を示し、電気接点と比較したものである。

(4) 動力変換装置

シリンダ、アクチュエータ、ポジショナーなどがあげられる。シリンダにはピストンの両側に空気を送る複動シリンダ、片側のみ空気を送る単動シリンダとあり、さらに衝撃の大きい機器では、行程の終部においてクッション装置を設ける場合もある。アクチュエータはダイヤフラムにかかる圧力とバネ荷重との釣り合い関係からレバーの回転角度を制御するものである。ポジショナーは制御圧力に応じて、レバーの位置を連続的または段階的に変えるものである。

(5) 配管

空気圧力変動の伝達速度は管長、管径および管路の状態などにより、大きく影響される。配管径はその機器の大きさに応じて決定すべきであり、単に流量抵抗を減ずるため、あるいは管径を統一するために太いものを使用すると、機器の動作遅れが生じてくる。

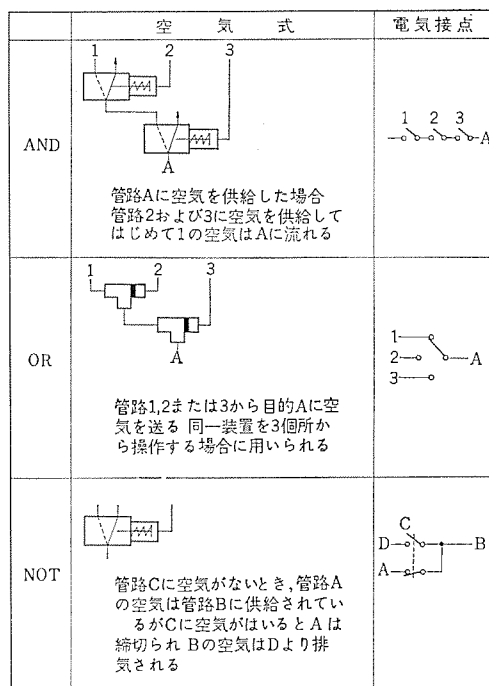


図 4.8 空気式論理素子
Fig. 4.8 Pneumatic logic element.

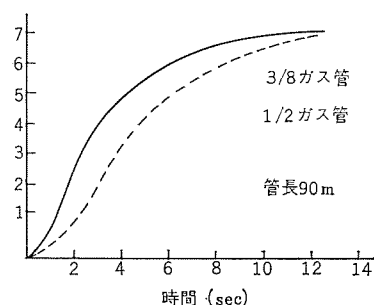


図 4.9 空気圧力伝達遅れ
Fig. 4.9 Time delay of pneumatic control.

たとえば $120\phi \times 100$ のシリンダに $3/8$ ガス管 20m で配管した場合シリンダの容積は 1.13 l 、配管面積は 2.53 l である。

一方この配管を $1/2$ ガス管で配管すると、その容積は 4.07 l となる。制御機器はそれ自体通気容量が限定されており、配管系全体の圧力空気を給排する場合、管径を大きくして流量抵抗を小さくしてもその管容積の増加による影響のほうが大きく、作動機器の動作が遅れてくる。図4.9はその一例である。

空気機器の故障の大半は管内のチリ、スケールおよびドレンなどが弁部に侵入したことが原因で、作動不良、空気漏エィなどを起こしたもので、これに対しフィルタをどのように用いるかが、大きな問題である。供給空気タマから出た main line には、 ϕ 過面積の大きいフィルタを設けて空気中のジヤイやドレンを除去し、さらに各機器、制御回路の入口には(2)で述べたようにもう1段フィルタを設けて管内のスケールやチリが弁部に侵入するのを防ぐのが普通である。

4.4 油 圧

遠隔制御を行なう場合の油圧装置を大別すると油圧発生装置、電磁弁、逆止弁、シリンダおよび配管となる。6,7 節において具体的な回路例をあげて説明するので、ここでは省略する。

5. 主タービンの自動遠隔操縦

5.1 概 要

世界の海運界が渴望している。“運航採算性の向上”という目標に対し、三菱重工 長崎造船所が開発した三菱マリンタービンプラント(略称 MTP)は低廉な建造費、燃料消費量の少ない高性能、そして少数の運転員による近代的自動化機関部といった要求を最もバランスのとれた組み合わせとして、経済性の高いプラントにまとめている。その制御系の中心である主タービンの自動遠隔操縦装置は当社が製作納入した。以下その実施例につき述べる。

この装置は、主機タービン操縦弁をブリッジまたはエンジンコントロールルームから、リモートコントロールする装置で、コントロールダイヤルを所定の目盛にセットするだけで前後進切換え・起動・停止・増減速・急逆転などがあらかじめ決められたプログラムと通りに自動的に行なわれるワンタッチコントロール方式である。制御方式は電気油圧方式として、信号伝送回路、制御回路は電気回路であり、操縦弁駆動には油圧シリンダを用いている。当社は電気回路部分を製作担当している。

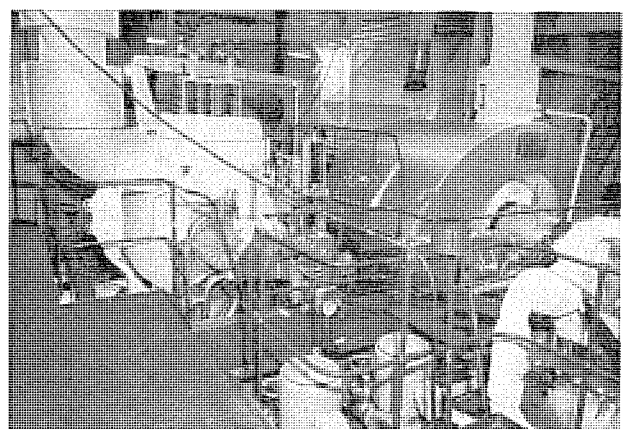


図 5.1 MTP 船用タービンプラント 18000 PS×105 rpm
Fig. 5.1 MTP marine turbine plant 18000 PS×105 rpm 42.2kg/cm²g×482°C

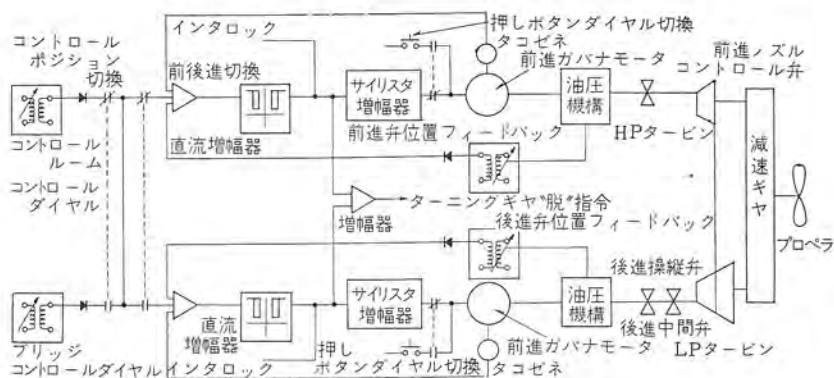


図 5.2 主タービンリモートコントロールブロック線図
Fig. 5.2 Block diagram of the main turbine remote control.



図 5.3 ブリッジコントロールスタンド
Fig. 5.3 Bridge control stand installed on the wheel house.



図 5.4 エンジンルームコントロールコンソール (タービンパネル)
Fig. 5.4 Turbine control panel in the engine room.

5.2 構成

遠隔操縦装置の構成は下記による。図 5.2 にそのブロック線図を示す。

1. 前進 ノズルコントロールバルブ
2. 後進操縦弁
3. 後進中間弁
4. 非常トリップ装置
5. 前進 ガバナモータ
6. 後進 ガバナモータ
7. 前進 ガバナフィードバック装置
8. 後進 ガバナフィードバック装置
9. 前進 ノズルコントロールバルブ 開度指示装置
10. 後進操縦弁開度指示装置
11. リミットスイッチ
12. ブリッジコントロールスタンド (図 5.3 参照)
13. エンジンコントロールルームコントロールコンソール (図 5.4 参照)

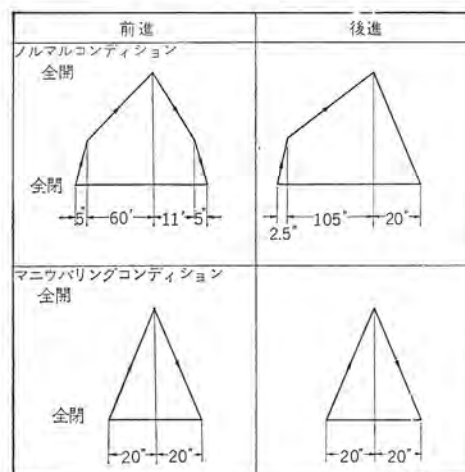


図 5.5 操縦弁タイムスケジュール
Fig. 5.5 Control valve time schedule.

14. リレーパネル

5.3 操作および作動

(1) 始動

主機タービン、ボイラ、発電機、補機類のスタンバイ完了し、各種のインタロック条件が確立すると主機タービンは運転可能となる。まずコントロールポジションをブリッジかコントロールルームかを選択する。前進または後進の選択は、コントロールダイヤルを前進または後進方向に操作することにより行なう。コントロールダイヤルを前進または後進に操作すれば、ターニングギヤは自動的にカン合がはずれ、蒸気弁が開く。コントロールダイヤルからの指令信号は、直流増幅器の入力となる。指令信号は増幅されたのちパルス成形され、サイリスタスイッチの入力となる。ガバナモータはサイリスタがターンオン中だけ回転する。直流増幅器の入力にはガバナモータの回転量のフィードバック信号が、コントロールダイヤルの指令信号とは逆極性で加えられるので、ガバナモータが指令信号に見合うだけ回転すると自動的に停止する。ガバナモータには直流回転計発電機が直結されており、その出力も直流増幅器の入力となっておりダンピング効果を与えている。

(2) プログラムコントロール

操縦弁開閉速度は、コンディション切換えスイッチによりノルマルコンディションかマニウバリングコンディションかを選択することにより、図 5.5 のように選択できる。

a. ノルマルコンディション

前進 75 rpm および後進 50 rpm 以上になると、ノルマルコンディション表示灯はスタンバイとなり、ノルマルコンディションへ切換え可能であることを表示する。ノルマルコンディションに切り換えるとコントロールダイヤル指令信号はインタラタにより断続的にガバナモータを回す。

b. マニウバリングコンディション

前進 75 rpm および後進 50 rpm 以下になるとコンディションは自動的にノルマからマニウバリングへ切り換わる。この状態では、インタラタ回路はバイパスされて前後進とも弁全閉→弁全開 20 秒となっている。

(3) 急逆転操作および停止

コントロールダイヤルを前進位置から急激に後進に操作したときは、たとえそのときのコンディションがノルマルであっても、ただちにマニウバリングへ切り換わり前進弁は急激に全閉し、後進弁が開く。コントロールダイヤルを停止位置に操作すれば、操縦弁は全閉する。

5.4 押しボタンによる操作

コントロールダイヤルによるプログラムコントロール系に故障が生じた場合には、コントロール方式をダイヤルコントロールから押しボタンコントロールに切り換えることにより、押しボタン操作によりガバネータを制御するようにしている。押しボタンは前進増速、前進減速、後進増速および後進減速の4個を設けている。前進（または後進）航行中に後進増速（または前進増速）の押しボタンを押せば、自動的に前進ノズルコントロール弁（または後進操縦弁）がしまってから後進操縦弁（または前進ノズルコントロール弁）が開くようにしている。また押しボタンは照光式としガバネータが回転中は照光するようにしている。

5.5 コントロールダイヤル

コントロールダイヤルはほかの計器との調和をとるために、広角計器の中心軸につまみを取り付けたような形にした。中央が停止位置で右回し前進、左回し後進となっており、左右おのおの135°回転することにより、弁全開となっている。コントロールダイヤル目盛と操縦弁開度は1:1に正比例させている。つまみは粗調があり、その減速比は1:80となっており、微調整が容易に行なえる。粗調つまみは軸方向に押し込んでから回すようにしており、不用意な誤操作を防止している。微調つまみはそのままの状態で作動できる。つまみの軸にはギヤ機構を介して指令信号発生器とエンジンオーダテレグラフ用マイクロスイッチを取り付けている。

指令信号発生器にはシュウ動部のない、回転形インダクタを使用している。回転形インダクタの回転子巻線を一次巻線とし、固定子巻線を二次巻線としている。一次側に規定電圧を印加すれば、二次側には回転子の回転角の正弦に比例した電圧が発生する。この場合は回転子の回転角 $0 \pm 30^\circ$ をダイヤルの $0 \pm 135^\circ$ に変換し、ダイヤル目盛に比例した出力電圧を得ている。

5.6 保護装置およびインターロック

主タービン保護装置としては下記のものがあり、いずれかにより主タービンはトリップするようになっている。

1. 潤滑油圧力低下
2. 過速度
3. スラストエアーージェンシー
4. ブラックアウト
5. 手動トリップ

インターロック回路としては、エンジンオーダテレグラフ・ターニングギヤ・後進中間弁・前進弁全閉・後進弁全閉などを設け、誤操作を防止している。また主タービンがトリップした場合、コントロールダイヤルをいったん停止位置に戻さないと再起動できないようにしている。

5.7 警報

タービンリモートコントロール装置の警報として次の3項を設けラザー

およびランウ警報を行なっている。

1. 追従不良……コントロールダイヤルを操作したにもかかわらずガバネータが追従しなかったとき
2. 誤操作……エンジンテレグラフオーダと反対方向にコントロールダイヤルを操作したとき
3. 電源喪失……制御電源が喪失したとき

6. ディーゼル主機の自動遠隔操縦

6.1 概要

ディーゼル主機はその種類が非常に多く、制御寸法も多種多様であるが、ここではSULZERエンジンを対象としたワンタッチ式リモートコントロール装置につき述べる。

この装置はガバと機械的に連動された燃料ハンドルテレグラフレバー、起動レバーをブリッジまたは機関室から遠隔操縦する装置で、操縦ダイヤルを所定の目盛にセットするだけで、テレグラフレバー・切換え・空気起動・着火・増減速・停止・急逆転などが自動的に順序作動される。

制御方式は電気油圧式であり、速度制御すなわち燃料ハンドル制御には図8.9で示した方式を採用している。

6.2 構成

(1) 制御対象

1. ガバ
2. 起動レバー
3. テレグラフレバー

(2) 監視要素

1. ガバ位置
2. 燃料調整レバー位置
3. エンジン回転数
4. 負荷指示レバー位置

(3) インターロック

1. ターニングギヤ
2. ロッキングレバー（カム軸切換えOK）
3. テレグラフロッキング装置

(4) 制御油圧

30~35 kg/cm²

6.3 操作線図説明

SULZER ディーゼル 機関の操縦系統を図6.1に示す。前後進の切り換え、燃料調整レバー（速度調整レバー）の操作は、操縦ダイヤルにより行なわれる。ガバ入力は燃料調整レバーと機械的に連結されている。速度の調整はガバの設定を速度調整レバーを油圧シリンダで動かすことにより行なわれる。起動は起動レバーを操作することにより行なわれる。起動レバーはテレグラフが停止位置にあるとき、および前後進切り換えが完了していないときは、起動レバーロッキング装置により機械的にロックされている。なお電氣的にもインターロックされている。

6.4 プログラム制御

6.3節で説明した操縦系統をブリッジの操縦ダイヤルを所定の位置にセットすることにより、以下に示すような動作を順次自動的に行なう。

1. 起動

(a) 操縦ハンドルを前進側に動かすと、レバーに結合されたセルソ式発信器により、前後進切換えレバー、ガバおよび燃料調整機構を作動させる信号が発せられる。この信号により、前後進切

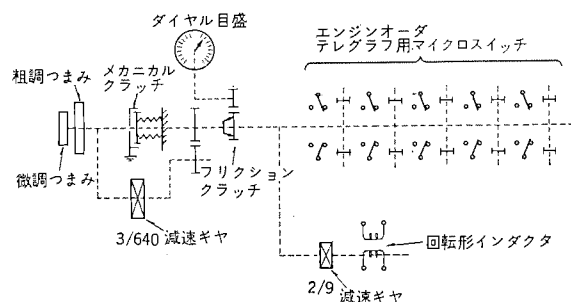


図 5.6 コントロールダイヤル内部機構
Fig. 5.6 Interior mechanism of control dial.

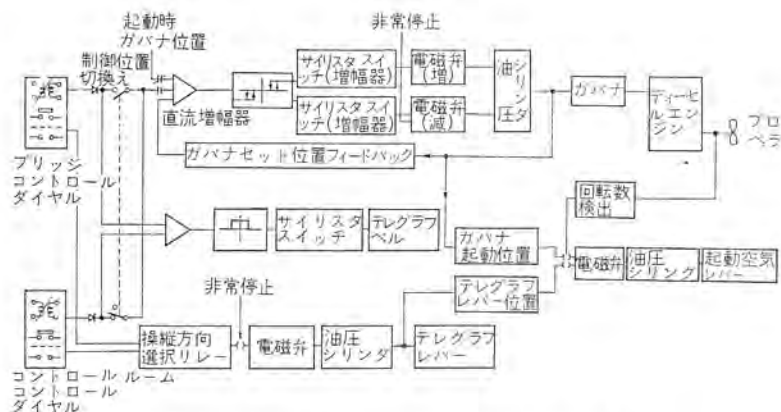


図 6.1 ディーゼルリモートコントロールブロック線図
Fig. 6.1 Block diagram of the diesel engine remote control.

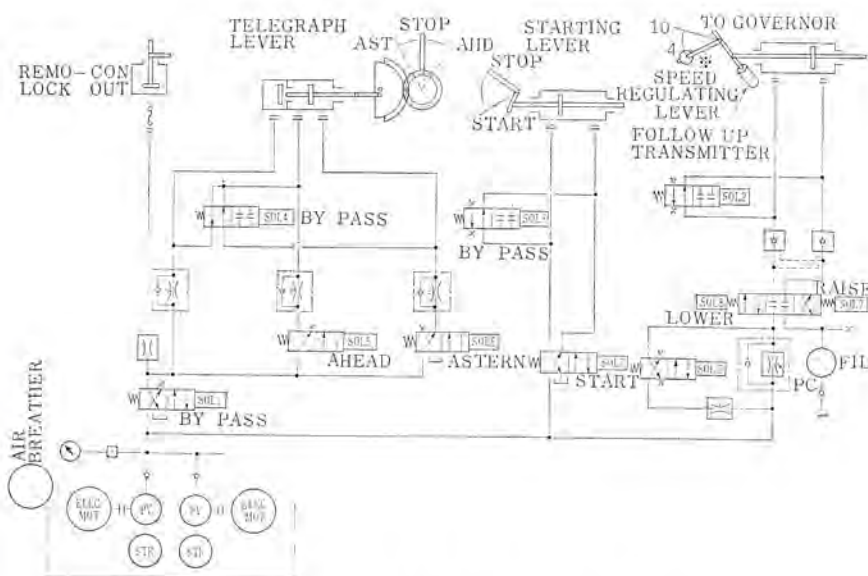


図 6.2 ディーゼルリモートコントロール油圧回路
Fig. 6.2 Pressure oil circuit of the diesel engine remote control.

換えレバーは前進側に切り換わり、ガバは起動ノッチまで進む。

(b) (a) の条件が満足されると、起動空気レバーを作動しエンジンは空気始動される。

空気始動により、エンジンが20回転に達すると起動空気レバーは停止位置に戻りエンジンが着火するとエンジンは燃料運転にはいり、回転数は急激に上昇する。

(c) それからあとは、回転数は操縦ダイヤルによりセットされた値に調整される。もしダイヤルのセットが MANUEVERING ZONE 内であれば、すなわち“FULL”に相当した回転数以下の設定であれば任意の速度にすばやく設定される。ダイヤルのセットが NORMAL ZONE 内すなわち“RUN-UP FULL”内であれば、たとえば80rpmまではすばやく上昇し、その後はあらかじめ予定された増速率でゆっくりと上昇する。増速率は80rpmから全速まで上昇させるのに30~120分可調整である。

(d) エンジンの回転数が共振回転数(危険回転数)に3秒以上あれば、強制的にその速度を避ける。

2. 停止

(a) 操縦ハンドルを停止位置に持ってくれば、前後進切換レバーは停止位置に戻る。

(b) ガバも停止位置に戻り燃料がシャ断されるので回転数

は落ちる。

3. 急速逆転

(a) 操縦ハンドルを前進側から後進側に急速に回すと前後進切換レバーが前進側から後進側へ切り換えられる。

切換えレバーの方向とエンジンの回転方向が異なるので燃料は注入されず前進回転数は落ちてくる。

(b) 切換えレバーが後進側になった時点で、起動空気がブレーキ空気として注入され回転数は急速に落ちてくる。

(空気タンクの容量が不足する場合にはブレーキ空気は断続状に入れる)

(c) エンジンが一度ゼロ回転となり、次に起動空気により逆回転になり、後進側20回転のところで起動空気は断となり、以後燃料運転となる。

4. ブラックアウト

燃料がシャ断されるのでエンジンは停止する。

電源復帰後、操縦ダイヤルを停止位置に持ってきてリセットしなければ再起動することはできない。

5. 制御電源断

このときは操縦ダイヤルは現位置にとまり、各アクチュエータはそのままの位置を保ちレバーは保持される。

ブリッジからコントロールルーム操作に切り換えると制御油圧はバイパスされ、機側の操縦ハンドルによってエンジンを手動操縦することができる。

6.5 警報

(a) 追従不良

(b) 制御電源断

(c) 起動失敗

(d) 制御油圧低

(e) 誤操作

6.6 エンジンテレグラフ

コントロールルームで制御する場合は、ブリッジの操縦ダイヤルはテレグラフトランスミッタとして使われる。

ブリッジである回転数に操縦ダイヤルをセットすると、コントロールルームでその目盛にセットするまでテレグラフオーダが発せられ、両方の目盛が一致するとオーダはやむ。

“Finshed with Engine”, “Stand-BY”の2個のオーダは照光式の押ボタンが用いられている。ブリッジの押ボタンを押すと、それに組み込まれたラングおよびコントロールルームのラングも点滅し、コントロールルームでその押ボタンを押すとフリッカはやみ、速続点灯になりラザーはやむ。

6.7 油圧装置

図6.2は油圧回路、図6.3はその概観を示す。ポンプは2台あり常時1台が運転されている。ポンプは可変ト(吐)出ペーン形であり、負荷によって常に加圧状態を最小ト出量にしているから、レリーフ弁が不要で、熱の発生も少ない。もう1台は予備機であり、圧力が下れば自動起動する。

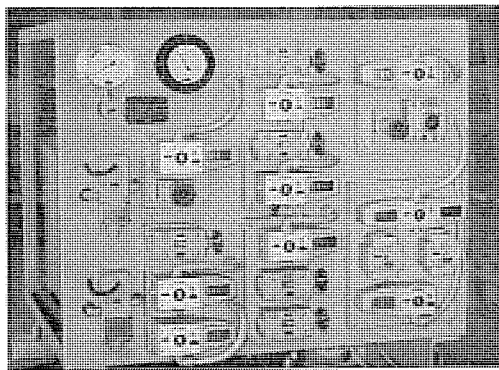


図 6.3 油圧装置
Fig. 6.3 Hydraulic unit for diesel remote control.

機側操縦の場合には SOL (1) (2) (3) (4) は消磁され、各シリンダは外部から手動操作が可能になる。リモコン時には SOL (1) (2) (3) (4) は励磁され、作動シーケンスに従って SOL (5)～(10) が順次作動される。ソレノイドとシリンダの間に入れてある流量制限弁はシリンダの動作速度を調整するためのものである。この中で、SOL (8) (9) の圧力側にはいっている流量制限弁は、燃料ハンドルの動作速度を決定する重要なものであり、圧力温度補償付きが用いられる。

図 3.9 で説明したとをり、このシステムは流量制限弁の開度のほか、配管中の空気の影響により、むだ時間の増大、リモコン時小さな外力によるフラツキが問題となる。これの防止策としてはパイロット付きチェックバルブをできるだけシリンダの近くにおくこと、背圧用チェックバルブの圧力をシリンダ作動に影響のない範囲であげること、空気抜きをよくすること、などが考えられる。とくにこの問題は燃料ハンドルをパルス駆動によって動作させる場合、駆動パルス幅とシリンダ動作時間に微妙な影響を与える。

7. む す び

以上船舶の主機遠隔操縦装置に関し、その考え方および概要について述べた。ここに述べた方式は現在就航あるいは製作中のもの

表 7.1 船用主機遠隔操縦装置製作実績

船 主	船 名	重量 噸	造 船 所	主 機 関	
東京タンカ	根 岸 丸	91,000	三菱重工長崎	タービン	39- 6
MOSVOLD	MOSKING	67,300	" "	"	39- 7
"	MOSQUEEN	"	" "	"	39- 9
国 鉄	八 甲 田 丸	7,800	" 神戸	ディーゼル	39- 3
"	大 雪 丸	"	" 横浜	"	39-10
"	摩 周 丸	"	" 神戸	"	40- 1
"	半 諸 丸	"	日立造船	"	40- 5
HEMISPHERE	WASHINGTON GETTY	52,000	三菱重工長崎	タービン	40- 3
"	TEXAS GETTY	"	" "	"	40- 6
OSWEGO	CHARLES E. SPARH	61,000	" "	"	40- 9
"	CHARLES C. SAUER	"	" "	"	40-12
日本郵船	徳 島 丸	122,600	" "	"	40- 1
ジャパンライン	ジャパン ジャスミン	"	" "	"	41- 2
日 邦 汽 船 昭 和 海 運	SNO 1632	"	" "	"	41- 5
MOSVOLD	SNO 1621	74,400	" "	ディーゼル	41- 2
"	SNO 1622	"	" "	"	"
"	SNO 1629	"	" "	"	製作中
FRED OLSON	SNO 168	82,600	佐世保重工	"	41- 5
国 鉄	SNO 885	7,800	浦賀重工	"	41- 3
CANADIAN PACIFIC	SNO 1623	65,000	三菱重工長崎	"	41- 4
"	SNO 1624	"	" "	"	製作中
SHEEL	SNO 1611	110,900	" "	タービン	41- 1
"	SNO 1612	"	" "	"	製作中
日本郵船	SNO 1638	122,600	" "	"	"
AKSJESEL	SNO 1639	156,500	" "	"	"
三 光 汽 船	SNO 1640	"	" "	"	"

のであり、船舶機関部の集中制御化、自動化を推進している。

合理性、経済性を高めると同時に故障の少ないこと、保守点検の容易なことなどに重点を置くとともに、内外における サービス網の強化が今後とも必要であろう。

(昭 41—3—14 受付)

参 考 文 献

- (1) 元木, 岩永, 桂木: タービタンカ 船の中央制御方式
「三菱電機技報」38, 1513 (昭39)

ソ連向け漁工船電機品

境 正 昭*・末 永 登*・桂 木 義 夫*

Electric Apparatus on Fish Factory Ships of U. S. S. R.

Nagasaki Works

Masaki SAKAI・Noboru SUENAGA・Yoshio KATSURAGI

An order for eight fish factory ships for U. S. S. R. was placed with the Yokohama Shipyard of Mitsubishi Heavy Industry Co. Of them, the first ship was completed and put in service last year, the remainder being scheduled to be placed in commission by the end of this year. These ships are all super large sized vessels, each being 18,000 gross-tons and having facilities to process a fish completely on board by almost automatic operations. Mitsubishi Electric Corp. has taken a share in this order and supplied six main marine generators rated at 650kVA, their switchboards, windlasses, mooring and slipway winches and also complete set of central control equipment of fish processing factories on the ships. All the electric apparatus have come up to the standards of the Lloyd's Register and also applied the U. S. S. R. as much as we can.

1. ま え が き

ソ連向け漁工船を三菱重工業横浜造船所では8隻建造中で、すでに2船“СПАСК (スパスク)”号“СЛАВЯНСК (スリャビヤンスク)”号は完成就航している。

この漁工船は総トン数 18,000 G/T の超大形漁工船であり漁獲品は完全に船内工場で処理できる装置をもっておりほとんど自動化されている。当社では電源設備として船内発電機および配電盤、甲板補機としてウインドラス、ムアリング、スリッパウェイインチなど、さらに船内鮮魚処理工場の総括制御装置一式を納入した。

8隻分の電機品はすでに納入済みであるが、以下に本漁工船に搭載した電機品についてその一端を紹介する。

2. 船内電源設備

2.1 発電機

この船の電源設備には下記の発電機を装備している。

主発電機	6台
650 kVA 400 V 3φ 50 c/s 0.8 pF	
600 rpm 939 A B種絶縁、連続定格	
非常用発電機	1台
100 kVA 400 V 3φ 50 c/s 0.8 pF	



図 2.1 船内に装備された 6×650 kVA 主発電機
Fig. 2.1 6-650 kVA main ship service generators installed on the fish factory ship.

1,000 rpm 145A B種絶縁 連続定格

主発電機、非常用発電機とも船用としては最も信頼性の高い自励交流発電機を採用しており励磁装置は AVR 要素のない SE-11 形を用いているが整定電圧変動率は ±2.5% 以内である。励磁装置は三相不飽和リアクトル、三相変流器およびシリコン整流器の三つから構成されており、すべて発電機盤内にコンパクトにまとめてあり、電圧調整要素は装備していない。

並列運転時には発電機界磁回路をコンタクタ(41G)で均圧線に接続するのみであり、この方式で3台(1群)または6台(2群)の並列運転が容易にかつ安定に行なえるようになっている。

2.2 電路系統

この船の電路系統は図 2.2 のとおりで、主回路は A, B 二つの母線に区分されている。重要補機系統は A 母線または B 母線いずれからでも給電できるようになっている。

さらに A, B 両母線のいずれかの主母線電圧が定格電圧の 80% 以下に低下すると電圧リレー (84E) が動作して、非常用発電機 (100 kVA) エンジンが自動起動し、母線転換スイッチが切り換わり非常用給電回路には給電がつづけられるようになっている。主母線電圧が 90% 以上に回復すると、ふたたび母線転換スイッチは主発電機側に切り換わる。

なお A, B 両母線間には Bus Tie ブレーカがあり、6 台の発電機は 2 群に分割されており、グループごとの並列運転および 6 台同時運転いずれもできるようになっている。

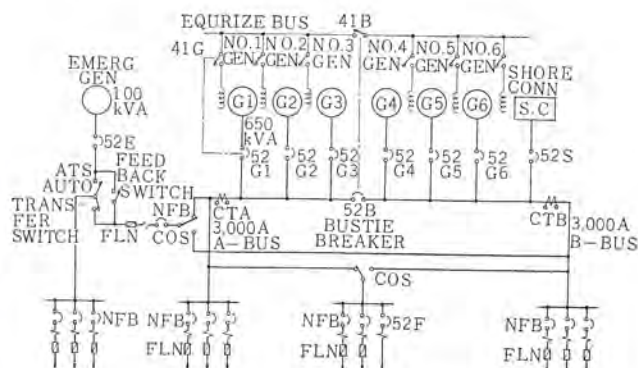


図 2.2 配電盤単線結線
Fig. 2.2 Single line diagram of main switch board.

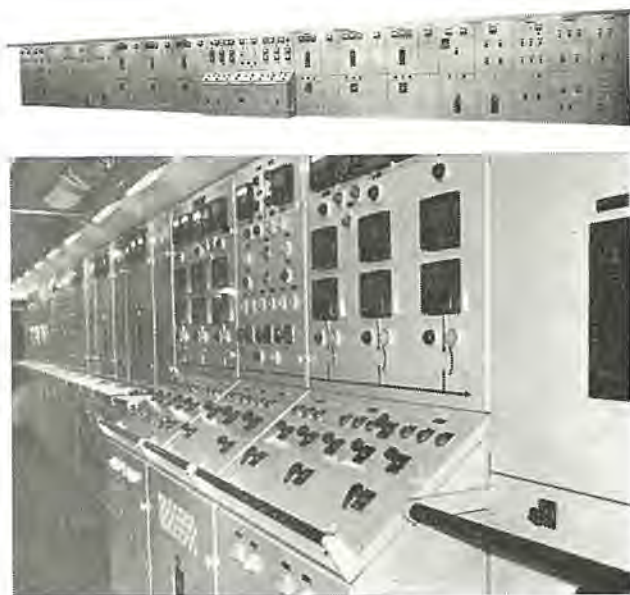


図 2.3 主配電盤外観
Fig. 2.3 Exterior view of the main switch board.

2.3 配電盤

2.3.1 盤の構成

主配電盤の配列は左から 220 V, 127 V 給電盤, 380 V-PORT 給電盤, No. 1~No. 3 主発電機盤, 同期盤, No. 4~No. 6 主発電機盤, 陸電盤, 380 V-STBD 給電盤からなっており, パネル全長は 18 m である。図 2.3 に配電盤の外観を示す。

主発電機 6 台は, 遠隔制御盤により発電機 エンジンを含めて遠隔自動運転ができるが, 配電盤側でも自動・手動いずれの操作もできるようになっており, 必要な計器・器具は両盤に取り付けてある。

発電機盤には A, B 両母線用におおの 1 組ずつの自動同期投入装置を設け, さらに 6 台の発電機の自動負荷分担および自動周波数制御装置を組み込んである。6 台の発電機の制御器具および監視計器は同期盤に集約し模擬母線を採用することにより操作を容易にしている。なお Bus Tie ブレーカには DB-75, 3,000 A 電磁操作 シェ断器を用いいずれも同期盤に収納している。

2.3.2 発電機の運転操作

発電機駆動 ディーゼルエンジンには遠隔起動装置があり, 遠隔制御盤および配電盤から容易に運転監視が行なえるようになっている。配電盤上に設けた切り換えスイッチにより遠隔自動, 局所自動および手動の 3 ノッチに切り換えられるようになっている。

“ノッチ 1”(遠隔)…発電機操縦盤上で エンジンの 起動停止, 発電機の自動運転ができる。

“ノッチ 2”(局所)…配電盤上で発電機の自動運転ができる。

“ノッチ 3”(手動)…配電盤上で手動運転ができる。

操縦盤にはエンジン“起動”“停止”押しボタン, 発電機 ACB の“入”“切”押しボタンがあり ACB “入”の押しボタン操作により次のシーケンスにより発電機 ACB は投入される。

(1) 陸上受電 ブレーカ または非常用発電機の フィードバックブレーカが自動的に シェ断されて インターロック 条件
ツ 連向け漁工船電機品・境・末永・桂木

が解除される。

(2) 発電機電圧確立により ACB は投入可能であるが, 発電機単独運転で母線に他の発電機から給電されていないときは ACB はただちに投入される。母線に他の発電機から給電されているときには並行運転となるのでまず自動セン(揃)速装置が動作しエンジンガバナ 制御を行ない母線周波数に発電機周波数を合わせる。両機の周波数差が 0.3c/s 以内にセン速されたら自動同期投入装置が作動し両機の位相差 0 の点で発電機 ACB の投入が行なわれる。

(3) 同期投入後は自動負荷分担装置で作動し並列機間の発電機負荷を自動的に均等になるようにエンジンガバナを操作する。なお同時に自動周波数制御装置も作動して負荷分担後の母線の周波数も規定値(50c/s)になるように自動的に調整される。

(4) 手動の ガバナスイッチ も設けてあるので必要ときには手動優先にて負荷および周波数の調整を行なうことができる。

(5) 並列運転中に各発電機の負荷が アンバランス したときにはいつでも自動負荷分担呼び出し押し ボタン 操作によりこの回路を呼び出して各機間の電力を均等に分担するとともに周波数も 50 c/s $\pm$ 0.5 c/s 以内に合わせる。

6 台の発電機群は 3 台ずつ二群に区分して A, B 母線におおの接続されているが A, B 母線間には Bus Tie ブレーカがありたとえば A 母線に 3 台, B 母線に 3 台におおの個別に運転している場合でも, この Bus Tie ブレーカを介して二群の自動同期, 自動負荷分担, 自動周波数調整が行なえるようになっており完全なワンタッチコントロールが行なえるようになっている。

表 2.1 はこのシステムを採用したときの負荷分担性能を示す。自動化機器には三菱 XET 形同期投入装置および三菱 XPF 形負荷分担装置を用いている。

これらはすべて無接点化されており シリコントランジスタを用いているのでドリフトはほとんどみられない。

2.3.3 給電回路

650kVA 発電機の短絡電流は非対称(RMS)値でピーク値 11,300 A であり 1/2 サイクル 後で約 9,300 A(RMS)に減衰している。6 台の ACG の A, B 母線における 1/2 サイクル 後の推定短絡電流(概

表 2.1 負荷分担試験データ

テスト	発電機 No	1 号機 (kW)	2 号機 (kW)	3 号機 (kW)	4 号機 (kW)	5 号機 (kW)	6 号機 (kW)	整正周波数 (c/s)	並列投入から負荷分担 (sec)
1	負荷分担前	520							
	“後”	520	* 240					50 $\pm$ 0.2	45
2	負荷分担前	240	520						
	“後”	320	320	* 320				50 $\pm$ 0.2	50
3	負荷分担前	520	520	520					
	“後”	360	380	370	* 370			50 $\pm$ 0.2	55
4	負荷分担前	520	520	520	520	* 400			
	“後”	405	400	420	400	* 400		50 $\pm$ 0.2	55
5	負荷分担前	520	520	520	520	520			
	“後”	430	430	435	430	420	* 420	50 $\pm$ 0.2	57
6	負荷分担前	500	400	300					
	“後”	400	400	400				50 $\pm$ 0.15	40
7	負荷分担前	100	200	300					
	“後”	200	200	200				50 $\pm$ 0.15	50
8	負荷分担前				500	400	300		
	“後”				405	400	395	50 $\pm$ 0.15	45
9	負荷分担前				100	200	300		
	“後”				200	200	200	50 $\pm$ 0.15	56
10	負荷分担前	500	400	300	250	200	150		
	“後”	320	320	320	320	310	310	50 $\pm$ 0.15	68

注 1 テストケース (1)~(5) の* は自動同期投入装置を用いて投入負荷分担を行なったものである。

注 2 テストケース (6)~(10) は負荷分担呼び出し押しボタンを操作した場合を示す。

表 2.2 発電機および給電回路ブレーカ一覧

用途	650 kVA GEN (52G)	BUS-TIE (52B)	ACTIVE- RUDDER (52F3)	REF MACHINE (52F1, 52F2, 52F4)
所要数	6	1	1	3
定格電圧 (V)	AC 500	AC 500	AC 500	AC 500
定格電流 (A)	1,200	3,000	1,000	1,600
長限時引きはずし (30sec) (A)	1,100	4,000	1,500	2,000
瞬時引きはずし (A)	14,000	7,500	12,000	12,000
短限時引きはずし (A)	3,500A×2 14c/s バンド	— 瞬時	4,000A×2 4c/s バンド	4,000A×2 4c/s バンド
シャ断容量 (kA)	60	75	60	60
シャ断器	DB-50 電磁操作 3段引き出し形	DB-75 電磁操作	DB-50 電磁操作	DB-50 電磁操作

略値) は下記のとおりである。

(A)-Bus 側

No. 1 GEN≒8,910 A

No. 2 GEN≒8,980 A

No. 3 GEN≒9,100 A

LOAD≒6,300 A

合計 ≒33,290 A

(B)-Bus 側

No. 4 GEN≒9,200 A

No. 5 GEN≒9,200 A

No. 6 GEN≒9,090 A

LOAD≒6,300 A

合計≒33,790 A

6 台全負荷運転時には母線短絡電流は 67,000 A に達する。本船の給電回路ブレーカの選定は表 2.2 のとおりとしている。

ここでは Bus Tie ブレーカを瞬時トリップとし給電回路ブレーカには 4 c/s 短限時特性を、さらに発電機ブレーカには 14 c/s 短限時特性をもたせている。発電機 6 台並列運転時の短絡事故時には最初に Bus Tie ブレーカをシャ断させることにより A, B 母線の短絡電流を半減できるようにしている。さらに発電機ブレーカには 14 c/s の短限時特性をもたせてあるので完全な給電の連続を行なうことができるようになっている。

主要回路のノーヒューズブレーカにはすべて限流フェーズとノーフェーズブレーカの組み合わせで支回路のシャ断容量はいずれも 100,000 A となっている。また主要回路はカスケード接続は行わず母線から直接給電できるようにしてあり完全な選択シャ断を行っており船舶用としては最も信頼性の高い給電回路となっている。

母線は 3,000 A 母線とし CuP 1/2 H 8×100 3 本並列となっているが母線導体および支持物とも最大短絡電流ピーク値約 80,000 A に対して十分な安全率をとっている。また短絡時の熱衝撃に対しても十分な余裕のある設計となっている。

このほかにロイド船級を完全に満足するとともに USSR 規格をも取入れて各部にわたって種々の考慮をはらって製作した。

3. 甲板補機

3.1 甲板補機電機品

カーゴウインチを除くすべての甲板補機用電機品をトウ載した。電機機要目を表 3.1 に示す。

甲板補機電動機の防水構造については特別に USSR 規格ジェットラーフ試験に合格するように製作されている。

3.2 スリップウェイウインチ

船尾開口から漁獲品を巻き上げて前処理工場に送るホッパ部分に魚をシャットさせるために使用されるので慎重な荷さばきが要求される。このためとくに微速ノッチには 32 極の巻線形電動機を用い極微速が得られるようになっている。

表 3.1 甲板補機電機品

用途	Anchor Windlass	Deep Sea Windlass	Mooring & Stern Windlass	Slipway Winch
台数	1	1	1	2
容量 (m/min)	26T×9	13T×20	(2×5)T×20	10T×30
電動機出力 (kW)	82/82/33	55/55	43/43/18.5	62×62×14.5
時間定格 (min)	15/30/15	30/60	15/30/15	15/15/30
極数 (P)	4/8/16	4/8	4/8/16	4/8/32
定格電流 (A)	150/185/95	100/115	80/92/49	115/130/68
保護形式	カゴ形 3 段 ポールチェンジ 防水 (ジェット プルーフ)	カゴ形 2 段 ポールチェンジ 防水 (ジェット プルーフ)	カゴ形 3 段 ポールチェンジ 防水 (ジェット プルーフ)	カゴ形 2 段 32P 巻線 1 段 ポールチェンジ 防水 (ジェット プルーフ)
ブレーキ	シューブレーキ	ディスクブレーキ	ディスクブレーキ	ディスクブレーキ
制御装置	間接電磁制御 巻下げ、上げ 各 3 ノッチ	巻上げ、下げ 各 2 ノッチ	巻上げ、下げ 各 3 ノッチ	巻上げ、下げ 各 5 ノッチ

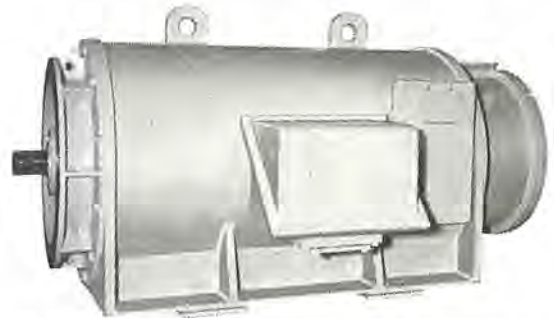


図 3.1 10 t×30 m スリップウェイウインチ用 62/62/14.5 kW カゴ 2 段巻線 1 段極数変換全閉防水形誘導電動機外観
Fig. 3.1 10 t×30 m slipway winch motor 62/62/14.5 kW cage/cage/wound rotor pole-change totally enclosed water tight induction motor.

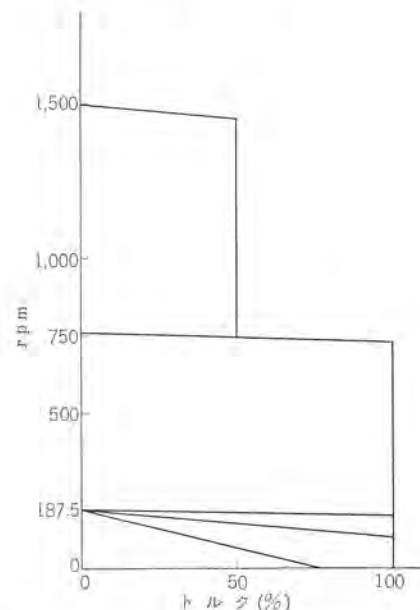


図 3.2 スリップウェイウインチ速度特性曲線
Fig. 3.2 Slipway winch expected characteristics
62/62/14.5 kW 4/8/32P rotor cage/cage/wound.

発電機要目を表 3.1 にモータ外観を図 3.1 にまた荷役特性を図 3.2 に示す。

2 台のウインチは船尾の制御室からワンマンコントロールできるとともに機側の主幹制御器からも運転できるようになっている。

操作は微速 ノッチ 3 段 (32 P)、定格 ノッチ (8 P) および高速 ノッチ (4 P) の 5 段階に制御できる。微速 ノッチ (32 P) は 200% トルクにてストールするようになっておりまた高速 ノッチ は 1/2 負荷にて負荷選択 リレー が作動し ノッチバック するようになっている。また停止時には発電機の再生制動も併用できるようになっている。いずれも間接電磁操作となっているので操作は安全軽快であり保守点検も容易な構造となっている。

4. 生魚処理工場用集合制御盤

本船は漁工船として キヤッチャーボートより送り込まれた生魚を工場内に送り込み航海中に加工、保管できる工場を有している。船内は 5 デッキに分割され各工場内および各工場間の生魚、加工品の運搬はベルトコンベヤによって連結されており、船内のコンベヤ全長を合わせればわが国の大自動車会社のそれに匹敵するといわれるほど大規模なものである。また工場の各機械用電動機の総数は約 480 台に達しこれら全部がグラフィック化された操作盤および集合制御盤より操作できるよう考慮され各機器間には操作の手順、生魚処理の順序、作業人員の削減等の目的でインターロックが施されており、生魚の自動処理が行なえるよう製作されている。

4.1 生魚処理工場の構成と制御盤の分類

工場は次のごとく 7 工場に分類されている。

- 前処理工場 (PRETREATING FACTORY)
- カン詰工場 (CANNING FACTORY)
- タル詰め工場 (BARRELING FACTORY)
- エレベータおよび運搬コンベヤ (HOLD ELEVATOR & PRO-DUCT CONVEYOR)
- 急速冷凍工場 (SHARP FREEZING FACTORY)
- 魚粉および魚油工場 (FISH MEAL FACTORY)
- 冷凍機工場 (REF. MACHINE)
- 氷塊製造工場 (ICE MAKING MACHINE)

さらに各工場間にはエレベータおよび運搬コンベヤがある。

工場用集合制御盤は盤面数にして 61 面 20 台 (制御デスクも含む) にのぼり、その設置場所によって USSR 規格の JET WATER PROOF (口径 25 mm、水頭 20 m、5 m の距離より噴射) に耐えられるよう防水構造が施してある。各工場ごとに製作した制御盤および付属品の内訳は表 4.1 に記載のとおりである。

集合制御盤は各工場ごとに分けておのおの配置されているが生魚から加工品となって納庫されるまでの製品の流れを大まかなフローで表わせば図 4.1 のごとくである。

本船で捕獲された生魚は合計 8 個所の貯蔵ビンから前処理工場に搬入され、HEADING MACHINE および GUTTING TABLE によって頭を切断、はらわたをとりだしたのち ROTARY WASHER に投入され洗浄される。ここでとりだされた頭、はらわたはコンベヤにより魚粉、魚油工場へ搬入される。ROTARY WASHER で洗浄された魚はその貯蔵方法の如何によって急速冷凍工場、あるいはカン詰工場に搬入される。

一方キヤッチャーボートでタル詰めにされて搬入された魚は UPPER DECK からタル詰め工場に入り、BARREL WASHER によって一度タルと魚を分離し、魚は ROTARY WASHER タルは BARREL WASHER により洗浄されふたたびタルに規定量を自動的に詰めコンベヤで HOLD へ搬入され貯蔵される。

本船の工場系統の分類は大まかにいって以上のとおりであるが次に各工場についての制御概要を述べる。

表 4.1 制御盤および付属品一覧

工場名	機器名	形 式	モ 台 数	備 考
前処理工場	集合制御盤 ×1 台 (3 面)	床置き Jet water proof	58	2nd deck に装備
	制 御 機	床置きグラフィックパネル付き Jet water proof		"
カン詰め工場	集合制御盤	床置きグラフィックパネル付き Jet water proof	30	"
タル詰めおよびタル洗 い工場	集合制御盤 ×1 台 (2 面)	壁掛けグラフィックパネル付き防滴形	4	タル洗い工場用 Upper deck
	集合制御盤 ×1 台 (2 面)	床置きグラフィックパネル付き Jet water proof	24	タル詰め工場用 2nd deck
	集合制御盤 ×1 台 (2 面)	床置きグラフィックパネル付き防滴形	11	ブラインポンプ類 Upper deck
	集合制御盤 ×1 台 (2 面)	壁掛け防滴形	3	タル修理工場用 Upper deck
	タイマ ボックス ×1 台	壁掛け Jet water proof		
ホールドエレベータおよび運搬 コンベヤ	集合制御盤 ×1 台 (3 面)	床置きグラフィックパネル付き Jet water proof	18	FWD 用 2nd deck
	集合制御盤 ×1 台 (3 面)	"	19	Midship 用 "
	集合制御盤 ×1 台 (3 面)	"	9	AFT 用 "
急速冷凍工場	集合制御盤 ×1 台 (5 面)	"	38	左ゲン No.1, No.3 装置用 2nd deck
	集合制御盤 ×1 台 (5 面)	"	33	右ゲン No.2, No.4 装置用 1nd deck
	制 御 機 ×1 台	天井つり下げ形 グラフィックパネル付き Jet water proof		包装および運搬 コンベヤ用 2nd deck
魚粉および 魚工場	集合制御盤 ×1 台 (1 面)	床置きグラフィックパネル付き Jet water proof	10	4th deck
	集合制御盤 ×1 台 (2 面)	"	25	左ゲン装置用 Bottom
	集合制御盤 ×1 台 (3 面)	"	44	右ゲン装置用 Bottom
	タイマ ボックス ×2 台	壁掛け Jet water proof		4th deck
冷凍機工場	集合制御盤 ×1 台 (14 面)	床置き 防滴形	24	冷凍機用
	集合制御盤 ×1 台 (5 面)	"	14	空調冷凍機 ブライン ポンプ および 冷 却水用
	集合制御盤 ×1 台 (2 面)	"	99	冷却ファン用
	押しボタン箱 ×13 台	壁掛け防滴形		冷凍機用
	リレーボックス ×13 台	壁掛け Jet water proof		冷却ファン機側用
氷塊製造工場	集合制御盤 ×1 台	壁掛け 防滴	10	

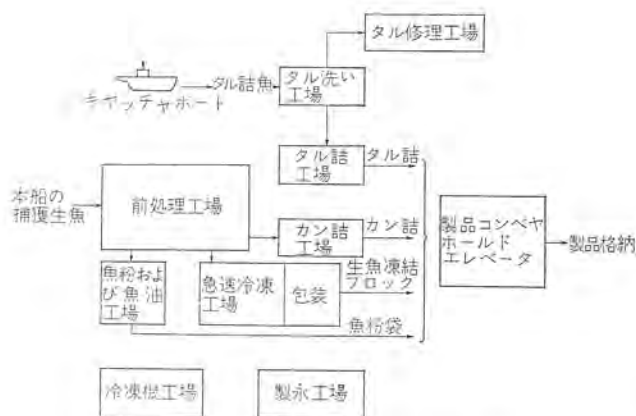


図 4.1 工場系統ブロック線図
Fig. 4.1 Block diagram of fish factory.

4.2 制御概要

本船の各工場アレンジおよび機械のアレンジなどを書けば複雑多岐にわたるので省略してその制御概要を述べる。

4.2.1 前処理工場

本船は漁工船であり、キヤッチャーポートで搬入された魚を処理し加工する。したがって船体後部には SLIP WAY が設けてあり流網で引き上げられた魚は甲板上に設けられた合計 8 個の貯蔵ビンに貯蔵されこの貯蔵ビンから前処理工場へ搬入される。

前処理工場には右ゲン（舷）、左ゲンに生魚搬送用のコンベヤが設けられ貯蔵ビンから投入された魚はすべてこのコンベヤへ集められる。貯蔵ビンからこの搬送コンベヤまではサイクロ減速機を使用したコンベヤが使用され、魚の量によって搬送方向、搬送速度を自由に調節できるようになっている。またこの搬送コンベヤには放射能検出装置が装備され、放射能の検出によって配電盤の給電ブレーカをトリップさせ前処理工場を一斉に停止させることができる。

生魚搬送コンベヤによって搬送された生魚は前記のように HEADING MACHINE, GUTTING TABLE によって頭、はらわたを取り、ROTARY WASHER へ送り込まれる。魚を丸ごと冷凍する場合は HEADING MACHINE, GUTTING TABLE を素通りさせて直接 ROTARY WASHER へ送り込む。

ROTARY WASHER で水洗いされた魚はその貯蔵法の別によりカン詰め工場へ搬送されるものと急速冷凍工場へ搬送されるものとに区別される。この選別は ROTARY WASHER 出口にある供給ビンのダンパーを切り換えることにより行なうことができる。

カン詰め工場へ搬入する場合、2 台の ROTARY WASHER から出た魚はコンベヤにより、カン詰め工場への搬送コンベヤへ送り込まれる。急速冷凍工場は前処理工場を中にはさんで装備されており、各急速装置の供給ビンの魚の量によって供給量が調節できるようスクレーパ装置が設けられている。すなわち供給ビンの魚のレベルによってスクレーパを自動的に動かし魚の供給量を調節し、供給ビンが満量になれば搬送コンベヤを停止させるようインターロックを施している。（図 4.2 参照）

なお、魚粉、魚油製造工場には HEADING MACHINE, GUTTING TABLE によって切断された頭、はらわたおよび屑魚を搬送するので前処理工場にはこのための搬送コンベヤが装備されている。各機械ごとのインターロックはその必要グループに分割されて施されており、コンベヤの下流より自動的に動作するよう製作されている。前処理工場の中央部には集中制御の目的でグラフィックパ

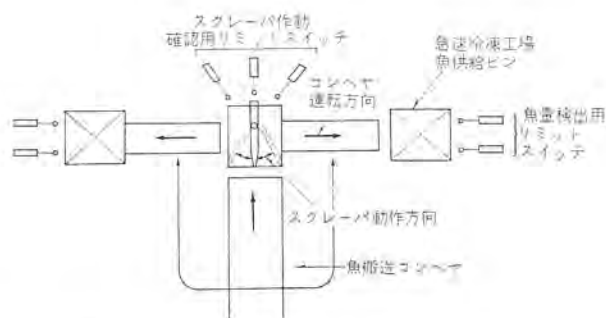


図 4.2 スクレーパ Fig. 4.2 Scraper.



図 4.3 前処理工場用コントロールデスク
Fig. 4.3 Control desk for pretreating factory.
(Jet proof type)

ネル付きのコントロールデスク（JET WATER PROOF）が装備され遠隔監視および主要制御はすべてこのデスクより行なうことができる。（図 4.3 参照）

4.2.2 カン詰め工場

前処理工場から搬送された魚は計量器により計量されカンに詰められる。この時調味料も同時に計量器により規定量だけ投入される。

アキカンは別途カン洗浄機によって温清水で洗浄された後 SEASONING CONVEYOR 入口のテーブルまで搬入されてくる。

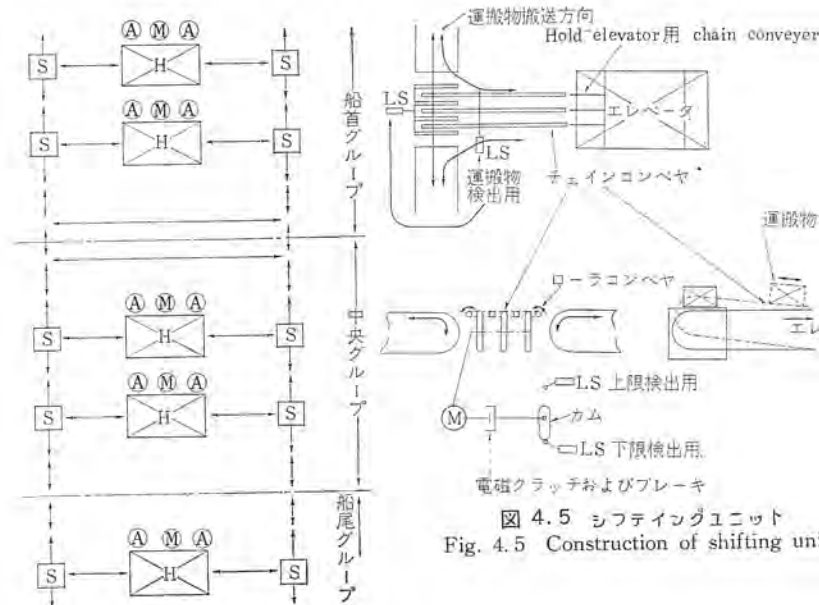
カンに詰められた魚は SEASONING CONVEYOR にかけて所定時間経過後 CAN SEAMER へ搬送されカンの蓋をシームした後自動的に洗浄および乾燥しカートンボックスに入れテーピングしてエレベータにより所定のホールドに格納される。

以上のごとき作業の流れを自動的に行なう訳であるが各機器間および各機械の動作は電氣的にインターロックされその制御は集合制御盤のグラフィックパネルと機側の押しボタンにより行なうことができる。

4.2.3 タル詰め工場

キヤッチャーポートからタル詰めにされた魚が本船に送り込まれればまずタル洗い工場に運び込まれまずタルのフタを取り BARREL WASHER にかけてられる。この機械ではタルを反転させて魚を落とし左右のタルを水洗いする。タルの水洗は海水、温海水それぞれ 2 回に分けて行ない洗浄済みのタルはタル詰め工場へ搬送される。また破損したタルはタル修理工場に送り込まれ修理後タル詰め工場へ搬送される。

BARREL WASHER から落された魚はシュートによって右ゲン、左ゲンの ROTARY WASHER に送り込まれる。ROTARY WASHER で水洗された魚は搬送コンベヤにより計量コンベヤの



H…ホールドエレベータ
 M…エレベータ主モータ
 A…エレベータチェーン conveyor ドライブ用モータ
 S…運搬物シフティングユニット
 ←→…コンベアおよびコンベアの運搬方向を示す

図 4.4 エレベータ および搬送コンベア配置図
 Fig. 4.4 Layout of hold elevator & product conveyor.

ホップまで搬送されるがこの間にコンベアが設けられている。

計量コンベアに投入された魚が規定重量に達すると計量コンベアは運転し洗浄をおえてパイプラータに乗せられたタルに魚を投入し、投入終了と同時に停止する。タルに魚が投入されるとパイプラータが自動的にタルをゆさぶり、魚の充てんが終了すれば停止する。魚の充てん、ふた締めが終了したタルはコンベアによってエレベータに搬送され所定のホールドに格納される。

以上のとき操作を自動的にに行なって魚のタル詰めが行なわれるわけである。

4.2.4 製品コンベアおよびエレベータ

各工場より搬出された製品はコンベアによりエレベータに運ばれ所定のホールドに格納される。概略図は図 4.4 参照

ホールドエレベータは 3.7 kW のモータで駆動され 2 段速度の運転方式となっている。

エレベータは船首から船尾にかけ船体中心に各 hold 毎に 1 基計 5 基設置されており、INNER BOTTOM より UPPER DECK までの 5 デッキに出し入れ口を設けて各デッキの運搬物を相互に昇降させるものである。

エレベータの運転方式はトレーを連続運転させる方式とし、運搬物を搬入する場合運搬物がトレーに当たって転落したりする事故がないようトレーの昇降速度と運搬物の搬入時間を電氣的に同期させている。

また製品コンベアからエレベータへ積み込みの場合およびエレベータから製品コンベアに送り出す場合は運搬物が自動的にシフトするよう電氣的インターロックを施している。図 4.5 を参照されたい。

製品搬送コンベア間には製品搬送時運搬物の衝突による落下等を防ぐため各コンベアの運転方向に電氣的インターロックを施している。

保安装置としては運搬物の脱荷不能、機側における非常停止押しボタン等によりただちに運転を停止することができる。図 4.6 に示すごとく各デッキにはチェーンコンベアが準備されており、積み込み、脱荷の場合このチェーンコンベアが差し込まれない限り起動で

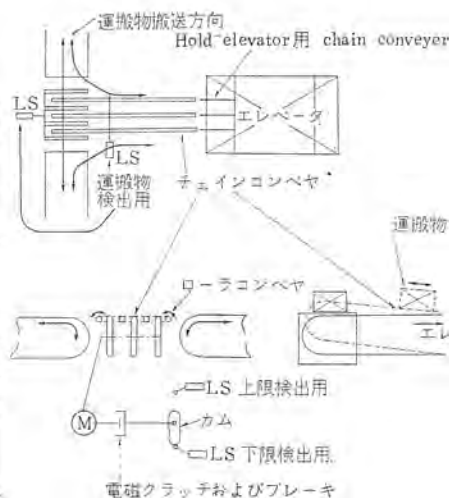


図 4.5 シフティングユニット
 Fig. 4.5 Construction of shifting unit.

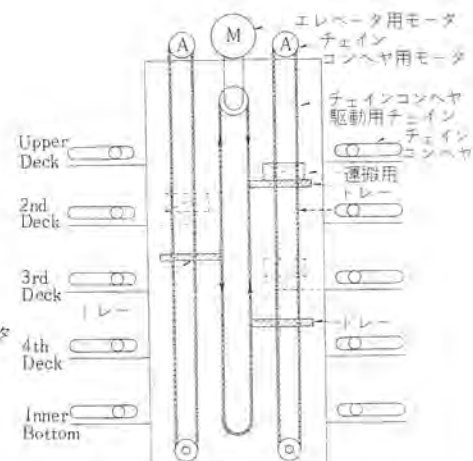


図 4.6 エレベータ および チェーンコンベア
 Fig. 4.6 Construction of hold elevator.

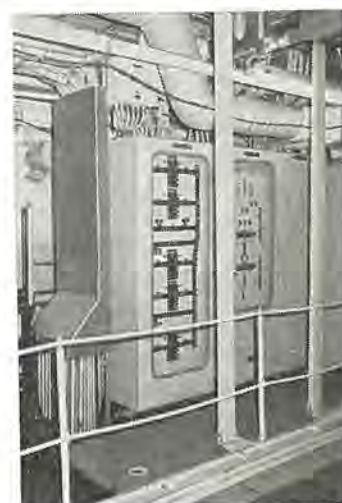


図 4.7 エレベータ工場用集合制御盤
 Fig. 4.7 Group control panel for hold elevator.

きぬようインターロックされている。積み込みの場合運搬物が chain コンベアにより昇降路内に送り込まれるとフォーク状のトレーが上昇してきて運搬物だけをすくい上げてゆく。トレーは運搬物を乗せて昇降部の頂部のドライビングスラケットホイールをとって下降方向へ向かって脱荷する目的のデッキへ向かう。脱荷の場合運搬物を乗せたトレーが脱荷させるデッキと設置されたチェンコンベア上を通過させると運搬物だけがコンベアに残され昇降路の外へ送り出される。以上のとき作動を自動的に行なう訳である。

集合制御盤は船首用 (エレベータ 2 基分) 中央用 (エレベータ 2 基分) 船尾用 (1 基分) に分割して製作、各エレベータの近くに設置している。制御盤表面にはグラフィックパネルとこれに対応する押しボタン、スイッチ類を配置し、遠隔操作が容易に行なえるよう考慮されている。また運転表示灯は各制御盤とも全 5 基分を装備しいずれの制御盤からも本工場の実動状態が判別できる。(図 4.7 参照)

4.2.5 急速冷凍工場

急速冷凍装置は左ゼン (船首、船尾)、右ゼン (船首、船尾) 用各 1 装置計 4 装置が設置されている。この装置は捕獲された生魚を計量して凍結皿に入れ、凍結完了からグレーディングまでを全自動で行ないパッキング装置による包装を完了して納庫する装置である。本装置に対する集合制御盤は左ゼン用、右ゼン用に分割され左ゼン用には本冷凍装置 2 基分およびパッキング装置から送り出しコンベアまで、右ゼン用は冷凍装置 2 基分およびパッキング装置までの制御



図 4.8 急速冷凍工場ブロック線図
Fig. 4.8 Block diagram of sharp freezing factory.

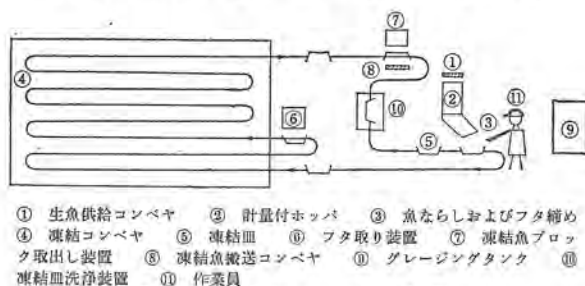


図 4.9 凍結コンベヤ装置
Fig. 4.9 Sharp freezing equipment.

部品を収納している。急速冷凍工場のブロック間は図 4.8 を参照されたい。

凍結コンベヤ装置 1 基の概略図を図 4.9 に示すごとく設計されている。この作動を説明すると、冷凍する生魚は前処理工場から供給され供給ビンに投入される。生魚は供給ビンよりコンベヤで計量装置に投入され計量装置の信号によって 2 組の冷凍皿に交互に投入される。計量ホッパおよび冷凍用主コンベヤは 1 分間サイクル (標準設定時間) で自動的に運転される。この 1 分間サイクル内に、

1. 計量ホッパより凍結皿に魚が充てんされる。
2. 凍結室より出た凍結皿のフタが加熱されフタ取り装置により自動的にフタが取り除かれる。
3. 凍結ブロック (フタ取り終了後凍結室で再び凍結されたもの) をグレージングタンクに送るための突き出し装置が自動的に働きブロックを突き出す。
4. 1 サイクル終了後の凍結皿を洗浄装置で洗浄する。

以上の作動が自動的に行なわれる。またこの 1 分間 1 サイクルの標準時間は 40 秒から 120 秒まで任意に調整することができる。

搬送コンベヤにはチェーンコンベヤが使用されているがこのチェーン装置は温湿度の急激な変動および低温室内で確実に働きた低温びい性等に対する強度も加味されて製作されている。駆動機構は油圧を使用しているが、各機械を損傷するようなことのないようにすべて電氣的インターロックが施されている。また停電時においても作動を記憶し、電源回復後再び中断した工程から作業が開始できるように記憶回路が設けられている。

凍結魚のブロックはこのような工程で製造され次のグレージングタンクに搬入されグレーズされて包装機に送られる。

グレージング装置は片ゲン (二装置) について一装置が装備されている。装置の概要は図 4.10 を参照されたい。凍結ブロックから搬入された凍結魚ブロックはストッパーにより一度停止され到着ブロックの先着順に交互にグレージングタンク内に導入される。凍結ブロック保持金具は奇数として装備されている。すなわちブロックは 2 度グ

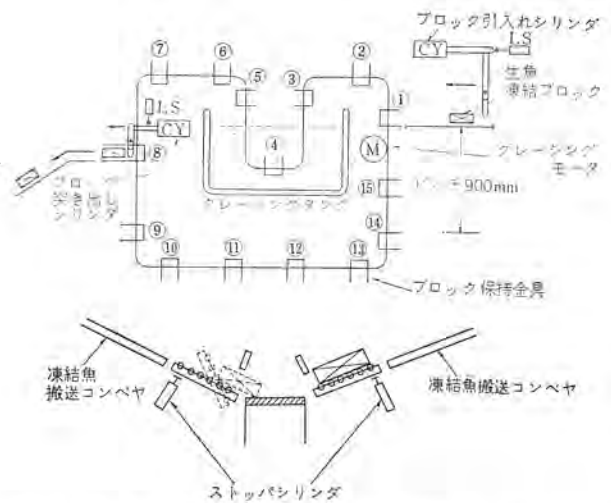


図 4.10 グレージングタンク Fig. 4.10 Grazing tank.

ーズされタンクより送り出されることになる。このような作動がブロック到着およびブロック送り出しを検出して自動的に繰り返されるのである。グレージングタンクを出た凍結ブロックは自動包装機で包装された後内箱にパッキングされさらに外箱に包装されスチールパディングマシンでパディングされ計量チェックされたのち納庫される。

集合制御盤にはこれらの運転状態が判然とするようグラフィックパネルが設けられており自動運転時の監視に便なるよう製作されている。また機側にも機側用操作箱が装備されている。

包装機以降の系統は工場中央にグラフィックパネルを持った操作箱が装備されている。

4.2.6 魚粉および魚油工場

前処理工場から送られてきたくず魚、頭およびはらわたは粉碎機にかけられて 4 TH デッキの魚粉工場に到着する。本工場ではその工程にしたがい、乾燥、蒸煮、圧縮が繰り返され魚粉、魚油がとり出される。最終工程において魚粉は自動計量器にかけられ袋詰めになされて納庫される。4 TH デッキ、INNER BOTTOM に配置された各機械は制御グループごとにインターロックされ自動的に運転される。

また自動運転の場合も手動運転の場合も制御盤、機側より各機械グループの段階ごとに運転操作および非常停止が行なえるようインターロックが施されている。

集合制御盤は 4 TH デッキ用 1 面、INNER BOTTOM 用 2 面に分けて配置され、何れも盤面にグラフィックパネルが装備されて自動運転の監視に便なるよう製作されている。

4.2.7 冷凍機工場

冷凍機関係はその用途により制御盤は 3 面に分けて配置されている。

第 1 グループの制御盤には、

92 kW スクリュータイプの圧縮機用起動器 × 6 台

147/110/73 kW レシプロタイプの圧縮機用起動器 × 6 台

が装備され計 14 面、幅 10 m の構成となっている。

第 2 グループの制御盤には、

147/110/73 kW レシプロタイプの空調圧縮機用起動器 × 2 台

19 kW 海水冷却ポンプ用起動器 × 5 台

15 kW、37 kW フラインポンプ用起動器 × 7 台

が装備されている。

第 3 グループの制御盤には、

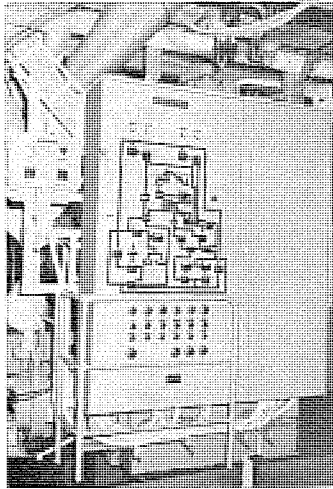


図 4.11 タル詰め工場用集合制御盤
Fig. 4.11 Group control panel for barrel factory.

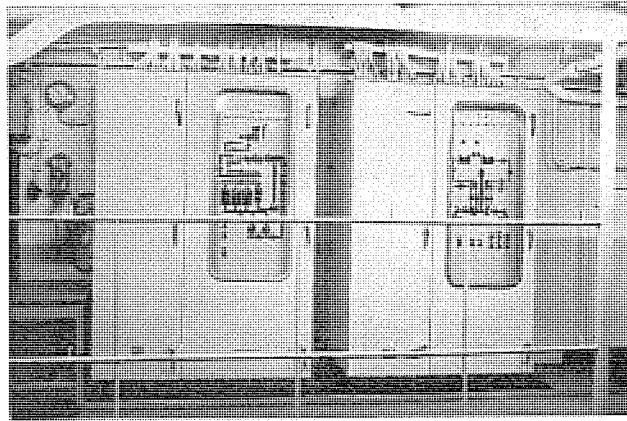


図 4.12 左 カン詰め工場用集合制御盤
右 タル詰め工場用集合制御盤
Fig. 4.12 Left...Group control panel for canning factory.
Right...Group control panel for barrel factory.

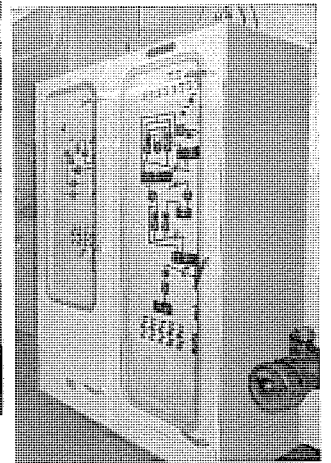


図 4.13 魚粉工場用集合制御盤
Fig. 4.13 Group control panel for fishmeal factory.

ホールド 冷却 ファン (97 台用) 起動器および ファン 低速用の電源となる M-G セット 用部品が装備されている。

集合制御盤はいずれも防滴形として製作されている。

冷却ファンの機側発停押しボタン箱は過負荷表示箱とともに JET WATER PROOF 形として製作され各機側に配置されている。

4.3 構造上の問題点

製作の問題点としてまずあげられたのは USSR 規格の JET WATER PROOF TEST の適用であった。USSR 規格の JET WATER とは、

1. 水頭 20 m
2. ノズル 口径 25 mm
3. 距離 5 m
4. 方向 前、後、左、右
5. 放水時間 各方向より 5 分計 20 分

上記の如き条件で放水し パネル 内面に水滴の落下があってはならない。上記の条件を満足させるため消防車を動員し放水試験を行った。

このようなきびしい条件に耐えるため JET WATER PROOF TYPE の制御盤はすべて 2 重トビラ式とし グラフィックパネルは内トビラに装備し、前面トビラには強化ガラスを装備して トビラを閉鎖したままでも監視が行なえるよう考慮されている。パネル 前面に操作部分が出るものはすべて防水表示灯、防水押し ボタンスイッチを使用し グラフィック 象形板切り換え スイッチ の軸等の取付部品も JET WATER に耐えられるよう特殊な考慮が払われている。この制御盤類はこのような過酷な JET WATER に対する防水構造として数種類の特許申請中である。(図 4.11~4.14 参照)

製作上考慮した点は、

1. 放水された JET WATER の逃げ水路
2. 使用個所に適したパッキン 形状と硬度
3. パッキン と ドア との押し圧力
4. 使用パッキンの経年経化と寿命
5. パッキン 類の接着材の材料

以上の 5 点に留意し、種々テストした結果完全に JET

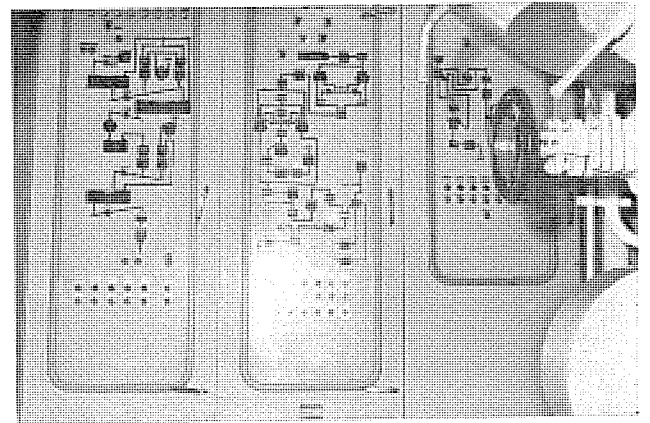


図 4.14 魚粉工場用集合制御盤
Fig. 4.14 Group control panel for fishmeal factory.

WATER を前面トビラでシャ断することができた。

このほか使用部品の選定も ソ連輸出用として ソ連内の部品の流用もできるような互換性のあるものを選定している。

また漁工船として全世界を航行するため耐寒、耐熱、耐湿、耐振、耐衝撃に十分留意して製作されている。

5. む す び

漁工船としては超大形船でありしかも種々の自動化および総括制御装置を採用した本船向けとして当社では電機品の主要部である発電機、配電盤、甲板補機および魚処理工場用総括制御装置を納入した。

これらは計画頭初よりソ連向け輸出船であること、西ドイツの造船所との競争など電機品に対しても相当過酷な仕様であったが昨年末第 1 船の就航をみた。電機品としては船用として必要な耐振、耐衝撃、耐湿および USSR 規格による過酷な耐寒および防水条件に耐えるとともに運転上の安全についても十分な考慮を払った。

終わりにこの電機品製作にあたって種々ご指導をいただいた三菱重工横浜造船所関係者の方々に深謝の意を表するしだいである。

名 称	登 録 日	登 録 番 号	発 明 考 案 者	関 係 場 所
積算記録装置	40- 8-19	776700	益 田 鑑 五	福 山
積算記録装置	40- 8-21	776701	益 田 鑑 五	福 山
煤塵量測定装置	40- 8-21	776702	八 島 英 之	福 神 戸
回転電機	40- 8-21	776703	片山仁八郎・藤山震之	長 崎
回転電機子	40- 8-21	776704	佐藤勝治・小井川茂	福 岡
変変器の保護装置	40- 8-21	776705	谷口敬一郎・民井約三	無 線 機
回転電機の運転装置	40- 8-21	776706	神浦秀太郎・中西清馬	長 崎
電気布裁断機	40- 8-21	776707	極 田 稔・山野稔夫	和 歌 山
内燃機関点火装置	40- 8-21	776708	三木隆雄	姫 路
車輛用開発電機の並列転装置	40- 8-21	776709	荒金堅次郎	姫 路
表示灯付電圧調整器	40- 8-21	776710	吉田太 郎・篠原宇一	名 古 屋
自励交流発電機の励磁装置	40- 8-21	776711	元木知春	長 崎
静電 フィルタ 装置	40- 8-21	776712	黒田茂樹	鎌 倉
開閉器の操作装置	40- 8-25	777369	渡辺睦夫	神 戸
エスカレータ	40- 8-27	590227	外野範吾	名 古 屋
屋外用防爆容器	40- 8-27	777689	石橋泰夫	福 岡
直流電源装置	40- 8-27	777690	万 谷 広・有働星一	福 神 戸
速度制御装置	40- 8-27	777691	新良由幸	長 崎
工間加隙調整装置	40- 8-27	777692	前田祐雄・齊藤長男	中央研究所
偏波切換装置	40-10- 1	456629	榎本俊弥・若田利明	通 信 機
〃	40-10- 1	456630	榎本俊弥・若田利明	通 信 機
オメガトロン 質量分析装置	40-10- 1	456631	藤 永 敦・花坂孝雄	中央研究所
自動板重ね装置	40-10- 1	456632	河原泰祐	神 戸
半導体装置の封じ込み方法	40-10- 1	456635	{清水潤治・石井 悠 佐藤富雄	中央研究所
低温恒温装置の温度制御装置	40-10- 1	456633	木下忠男	静 岡
低温恒温装置の温度制御装置	40-10- 1	456634	木下忠男	静 岡
半導体装置の電極形成方法	40-10-11	457243	清水潤治	中央研究所
回転運動を直線運動に変換する カム 装置	40-10-11	457293	小沢靖彦	名 古 屋
熱電素子の表面処理方法	40-10-12	457306	平野昭夫・中山光雄 杉岡八十一	中央研究所
熱動継電器	40-10-13	781876	丸地謙二・岡戸弘行	名 古 屋
アンテナ	40-10-13	781933	{水沢丕雄・喜連川隆 武市吉博	中央研究所
電気機器	40-10-13	781934	長野光佑	伊 丹
ジグザグミシンの千鳥幅限定装置	40-10-13	781936	森 田 稔	和 歌 山
〃	40-10-13	781937	三津沢武夫・藤田次朗	和 歌 山
印刷配線盤	40-10-13	781938	村 上 寛・小林 功	無 線 機
研摩装置	40-10-16	782534	入 江 厚	福 岡
電気 サンド	40-10-16	782535	安 達 智	福 岡
研摩盤装置	40-10-16	782542	入 江 厚	福 岡
救命浮体収納装置	40-10-13	781931	{吉村政夫・渡辺太郎 藤田良二	相 模
单相誘導電動機の起動装置	40-10-13	781932	{加藤 悟・長 嶺 元 角野英雄	群 馬
タイムスイッチ	40-10-13	781861	木村久男	福 山
テレビジョン 受像機	40-10-13	781862	石橋泰夫	福 本 社
屋外用防爆容器	40-10-13	781863	小林信三	福 岡
超高形回路装置	40-10-13	781864	高 島 登・新川成美	無 線 機
自動開閉器	40-10-13	781865	柴谷浩二	福 山
アナログ 計算機の加算計器演算制御回路	40-10-13	781866	多 田 淳	鎌 倉
負荷時 タップ 切換装置	40-10-13	781867	嶋 裕 史	伊 丹
自動点滅装置	40-10-13	781868	省田克己	福 山
シヤ 断器	40-10-13	781869	中原敏行・藤 沢 稔	福 山
界磁線輪	40-10-13	781870	山 本 弘	神 戸
栓	40-10-13	781871	森 健・天 野 恒	神 戸
自動着脱制御装置	40-10-13	781872	島 津 勲	神 戸
定電圧装置	40-10-13	781873	中村信弘	通 信 機
端子	40-10-13	781874	長見光雄	神 戸
開閉器用端子	40-10-13	781875	中原敏行	福 山



特許と新案

リアクトル装置

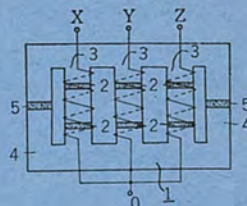
発明者 田村良平・山内 敦

この発明は1台のリアクトル装置で従来の電力用分路リアクトルと中性点リアクトルとの機能を兼ね備えるようにしたものである。

すなわち図のように従来の電力用分路リアクトルの多相平衡磁路(1)に中性点リアクトルの機能に必要な空ケ(2)を有し零相磁束を分流する磁路(3)を設けたもので、特性は従来のリアクトルに比べてなら変わることなく系統の付属装置の簡略化が計られ装置自体の価格低減を計ることができるとともにこのリアクトル装置を従来どおり電力用リアクトルとしても中性点リアクトルとしても、それぞれ独立して用いることができるので用途に応じてその使用方法

の融通が可能となる効果を有する。

(特許第438101号) (秋山記)



インバータ装置

発明者 大野栄一・赤松昌彦

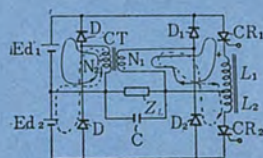
この発明は負荷と並列に転流コンデンサを有し転流リアクトルの作用とあいまって負荷に交流出力を供給する並列インバータにおいて、インバータ交流出力端子と直流入力端子間に前記転流リアクトルの蓄積エネルギーを直流電源に帰還する変流器を設けたものである。転流リアクトルや転流コンデンサおよび負荷などによる振動を抑制し負荷の無効電力を帰還するため、従来転流リアクトルに並列に整流器を接続したり、あるいは単に出力電圧を整流して直流電源側に帰還していた。

ところがこれら従来の方式は前記転流リアクトルに蓄積されたエネルギーを放出する際、この放出される蓄積エネルギーが並列に接続された整流器などを通して循環し、すべて損失として消費されてしまいそのために高い周波数においてはこの損失が大きくなり、効

率低下を招く欠点があった。

この特許は前記損失として消費される転流リアクトルの蓄積エネルギーを変流器を介して直流電源に帰還し、装置全体の変換効率を向上させるとともに飽和現象を起こさないから周波数範囲のきわめて広いインバータ装置をうることができる特長がある。

(特許第442667号) (秋山記)



開閉装置

発明者 渡辺 睦夫

この発明は電流回路を開閉する開閉器、電源の切り換えを行なう切換開閉器、あるいは負荷の極性変換を行なう切換開閉器などに使用される大電流開閉器に関するものであり、死点位置を越える大きさの外力により付勢装置を利用して回動操作を行なうリンク機構を備え、このリンク機構の回動中心方向への分力を可動接触腕と固定接触部との電氣的接続に、またその回動周方向への分力を接触子間の電氣的接続にそれぞれ通用するとく構成したことを特長とするもので、これにより前記接触子間の接触圧力を自由に大きく取り得て、簡単な構造で安全、確実に大電流の通電および電流回路の開閉を行ないうるものである。

図1においてバネ8による付勢力 P_s は操作レバー15からの操作力により回動される可動接触腕3に加わり、固定接触部1との電氣的接続を確保し、回動周方向への分力 P_B により接触子4間の

電氣的接続を確保している。動作は操作レバー15に操作力 F_A を矢印の方向に前記リンク機構の死点を越える程度に加えればよく、あとは前記バネ8の付勢力で自動的に図2の状態になる。

次に開路状態から閉路状態に移行するときは操作レバー15に反対向きの操作力 F_B を矢印方向に加えるとよい。

(特許第438097号) (秋山記)

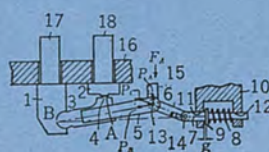


図1

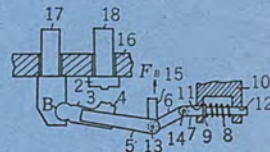


図2

特許と新案

転 封 装 置

考 案 者 橋 本 幸 雄

この考案はボイラ、鉱山その他に使用する通風機のダンパ装置の改良に関する。

一般に上記ダンパ装置においてその操作不能による通風量の偏差は燃焼効率、作業環境、安全衛生などに悪影響を及ぼすことが大きい。従来のダンパ装置においてはダンパ羽根部を通過するガス流がダンパワックの軸貫通部にパッキングを装置してこれに対処していたが、運転中に燃焼ガス、ジアイガスの飛まつなどが前記軸とダンパワックの軸貫通部の細ゲキに固着し前記軸の円滑な運動を妨げ、またダンパ駆動用操作モータに大きなトルクがかかり操作が不能となる欠点があった。

この考案は前記軸受とダンパ羽根との間に前記軸を囲んで密閉室を設け、この内部に常温の圧力空気を通過させ前記細ゲキからこの圧力空気を噴出させるようにしたもので、これにより前記ガス流の軸受部への侵入をシャヘイし、さらにガス流の飛まつなどが前記軸貫通部に固着するのを防止し高性能のダンパ作動を行なわせるようにしたものである。

図1はその一実施例で全閉位置を示し、図2はその一部断面図で軸3に装着され軸3の作動により矢印方向に回転しガス流の通過を許す。軸3の回転は操作モータ9により操作レバー8、駆動軸7、傘歯車6を介して伝達され、この軸3の回転はリング機構4によりおのおのダンパ軸3に連結され全ダンパ羽根2を同様

に回転させる。またダンパワック1の内部に密閉室10を設け圧力空気入口13から圧力空気を通過させる。図3は前記密閉室10の状態を示す軸封部断面図でダンパワック1の内部にそれを一辺とする密閉室10を設け軸受側貫通部にはエアシール12を施し、内部を通過する圧力空気が軸受側へ噴出せず、ダンパ羽根側の軸貫通部の細ゲキ11のみを通して噴出するようにして所期の目的を達成するものである。

(登録実用新案第766709号) (秋山記)

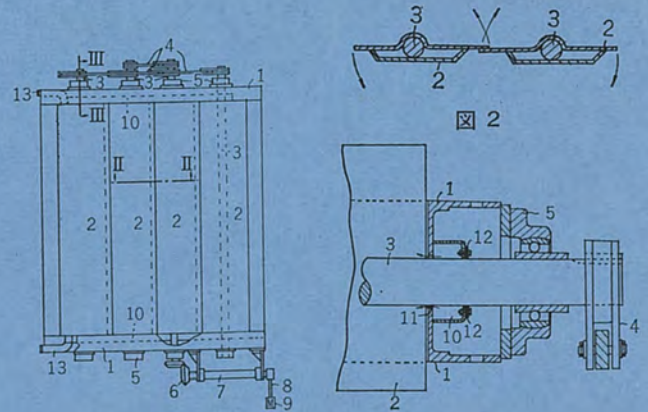


図1

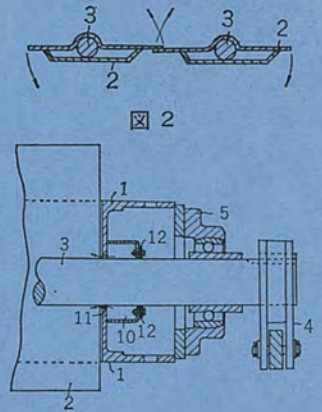


図3

半 導 体 制 御 整 流 素 子

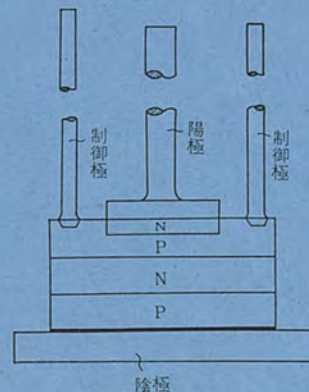
考 案 者 加 藤 又 彦・上 川 孝

この考案はサイリスタの改良に関するもので、その制御電極を複数個設けたことを特長としている。

従来のサイリスタにおいては、制御電極が1個だけであったため、制御電極と半導体ペレットとの接触不良や作業者の不注意などにより所定の部分に溶着されていたり、ケシングまでの諸工程において制御電極の切断あるいは半導体ペレット面からのはずれが生じたりした場合には、素子全体が使用不能になる欠点があった。

この考案では、図のように、一つの半導体ペレットに対して複数個の制御電極を設けたから、たとえそのうちのいくつかが上述のような不良状態になったとしても残りの制御電極が正常であれば素子全体としては不良品になることがなく、製品の歩留まりを向上させることができる。

(実用新案登録第770082号) (八木記)



NFT 形 トライパックシャ断器

高野直治*・岩崎行男**・山本啓一*

Type NFT TRIPAC Breakers

Fukuyama Works
Itami WorksNaoharu TAKANO・Keiichi YAMAMOTO
Yukio IWASAKI

As a result of increase in electric power on low voltage circuits for office buildings, factories and ships, short circuit currents produced come to exceed the interrupting capacities of no-fuse breakers. As a countermeasure for the circumstances have been developed 100, 255 and 400 ampere frame TRIPAC breakers consisting of basic no-fuse breakers and currentlimiting fuse. This ingenious combination enables the device to interrupt safely currents of 100,000 amp, at 550 VAC. Prevention of single phasing liable to occur when the fuses melted is taken into account in the breaker mechanism as well as safety in handling of it. By applying the new breaker it has become possible to give higher concentration of power on low voltage systems.

1. ま え が き

近時、電動機・電灯・冷暖房・空調などの電力消費量は増大の一途をたどり、ビルディング・工場・船舶などにおいては大容量の変圧器や発電機を並列運転することにより数千 kVA の容量の低圧回路が現われている。その結果故障電流は著しく大きくなり、NFT 形 ノーヒューズシャ断器のシャ断容量をはるかに上回ってきたため十分なシャ断容量をもち経済的な低圧回路の保護機器が必要となってきた。当社はノーヒューズシャ断器の利点とヒューズが得意とする限流シャ断に着目し、多極ノーヒューズシャ断器の各極に独特の限流ヒューズを直列に各個装着させたトライパックシャ断器を開発した。以前にはシャ断器とヒューズはどちらか一方のみで回路を保護する場合競合する関係にあると考えられていたが、おのおのがその特長を十分に生かし互いに相手の不足しているところを補うよう組み合わせられるならば大きな成果が得られることがわかった。外国においてもすでにウェスチングハウス社をはじめとしてアメリカ・イギリス・イタリアなどの数社においてヒューズ付シャ断器が製造されている。

トライパックシャ断器の出現により増大する電力の需要に応じて電源は大容量なものを一個所に集中して設置でき、小形・安全かつ経済的に回路の保護が行なえるようになった。

図 1. 1 に 100 A フレーム、図 1. 2 に 225 A フレーム、図 1. 3 に 400 A フレームのトライパックシャ断器の外観を示す。100 A フレームと 400 A フレームは昭和 40 年 5 月に発売しており、225 A フレームは現在開発完了したところである。

2. 規格・試験の種類および定格

2. 1 適用規格

ヒューズ付モールドケース低圧回路シャ断器の規格は外国では NEMA, AB-1, 1964 "MOLDED CASE CIRCUIT BREAKERS" および MIL-C-17361A "CIRCUIT BREAKERS, AIR, ELECTRIC, INSULATED ENCLOSURE" があり、国内では防衛庁規格 NDSXXF 8804 C "艦船用埋込シャ断器 AQB および NQB" がある。また配線用シャ断器の国内規格は JEM 1071 がある。

トライパックシャ断器は、大シャ断容量をもつ配線用シャ断器であるから定格および特性は JEM 1071 の形式試験に基づいて試験されるが、ヒューズ付であるためヒューズ部分の温度・このシャ断器独特の特性としてヒューズが溶断する最小短絡電流を知るためのクロスポイント電流シャ断のおおのの試験は NEMA および NDS に準拠して試験される。そのほか各フレームの最高定格電流の 700% および 1,500% の電流値によるヒューズの溶断特性とシャ断器の長限時および瞬時特性との協調試験を加えている。

試験の種類および順序は (1) 構造, (2) 操作, (3) 200% 電流引きはずし, (4) 125% 電流引きはずし, (5) 100% 電流, (6) ヒューズとシャ断器の協調, (7) クロスポイント電流, (8) 過負荷, (9) 温度, (10) 耐久, (11) 200, 125% 電流引きはずし, (12) 絶縁抵抗, (13) 耐電圧, (14) シャ断, (15) 200% 引きはずしである。

トライパックシャ断器は NK (日本海事協会) の認定試験を受け合格しており、また Lloyd's Register of Shipping の "MARINE-CIRCUIT BREAKERS" のリストに対称 82kA のシャ断容量を有するシャ断器として記載されている。

2. 2 定格および仕様

定格および仕様は表 2. 1 に示すとおりである。

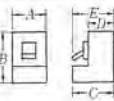


図 1. 1 NFT 形
トライパックシャ断器
100 A (表面接続形)
Fig. 1.1 Type NFT
TRIPAC breaker
100 A (Front con-
nection type)

図 1. 2 NFT 形
トライパックシャ断器
225 A フレーム (表面接
続形) Fig. 1.2 Type
NFT TRIPAC
breaker 225 A
frame. (Front con-
nection type)

図 1. 3 NFT 形
トライパックシャ断器
400 A フレーム (表面接
続形) Fig. 1.3 Type
NFT TRIPAC
breaker 400 A
frame. (Front con-
nection type)

表 2.1 NFT形トライバックシャ断器の定格および仕様一覧

フレームの大きさ			100				225				400			
形 式 記 号			NFT100				NFT225				NFT400			
外形寸法 (mm)		A	118				210				210			
		B	301				384				511			
		C	122				138				138			
		D	97				97				103			
		E	123				139				139			
表面接触形製品重量(kg)			4.6				12.5				19.2			
極 数			2 3				2 3				2 3			
定格電圧 AC (V)			550				550				550			
定格電流 (A)	周囲温度 25°C		15	20	30	40	125	150	175	125	150	175	200	
			50	60	75	90	100	200	225	225	250	300	350	400
定格シャ 断容量 (A)	周囲温度 45または50°C		15	20	30	40	125	150	175	125	150	175	200	
			50	60	75	100	200	225		225	250	300	350	400
定格電圧 (A)	AC	NEMA	460V				100,000				100,000			
		法	550V				60,000				100,000			
特 徴 品	熱動-電磁式		○				○							
	電動-電磁式										○			
	電動-電磁式										○			
	電動-電磁式										○			
付 属 装 置	警報スイッチ		○				○				○			
	補助スイッチ		○				○				○			
	不足電圧引はずし装置		○				○				○			
	電圧引はずし装置		○				○				○			
	電動操作装置		○				○				○			
接 続 方 法	現成電動子		○				○				○			
	表面接触形		○				○				○			
	裏面接続形		○				○				○			
	裏面接続形		○				○				○			

(注) 2極シャ断器は3極シャ断器の中央極断体を取り除いたものである。

3. 構 造

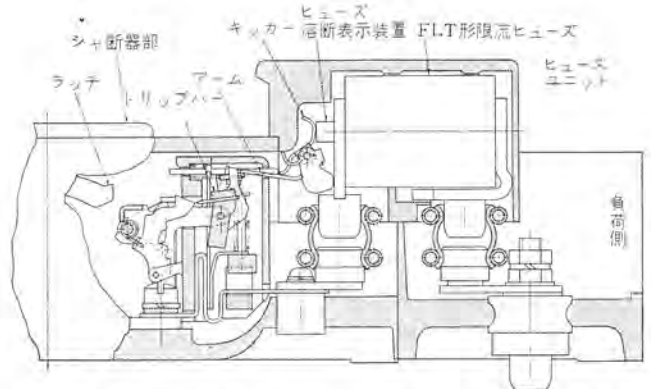
トライバックシャ断器の構造は図 3.1 に示すようにシャ断器部とヒューズユニットにわけられる。シャ断器部は NF 形 ノーヒューズシャ断器と同じ構造をしており、ヒューズユニットに内蔵されている FLT 形 ヒューズの端子はチュリッパ形接触をし、着脱自在であるのでヒューズユニットをヒューズとともにシャ断器から取りはずすことができる。ヒューズはシャ断器部のシャ断能力以上の短絡のときのみ動作するので、めったに溶断することはないが溶断したとき取り換える必要がある。この場合はヒューズユニットの取付ネジをはずし、溶断したヒューズを新品のものと取り換え、ヒューズユニットをもとの位置にそう入すればよい。

ヒューズユニットはシャ断器の負荷側にあってシャ断器がトリップの状態にならなければ取りはずすことができない構造になっており、ヒューズ取り換え時の危険性はまったくない。三相回路の単相運転防止のためにシャ断器は一相でもヒューズが溶断するとトリップの状態になり、電源側に位置している接点は全極開の位置になる。また溶断したヒューズがシャ断器の中に一相でも残ったままであるとシャ断器を投入することはできない。(図 3.2 参照)

FLT 形限流ヒューズはガラスメラン円筒内にシリカ粒子を封入し、その粒子間に銀エレメントを複数本通し、円筒の両端を銅体で封じている構造のものである。(図 3.3 参照) ガラスメラン円筒はシャ断時のアークエネルギーで爆発しないよう十分な機械的強度を有する絶縁物である。銀エレメントは溶断後のアーク時に蒸気になるが、その蒸気容積はほかの金属に比べて少なく、発生するヒューズ内圧が小さい。また熱電離度も低いのでアークの成長が少ない。シリカ粒子は耐火性絶縁物で熱伝導率も大きいので銀エレメントに発生するジュール熱を奪い、アーク発生時にヒューズ内部の圧力によって拡散する銀蒸気に接触し、それを粒子の表面に付着させアークを急冷させる。シリカ粒子自身は完全な無機質で高温アークにさらされて



図 3.1 NFT 形トライバックシャ断器 400A フレームの内部構造
Fig. 3.1 View of type NFT TRIPAC breaker 400 A frame with cover removed.



FLT 形限流ヒューズが溶断するとヒューズ溶断装置が突き出しキッカーを回転させる。キッカーはトリップバーに固定されているアームをけりトリップバーを回転させラッチをはずし、シャ断器をトリップの状態にする。この状態ではシャ断器を投入することはできない。

図 3.2 NFT 形トライバックシャ断器 400A フレーム
ヒューズユニット部分の側面

Fig. 3.2 Side view of fuse unit of type NFT TRIPAC breaker.

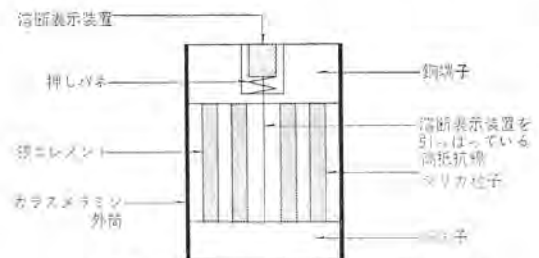


図 3.3 FLT 形限流ヒューズの構造
Fig. 3.3 Construction of type FLT current limiting fuse.

もガスを発生しにくい。粒子の粒度は銀蒸気冷却のためには小さいほうがよいが、銀蒸気拡散には大きいほうがよいので最も適当なものが選ばれる。

トライバックシャ断器 100A フレームは定格電流の違いによって内部導体の断面積および熱容量の違いが大きいので 2 種類のヒューズを使いわけている。すなわち定格電流 15~30A のシャ断器には FLT-30 を、定格電流 40~100A のそれには FLT-100 を使用している。225A フレームおよび 400A フレームには FLT-400 の 1 種類のヒューズが装備されている。

4. 特 性

4.1 電流-時間動作特性

長限時引きはずし、瞬時引きはずしおよびヒューズによる限流

シャ断のそれぞれの動作特性は図 4. 1, 4. 2, 4. 3, 図 4. 4に示すように適切に協調している。瞬時引きはずしの全 シャ断特性とヒューズの溶断特性とが特性曲線上で交わる点の電流値を“クロスポイント電流値”という。この電流値はシャ断器部のシャ断容量以下の値であって、ヒューズはシャ断器を後備保護しなければならないが、あまり小さな値であると不必要にシャ断器を保護し過ぎることになる。

いまクロスポイント電流値だけを取りあげてみるとシャ断器部のシャ断容量から約 2 割減じた値が適当であるが、ヒューズは大短絡電流 シャ断時のシャ断器部の保護をしなければならないので シャ断器のシャ断容量よりかなり低い値がクロスポイント電流値になっているものもある。クロスポイント電流値を I_c とすると $I_c - \alpha$ および $I_c + \alpha$ を各電流によってシャ断試験を行ない、前者の試験ではヒューズは動作せずシャ断器部のみ動作し、後者の試験のときはヒューズもシャ断器部も動作することを確かめている。それらのシャ断試験電流値を表 4. 1 に示す。

一般にヒューズは溶断寸前の電流一時間（図 4. 5 の P 点の電流一時間）を通電した場合、元素の損傷、絶縁の低下などのヒューズ劣化をきたし、溶断特性も図 4. 5 の点線のように下がるのではないかとわれているが、トライパックシャ断器ではその長限時および瞬時引きはずし動作特性がヒューズの溶断特性のはるか下側にあるので一般のヒューズ劣化に対する考えはあてはまらない。図 4. 5 の P 点の電流一時間やヒューズ元素の最小溶断電流一時間が通電されることはなく、シャ断器の長限時および瞬時引きはずし動作により安全にシャ断される。

またシャ断器の定格電流はヒューズ元素の最小溶断電流より

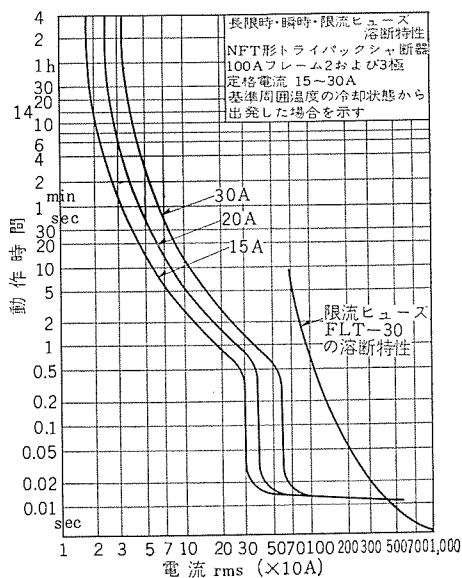


図 4. 1 トライパックシャ断器 100A フレーム (15~30A) の電流—時間動作特性曲線

Fig. 4.1 Current vs time characteristic curves of TRIPAC breaker 100 A frame. (15 to 30 A)

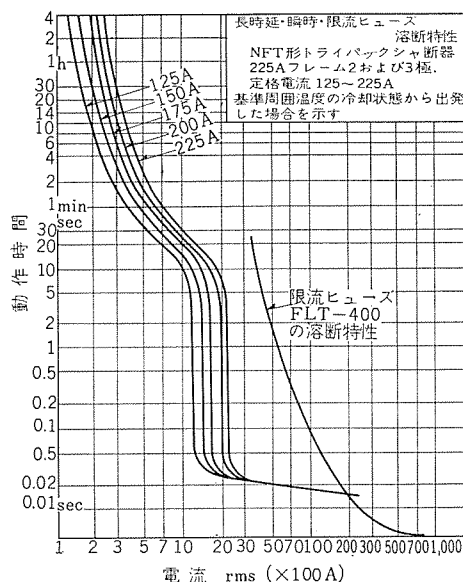


図 4. 3 トライパックシャ断器 225A フレームの電流—時間動作特性曲線

Fig 4.3 Current vs time characteristic curves of TRIPAC breaker 225 A frame.

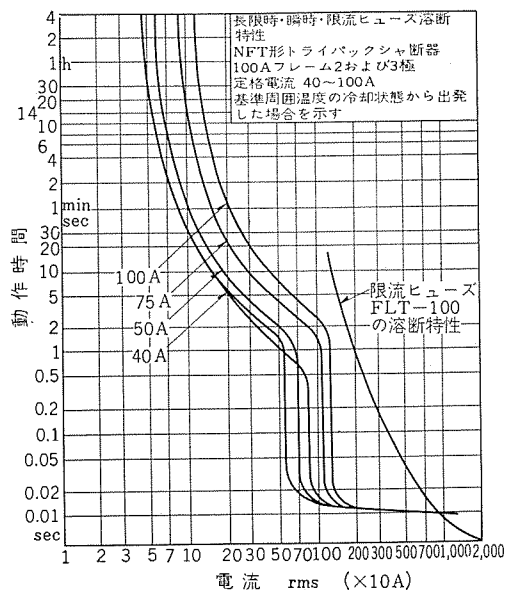


図 4. 2 トライパックシャ断器 100A フレーム (40~100A) の電流—時間動作特性曲線

Fig. 4.2 Current vs time characteristic curves of TRIPAC breaker 100 A frame. (40 to 100 A)

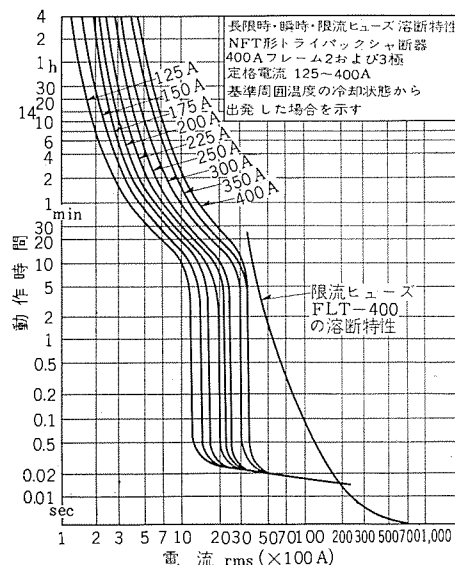


図 4. 4 トライパックシャ断器 400A フレームの電流—時間動作特性曲線

Fig. 4.4 Current vs time characteristic curves of TRIPAC breaker 400 A frame.

表4.1 グロスポイント電流側試験の試験電流

電流 トライバック シャ断器形名	$I_{0-\alpha}$ (A)	$I_{0+\alpha}$ (A)
100 A フレーム (15~30A)	3,000	10,000
100 A フレーム (40~100A)	6,000	14,000
400 A フレーム・225A フレーム	16,000	24,000

表4.2 長限時引きはずし領域におけるヒューズ抵抗の変化

供試トライボックシャ断器	通電電流 (A)	試験回数 (回)	長限時引きはずしによる動作時間 (sec)		ヒューズ抵抗×10 ⁻¹⁰ Ω		
					相	試験前	試験後
100 A フレーム 30A	600	50	1 回目	0.19	U	2.90	2.97
					V	3.13	3.21
			2~50 回目	0.05~0.09	W	2.90	2.97
100 A フレーム 100 A	1,100	50	1 回目	3.5	U	1.59	1.6
					V	1.75	1.76
			2~50 回目	1.0~1.4	W	1.68	1.66
400 A フレーム 400 A	3,000	50	1 回目	14	U	0.448	0.46
					V	0.45	0.462
			2~50 回目	2.4~3.5	W	0.456	0.464

注) 1 回目の試験は基準周囲温度の冷却状態から 3 極同時通電開始し、2 回目以後はシャ断器が引きはずされたのち、リセット可能な最短時間を待って投入し試験した。すなわち 2 回目以後は、シャ断器の温度が上っているときに通電開始するので、動作時間は短い。

表4.3 瞬時引きはずし領域におけるヒューズ抵抗の変化

供試トライバックシャ断器	回路条件 (3φ)				試験回数 (回)	全シャ断時間 (sec)	ヒューズ抵抗 $\times 10^{-10} \Omega$		
	電圧 (V)	周波数 (c/s)	電流 (A)	力率 (%)			相	試験前	試験後
400 A フレーム 400 A	520	60	15,500	0.25	20 (O-C O-以下 CO の繰り返し)	0.015 ~ 0.017	U	0.46	0.456
							V	0.458	0.46
							W	0.456	0.458

はるかに低い値である。したがって、定常および過負荷のいずれの状態においてもヒューズに発生する熱は少ないので、ヒューズ外形は一般の同等の元素を有するヒューズよりはるかに小さく設計され、シャ断器はコンパクトにできている。確かめおかなければならないのは長限時引きはずし特性がヒューズ溶断特性に最も接近している Q 点の電流と定格電圧を印加してクロスポイント電流値よりわずかに少ない電流 I_R を繰り返し通電してヒューズは溶断も劣化もしないことである。Q 点の電流一時間を 50 回、定格電圧を印加して R 点の電流時間を 20 回をそれぞれ連続して通電したがヒューズの抵抗変化の有意差はなく、外観の変化もなく、絶縁抵抗は新品と同じく無限大であった。それらの試験結果を表 4.2、表 4.3 に示す。

ヒューズの溶断特性はクロスポイント電流値がシャ断器部のシャ断容量内になければならないし、シャ断器特性のヒザ部分 (図 4.5 の Q 点) と接触するのは望ましくないので急勾配のものが要求される。そのためヒューズの銀元素にツブレがある。大電流短時間溶断においては熱の移動がないと考えられるので、ツブレ部分の断面積による抵抗値で溶断ジュール熱の要因となる。小電流長時間溶断においてはツブレ部分の発生熱はツブレない部分に伝達するのでツブレのない部分の溶断特性となる。したがって急勾配の溶断特性をもつヒューズが得られた。

4.2 通過最大セン頭電流特性

短絡時に平行な 2 導体の受ける機械力 f は

$$f \propto \frac{i_1 \cdot i_2}{r} \dots \dots \dots (4.1)$$

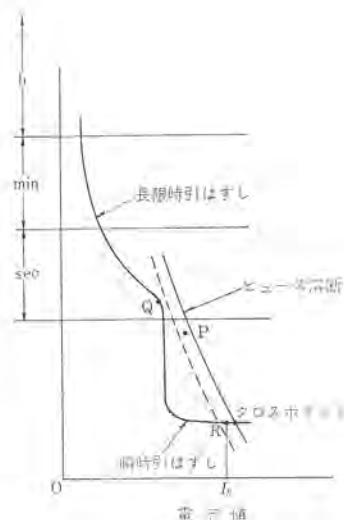


図 4.5 トライバックシャ断器の長限時引きはずし瞬時引きはずしおよび限流ヒューズ溶断特性の間の協調曲線
Fig. 4.5 Cooperation curves among $i-t$ characteristics of long time delay trip, instantaneous trip and fuse melting.

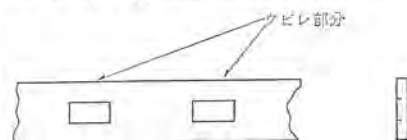


図 4.6 銀元素 Fig 4.6 Silver element.

i_1, i_2 それぞれの導体に流れる電流瞬時値
 r 導体間の距離

いま r を一定とし、 $i_1 = i_2 = i$ を回路に流れる瞬時最大電流とすると $f \propto i^2$ となる。短絡発生後数サイクルの時間をへてのちシャ断する保護機器を使用した場合、回路が受ける機械力は回路条件によって定まる最大電流値の自乗に比例し、多数回加わる衝撃力であるが、トライバックシャ断器を設置した回路の導体が短絡時に受ける機械力は限流された通過最大セン頭電流値の自乗に比例したもので、はるかに小さく軽減され、しかも 1 回だけ加わる衝撃力である。回路条件によって定まる短絡回路の非対称最大電流値に対する各トライバックシャ断器の瞬時セン頭電流値を図 4.8 に示す。

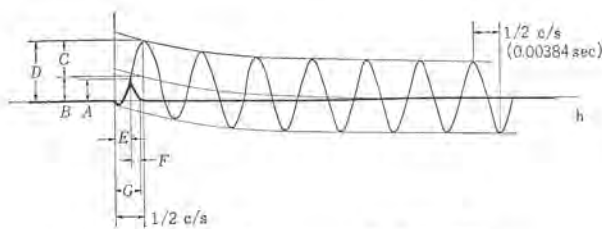
4.3 全シャ断 $\int i^2 dt$

短絡時に回路の導体に発生する熱はシャ断器を通過する電流実効値の自乗と通電時間との積 $\int i^2 dt$ に比例しており、 $\int i^2 dt$ は全シャ断時間について考え、ヒューズ溶断時間におけるものとアーク時間におけるものと和である。図 4.9 に短絡電流シャ断時における通過 $\int i^2 dt$ の値を示す。これらの $\int i^2 dt$ は限流されたものである。シャ断器にはもちろん損傷を与えないし、電線・接続導体・電磁開閉器・変成器・変圧器および発電機などに与える熱的衝撃は従来の大シャ断容量のシャ断器に比べてはるかに軽減されたものとなる。ヒューズ溶断領域におけるシャ断器の全シャ断時間は 0.01 秒以下の短時間であるから通過電流により導体内に発生する熱は外部に逃げないですべて導体温度を上昇させるのに使われていると考えてよい。したがって導体の材料に銅を使用した場合の通過 $\int i^2 dt$ と導体温度との関係は次式で表わされる。

$$\int i^2 dt = 5.05 \times 10^4 \times A^2 \times \log_e \frac{234.5 + T}{234.5 + T_0} \dots \dots \dots (4.2)$$

A 導体断面積 (mm^2)

T 導体の温度



A: 通過最大セン頭電流
C: 対称電流最大値
E: ヒューズ溶断時間
G: 全シャ断時間
B: 直流分電流
D: 非対称電流最大値
F: アーク時間

図 4.7 交流短絡電流シャ断時における
トライバックシャ断器の限流
Fig. 4.7 Current-limiting of TRIPAC breaker in
interrupting AC short circuit current.

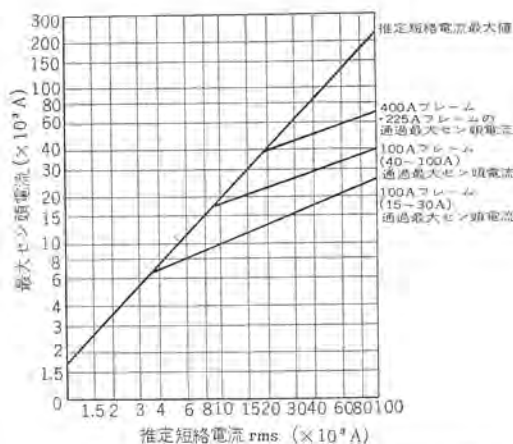


図 4.8 推定短絡電流—通過最大セン頭電流特性
(トライバックシャ断器)
Fig. 4.8 Estimate short circuit current vs let through
maximum peak current characteristics. (TRIPAC breaker)

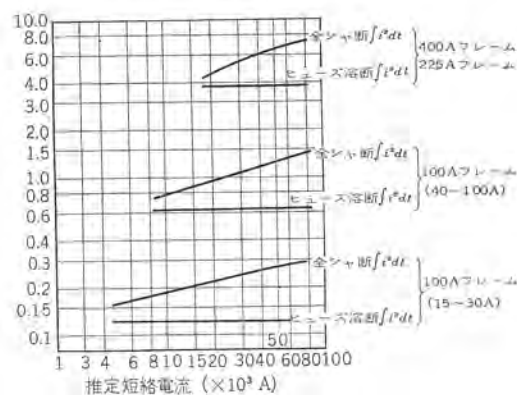


図 4.9 推定短絡電流—通過最大 $\int i^2 dt$ 特性
(トライバックシャ断器)
Fig. 4.9 Estimated short circuit current vs let through
maximum $\int i^2 dt$ characteristics. (TRIPAC breaker)

T_0 定格電流の定常時における導体の温度 ($^{\circ}\text{C}$)

いま 600V ゴム絶縁電線もしくはビニル絶縁電線の場合定格電流
通電の定常時における許容最高温度は 60°C で、短時間温度は
 150°C まで許されるとすると式 (4.2) に図 4.9 から求めた $\int i^2 dt$
の値を代入し、面積 A が求められる。トライバックシャ断器が定格シャ
断容量いっぱいシャ断した場合の熱的に耐え得る最小電線の
太さは表 4.4 のようになり、100A フレームのトライバックシャ断器は
ガイシ引きの場合定格電流に対するよりも太い電線を使用しな
ければならない。

表 4.4 通過 $\int i^2 dt$ に耐え得る最小電線

フレームの大きさ	熱的に耐えうる 600V ゴムあるいは ビニル電線の最小断面積 (mm^2)
100A (定格電流 15~30A)	5.5
100A (定格電流 40~100A)	14
225A	30
400A	30

5. シャ断現象

定格シャ断容量を決定するためのシャ断試験の動作責務は
NEM A, ABI “Molded Case Circuit Breakers” に規定され
ている “O” — “CO” を採用した。 “CO” 動作は “O” 動作が終
わってからできるだけ早くヒューズを取り換えて行なう。

トライバックシャ断器のヒューズは短絡電流が時間とともに上昇する
途中においてエレメントが溶断し、溶断後のアーク抵抗によって電流
ゼロ点を待たず電流をカットするので、シャ断時間も非常に短かく、
短絡電流は固有の最大値に達することはない。三相シャ断におい
ては短絡電流が最も急しゅんに上昇する相のヒューズが最初に溶
断する。溶断後のアーク開始が印加電圧波形の最大値のとき最も
きびしい試験条件となる。前者は通過最大セン頭電流値に関係し、
後者はアークエネルギーが最大となることを考慮している。 L と R が直
列にはいつている回路に $e = E_m \sin(\omega t + \phi_0)$ なる交番電圧を加
えると初期過渡電流 $i(A)$ は

$$i = I_m \left\{ \sin(\omega t + \phi_0 - \phi) - e^{-\frac{R}{L}t} \sin(\phi_0 - \phi) \right\} \dots \dots (5.1)$$

$$I_m = \frac{E_m}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \quad (A)$$

$$\omega = 2\pi f (\text{rad/sec}) \quad f = 60 \text{ c/s}$$

$$t: \text{時間 (sec)} \quad \phi = \tan^{-1} \frac{\omega L}{R}$$

また

$$\frac{di}{dt} = I_m \left\{ \omega \cos(\omega t + \phi_0 - \phi) + \frac{R}{L} e^{-\frac{R}{L}t} \sin(\phi_0 - \phi) \right\} \quad (5.2)$$

$$\left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0} = I_m \frac{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}{L} \sin \phi_0 = \frac{E_m \sin \phi_0}{L} \dots (5.3)$$

E_m , L は回路固有のものであるので $t=0$ における電流上昇コ
ウ配は $\phi_0 = \frac{\pi}{2}$ のとき最大となるが、ヒューズ溶断後アーク開始時
のアークエネルギーが最も大きいのは印加電圧が最大のときである
ので $\phi_0 = \frac{\pi}{2} - \alpha$ で電圧投入され、 $\omega t + \phi_0 = \frac{\pi}{2}$ を満足する時間 t
秒後にヒューズが溶断しアークが始まる試験が必要である。三相試
験では一相が上記の条件を満足しなければならない。

図 5.3 に示すオシロは図 5.2 の回路で 100A フレームの定格電流、
100A のトライバックシャ断器の非対称 60 kA のシャ断試験を行
なったものである。動作責務 “O” の U 相および “CO” V 相
いずれも $\phi_0 < \frac{\pi}{2}$ で短絡が開始し、 $\omega t + \phi_0 = \frac{\pi}{2}$ でアークを開始し
ている。ヒューズのアーク開始時における過渡電圧は電流の急激な
変化と回路中のリアクタンス L による電圧であるが、大きな値にな
ると回路および機器の絶縁に悪影響を及ぼす。ヒューズのエレメン
トを一様な太さにしておいて溶断時に一度に長いアークをつくるこ
とは、アーク抵抗を急に大きくし、電流の時間に対する変化率も
大きなものとなる。これを防ぐために、エレメントにツブレた部分
を作ることによって溶断、アークを最初数個所に限り、その後アーク
長を伸ばす方法をとっている。

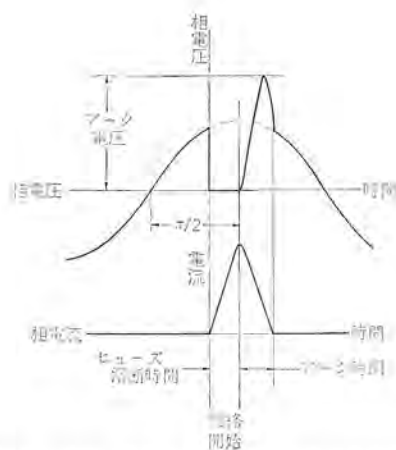


図 5.1 “CO” 責務 シェ断時の電圧電流波
Fig. 5.1 Wave form of voltage and current in interruption by duty “CO”.

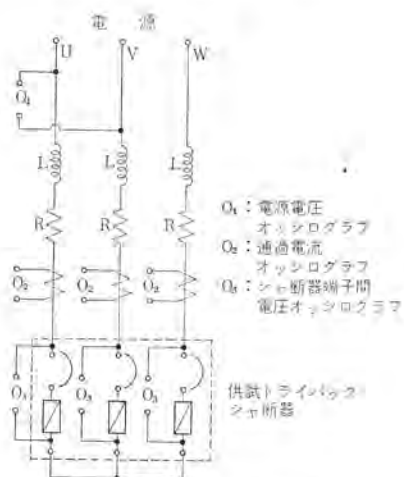
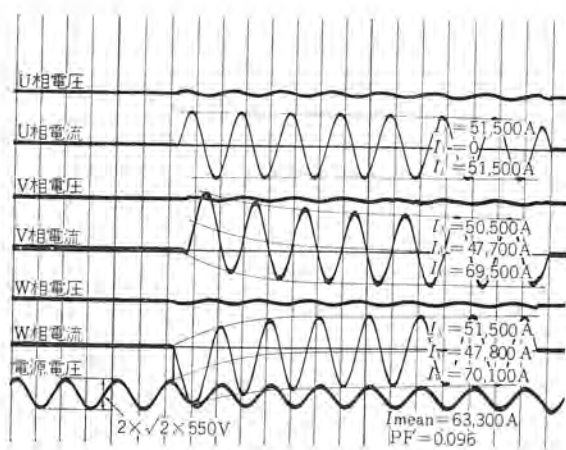


図 5.2 シェ断試験回路
Fig. 5.2 Diagram of interrupting test circuit.

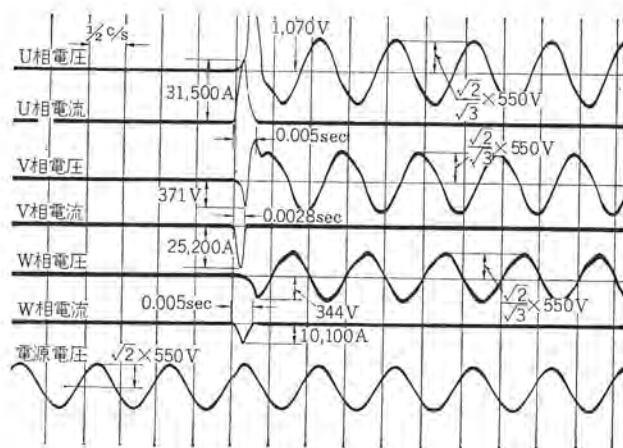
押パネの力に対して溶断表示装置をひっぱっている高抵抗線がエレメントに並列にはいつてエレメント溶断後、電流が高抵抗線を通り、それを溶断させるので、回路の L 中の電流変化がエレメントのみのときより過激でなくなる。このような過電圧抑制方法によりトライパックシャ断器のシェ断時に表われる異常電圧のセン頭値は、すべてシェ断器およびほかの機器が1分間耐えうる電圧 (AC 2,000 V) よりはるかに小さい。

図 5.3, 5.4 のオシログラムをみると、短絡後最初に出てくるアーク電圧の波形はヒューズのものであり、最初にヒューズは溶断しているが試験後接点をみると、アークによる損傷を受けているので、ヒューズ溶断後アークはヒューズと接点の両方で発生していると考えられる。

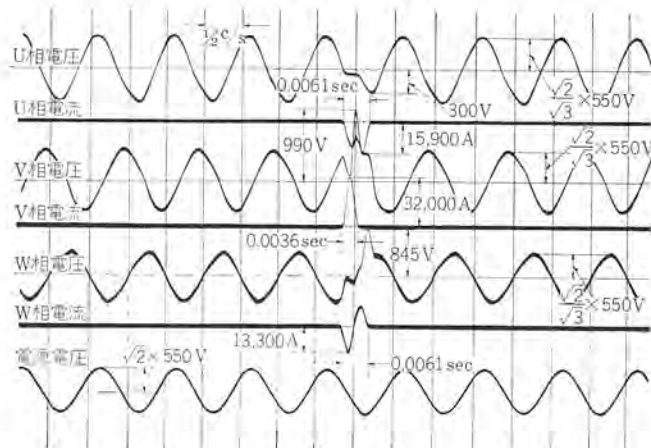
ヒューズの溶断時間は非常に速いものであるが、シェ断器の接点の開極時間もヒューズの溶断時間に比べることができるほど速い。このことをくわしく調べるため、図 5.7 の回路で試験し、そのオシログラムを図 5.8 に示す。比較的低い短絡電流においてはヒューズが溶断する前にシェ断器接点が開極し、そのアーク時間内にヒューズが溶断している。ヒューズの溶断時間は短絡電流の大小によって変化するが、シェ断器の接点はその引きはずし機構の慣性が一定であるため変わらない。したがって大電流短絡時には図 5.8 のオシログラムとは逆にヒューズ溶断後のアーク時間中にシェ断器接点が開極する。



(a) 短絡回路



(b) 責務“O”試験

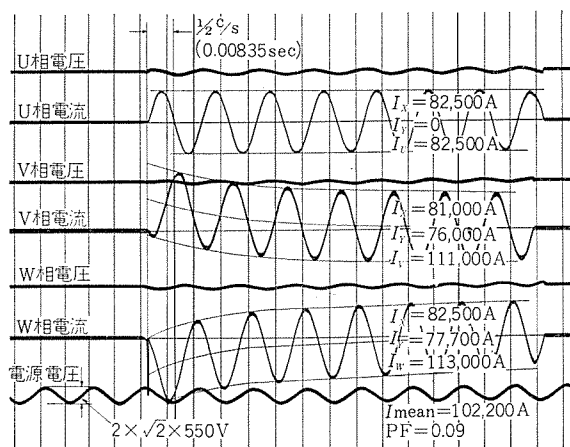


(c) 責務“CO”試験

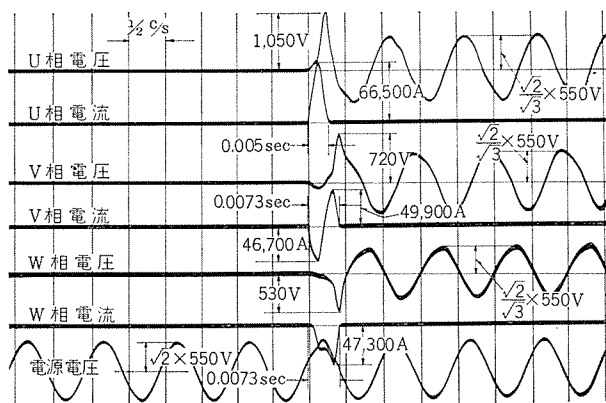
図 5.3 NFT 形トライパックシャ断器 100A フレーム
シェ断試験 オシログラム

Fig. 5.3 Interrupting test oscillograms of type NFT TRIPAC breaker 100A frame.

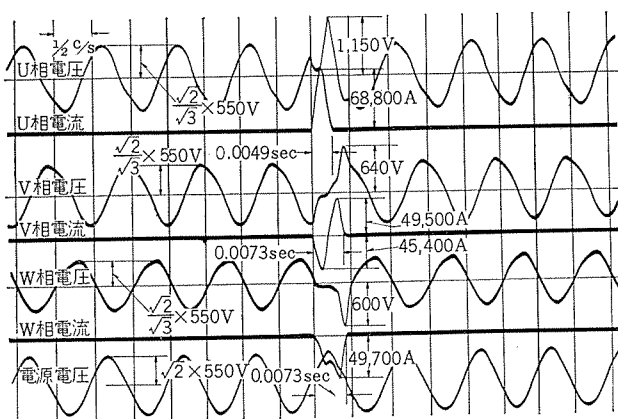
このようにトライパックシャ断器の接点とヒューズの関係は短絡シェ断時において互いにアークを発生し、アーク電圧を分担し、シェ断エネルギーの分割を行なってシェ断を容易にしている。また図 5.8 のオシログラムからわかることは、ヒューズ端子間のシェ断直後の絶縁抵抗はシェ断器接点間に比べて低く、最初は回復電圧のほとんど全部が接点間にかかっている。このことはヒューズ単独で回路をシェ断するより、接点の開極もあるトライパックシャ断器のほうが確実であることを示している。



(a) 短絡回路



(b) 責務“O”試験



(c) 責務“CO”試験

図 5.4 NFT 形トライパックシヤ 断器 400A フレーム
シヤ 断試験オシログラム

Fig 5.4 Interrupting test oscillograms of type
NFT TRIPAC breaker 400 A frame.

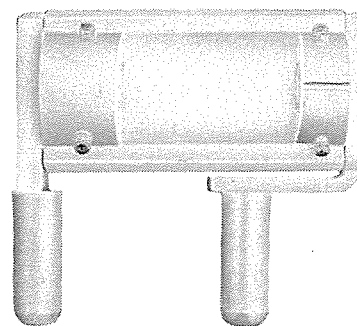


図 5.5 FLT-100 形限流 ヒューズの断面
Fig 5.5 Cutaway view of type FLT-100 currnt
limiting fuse.

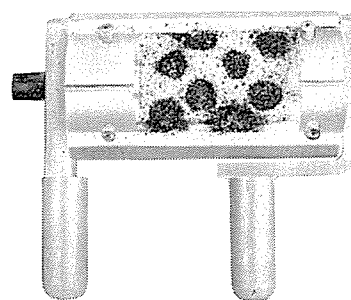
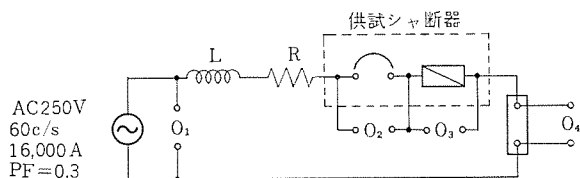


図 5.6 FLT-100 形限流 ヒューズの断面 (シヤ断試験後)
Fig. 5.6 Cutaway view type FLT-100 current limiting fuse
after short circuit test.



O₁ 電源電圧オシログラム O₂ 接点間電圧オシログラム
O₃ ヒューズ端子間電圧オシログラム O₄ 通過電圧オシログラム

図 5.7 接点开極時間とヒューズ溶断時間との
比較シヤ断試験回路

Fig. 5.7 Diagram of interrupting test circuit in comparison
between contact opening time and fuse melting time.

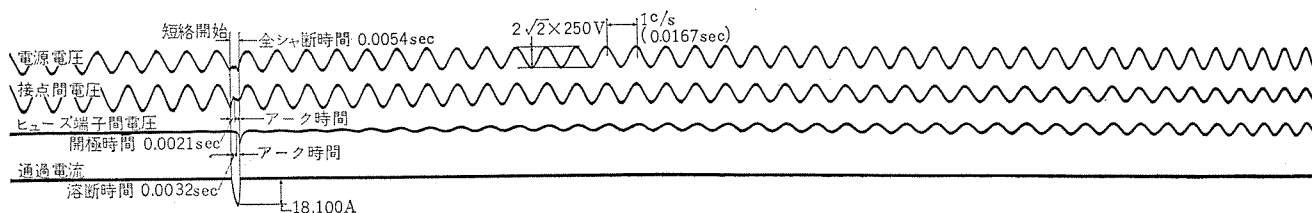


図 5.8 接点开極時間とヒューズ溶断時間との比較のオシログラム

Fig. 5.8 Oscillogram in comparison between contact opening time and fuse melting time.

6. 適 用

低圧回路の短絡保護方式は、短絡事故時の停電領域および経済性の観点から(1)完全定格方式 (Fully rated system), (2)カスケード方式 (Cascade system) および (3) 選択シヤ断方式 (Selective system) の三つにわけられるが、トライパックシヤ断器は次のようにしそれぞれ的方式に適用される。

6.1 完全定格方式 (Fully rated system)

シヤ断器設置点での推定短絡電流がノーヒューズシヤ断器のシヤ断容量を越えているとき、ノーヒューズシヤ断器に代わって大シヤ断容量を有するモールドケースシヤ断器として主回路および分岐回路にトライパックシヤ断器が使用される、(図 6.2 (a) 参照) この場合すべてのシヤ断器は自分より負荷側における短絡すべてに対して十分なシヤ断容量を持っているが、2 個以上直列に位置している場合の相互間の選択性はほとんど見込みがない。ただ主回路シヤ断器の長限時引きははずし特性と分岐回路の瞬時引きははずしおよびヒューズ動作特性との間の選択性は得られる。また図 4.9 からわかるように 400A フレーム・225A フレームのヒューズ溶断 $\int i^2 dt > 100$ A フレーム (40~100A) の全シヤ断 $\int i^2 dt$, 100A フレーム (40~100A) のヒューズ溶断 $\int i^2 dt > 100$ A フレーム (15~30A) の全シヤ断の関係があるので、図 6.2 (a) のように縦つなぎにしてもそれぞれヒューズの動作には選択性がある。

6.2 カスケード方式 (Cascade system)

シヤ断器設置点での推定短絡電流がノーヒューズシヤ断のシヤ断容量を越えるところに設置された分岐回路ノーヒューズシヤ断器を後備保護する主回路用モールドケースシヤ断器として使用される、(図 6.2 (b) 参照) すなわち分岐回路のノーヒューズシヤ断器はその設置点における推定短絡電流より低いシヤ断容量を有してもよい。ヒューズの限流性およびシヤ断器接点の開極が速いことのためシヤ断エネルギーは多く主回路用トライパックシヤ断器で消費され、分岐回路のノーヒューズシヤ断器にかかるシヤ断エネルギーは軽減される。したがってトライパックシヤ断器はシヤ断容量不足のノーヒューズシヤ断器に対して

十分な後備保護を与えることになる。

従来ノーヒューズシヤ断器の後備保護機器として気中シヤ断器、限流リアクトルおよびヒューズを別にシヤ断器に直列に入れる方法などがあったが、気中シヤ断器はシヤ断時間が長いため通過 $\int i^2 dt$ および通過セム頭電流が大きく、ノーヒューズシヤ断器の後備保護はほとんど望み薄であり、重量および取付面積のうえからも難点があった。限流リアクトルは回路の力率を悪化させ、また回路の電圧変動率および電力消費量が大い。ヒューズ別置きの場合は三相回路の単相運転・電源側に位置しているシヤ断器と負荷側にあるヒューズの間の短絡時における保護の不備およびシヤ断器と適切に協調するヒューズを選ぶことの困難などのため、いずれも不満足であった。トライパックシヤ断器はこれらの不満足点を完全に解消している。

6.3 選択シヤ断方式 (Selective system)

電力供給の連続性が強く要求される場合、トライパックシヤ断器は短限時付気中シヤ断器と協調させて使用しなければならない。図 6.2 (c) において×点で短絡が生じた場合十分なシヤ断容量を有する分岐回路のトライパックシヤ断器が動作し、気中シヤ断器は動作せず事故以外の分岐回路で電力供給の連続性が維持できる。トライパックシヤ断器は十分なシヤ断容量を有するので主回路の気中シヤ断器はトライパックシヤ断器の後備保護を考慮して、ピクアッ電流値を設定する必要はない。

気中シヤ断器の全シヤ断時間は接点の開極時間とアーク時間とからなり、開極時間はラッチ保持時間 (短絡電流が流れはじめから引きははずし機構のラッチがはずされる寸前までの時間) とラッチが引きははずされてから接点の開きはじめるまでの時間にわけられる。図 6.2 (c) の選択シヤ断を行なうには主回路用気中シヤ断器のラッチ保持時間) トライパックシヤ断器の全シヤ断時間の関係がなくてはならない。(瞬時付の気中シヤ断器のラッチ保持時間は $1/2$ c/s 以下であるのでトライパックシヤ断器との間の時間的協調をとることはできない)。図 6.3 にトライパックシヤ断器の全シヤ断時間特性と短限時付気中シヤ断器のラッチ保持時間特性との例を示す。



図 6.1 トライパックシヤ断器を組み込んだ配電盤 (盤の表面からヒューズユニットを取りはずすことができる)

Fig. 6.1 Switchboard mounted with TRIPAC breakers.

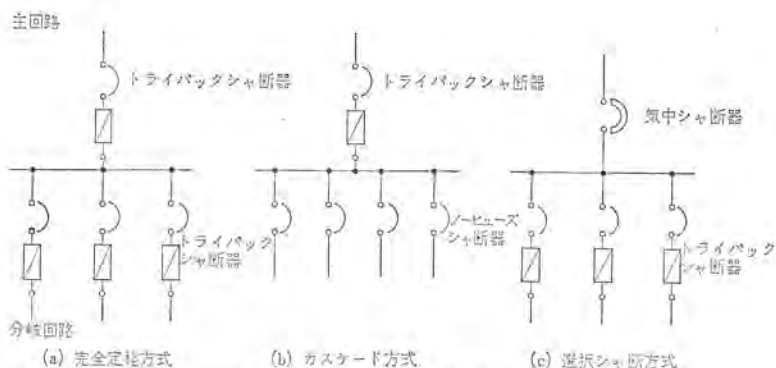


図 6.2 トライパックシヤ断器の適用
Fig. 6.2 Application of TRIPAC breaker.

7. む す び

わが国で初めて開発されたヒューズ付モールドケースのトライパックシヤ断器は大シヤ断容量をもつので、現在の急速な電力需要の増大に伴う大容量低圧回路の出現を容易にした。この製品は回路の過負荷および普通の短絡はもちろん大電流短絡というまれな事故時には偉力を発揮し、回路の復旧を容易にし、停電のない連続給電という技術者の課題を一步前進させた。その開発にあたっては当社

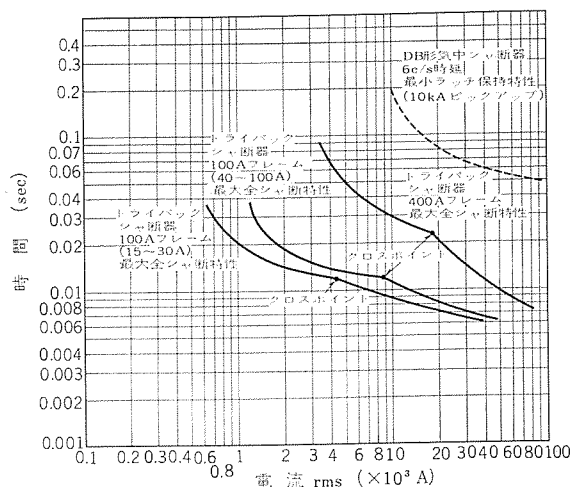


図 6.3 トライバックシヤ断時間特性と短限時付き気中シヤ断器のラッチ保持時間特性の間の選択協調曲線
Fig. 6.3 Selective cooperation curves between total clearing time characteristics of TRIPAC breaker and unlatching time characteristics of air circuit breaker with short time delay.

の電機総合メカとしての持てる技術や試験設備が大きく貢献している。

トライバックシヤ断器の特色は下記の点である。

- (1) 小形、軽量かつ経済的である。
- (2) 三相回路の単相運転を完全に防止し、取り扱いのうえで危険性はまったくない。
- (3) ノーヒューズシヤ断器の持つすべての利点を十分に活用しており、普通生ずる過負荷や短絡はシヤ断器のみが動作し、ヒューズ

が溶断するような大短絡事故はきわめてまれであるので、ヒューズを取り換えることはめったにない。

(4) ヒューズを独特の形に設計しているので、シヤ断器と協調のとれていないほかのヒューズが誤って使用されることはない。

(5) 大短絡事故時にヒューズが得意とする限流作用により回路、ほかの接続機器およびシヤ断器自身に加わる熱的および機械的衝撃は非常に小さい。

(6) ヒューズ溶断時に生ずる過度電圧はシヤ断器およびほかの機器が1分間耐えうる電圧よりはるかに小さい。

(7) ヒューズが溶断する場合は、それと比較しうほど速い時間でシヤ断器接点が開極し、アークはヒューズとシヤ断器接点の2箇所に生じて2段切りのようになる。

(8) トライバックシヤ断器は完全定格方式、カスケード方式および選択シヤ溶方式などの低圧回路いずれにも適している。

参考文献

- (1) H. Harold Edmunds: A New High-Interrupting Capacity Low-Voltage Circuit Breaker, AIEE Transaction 75, 3 (1956)
- (2) 岩崎ほか: 低圧速動ヒューズ「三菱電機」34, No. 11,1437 (昭35)
- (3) 日本電機工業会: 艦内電気回路保護装置体系に関する調査研究報告 (昭38)
- (4) 高見: 新形ノーヒューズシヤ断器「三菱電機」34, No. 3,429 (昭35)



電子計算機利用シリーズ

UDC 531.3 : 621.314.21.014.7.042.53 : 681.142

変圧器短絡強度の電子計算機による解析

大谷 清二*・渡辺 次男**・坂田 邦寿**

1. ま え が き

急速に増大する電力需用にこたえるために、電力系統は最近ますます増大の傾向をたどっているが、当然のことながら系統の短絡容量は増大し、その系統につながる変圧器には大きな短絡強度が要求されるようになってきた。とくに直接接地系では、一線地絡事故は三相短絡と同等電流となるために、変圧器短絡強度を要求される機会は非接地系よりも多くなっている。したがって変圧器の短絡強度は国の内外を問わずきわめて重要な研究課題となり、CIGRE においても1956年ごろより活発に討論されてきた⁽¹⁾⁽²⁾。国内においても、まずシタ断器の短絡試験設備の増強にともないそれに使用する昇圧用変圧器の短絡強度が問題となり、各社で自衛的に研究を行なっている。

当社においても、いち早くこの問題に着手し、昭和33年にまず70/10 kV 2,000 kVA 変圧器の短絡試験を、東京大学、電力研究所、関西電力と協同のもとに使用年数20～25年の老朽変圧器3台を用いて行ない、当時としては画期的な試験であって、外鉄形変圧器の短絡強度に関する有効な情報を多くうることができた。その後も内鉄形変圧器の修理改造の機会をつかみ短絡試験⁽³⁾を実施し、抵抗線ヒズミ計を利用して短絡機械力の測定を行なうとともに、電子計算機、抵抗紙模擬法を用いて電磁力の推定法の研究を続けてきた。その後電源開発佐久間周波数変換所368, 353 MVA変圧器、大電力短絡試験設備用の昇圧変圧器の設計を行なうに先だち、1,000 kVA のモデル変圧器を作って外鉄形変圧器の短絡強度に関する研究を徹底的に行ない、

(1) 短絡時に発生する電磁力の大きさを基本設計段階において精度よく推定する方法を確立する。

(2) 短絡時に コイル にかかる電磁力を測定し推定の精度を検証する。

(3) 方形コイルの機械的性質、コイル群の性質を究明し、合理的設計法、組立法を見出す。

(4) 銅線、絶縁物の機械的性質を明らかにする。

(5) 変圧器の強度を決定する要因をさぐり、強度増強の方策をたてる。

(6) 交流短絡と整流器逆弧時の比較を行なう。

ことができた。本文においてはこれら一連の研究の中とくに電子計算機を用いて検討した(1)項について述べることにする。

2. モデル変圧器

短絡強度を研究するにあたり、モデル変圧器を作成した。普通考えられる方法として、縮尺モデルと、標準設計の小容量器の二方法があるが、製作に先だち機械的、電磁氣的相似性について検討を行なったところ、いわゆる縮尺モデルは、不完全な相似にすぎないという結論に達したので、1,000 kVA の標準設計のモデルを製作した。電氣的仕様は次のとおりである。

高圧側 電圧 6,600-6,330-6,060 V, 電流 152-157-165 A

低圧側 電圧 1300V, 電流 769A

1,000 kVA, 60c/s, 1φ, 乾式

図2.1はモデル変圧器の外観写真であり、図2.2はその内部構造と測定箇所を示すものである。この変圧器は種々の特長を持っているが、おもなものを上げると

(1) 主方向電磁力が測定可能であり、また組立が簡単になるように鉄心は圧着鉄心、パットジョイントである。

(2) 垂直方向電磁力が測定可能である。

(3) コイルの動きが観測できるようなタンク構造である。

(4) 磁氣的条件はタツラによって変えられる。

(5) コイル近傍の磁界が測定できる構造である。

この変圧器を用いて短絡試験⁽⁴⁾を実施し、主方向電磁力、垂直



図 2.1 モデル変圧器外観

Fig. 2.1 Exterior view of model transformer.

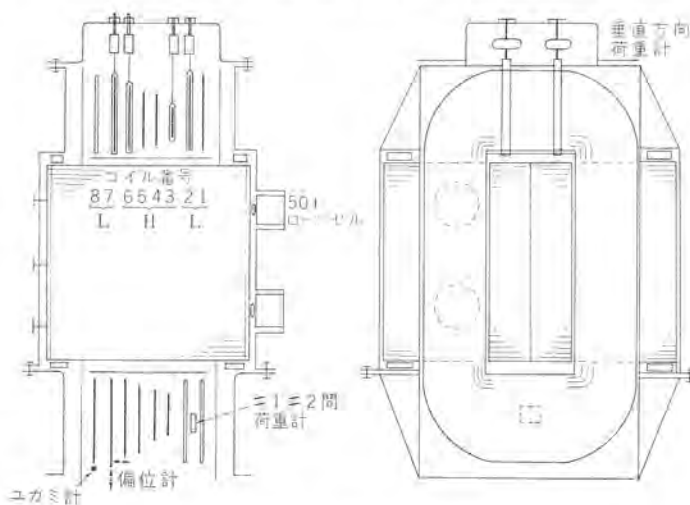


図 2.2 測定箇所および測定項目

Fig. 2.2 Measuring points and measuring items.

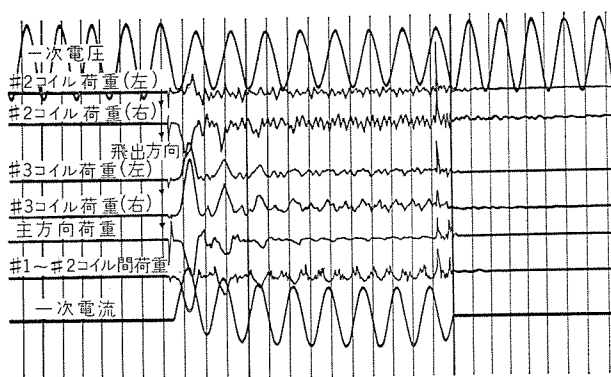


図 2.3 短絡試験 オシロ
Fig. 2.3 Oscillogram of short circuit test.

方向電磁力の実測値を求め、他方理論計算式から導いた電磁力計算結果との一致性を検討した。図 2.3は短絡試験 オシロの一例である。

3. 三次元像の二次元による解析

変圧器は三次元構造物であるから、短絡時に働く電磁力も三次元で取り扱うのが本当であるが、現在の技術では不可能であって、三次元像を二次元で解かざるを得ない。そこで三次元像を二次元で解析した場合どの程度の誤差が入り込む物か、実験と計算の両面より検討する。

モデル 変圧器の低圧コイル 3 枚をギヤウをたもって重ね合わせて逆直列に接続し、図 3.1 の A, B, C, D, E, F の位置で主漏 イ磁束の方向、すなわち ギヤウ 中央位置で、コイル を含む平面に平行な面内にあって、巻線に垂直方向の磁束、たとえば A の位置では矢印方向の磁束を測定した。図 3.2 はこの結果を示すものであるが、この結果および同一断面の抵抗紙模擬による推定結果と比較したところ、ある程度直線部があれば漏 イ磁束はほとんど変わらない。すなわち逆に考えれば無限に長い直線部分の漏 イ磁束と有限長の中央部では大差ないから、三次元像を二次元で考えても大きな誤りがないことが判明した。

そこで、この点を計算機を用いて理論的に取り扱って見る。図 3.3 において、有限長の直線電流より離れた P 点の磁界 H は、Biot-Savart の式より求められる。

$$H = \frac{I}{4\pi r_0} \int_{\beta_1}^{\beta_2} \cos \beta d\beta = \frac{I}{4\pi r_0} (\sin \beta_2 - \sin \beta_1) \dots (3.1)$$

次に有限長の電流板から離れた点 P における磁場を求める。 dX なる素線より P 点に誘起される磁界は式 (3.1) より

$$dH = \frac{dI}{4\pi r} (\sin \beta_2 - \sin \beta_1) \dots (3.1)$$

電流素線は Z 軸に平行であるから磁界は X, Y の成分を持つことになり

$$H_x = \frac{I}{4\pi} \int \frac{W_1}{W_2} \frac{1}{\sqrt{R^2 + X^2}} \left(\frac{L_2}{\sqrt{R^2 + L_2^2 + X^2}} - \frac{L_1}{\sqrt{R^2 + L_1^2 + X^2}} \right) \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}} dX = \frac{I}{4\pi} \left[\tan^{-1} \frac{X}{R} \frac{L_2}{\sqrt{X^2 + L_2^2 + R^2}} - \tan^{-1} \frac{X}{R} \frac{L_1}{\sqrt{X^2 + L_1^2 + R^2}} \right] \frac{W_1}{W_2} \dots (3.2)$$

変圧器短絡強度の電子計算機による解析・大谷・渡辺・坂田

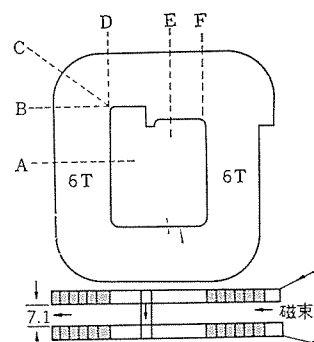


図 3.1 2枚のコイルからなるトランス
Fig. 3.1 Transformer consisting of two coils.

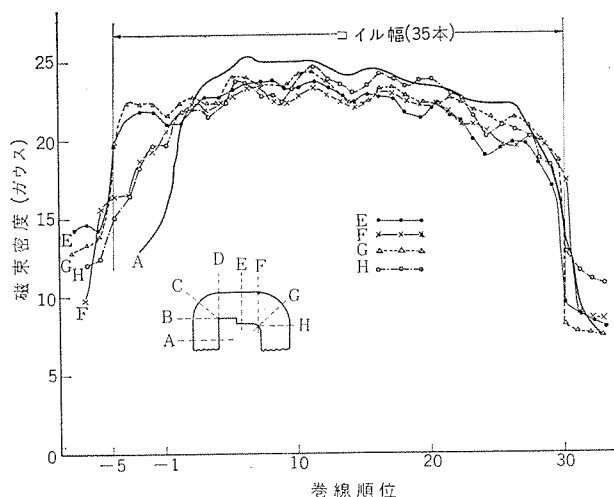


図 3.2 2枚のコイル板間の漏イ磁束 (主方向電磁力相当)
Fig. 3.2 Leakage flux between two coil plates.

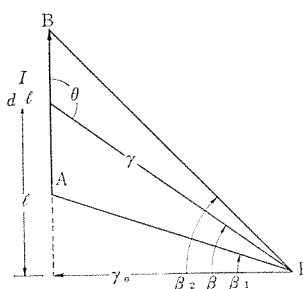


図 3.3 有限長の電流による磁界
Fig. 3.3 Magnetic field produced by linear current of finite length.

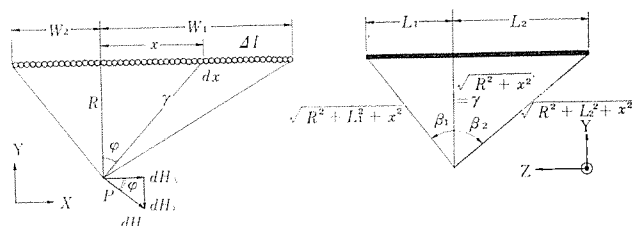


図 3.4 有限長の電流板による磁界
Fig. 3.4 Magnetic field produced by plate shaped current of finite length.

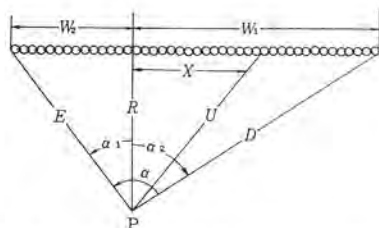


図 3.5 無限長の電流板による磁界
Fig. 3.5 Magnetic field produced by plate shaped current of infinite length.

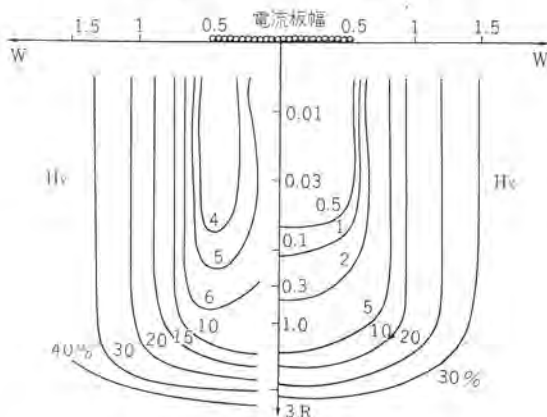


図 3.6 有限長と無限長の誤差
Fig. 3.6 Error of finite length and infinite length.

$$H_r = \frac{I}{4\pi} \int \frac{W_1}{W_2} \frac{1}{\sqrt{R^2 + X^2}} \left(\frac{L_2}{\sqrt{R^2 + L_2^2 + X^2}} - \frac{L_1}{\sqrt{R^2 + L_1^2 + X^2}} \right) \frac{X}{\sqrt{R^2 + X^2}} dX = \frac{I}{4\pi} \left[\frac{1}{2} \ln \frac{\sqrt{X^2 + L_2^2 + R^2} - L_2}{\sqrt{X^2 + L_1^2 + R^2} - L_1} - \frac{1}{2} \ln \frac{\sqrt{X^2 + L_2^2 + R^2} + L_2}{\sqrt{X^2 + L_1^2 + R^2} + L_1} \right] \frac{W_1}{W_2} \quad (3.3)$$

一方導体長さが無限の場合の理論式は、有限長の場合においては、 $\beta_2 = \pi/2$, $\beta_1 = -\pi/2$ または $L_2 = \infty$, $L_1 = -\infty$ に相当し、

$$H_x = \frac{I}{2\pi} \left| \alpha \right| \quad (3.4)$$

$$H_y = \frac{I}{2\pi} \ln \left| \frac{D}{E} \right| \quad (3.5)$$

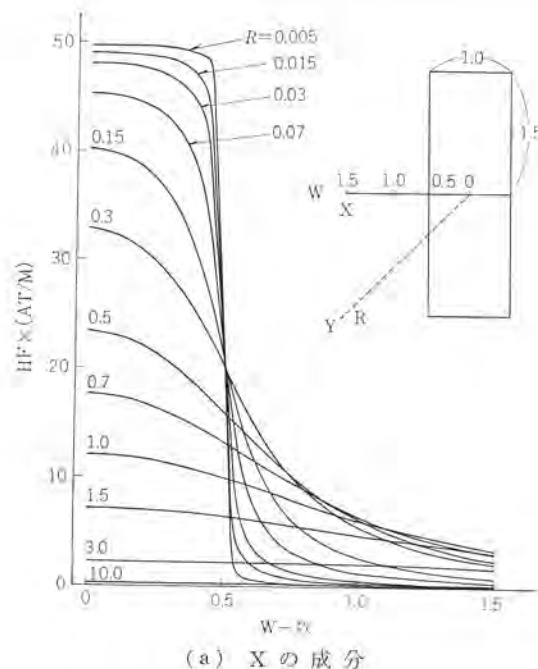
ゆえに、有限長の板電流によつて誘起される磁界と、無限長の板電流によつて生じる磁界との差は、式(3.2)と式(3.4)、および式(3.3)と式(3.5)を比較すれば求まる。電子計算機を用いて外鉄形変圧器のコイル配置の取り得る領域にわたって計算してみた結果次のことがわかった。

(1) 板電流よりの距離が近ければ近いほど有限長を無限長で検討したときの誤差は小さくなる。

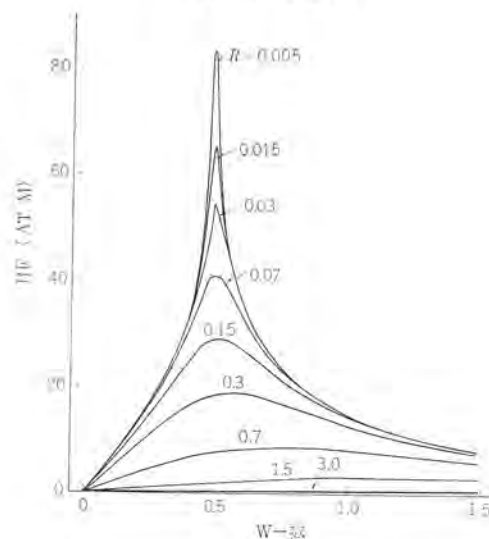
(2) H_x は板電流中央に近いほど精度がよく、 H_r 端ほどよい。(図 3.6 参照)

(3) 大略の概念としては、板電流幅の $1/10$ 以下のところでは誤差は 1~5% である。

(4) 有限長板電流よりの磁界は、図 3.7 (a) (b) に示すとおりであるが、 H_x は中央ほど値が大きく H_r は端ほど大きい。また板電流よりの距離が離れると大きさは急激に減少する。そこで距離が離れると、有限長と無限長との差の相対誤差は大きくな



(a) X の成分



(b) Y の成分

図 3.7 有限長時の磁界強さ

Fig. 3.7 Field strength in case of finite length.

るが、絶対値の差は小さい。

(5) したがって変圧器のように有限長コイル板が多数枚より形成されているものの任意の点の磁界を、無限長コイルとして計算しても十分の精度をもつことがわかる。

4. 電子計算機による検討

上記のごとく、三次元構造を持つ外鉄形変圧器を二次元で取り扱えることがわかったので、短絡時にコイルに働く電磁力、コイルの運動を電子計算機で検討する。

プログラムを組むにあたり注意したことは、設計段階で入手できるデータ(絶縁組立図、巻線仕様書)をもとにして、設計者が直接計算できるものであること、およびほかの変圧器に関する研究(たとえば変圧器内の電位振動解析、インピーダンス計算)に利用できるようなことで、このためプログラムは SUBROUTINE

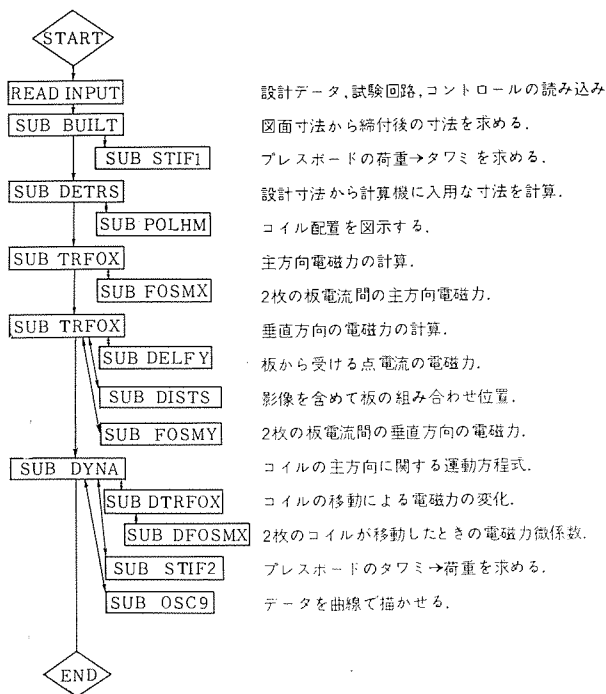


図 4.1 変圧器の短絡強度に関する計算全フロー
Fig. 4.1 Total calculation flow related to transformer short circuit strength.

TYPEにした。このプログラムは大きくわけて次の三部分からなる。

- (1) 変圧器の組立
- (2) コイルに働く電磁力計算
- (3) コイルの運動方程式

プログラムは 7090 FORTRAN SYSTEM によって書いた。この SYSTEM は周知のことであるので説明は一切省略する。計算の全フローは図 4.1 に示すとおりである。

4.1 変圧器の組立

ここでは SUBROUTINE STIFI についてのみ補足しておく。プレスボードの静的、動的の性質は、簡単にいって非直線性であり、ヒステリシス損失があり、繰り返しの影響を受け、きわめて複雑怪奇な性質を持つ⁽⁵⁾。したがってそのままを計算機で表現することは非常に困難であるので、次のごとく簡素化した。

- (1) ヒステリシス損失は振動の式の減衰の項に含めて考えることとする。(STIFIでは無関係)
- (2) 繰り返しの影響は初回上昇のみが異なり、一度下降を始めるとそれ以後は上昇下降とも同じ特性をたどる。
- (3) ヒズミ対荷重特性は、始点と与えられると、傾斜のみが一定の関係式と与えられる。傾斜は、荷重が小さい間はヒズミに対して指数関数的に上昇するが、ある値以後は直線関係となる。
- (4) プレスボードは圧縮方向のみ力は伝達するが、引張り方向には伝達しない。すなわち整流作用を持つ。

4.2 電磁力の計算⁽⁶⁾

電磁力の計算を電子計算機で行なうのは、抵抗紙模擬⁽⁷⁾でえられる結果を、小さい労力と少しの費用でえんとするものであって、三次元を二次元で推定する誤差を避ける手段が構えられているわけではない。抵抗紙模擬法は、ベクトルポテンシャルに関して成立する

変圧器短絡強度の電子計算機による解析・大谷・渡辺・坂田

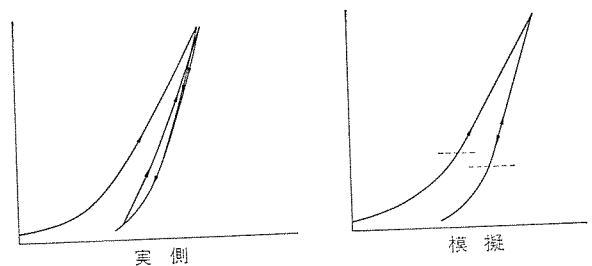


図 4.2 プレスボードの性質の簡素化
Fig. 4.2 Simplified property of pressed board.

ポアソンの式を直接解く方法である。電子計算機を用いて同じようにポアソンの式を緩和法を用いて解かせたが、7090をもってしてもまだメモリ、速度の点で不十分で、満足な結果はえられなかった。ここで用いる理論は、Biot-Savartの法則を用い、板電流と板電流との間に働く電磁力を理論的に求め、計算機で計算させるものである。

鉄心の影響は影像を取って等価に置いている。影像の数は多次まで取れば取るほど正確になるが、計算時間と精度の兼ね合いから第一次の影像までの計算を行なうにとどめている。電磁力の計算は、主方向電磁力と垂直方向電磁力の両成分に分けて計算を行なう。1枚のコイルに働く力は積分してしまい、コイルは無限大の剛性を持つものと考えた。垂直方向の電磁力の計算にあたっては、コイル巻線は圧縮方向には力を伝えるが、引張り方向には力を伝えないので垂直方向電磁力を1枚のコイル内で積分するときは方向を考えて積分する必要がある。

4.2.1 理論式

2枚の板電流が平行して置かれたときに働く電磁力を求める計算式を立てる。まず最初に、無限平行導体間に働く電磁力を求め、この式を元にして板電流より線電流に働く力をX方向とY方向に離分して求めると、(図 4.3 参照)

$$F_x = 2 \times \frac{I_A \times I_B}{C} \times \alpha \times 10^{-7} \quad [\text{Newton/M}] \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

$$F_y = 2 \times \frac{I_A \times I_B}{C} \ln \left(\frac{D}{E} \right) \times 10^{-7} \quad [\text{Newton/M}] \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

さらにこの式を積分することにより、板電流一板電流間に働く電磁力は次のようになる。(図 4.4 参照)

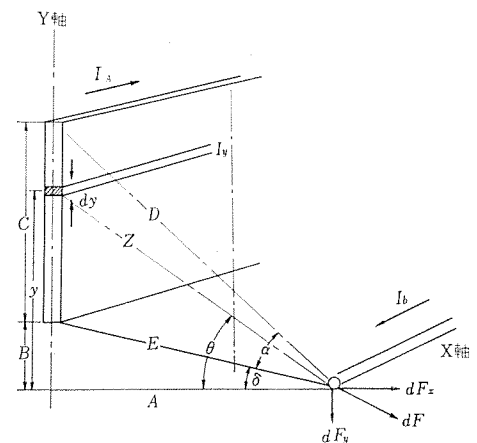


図 4.3 板電流と線電流
Fig. 4.3 Plate shaped current and linear current.



9	↓	2	↓	3	↓
8	↓	7	↓	4	↓
7	↓	6	↓	5	↓

Fig. 4.5 How to determine image number.

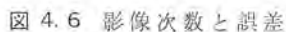


Fig. 4.7 Magnetic force in vertical direction.

$$F_T = K \left[(C_1 + B) \ln D_1 - (C_2 - B) \ln D_2 - B \ln E_1 - (C_1 + B - C_2) \right]$$

$$\ln E_2 + A \left\{ \tan^{-1} \frac{C_1 + B}{A} - \tan^{-1} \frac{C_1 + B - C_2}{A} - \tan^{-1} \frac{C_2 - B}{A} - \tan^{-1} \frac{B}{A} \right\} \quad (4.4)$$

ただし

$$K = \frac{2 I_A I_B}{C_1 C_2} \times 10^{-7}$$

單位: Newton/M

4.2.2 SUBROUTINE, TRFOX, FOSMX

X 方向（主方向）電磁力を計算するためのプログラムである。理論式は式（4.3）であって FOSMX にまとめられている。鉄心の影響は影像を取って等価性をえているが、計算は鉄心内のみならず コイルエンド 部にも利用できるように、計算するブロックは NONT によって制御する。ブロック番号は図 4.5 に示すように名付けた。影像を何次まで取るかは計算時間、ひいては経費によって決定されるもので、技術的な問題ではない。2 枚の板電流を図 4.6 のように配置し、第 4 次像まで計算させた結果では、第 4 次像まで計算した結果を 100 % として下記のようになる。

0 次のみ	-24.05%
-------	---------

1 次まで計算 + 5.16%

2 次まで計算 -4.19%

3 次まで計算 $+2.26\%$

4 次まで計算 100%

影像の次数を増して行く。

影像の次数を増して行くと振動しながら真の値に近づいてゆくが、取レンの具合は非常に遅いように感ぜられる。鉄心の影響は、コイルと鉄心の相対関係によって変わるので一概にはいえないが、普通の構造の変圧器では一次の影像まで取れば5%以下の誤差で推定できることが、この例からも確認できた。

4. 2. 3 SUBROUTINE TRFOY, FOSMY

垂直方向電磁力を求める プログラム である。用いる理論式は式 (4.4)で、FÖSMY の SUBROUTINE となっている。影像に対する考え方は主方向電磁力の計算の場合とまったく同じであって、NÖNTで プロックを制御する。主方向電磁力との大きな違いは、垂直方向電磁力は1枚の コイル 内で電磁力の方向が変わる点である。たとえば 図 4.7 のようなコイル配置では、#6に働く電磁力は、自分自身の電流によって コイル 幅が縮む方向の力、隣の コイル 電流によって割れようとする方向の力、と自分の影像に引き付けられる方向の電磁力の合成である。方向の異なる垂直方向電

表 4.1 計 算 条 件

三菱電機技報・Vol. 40・No. 5・1966

磁力を別々に計算するために コイル 幅中央からある距離離れた上下2点の磁束レベルを SUB, DELFY によって計算し、内ツウ的に磁束0の場所を捜し出し、その点で2枚の コイル に考え直し、各コイルの場所を影像をも含めて SUB, DISTIS で計算し、板電流間の力計算を行なう。SUB, FOSMY を呼び出して電磁力計算を行なっている。

4.2.4 電磁力計算結果

1,000 kVA モデル 変圧器に対しては 表 4.1 の諸条件を計算した。タンク飽和とあるのは、漏エィ磁束が短絡電流が流れているときは 20kG にも達し、タンク 壁が完全に飽和すると考える方が妥当と思われたので、タンク 壁による影像は計算しなかった場合である。タンクを未飽和としたのはその影響を見るためと、H においてはすでに計算済みの結果との関係で未飽和と仮にしたものである。

(1) コイル に 働く電磁力…この変圧器では、主方向電磁力は 図 4.8 の矢印のごとく、低圧4枚は外側に、また高圧4枚は相

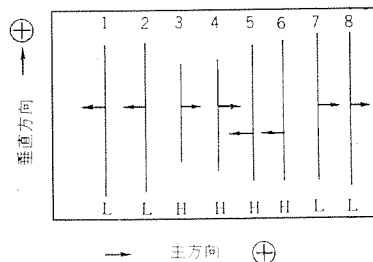


図 4.8 電磁力の符号

Fig. 4.8 Symbol of magnetic force.

表 4.2 電磁力計算結果

コイルNo.	1	2	3	4	5	6	7	8
主方向電磁力 (t/M)	-6.703	-20.393	20.199	8.639	-5.778	-22.230	20.230	6.416
垂直方向電磁力 (t/M)	0.343	0.376	0.012	-0.669	0.143	-0.248	0.006	0.009

ただし 計算条件: 鉄心内, フルタップ 低圧電流 5,226.2A

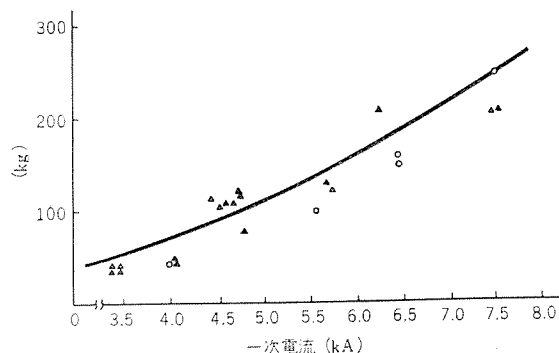


図 4.9 計算機結果と測定値の比較 (#1~#2 コイル 荷重)

Fig. 4.9 Comparison between computer results and measured value.

表 4.3 タンク 飽和 の 影響 (%)

	1	2	3	4	5	6	7	8
主 方 向	5.5	1.2	1	3	-3.7	-1	-1	-5
垂 直 方 向	27	16.5	25	14	13	17.5	19.5	29

寄る方向に働く。鉄心内の計算結果は表 4.2 のとおりである。短絡試験結果と計算結果とを #1~#2 コイル間荷重で比較した物が 図 4.9 であるが、満足できる結果である。短絡電磁力は組立条件、短絡履歴、締付け圧力などによって左右され、同一短絡電流であっても同じ測定結果を得ていない。したがって静的に求める電磁力はこの程度の一致性で満足すべきであると考え、適当な設計を行なう場合には後述の共振の問題を避けたところで製作するものであるから、実用計算としては静的な電磁力計算で十分である。

(2) タンクの飽和の影響 コイルエンド部の計算を行なうとき、タンク 壁は漏エィ 磁束レベルが高いので飽和するとしたが、その効果を調べる。飽和の値で未飽和を割った値の1からの増減(%)は表 4.3 のようになり、主方向では両端の低圧が最も大きな影響を受け5%である。垂直方向は両側に タンク が未飽和のままに存在すると磁束が引張られて回り、垂直成分は増大する。

4.3 コイルの運動解析⁽⁸⁾

変圧器の短絡強度を決定する要因として、短絡電流によって誘起される電磁力の大小、および変圧器構成材の機械的強度が考えられていた。しかし、短絡時に高速度カメラでコイルの運動を撮影して見ると、非常に複雑な動きが現われ、静的に考えただけでは不十分なことがうかがえる。変圧器の機械的共振周波数は電源周波数と大きく離れていると考えられていたが、実際はあまり離れているものではなく、共振が起こる可能性も締付力いかんによっては発生する。とくに電磁力の周波数成分は、短絡瞬時の DC 分を含んでいる領域では 60c/s(50c/s) の成分が大きく、時間の経過とともに電源周波数の2倍に移って行くものであるから、共振の可能性は大きい。

短絡強度試験は非常に有効な手段であるが、あらゆる可能性を考えた モデル を作って研究することは、費用の点からいっても不可能であるので、電子計算機を一種の シミュレータ と考えて諸定数を変えたときの変圧器の コイル の運動を推定せんとするものである。実際の短絡試験時の コイル の運動は三次元的である。すなわち主方向電磁力、垂直方向電磁力、コイル の巻き方向の3方向があるが、まず主方向電磁力によるものを検討することにする。解法としては コイル 1 枚を1質点と考え、ラズボードの特性によって決定されるスプリング 常数と、実測値から推定される摩擦係数よりなる連立二次微分方程式を Euler 法で解き、ステップが進むごとに電磁力、スプリング 常数を修正して行く方法である。

4.3.1 多次元振動系の運動方程式

変圧器巻線に電流が流れ電磁力が発生すると、巻線は運動する。巻線1枚を1質点と考え、絶縁物であるラズボードの弾性をスプリ

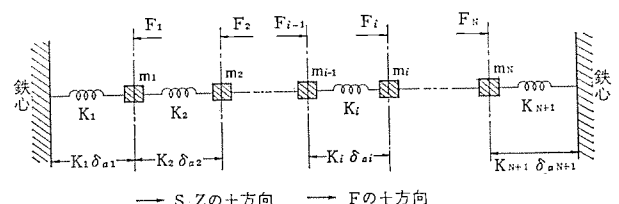


図 4.10 等価回路

Fig. 4.10 Equivalent circuit.

ングとみなし、プレスボードの持つヒステリシス損、摩擦損失、衝撃による損失などをすべてひっくるめて粘性損失と考えて、微分方程式を立てると、連立二次多元の微分方程式となる。外鉄形変圧器の構造からいって、コイル間およびコイル鉄心間の弾性体はまったく同じ材料を使用しているの、同じ弾性率（非直線）を使用する。図 4.10 はコイル群の等価回路である。記号として下記のものを使用する。

- A : プレスボードの断面積
 a : 圧縮される前の絶縁物厚さ
 E : ヤング率
 F_c : 組立時の圧縮力
 $F(t)$: 駆動力
 F_o : 駆動力の振幅項
 $f(t)$: 駆動力の時間的変化項
 $i(t)$: 短絡電流
 K : 弾性係数
 m : コイル質量
 N : コイル数
 P : 摩擦係数
 S : 偏位置
 Z : 相対偏位置
 δa : 絶縁物の圧縮
 $\delta a(o)$: $t=0$ (短絡前) の絶縁物圧縮量
 τ : 時間ステップ

各質点に関して動的つり合いの条件が成立する。

$$\begin{aligned}
 m_1 \ddot{S}_1 + m_1 P \dot{S}_1 + K_2 \delta a_2 - K_1 \delta a_1 &= F_{10} f(t) \\
 m_2 \ddot{S}_2 + m_2 P \dot{S}_2 + K_3 \delta a_3 - K_2 \delta a_2 &= F_{20} f(t) \\
 &\vdots \\
 m_i \ddot{S}_i + m_i P \dot{S}_i + K_{i+1} \delta a_{i+1} - K_i \delta a_i &= F_{i0} f(t) \\
 m_N \ddot{S}_N + m_N P \dot{S}_N + K_{N+1} \delta a_{N+1} - K_N \delta a_N &= F_{N0} f(t)
 \end{aligned} \quad (4.5)$$

S_i は偏位の絶対量であるがこれを相対偏位 Z_i に変換すると

$$Z_i(t) = S_i(t) - S_i(o)$$

$$\dot{Z}_i(t) = \dot{S}_i(t)$$

$$\ddot{Z}_i(t) = \ddot{S}_i(t)$$

ゆえに式 (4.5) は

$$\begin{aligned}
 m_1 \ddot{Z}_1 + m_1 P \dot{Z}_1 + K_2 \delta a_2 - K_1 \delta a_1 &= F_{10} f(t) \\
 m_2 \ddot{Z}_2 + m_2 P \dot{Z}_2 + K_3 \delta a_3 - K_2 \delta a_2 &= F_{20} f(t) \\
 &\vdots \\
 m_i \ddot{Z}_i + m_i P \dot{Z}_i + K_{i+1} \delta a_{i+1} - K_i \delta a_i &= F_{i0} f(t) \\
 m_N \ddot{Z}_N + m_N P \dot{Z}_N + K_{N+1} \delta a_{N+1} - K_N \delta a_N &= F_{N0} f(t)
 \end{aligned} \quad (4.6)$$

上式中、摩擦係数は短絡電流 i 断後の減衰時定数より求めた。また右辺の短絡電磁力は式 (4.7) で与えた。

$$F_i = F_{i0} f(t) = 2 I^2 I_{eff} \times b \times [\varepsilon^{-\alpha_i} \times \cos(\omega t + \psi)]^2 \quad (4.7)$$

ただし b : 電流 1 A 流れたときに働く電磁力
式 (4.6) の一般形を階差方程式で表現すると

$$Z_i(t+\tau) = Z_i(t)(2-P\tau) - Z_i(t-\tau)(1-P\tau) + \frac{\tau^2}{m_i}$$

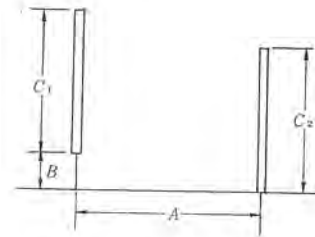


図 4.11 板電流配置図

Fig. 4.11 Layout of plate shaped current.

$$(K_i \delta a_i - K_{i+1} \delta a_{i+1}) + \frac{\tau^2}{m_i} F_{i0} f(t) \quad (4.8)$$

ただし 計算の便宜上、1 次に対しては前方微分、2 次に対しては後方微分を用いた。

4.3.2 コイルの移動に伴う電磁力の変化分

式 (4.3)、(4.4) に示したごとく、板電流間に働く電磁力の計算は、相当複雑なものとなる。したがって短絡試験時にコイルに働く電磁力の推定を行なう場合のように、コイルの移動を考えてその都度電磁力を計算すれば計算時間がいぼう大なものになるので、なんらかの便法を考えなければならない。そこで変圧器コイルは短絡時に移動するといってもその量はきわめてわずかであるので、短絡瞬時の電磁力を一度計算して置き、以後は 1 次近似で近似せんとするものである。2 枚の板電流の相対位置は、図 4.11 で与えられる。 A, B, C_1, C_2 はいままでの定義と変わらない。しかるときは

$$\begin{aligned}
 dF_x &= \frac{\delta F_x}{\delta A} \delta A + \frac{\delta F_x}{\delta B} \delta B \\
 dF_y &= \frac{\delta F_y}{\delta A} \delta A + \frac{\delta F_y}{\delta B} \delta B
 \end{aligned} \quad (4.9)$$

実用上の変圧器においては A, B, C_1, C_2 の間にはある制限条件があり、磁気中心が極端にずれるような設計はありえない。この条件を考えに入れて F_x 式 (4.3)、 F_y 式 (4.4) を微分して求めた理論式の数値計算をしてみると

$$\frac{\delta F_x}{\delta B} < \frac{\delta F_y}{\delta A} ; \frac{\delta F_y}{\delta A} < \frac{\delta F_y}{\delta B} \quad (4.10)$$

の条件が成立する。したがって 2 枚の板電流の相対距離が左右に ΔA 、上下に ΔB 動いたときの電磁力の変化分は、次式で計算できる。

$$F_x(A+\Delta A, B+\Delta B) \approx F(A, B) + \frac{\delta F_x}{\delta A} \times \Delta A \quad (4.11)$$

$$F_y(A+\Delta A, B+\Delta B) \approx F(A, B) + \frac{\delta F_y}{\delta B} \times \Delta B \quad (4.12)$$

4.3.3 コイルの運動計算結果

1,000 kVA モデル変圧器のコイルエンド、底辺の運動解析を次の 5 ケースについて計算させた。計算条件として、

5 ケースともに共通な条件は

- (1) 観察点はコイルエンド底部である。
- (2) 電磁力の計算を行なう場合 ω は未飽和とした。
- (3) 短絡開始の位相は 20° とした。これは実測と合わせるためである。

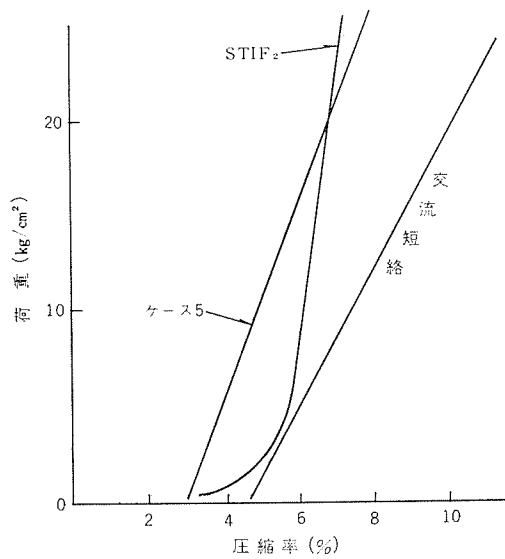


図 4.12 コイル群の特性
Fig. 4.12 Characteristic of coil group.

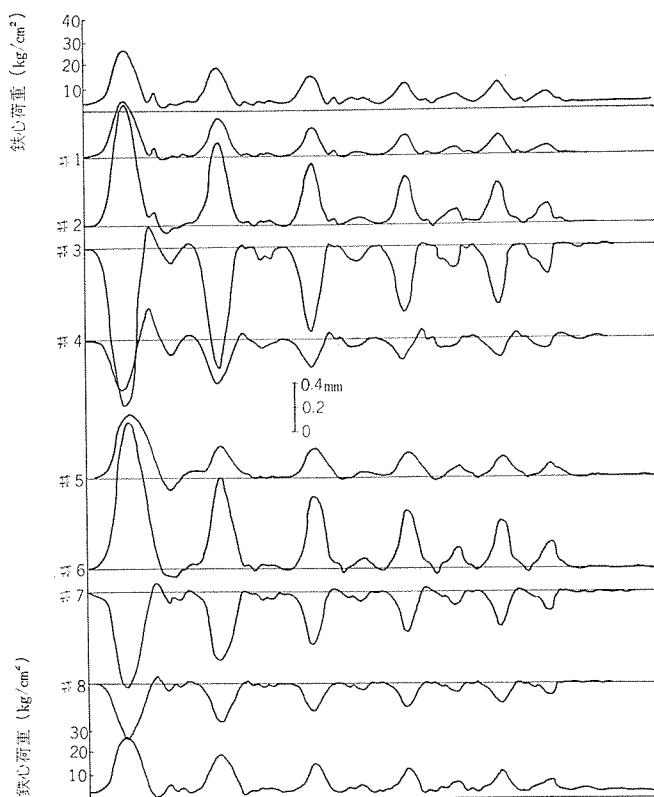


図 4.13 コイルの運動計算結果
Fig. 4.13 Calculated results of coil movement.

- (4) 変圧器タップは最高タップで、短絡電流は 100%
- (5) 変圧器インピーダンスは 4.1%
- (6) 直流分減衰時定数は 2.0 c/s
- (7) 短絡時間 5~6 c/s
- (8) 変圧器の機械的振動減衰常数 $P=400$

各ケースごとに異なる条件は

	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	5
コイル重量	正規	正規×6.25	正規×6.25	正規	正規
締付圧力(t)	7.65	7.65	7.56	7.56	7.56
絶縁物特性	STIF 2	STIF 2	STIF 2	傾斜 2 倍	直線

変圧器短絡強度の電子計算機による解析・大谷・渡辺・坂田

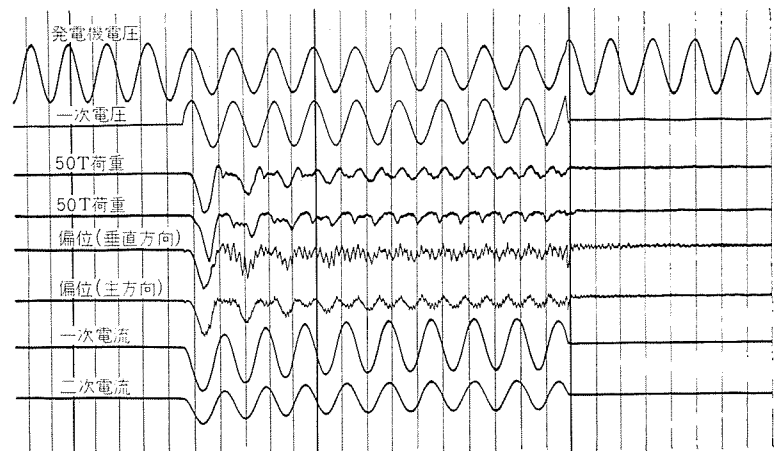


図 4.14 短絡試験オシロ
Fig. 4.14 Oscillogram of short circuit test.

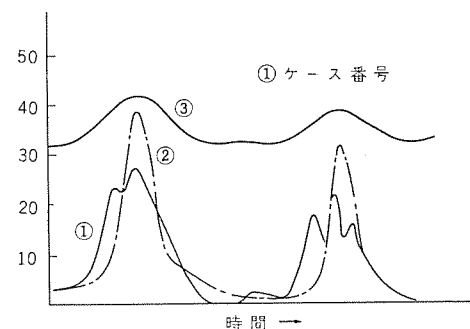


図 4.15 鉄心荷重比較
Fig. 4.15 Comparison core load.

表 4.4 コイル偏位による電磁力の変化 (kg/M)

コイル番号	1	2	3	4	5	6	7	8
電磁力変化分	15.5	19.2	21.9	10.9	-4.5	-13.0	-33.1	-23.3
同精密計算	18	23	26	11	-5	-13	-33	-24

以上のごとくである。説明を加えると

ケース 1 短絡試験を実施した条件に於て計算したものであって、コイル重量は設計重量を使用し、締付圧力は試験開始当初の値近くを選んだ。

ケース 2 動的に変圧器の機械強度を検討するときに、一番注意を要する点は共振の問題である。ケース 1 で、短絡終了後の自由振動が約 200 c/s であったので、共振点近くに持って行くためにコイル重量を 6.25 倍し振動数を 1/2.5 にした。

ケース 3 共振点近くにある変圧器の締付圧力を高くしたときにどうなるかを調べる目的で締付圧力を 10 倍した。この値は最大短絡電流時の電磁力にほぼ等しい。

ケース 4 ラスボードの性質を予備加圧など適当な手段で堅くしたときの性質に似せるために STIF 2 の傾斜を 2 倍にした。

ケース 5 以上の計算を終わって結果を検討したところ、STIF 2 の特性がコイル群の動的な性質を表わしていないように見受けられた。交流短絡試験結果より逆算すると図 4.12 のごとく傾斜一定の直線とした方が適当と思われる。

計算結果および短絡試験測定結果の一例を図 4.13, 4.14

に示す。交流短絡試験のオシロと比較して見ると、プレスボートの性質を直線と置いた方が、#7コイルの運動、鉄心に働く荷重で比較したとき、一致性は良い。50%短絡まではコイルの巻き方向の運動を起こしていないので、波形としてはよく似た形を示しているが、70%以上の短絡ではコイルの運動は3次元となり、ここで仮定した1次元運動とは異なるので、#7コイルの動きも電流ゼロ点近傍で高圧側に大きく入り込み、計算機の結果とは非常に異なった波形を示している。

共振の問題はケース1とケース2を比較すれば検討できる。ケース1は自由振動数がほぼ200 c/s近辺であったが、ケース2はコイル重量を6.25倍にしたため自由振動数が約80 c/s程度になり、直流分が含まれている投入直後の60 c/sの電磁力と共振しやすくなった。その影響はコイルの運動に明らかに現われ、鉄心荷重が40%ほど増加している。ケース2のように共振点近くにある変圧器の締付圧力を1ケタ大きくし、電磁力の最大値程度にまで締め付けると、プレスボートの剛性が上るために自由振動数は大きくなり、もはや共振はしなくなり、コイルの偏位もきわめて小さくほぼ1ケタ小さくなる。また高圧低圧間も締付力が0になって口を開けることはなくなるので、鉄心に働く動的荷重は低圧コイル2枚に働く電磁力のほぼ $1/2$ に等しい。ただ初期締付力が大きいので、総合荷重は高い。これらの関係は図4.15に示される。コイルの運動に伴う偏位によってコイル間に働く電磁力は変化するわけであるが、ケース1について計算された結果は表4.4のとおりである。先に電磁力計算式を用いて精度計算を行なった結果を最下段に記入したが、簡略計算の結果とはほぼ一致している。

交流短絡試験の短絡電流70%以上では、コイルの運動は主方向の1次元運動ではなく、コイルエンド底で観察した場合にコイル巻き方向の運動、飛び出し方向すなわち垂直運動を含む3次元運動であった。巻き方向の運動は、鉄心内垂直方向電磁力に帰因するものであって、これら3方向の電磁力と、コイルの剛性、プレスボ

ートの摩擦特性を考慮に入れて運動方程式を立て目下検討中である。

5. む す び

外鉄形変圧器の設計段階において短絡電磁力を計算できるプログラムを開発し、各コイルに働く電磁力を計算した結果と、モデル変圧器を作っているいろいろの測定を行なった結果とを比較したところ、満足すべき一致性をみた。また、抵抗紙模擬法との優劣比較では、境界条件が変圧器のように直線、方形であるものは速度、精度などあらゆる点で計算機の方がまさっている。さらに計算機を変圧器のシミュレータとして用い、組立条件も変えて短絡したときに、変圧器の組立条件いかんではコイルとプレスボードで形成する振動系に共振現象の生じることが認められた。したがって、実設計においてはかかる共振点を逃げるように設計すべきである。

一方、まえがきにも述べたごとく外鉄形変圧器に使用される銅線、プレスボード、コイル群の静的、動的な機械的性質を並行して研究し十分はあくすることができた。そこでこれらの情報をもとにして短絡強度を強くする対策をたてたモデル変圧器を再度製作し、短絡試験を行なったところ十分な短絡強度を持つことができた。

参 考 文 献

- (1) Y. Tourmier, G. Ebersohe : CIGRE No. 143 (1962)
- (2) M. F. Beavers, C. M. Adams : Transaction Paper 59—56
- (3) 大谷, 桑原 : 電気四学会, 739 (昭 38)
- (4) 大谷, 田村 : 電気四学会, 610 (昭 39)
- (5) 大谷, 高橋, 平井 : 電気四学会 611, (昭 39)
- (6) 大谷, 渡辺 : 電気四学会, 609 (昭 39)
- (7) 大谷, 渡辺 : 電気学会関支, 7—6 (昭 38)
- (8) 大谷, 渡辺 : 電気学会関支, 7—6 (昭 39)

コアメモリスタック (その4)

水上 益良*

13. メモリスタック

13.1 メモリスタック

記憶語は2進符号の集りからなっている。この語を形成する符号の数(1語あたりのビット数)は、語の数にも関係するが、一般に50以内(制御用のものでは、入力データをとりよせる計測器の積度が悪いので16~24)で、20の場合は1語20ビットと呼ばれる(20ビットの単語の場合、少なくとも500語の容量は必要になる)。よってこの数だけマトリクスプレーンを積み重ねて図2.3、2.6(b)のようにX、Y線を直列に結べば、その語の全ビットが同時に選択され読み出されることになる。すなわちプレーンごとに設けられたセンス線(ディジット線も、もちろん独立に設けられている)から1語あたりのビット数に応じた数だけの“1”または“0”出力が発生する。これがメモリスタックと呼ばれるもので、多数語の記憶が可能になる(プレーンは n^2 語1ビットと考えられる)。

図13.1(a)は4,096語18ビット(15.5×15.5×15.5cm/cm)、図13.1(b)は64語20ビットのそれである。

このメモリスタックは、これと接続する回路を収めているシャーシ上へ固定され、それぞれの端子からリード線で結線される。よってこの接続を接センで行なえば、部品として1個のまとまったものが得られる。図13.1(c)がそれで、スタックにラッピング端子ボードをつけ、マザーボードへの装着を可能にしている。

なおこの場合、語を収容するプレーン1枚1枚は語のビットを形成するので、ビット面またはディジット平面と呼ばれる。したがってこのようなスタックでは、ビット面に垂直な方向に1列に、ある単



図 13.1(a)
4,096語 18ビットスタック



図 13.1(b)
64語 20ビットスタック



図 13.1(c) ラッピング端子板を付けたスタック

語が並ぶわけであるが、決してこれ(幾何学的配置)は必要条件ではなく、各アレーを円筒状に結線していても(単語はラセン状に並ぶ)なんら問題ではない(しかしこの場合は、途中で折りまげて駆動線端子を円筒外面に位置させるくふうが必要となる)。すなわちある語のビットがほかの語と完全に独立していれば、幾何学的なアドレスは不問である。同様に、たとえ駆動線の順序、番号が間違っても電流方向が同じであれば問題ない。すなわちこの場合はリード線のナンバーとアドレスの幾何学的位置とが対応しないだけの話である。単語が直線上に並ばない(平面上に並ぶ)1例としてW語4ビットのものを1枚のフレーム上に編んだものを図13.2にあげておく。

13.2 パリティチェックビット

前述では、スタッキングするマトリクスプレーンの枚数は、1語あたりのビット数としたが、この数は情報ビット数とは必ずしも一致しない。すなわち記憶される情報ビットが正しいか、どうかをチェックするために符号化したパリティチェックビットを含んでいることがある。

パリティチェックビットも記憶の補助として、おもしろい働きをしているので簡単に述べておく。情報語を形成するビットの中の“1”のディジット数を数えて、その数が奇数である場合パリティビットの位置(すなわちコア)に“1”を書き(偶数だと“0”)単語が常に偶数個の“1”を含んでいるようにしておく。よってパリティチェックのとき、単語の中の“1”が偶数個あれば誤りなく動作しており、奇数のときは一つの誤りがあると判断できる。これが偶数パリティチェック法と呼ばれるものであるが、これには常に正しいアドレスから情報が読み出されるという仮定が必要であり、すでに明らかのように一つの誤りの検出しかできず、また訂正の能力もない。よってこのパリティビットの数は1個とは限らずその誤りの検出、訂正方式、期待される誤りの数、およびその可能性により変化することになる。

また上記とは別に情報ビットのほかに、遊びのビットすなわちアレーがあれば、それだけ不測の事故による動作不能が容易に防げることからスペアビットを設ける場合もないわけではない。

13.2.1 スタックの性能

スタックのS/Nはそれを構成するストリクスプレーンの性能(およびパツキ)によって決まる。図13.3は256語20枚の性能パツキ、表13.1は256語10枚、および160語14枚のその最大、最

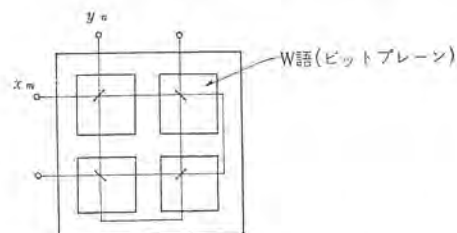


図 13.2 W語4ビットのスタック

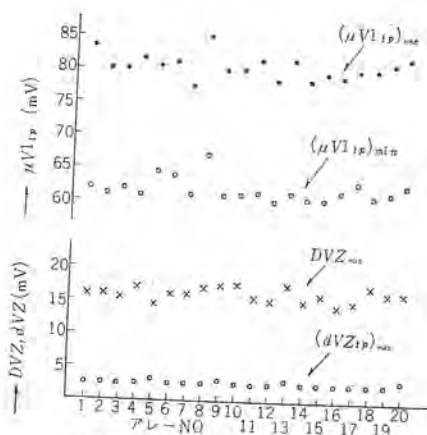


図 13.3 プレーン性能のパラツキ

表 13.1 スタックを構成する場合のプレーン性能のパラツキ

	$(\mu V1_{lp})_{max}$	$(\mu V1_{lp})_{min}$	DVZ_{max}	
256 語 10 ビット	61~58	48~40	16~10	$\frac{I}{2}=150mA$ $T_r=0.4\mu s$
160 語 14 ビット	55~50	44~41	16~10	$T_w=2.5\mu s$ $F_c=20kc$

表 13.2 コア、プレーン、スタックの性能移行

	$UV1_{min}$	DVZ_{max}	T_r	
core	68	8	0.6	$T_r=0.6\mu s$ $T_w=2\mu s$
64×64	61.5	9.6	0.7	$I_D=I_R-10\%$
64×64×8	60	12.7	0.63	$I_R=275mA$
64×64×8 (マイクロスタック)	61.5	10.0	0.75	$R_s=66\Omega$

小値を記入したものである。さてスタックの性能は、簡単にいって各プレーンの性能の中の最悪性能が代表されると考えてよいから、たとえば図 13.3 に示したプレーンをもって構成した 256 語ビットスタックの S/N は $(\mu V1_{lp})_{min}=60mV$ 、 $DVZ_{max}=17.5mV$ と表わせる。なおこの場合(スタッキング時)、No. 8 のプレーンを使用するか、しないかはスタックの性能規格によって決まる問題である。

げん密にいてスタックとプレーンの性能値の間には測定条件の相違がないわけではない、すなわち駆動負荷インピーダンスの相違による駆動波形の相違、各プレーンのスタッキング位置による選択時間の相違(遅延)による T_r 、 T_s の相違、スタックの場合のプレーン間の誘導などである。よって正確にはスタッキングした状態で各プレーンの性能(各プレーンに適当な負荷を与え)をチェックしなければならない。

いずれにしてもスタックの性能は、プレーンのそれより(コアとプレーンの関係以上に)さらに結果論的な様相を呈する、そのため良好な性能を期待する種々の方策が講ぜられる。その一例がメモリコアの再選別である。すなわち、ある許容幅で選別されたメモリコアをアットランダムに採取してプレーンまたはスタックに組んだ場合と、さらに細分化細選別して各プレーンを作り、スタッキングした場合とでは相違があり、後者のほうがプレーンのパラツキが小になり、スタックとしての S/N がよくなる。しかしこれら性能 $\mu V1_{max}$ 、 $\mu V1_{min}$ 、 DVZ_{max} のパラツキ幅はプレーン、スタックに採用したコア性能のパラツキのほか、容量、プレーン枚数、プレーン間隔、駆動電流

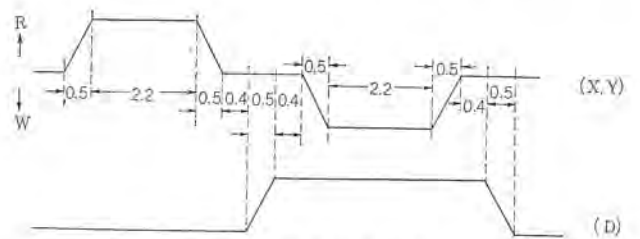


図 13.4 測定パルスパターン

値、測定条件 (all 0, C.B.P), 編組法, スタッキング法などプレーンよりさらに多くの条件の重ジョウ(畳)によっても左右され(しかもその改造が困難なので)スタックの性能保証を含めたアSEMBL 技術は、なかなかむづかしい。表 13.2 はコア単体、それを用いたストリックスプレーン、メモリストックおよびスタッキング法の異なるマイクロスタック(後述)の性能比較の一例である。

以上おもにスタックの S/N 性能について述べたが、全般的な性能としては、ストリックスプレーンとほぼ同じものが考えられる。下に $64 \times 64 \times 22$ スタックの性能規格の一例を示しておく。

(1) $R_X (=R_Y)$: 9 Ω 以下 (0.5 Ω 以下の幅)

R_D : $12.8 \pm 0.6 \Omega$

R_s : 20 Ω 以下 (2 Ω 以下の幅)

リーナージ : 10 M Ω 以上 (500V, DC)

X-X, Y-Y, D-X_C, D-Y_C, S-X_C, S-Y_C,

X_C-Y_C

注) X_C は X の common return.

(2) $T_r=0.5 \pm 0.05 \mu s$

$I_X (=I_Y)=175mA$

$T_w=2.2 \pm 0.2 \mu s$ ($T_w=4\mu s$...Digit) $I_D=167.5mA$

$T_r=0.5 \pm 0.15 \mu s$

$F_c=100kc$ (詳しくは 図 13.4 参照)

$Z_s=150 \Omega \pm 5 \%$

(3) $dV1_{lp}=36 \sim 47mV$ ($t_p=0.9 \mu s$ で 10% 変化)

$DVZ_{max}=dV1_{lp} \times 0.35$

$(dVZ_{lp})_{max}=dV1_{lp} \times 0.12$

$T_N=1.3 \sim 1.7 \mu s$ (10% 幅)

$\frac{\Delta I}{I}/^\circ C : -0.45 \pm 0.05 \%$ (0~50°C)

注) $t_p=0.56 \sim 0.66 \times T_s$

$V_m=dV1 \times 10$ (V_m : 書込時リアクション電圧...後述)

13.2.2 センスアンプとメモリの S/N

10章⁽¹⁾で述べたように、プレーンの測定では各アドレスの情報をレベルセクタで判定することもあって、1:1 のトランスを介して、さらにセンスアンプ(入力インピーダンス 500 Ω ~100 k Ω)を用いて増幅している。また実際にプレーン、スタックを記憶装置に用いる場合もセンスアンプ(センスアンプについては後述する)を通すことになる。この場合の S/N を詳しく考えると、直接プレーン、スタックのセンス出力をシンクロスコープを用いてながめるときでは、大いに異なる(T_s も)。すなわちセンスアンプの入力インピーダンス、周波数特性にもよるが直接シンクロスコープ(入力インピーダンス 1 M Ω)でながめた場合のほうが S/N がよい。

すでに各種の測定条件をしるしてきたが、さらにセンス負荷抵抗による特性の変化(8.6 節(前 7.6 節)参照)⁽²⁾、入力トランス、ディフェレンシャルアンプ使用による波形整形、上記センスアンプの入力イ

ンピーダンスによる特性相違と、このメモリスタックを使用する側で決定することになる条件による性能変化があって、スタック独自の性能という概念はますますぼやけてくる。

このようなメモリの性能に影響を及ぼす測定条件の多さと、それぞれを一義的に、また簡単に決められない条件もあって、メモリの性能をつかむことをいっそう不明確にしている。13.2の(3)で示したS/N規格は、使用するメモリアの“1”、“0”出力の絶対値がたとえ異なってもスタックとしては使用可能であるから幅を持たせることもあるが、上記S/Nの不明確さを逆に規定している面もないわけではない。

13.3 小形メモリスタック

小形部品の必要性からメモリスタックも小形化が進められている。しかしこのような部品の小形化はテレビあるいは軍用ロケットのそれとはやや変わった面を持っている。すなわち電波が空間を進む速度は1mにつき3.3ns(+1セカンド)であり、超高速の電子計算機ではこのnsの遅れを気にしている。よって電子部品の配線で5nsの遅れは十分考えられるから、小形化は高速化の面で至上命令となる。メモリスタックもこの例に漏れない。

一般のスタック寸法は前にも述べたが、さらに小形化されても64×64×33で12.4×12.4×25cm/cm程度である(50ミルメモリア、コア間隔1.25mm)。これをさらに小さくするには、フレームを用いないマイクロスタック方式によらざるを得ない。なお小形化によるメモリの特性上の変化(効果)は、物理的条件が異なってきて不明確になるが、配線の短縮による回路内の抵抗やインダクタンスが減少するのでS/Nの良化に寄与することは考えられる。

13.3.1 マイクロスタック (continuous wire 法)

小形スタックの一つはドライ線線をラレー内にそう入する continuous wire 法という編組方式を採用したものである。すなわち1mm程度のメタクリル樹脂板をフレームにし、フレーム上に中間タツを設けず、ミジ、穴により1本の電線でアドレス線を兼ね、信頼度を増している。よってパッケージ密度は高くなっており、64×64×10で9.9×9.9×1.9cm/cm(コア間隔1.3, フレーム1.0, フレーム間隔0.3)の寸法が得られる。

しかしこの加工性は、一般の方法に比べ相当やっかいであり、後述のマイクロスタックで述べるハウジングボックスは必要ないが、修復作業に難点がある。

表13.3に continuous wire 法による16×16×8スタックの絶縁特性。そのほかを示しておく。

13.3.2 マイクロスタック (folding process 法)

ほかの一つはフレームを削除して、アレー用のハンダ付個所をゼロにする(信頼性を増す)もので、図13.5のようにアドレス線はそれぞれ1本の電線で形成され、各語を形成するアレー間を折りまげることでスタッキングする。すなわちアレー間のハンダ付は皆無で端子板へのハンダはのみとなっている。これがfolding process 法と呼ばれるもので、端子板のついたハウジングボックスに納められる。パッケージ密度は64×64×20の場合、14倍ハンダ付個所は5,900から280と著しく減少している(16×16×10で20倍、1,236から84)。

しかし欠点としては、アレー中に発生する不良コアの修復処置であり、各ラレー単体を作り、それを結線する一般の方法とは

表 13.3 マイクロスタックの特性

○測定条件 16×16×8 マイクロスタック $I_X = I_Y = I_D = 225\text{mA}$ $T_r = 0.5\mu\text{s}$ $T_w = 2\mu\text{s}$ $Z_s = 100\Omega$	○編組線抵抗 $R_X = 0.8\Omega$ $R_Y = 0.8\Omega$ $R_D = 1.2\Omega$ $R_S = 1.4\Omega$
○S/N $UV_{1\text{max}} = 88\text{mV}$ $UV_{1\text{min}} = 76\text{mV}$ $DVZ_{\text{max}} = 13\text{mV}$	
○線間絶縁特性 (DC 100V) $X-D : 0.3 \times 10^{12}\Omega$ $Y-D : 0.28 \times 10^{12}\Omega$ $X-S : 0.27 \sim 0.3 \times 10^{12}\Omega$ $Y-S : 0.26 \sim 0.3 \times 10^{12}\Omega$ $X-Y : 0.4 \times 10^{12}\Omega$ $X-X : 0.4 \times 10^{12}\Omega$ $Y-Y : 0.4 \times 10^{12}\Omega$	

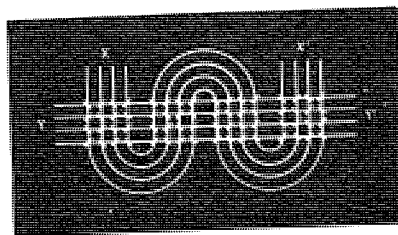


図 13.5 folding process 法編組

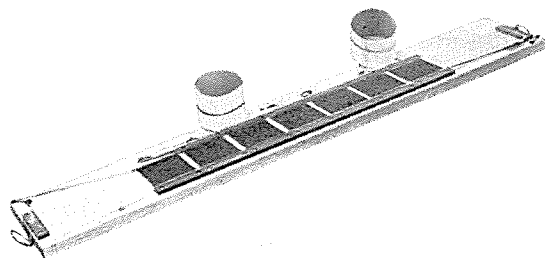


図 13.6 4,096語7ビットの中間製品

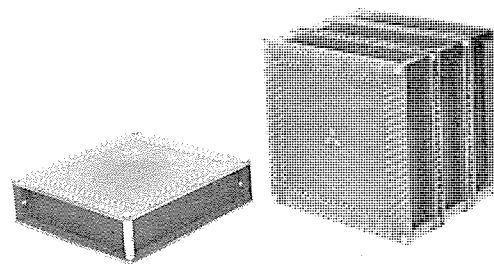


図 13.7 4,096語7ビットおよび20ビットのマイクロスタック

比ぶべくもない。さらに分業ができない作業性、および長い電線を多量のコアに貫通さす加工性および損傷、電線のタワミなどは、ハンダ付個所は極端な減少による効果と利害相半ばしている。図13.6はこの方法によるアレー群の編組完成品であり、図13.7は4,096語20および7ビットのスタック完成品である(各アレーは端子板のついたボックス内に折り曲げられて納められている)。

なおこのような製造法を適用するとスタッキング(ここではボックスに充テンする意味)前後においても性能チェックが必要であり、その場合異なるのが普通である。4,096語7ビットにおける測定例を示せば

$dV_{1\text{max}}$ で 3mV 大 (52mV), $dV_{1\text{min}}$ で 2mV 大 (38mV),

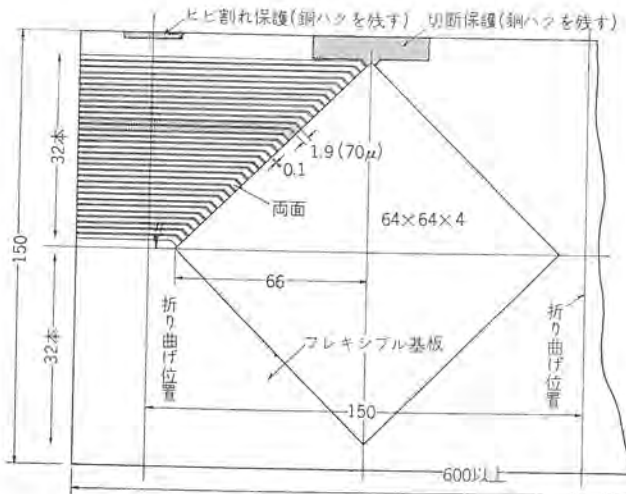


図 13.8 タワミ性フレーム

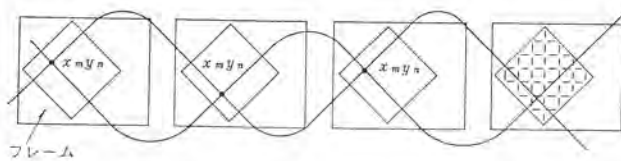


図 13.9 MILスタック編組法

dVZ_{max} で $1mV$ 大 ($14mV$) とスタック後のほうが出力では大に出るが、 T_s は $0.05\mu s$ 小 ($1.4\mu s$)、 T_p は、ほぼ同じ ($0.7\mu s$) 程度となっている。

以上の諸種の欠点 (不良コアの摘出、線の損傷など) を補ったものはタワミ性あるプリントフレームの採用でえられる。図 13.8 がそのアレー群であり、各アレーは、一般のマトリクスアレーと同じ要領で作られ、プリントフレームとの接続には、プリントフレーム上の導体へのスポットウェルディングによる。すなわちこの方法では、スタッキング時にアドレス線のタワミもなく、不良コアの摘出などは一般のアレーとまったく同じであり、一致電線のインピーダンスはまったく等しい (図 13.5 のものでは X 線が Y 線より長いために、各アレーで時間的な面で電流一致がげん密に行なわれにくく、また図 13.2 で示したもので同じことがいえる)。また、ハンダ付 (ウェルディングであるが) 個所の数は一般のスタックに比べて、同数になるがスポットウェルディングが可能なので非常に簡単になる。これはいわゆる MILSTACK と呼ばれる図 13.9 の変形でもある。

14. 特殊メモリスタック

14.1 超小形スタック

一般のコア構成からメモリスタックの最小限界寸法は、マトリクスアレーのフレームのワ幅、厚さおよびアレー間のスペーサの厚さを考慮に入れないとすれば、 x 語 y ビットの場合、ほぼ

$$x \times (\text{コア外径})^2 \times (\text{コア外径}) \times y = x \cdot y (\text{コア外径})^3$$

になる (図 14.1 参照)。

さらに、これを小形化するにはビット面の厚さを減ずるために、図 14.2 のようにコアを配置すればよい。この場合は

$$x \times (\text{コア外径})^2 \times (\text{コア高さ}) \times y$$

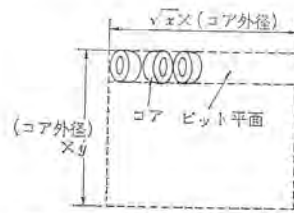


図 14.1 スタック限界寸法

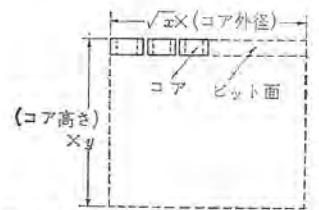


図 14.2 超小形スタック限界寸法

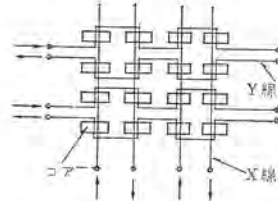


図 14.3 駆動線編組法

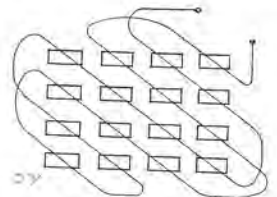


図 14.4 センス線編組法

1	1	0	0	1	1	0	0
1	1	0	0	1	1	0	0
0	0	1	1	0	0	1	1
0	0	1	1	0	0	1	1
1	1	0	0	1	1	0	0
1	1	0	0	1	1	0	0
0	0	1	1	0	0	1	1
0	0	1	1	0	0	1	1

図 14.5 8×8

プレーンのコア極性

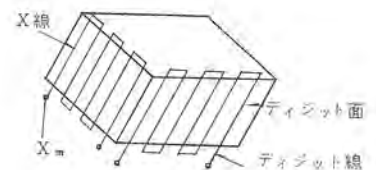


図 14.6 デイジット線編組法

となり、コア高さを外径の 30% と考えれば、上記限界寸法の、さらに 3.3 倍のパッケージ密度の増大が可能となる。

しかしこの場合のスタック編組法はすでに明らかのように、一般のものとは少し異なってくる。しかし編組しやすく、線長が短かく、半選択雑音のキャンセルが好ましく行なわれる編組法でなければならないことはいうまでもない。すなわちデイジット面の編組法は図 14.3 であり、センス線は半選択雑音のキャンセルおよび編組しやすさを考慮して、図 14.4 が選ばれる (図 14.5 はコア極性を 1.0 で示している)。なお完成されたメモリスタックの編組は、そのほか図 14.6 のようになっており、デイジット面をスタッキングしていく一般の編組法とは異なるとられる。 $\sqrt{\text{語数} \times (1 \text{ 語あたりのビット数})}$ のアレーを $\sqrt{\text{語数}}$ つみ重ねる方法がとられる。

14.2 語増大可能なメモリスタック

一般の電流一致式メモリスタックでは、1語あたりのビット数の増加はアレーの追加と駆動線の結線が可能であるが、語数の自由な増加はできない。これを可能にするには編組法を変えて特殊なものを選ばねばならない。

図 14.7 は 4 語 4 ビットのプレーンで、語配列の編組法に近いものである。しかし選択、読出しが電流一致で行なわれるところは、それと区別される。すなわち X_1, Y_1 の一致で A 語が、 X_1, Y_2 で B 語が選択され、最短のデイジット線を張れることになる。これを多数語の場合に適用するには、駆動電源の数を一般の編組法のものと同じにし、雑音がキャンセルされ、また、デイジット線が最短になるようにメモリアの向き、センス配線をくふうすればよい (ちなみに図 14.7 のものはコアの極性がすべて $\oplus$ になる)。

図 14.8 は 8 語 4 ビットのもので、駆動電源は $X_1, X_2, Y_1, Y_2, Y_3, Y_4$ の 6 個必要としている。もちろん、ある語に流れる X と Y の電流の向きは同じで、上の 4 語と下の 4 語ではセンス線の出力

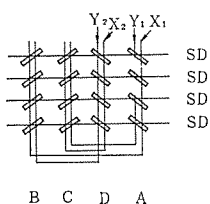


図 14.7 4語4ビット編組

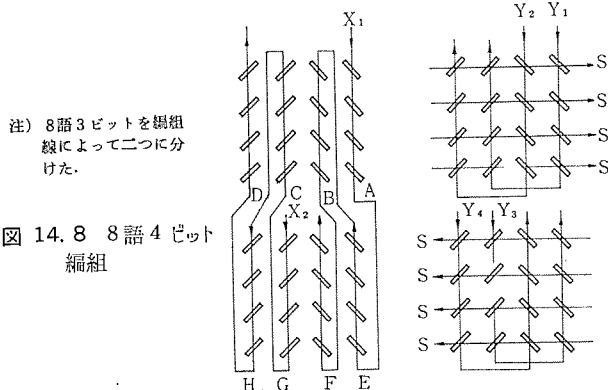


図 14.8 8語4ビット編組

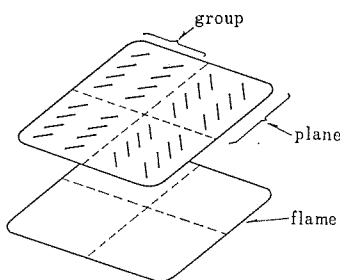


図 14.9 スタック構成

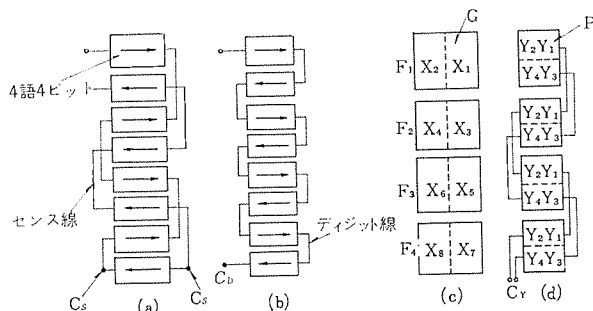


図 14.10 32語4ビットのセンス線・ディジット線の結線(a), (b) 32語4ビットのX, Y線の結線(c), (d)

極性を逆にしてゐる。すなわち X 線は図 14.9 の group に、flame ごとに、Y 線は plane に、1 flame おきに設ければ、一般の編組法と同じ数の電源で語の選択が可能になり、各 plane は図 14.10 (a) のようなメモリアの極性を示すのでセンス線、ディジット線の配線は図 14.10 のように定められる(32語4ビット)。このようにして選択コア(語)には I が流れ、半選択コアには $\frac{I}{2}$ が流れることは一般の電流一致法のラレーン、スタックと同じである。

この方式の特長はすでに明らかなように、語は新しい Flame との結合(結線部位は図 14.10 の C_s , C_D , C_r)で追加される(前例では 8 語づつ)。よってこの方式によると前記マイクロスタック方式の編組も可能になるが、やや編組線で長くなる欠点がある。

ここで電流一致方式で一番問題になる半選択雑音を考えてみると、4 語の場合は上述のように全部のコアが同極性なので、半選択コアは $\oplus$ が 2 個で $\ominus$ がない。8 語になると図 14.10 のセンス

表 14.1 語増大スタックの語数による諸元変化

語数	センス線結線法	半選択コア		電源の数	
		+	-		
4		2	0	X_1, X_2, Y_1, Y_2	4 (=2+2)
8		2	2	$X_1, X_2, Y_1 \sim Y_4$	6 (=4+2)
16	図 4.10 参照	4	2	$X_1 \sim X_4, Y_1 \sim Y_4$	8 (=4+4)
24		4	4	$X_1 \sim X_8, Y_1 \sim Y_4$	10 (=6+4)
32	図 4.10 参照	6	4	$X_1 \sim X_8, Y_1 \sim Y_4$	12 (=8+4)

線の結線では $\oplus$ コアが 2 個、 $\ominus$ コアが 2 個でコアの極性上からは完全に雑音がキャンセルされることになる。この模様を示したのが表 14.1 であり(表 14.1 には語数によるセンス結線法、駆動線の数も示している)。同じ容量では、一般の編組法と同じ半選択コア数になっている。

14.3 直並列駆動スタック

すでに述べてきた一般の全ビット並列書き込み、読み出し(速度の面で好ましい)のスタックでなく、計算機本体が直列式で、その計算機と同期して運転するメモリでは直、並列方式といったかっこうをとらざるを得ない。たとえば 1 語 n ケタでこれは直列、1 ケタ q ビットで並列のメモリスタックという場合である。

この場合のスタック構成は、並列式と異なり、語を形成するアレーを縦に q 枚置き、それを横に n 枚配置させる($q=4$ の場合は 10 進数を 4 要素で表現でき、 $q=1$ なら 2 進数となる)。具体的には、 $W=X \cdot Y$, $nX \div Y$ の整数 X, Y を選び、アレーの各辺を $q \cdot X$ と Y にすればよい。これを n 枚重ねてスタックにする。たとえば 1,000 語、40,000 ビット、1 語 8 ケタ、1 ケタ 5 ビット(チャリティービット 1 個)では $50 \times 100 \times 8$ でもまた $50 \times 50 \times 16$ でもよいことになる。この編組法($50 \times 100 \times 8$ で示す)は図 14.11 のとおりで、駆動トランスは Y に 100, X に 80 必要になる。

このように記憶装置から情報を読み出したり、書込んだりするとき、一つの単語を作るビットを同時に、多数の線からおのおの 1 個の信号として出し入れする方式を並列というのに対し、上記のように 1 本の線から印刷電信の信号のようにパルス列として出し入れするものを直列と名づけている。

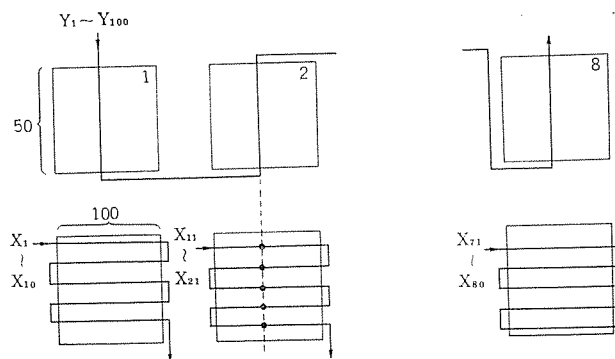


図 14.11 1,000 語 1 語 8 ケタ、1 ケタ 5 ビットの直列メモリ編組

15. メモリの S/N と温度(広温度範囲使用メモリ)

メモリアには温度特性があり、温度の上昇とともに材料の H_c が

小に、下降とともに増大することは2.6節で述べた。さらにHcの変化のみならず、メモリア材料のキュリーポイントの関係もあって、長方形性を保つ温度範囲も自ら決まっており、普通一般に長方形性をうんぬんしているのは室温を中心としての話であるが、

したがって一定のS/Nでメモリを使用するには、温調された部屋で用いるか、一定温度（温度値に関しては後述）のオープン内で使用するかの一定温度法、または別の観点から温度変化により生ずるHc変化に対応して定まる駆動電流振幅を回路上（サーミスタを使用して）増減して最高S/Nで使用方法しかない。

上記方法のほかに、たとえS/Nが温度により多少変わってもよいという観点からはワイドテンペラチュアコアを使用して、その変化をできるだけ少なくする考えもあり、前記経費の増大を防いでいる。

このように計算機の利用範囲が広ハンになるにしたがい、その計算機の温度管理が十分でない場所での使用がふえてきているのでその対策を考えてみる。

15.1 オープンメモリ

メモリア単体の電流パルス特性の温度による変化は、図15.1のとおりである（30ミルメモリア、立ち上り時間0.1μs）。したがって一定温度で用いる場合は、その温度に対応する電流パルス特性は一つしかなく、（これが一定温度使用のメリット）S/N、 T_s 、 T_P は一定となる。

今温度によりそれぞれ駆動電流値を変えて、S/Nを最高にする電流値を選べるとすれば図15.1に示すように“1”信号出力は高温においては低く、低温になればなるほど高い出力が得られ（直線の変化）“0”出力は変化しないと見てよいから、S/Nは変化することになる。この場合、駆動電流0mAで“1”出力はゼロにひいてきずる。同様に T_s 、 T_P も変化し、高温のほうが T_s 、 T_P ともに大になるので、もし自由な温度、電流振幅を選べるとき（オープン使用）は低温使用のほうが好ましいことになる。しかし実際問題としてオープンを用いるとき、冷却のほうが昇温より経費そのほかの面で好ましくなく、また駆動電流値を大にしなければならないことは電源的にも問題があるので、高温で用いるのが普通である。そのオープン温度は考えられる外界温度から設定され、-55°Cから+65°Cまでの使用例では70°C±2°C程度に設定する、すなわ

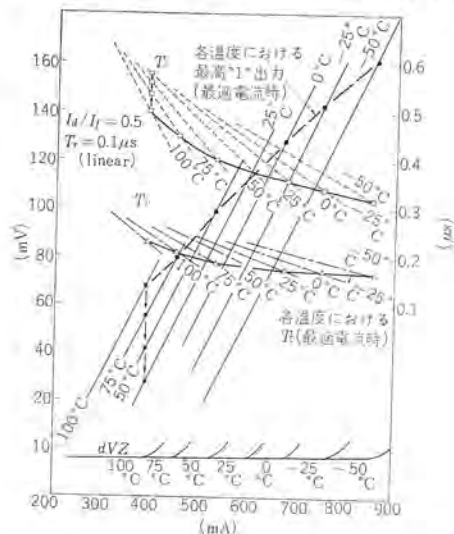


図 15.1 電流パルス特性の温度変化特性



図 15.2 オープンメモリ

表 15.1 ワイドテンペラチュアの標準特性

No	寸法	I	I _d	T _v	T _W	UVI	DVZ	T _P	T _S	I _b
3	50	450	270	0.4	2.0	48 (42)	6 (8)	0.78 (0.83)	1.48 (1.50)	285 (270)
2	50	580	350	0.4	3.0	55 (45)	8 (10)	0.67 (0.72)	1.25 (1.35)	355 (350)
5	30	600	360	0.3	2.0	42 (35)	4 (5)	0.46 (0.50)	0.85 (0.90)	360 (360)
ミル		mA		μs		μs		μs		

() 内は limit を示す。No. は表の No. に対応。

ち最高外界温度プラス5°Cといった値である。この場合オープン内の温度を規定の温度にするためのスイッチインしてから必要時間は、外界温度によっても異なるが、15~30分が普通で、heating element と control circuit に1kW（8,192語26ビット）程度以下の電源容量を必要とする。図15.2は50°Cで使用する8,000語20ビットのオープンメモリである。このほか-55~+125°Cで利用できるマイクロスタック（サーミスタ、ヒータパットをそなえたもの）もでき、16×16×12が5×6.5cm³の寸法になっている。

15.2 ワイドテンペラチュアコア

次に温度が変わっても一定電流でメモリを用いる場合は、低温になるにしたがい“1”信号出力は小になり、 T_s 、 T_P は大になる（図15.1の矢印）ので、前記電流変化法とは逆の傾向を示すので高温使用が好ましいことになる。しかし、そもそもの目的が広温度範囲使用が目的なので、この場合は適正（高温においても“0”出力が増大せず、低温においてもある程度のS/Nが保てる）な駆動電流決定が問題になり、S/N、 T_P 、 T_s の変化幅が性能評価の対象になる。

ワイドテンペラチュアコアといっても、その標準特性はキュリーポイントが高く、出力がやや低いものもあるだけでとくに変っていない。一例を表15.1にあげる。しかし一般のコアと違うところは一般のコアより使用温度範囲が広く、しかもS/N、 T_P 、 T_s が安定（一定に近い）であることである。

さて使用温度範囲を考えてみると、一定駆動電流(I)で使用する時、低温側は許容しうるS/Nを確保する温度であり、高温側はその温度におけるブレイク電流が $\frac{I}{2}$ に等しくなる温度である（表15.1で I_d がほぼ I_b と等しくなっている点に注意）。よって今、一般のコアとワイドテンペラチュアコアとの使用温度範囲を比べてみると図15.3のようになる（常温の性能を同じとした）。1°Cあたりの電圧変化幅が小さければS/Nが安定（使用温度範囲が大であれば変化幅が大になるので温度範囲も関係するが）であるので好ましい（しかしこの価値指数はS/Nが電圧比であるので ΔUVI より $\Delta UVI/UVI$ のほうが適当であろう。表15.2は各種のワイドテンペラチュアコアの性能であり、 $\Delta UVI/UVI$ は1°Cあたり0.1~1%と幅がある。

次にブレイク電流(I_b)の変化率は上記とは価値指数として趣を異にする。すなわち1°Cあたりの出力変化幅が同じであれば、 I_b の

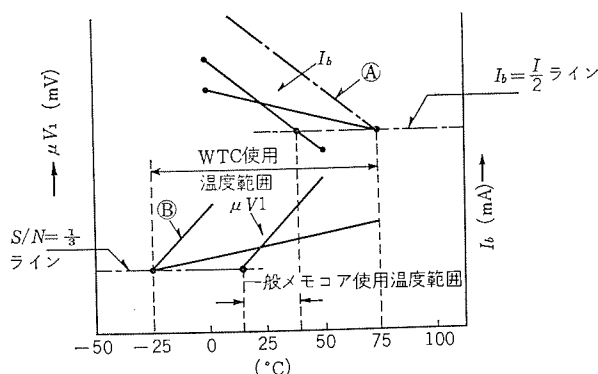


図 15.3 使用温度範囲比較

表 15.2 ワイドテンペラチュアコアの温度特性

No.	寸法(ミル)	I_b (mA)	$\mu V1$ (mV)	$\Delta \mu V1/^\circ C$	I_b/I 25°C
1	50	800	64	0.2	1.2×10^{-3}
2	50	580	55	0.34	0.5 "
3	50	450	48	0.08	0.3 "
4	30	800	65	0.08	0.2 "
5	30	600	42	0.12	0.9 "
6	30	380	26	0.11	0.8 "
7	30	310	22	0.03	0.18 "
8	50	460	60	0.70	2.0 "
9	30	440	45	0.75	3.2 "

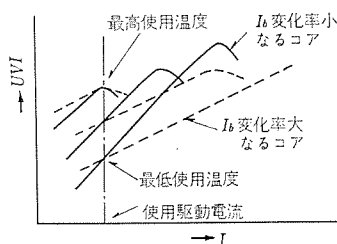


図 15.4 電圧変化率同じの2種のコア(パルス電流特性)

変化率が異なっても図 15.4 のような可能性があるもので、まったく S/N には関係しない。これを図で示せば図 15.3 の④カーブで例示できる(これは図 15.3 の③カーブとは異なる。すなわち③は温度範囲は変わらなくても S/N 変化が大でなる)。よって I_b の変化率の大小はワイドテンペラチュアコアとしての価値指数にならないといえるが、図 15.3 を見ればわかるとおり、室温での I_b を等しいとすれば、 I_b 変化率の大なるコアは一般に使用温度範囲がせまい経験的な事実から、図 15.4 のような可能性は少なく、やはり I_b の変化率の少ないコアが好ましいことになる。これは言葉を変えていえば、 I_b 変化率の小さいコアは、最高使用温度が高く選べるということである。図 15.5 は $1^\circ C$ あたりの I の変化率と材料のキュリーポイントとの関係である。コアの性質上 I_b 変化は、その材料の H_c にほぼ比例するので I_b/I のほうが価値指数とし好ましい。よって表 15.2 に示したコアの中で、No. 1, 8, 9 はワイドテンペラチュアコアとしては劣るというよいであろう。

この No 1 コアを用いて 64×64 のマトリックスプレーンを作った場合の特性は、 $I=800mA$, $T_r=0.5\mu s$, $T_w=3\mu s$ で表 15.3 の性能を

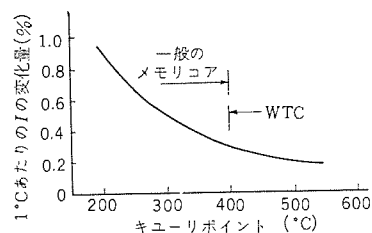


図 15.5 メモリコア材料のキュリーポイントと温度特性との関係

表 15.3 4,096 語プレーンの温度特性(ワイドテンペラチュアコア使用)

	$-50^\circ C$	$-25^\circ C$	$0^\circ C$	$+25^\circ C$	$+50^\circ C$	$+75^\circ C$	$+100^\circ C$
DVZ_{max}	10mV	12	12	14	14	14	16
$UV1_{min}$	38mV	44	48	52	52	54	56
$UV1_{max}$	56mV	64	68	72	72	72	76
T_{pmax}	1.00 μs	1.00	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
T_{rmax}	1.08 μs	1.06	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
T_{smin}	1.38 μs	1.40	1.44	1.52	1.52	1.52	1.52
T_{smax}	1.46 μs	1.52	1.58	1.64	1.64	1.66	1.66

示す。すなわち $-50 \sim +25^\circ C$ レンジでは、 $\Delta UV1/^\circ C$ は $0.2mV$ 程度を示し、高温では余り変化していない($100^\circ C$ までは $I_b < \frac{I}{2}$)。また T_p は高温で小になっているが T_s が大になっている。なお $I=800mA$ としたが、 $+100^\circ C$ の I_b は $445mA$ ぐらいであるので($25^\circ C$ のときは $480mA$) まだ高温に余裕があるといえよう。

15.3 Current compensation 法

一般のメモリコアは、すでに示した電流パルス特性の温度変化特性を持っているところからなんらかの温度補償をして使用しており、 $0 \sim 60^\circ C$ 範囲までは温度変化に対応して駆動電流を自動的に変える current compensation 法を適用して十分実用に供し得る。もちろんその不完全さから前記オープン使用、ワイドテンペラチュアコア使用を兼用することもあるが、その方法は温度上昇および下降による最適駆動電流変化に追従するように駆動回路の電流振幅を制御(自動温度補償)すればよい。このためには、おもにサーミスタを用いて、コアメモリスタック周辺の温度を電気信号としてとり出し、その信号を駆動回路に加える。すなわち図 15.6 で、温度が上昇すればサーミスタの感応で E_B が小になり、 $\frac{I}{2}$ を小さくする。

またさらに別な駆動回路および reference コアを使用して、その温度変化による出力変化を増幅振幅弁別して、振幅に逆比例した静電圧に変換し、これを上記 E_B として用いれば、温度補償と同時に一種の負フィードバック回路になり、駆動回路条件の変動も制御できることになる。図 15.7 に温度補償特性の一例を示す。

15.4 高温使用メモリ

以上のようにコアメモリは一般には室温で用いるか、オープンを使用しても $100^\circ C$ 以下で働かせるのが普通である。これはメモリコアそのものの開発が室温を中心としたものであるところから当然のことである。しかしメモリ高速化のために超小形コアが要求されている現在、別の新しい考えかたも生れてくる。すなわち $100^\circ C$ 以上の高温において動作するメモリコア(高温においても長方形性良好)を用いれば、室温で用いるより駆動電流が少なく済み、必要 power の小さなものが得られる。もし電源をぎせいにする

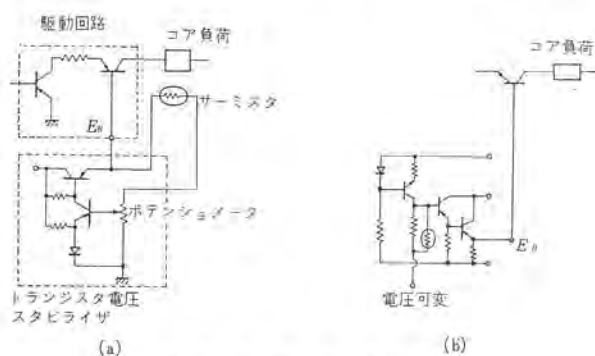


図 15.6 温度補償回路

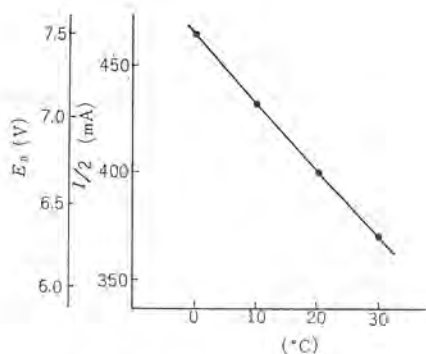


図 15.7 温度補償特性

なら、逆に H_c の大なる材料が提供できるので、間接的にコアの小形化とは別にスイッチングタイムの小さい高速メモリが可能になる。このためには、このような特殊コアの開発と、コアの温度を高温にするための heating element と control circuit の容量が問題になることはもちろんであるが、そのような高温に耐えられるスタック材料の研究も必至になってくる。

16. 電流一致方式の電流マージン

16.1 電流一致方式の電流マージン

電流一致方式では、情報の質、適当な情報出力値の面から図 16.1 の定義で $X+Y \geq I_M$, $D \leq I_T$, $X+Y-D \leq I_T$ であることが要求され、その場合は適当な S/N が選べる。かりにこれらの電流振幅値が変化したとしても、 S/N が減少しない変化幅は $(X+Y)(1-x) = I_M$, $D(1+y) = I_T$, $(X+Y)(1+x) - D(1-y) = I_T$ から求まる x, y として与えられる (X, Y 電流変化幅を同じとした)。今 $I_M/I_T = K$ においてこれを解くと

$$\left(\frac{1+x}{1-x}\right)K - \left(\frac{1-y}{1+y}\right) = 1$$

となり許容 x, y 幅は図 16.2 で表わせる。したがってもしメモリコアの材料の K を 1.6 と与えれば、 $y=0.25$ のとき $x=0$, $y=0$ のとき $x=0.11$ になり、 $K=2$ なら電流変化は許されないことになる。

このような考察から電流振幅変化幅によるマージンを考えると語配列加算方式のほうが電流一致方式より大きい、すなわち $x=y$ とすれば電流一致方式では 7.5% となるが、語配列加算方式では 11% となるからである ($K=2$ では同じように $x=y=0$ となる)。いいかえれば長方形比の悪い材料 ($K=2$ など) では、最適電流値から少しでもはずればメモリの S/N は極度に悪くなり、 $K=1.6$ 程度の材料では、各駆動電流振幅が $\pm 7.5\%$ (上記検討は好まし

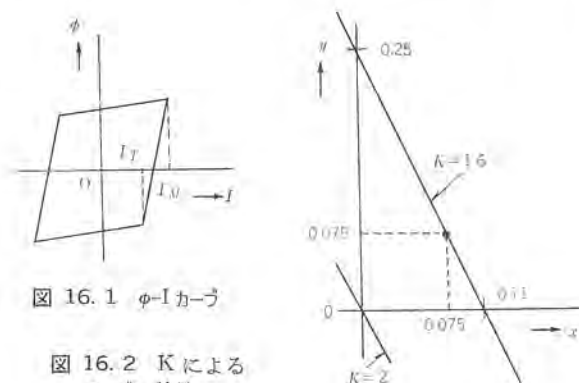


図 16.1 ϕ - I カーブ

図 16.2 K によるマージン特性

くない方向への許容差なので) 変化しても最適駆動電流値で示す S/N がほぼ保てることを表わしている。

16.2 図ディジット電流振幅値

電流一致方式では上記のように X, Y およびディジット電流振幅値は同じで、その値は規定の“1”出力が得られるフルカレント (I) の $1/2$ のはずである。しかし現実にはディジットパルス振幅を X, Y のそれよりやや小 (10% 程度) にしている。

この理由は、メモリ動作中ディジット電流が流れる場合は“0”書き込みのときであり、しかも全コアに流れる (“0”の非選択で Read がジョウ乱) のでジョウ乱の効果としては一番多い。よってディジット電流振幅値が $1/2$ より小の場合 “0” 情報の質としては $0w$ が “1” 側に接近するのでそのときの選択電圧 $[0w]$ は大になるが、“0” センス出力 (半選択電圧が重ジョウした) にはさほど影響せず、かえって “1” 情報の質を劣化さす Read 方向のジョウ乱効果が少なく (“1” 出力大)、また半選択雑音には影響がないために S/N としてはやや大になる。この一例を示したのが表 16.1 である。

16.3 マージンカーブ

すでに述べたように最適駆動電流値は、メモリコア単体のパルス電流特性で S/N が最高を示す値および振幅変化を見越した安全幅から一応求まるとした。すなわち妨害比を与えた場合の I_{fo} である。

しかしマトリックスに組んだ場合の性能で問題になる半選択電圧自体にも電流特性があり、それが語容量にも関係して S/N に影響するとなるとメモリコア単体の特性からその振幅値は一義的には定まらないことになる。さらに実際の使用温度 (および温度範囲) をも考えると、マージン幅を考慮した最適電流値の設定はなおのことむずかしくなる。

よってこの場合正確には、次に述べるマージンカーブからそのスタックにつき最適値を選ぶしかない。しかしいずれにしろ最適駆動電流振幅値は、大容量の場合、メモリコア単体のときに求まる 0.6 デイスターの I_{fo} より小となる。ディジット電流振幅値を変化させ、 $X (=Y)$ 電流振幅値をパラメータとしたときの $(\mu V)_{1TP}$ min, (DVZ)

表 16.1 デイジット電流振幅値と S/N

X (mA)	Y (mA)	ディジット (mA)	$\mu V)_{1TP}$ (mV)	$(DVZ)_{max}$ (mV)
200	200	200	33.2~45.1	13.5
218.5	218.5	200	38.9~50.6	13.9
230	230	200	45.3~58.1	15.1
241.5	241.5	200	51.7~64.5	22.2

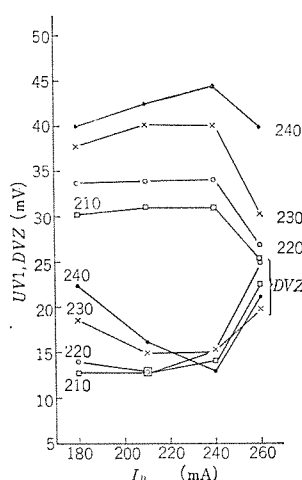


図 16.3 64×64×8 マージンカーブ

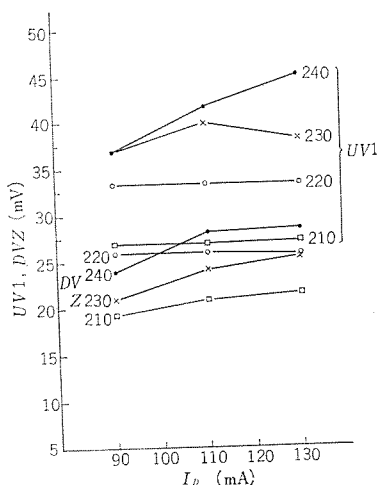


図 16.4(a) 64×64×8 マージンカーブ
(ディジット線を X 線に平行して 2 本 シリーズ)

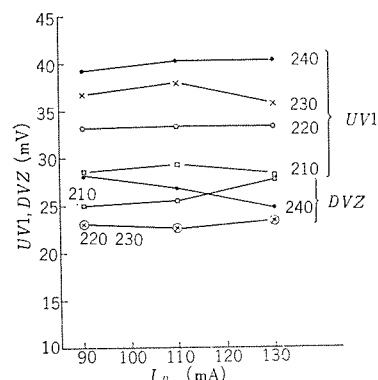


図 16.4(b) 64×64×8 マージンカーブ
(ディジット線 X, Y 線に平行して シリーズ)

max をプロットしたのが図 16.3 であり、これがマージンカーブと呼ばれる。すなわち X (または Y) 電流が大になるにしたがい“1”出力が大になるのは 0.6 妨害比の I_{fv} が 500 mA なので当然の結果であり、ディジット電流がはなはだしく小のときは“0”の再書込時に write 方向の電流が大になるため“0”出力が大になり、反対にディジット電流が大のとき“1”が“0”書込み時 read ジョウ乱をうけて情報の質が劣化するため“1”センス出力は小になっている。

よってこのスタック(64×64×16)では $I_X (=I_Y) = 210 \sim 230 \text{ mA}$, $I_D = 180 \sim 240 \text{ mA}$ が適用され、その範囲で ($\mu V 1_{lp}$) min = 34 mV, (DVZ) max = 17.5 mV が確保できる。したがって最適駆動電流値は上記データの測定温度においては $X (=Y) = 220 \text{ mA}$, $D = 210 \text{ mA}$ ということになる。このように考えると以上のマージンカーブはメモリの S/N に直接ひびくもので、スタックのメカとして推奨使用条件に備えるべきもののうち最も重要なものの一つである。

以上は最適駆動電流決定のためのチェック すなわち電流マージン幅確認と S/N 予想であるが、この S/N とマージン幅は編組法によって変化することが当然考えられる。図 16.4 はディジット線を 2 回巻きにした二種の方法によるマージンカーブであり、これらの間の差および 1 回巻きの一般 (上記図 16.3 の例) のものとは下記のような差があることがうかがえる。

すなわち一般のディジット線一本の場合は S/N はよいが、ディジット電流のマージンが少なく、ディジット電流振幅を $\frac{1}{2}$ にして 2 回巻きする (X 線に平行に 2 本通し、シリーズにする…図 16.4(a), X, Y 線に平行に 2 本通し、シリーズに結線する…図 16.4(b)) 編組法では S/N は一般の場合に比べて劣るが、マージン幅が大になっている。しかしこのような方法は、編組加工時間が大になり上記性能相違のほかにスタックの経済性も考えねばならない。

16.4 簡単なマージンチェック

前記のマージンカーブから最適駆動電流が決れば、逆にマージン幅からの簡単なチェックは、その最適 X, Y ディジット電流振幅値から

表 16.2 駆動電流振幅変化による特性変化

I_X	I_Y	I_D	UV1min	UV1max	DVZmax	(dVZ _{lp}) max
5%	5%	0%	51.7	64.5	22.2	2.5
5	0	0	48.2	60.9	20.5	2.0
0	0	0	45.3	58.1	15.1	2.0
5	-5	0	45.1	59.1	19.5	2.5
-5	0	0	42.4	54.8	17.2	2.0
-5	-5	0	38.9	50.6	13.9	2.0
5	-5	5	45.3	59.1	19.7	2.2
5	-5	-5	45.5	58.6	21.9	2.5

$I_X = I_Y = 230 \text{ mA}$ $I_D = 200 \text{ mA}$ 64×64 $Z_s = 100 \Omega$

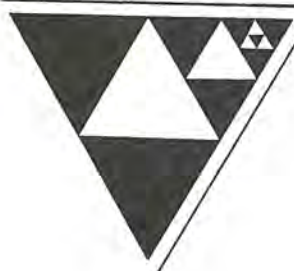
それぞれ $\pm 5\%$ 変化させた場合の“1”, “0”出力の減少、増大率を測定すればよい。これは品質管理的に必要なデータになる。

表 16.2 はある 64×64 ラレーンの最適駆動電流値が $I_X = I_Y = 230 \text{ mA}$, $I_D = 200 \text{ mA}$ のものの電流振幅変化データである。しかし前記マージンカーブと比較しても明らかなように特性変化がやや多く、このラレーンの最適駆動電流としては $I_X (=I_Y)$ が 230 mA またはややそれより低い値、 I_D としては 200 mA またはややそれより高い値が適当であることを逆に表わしている。しかしそれにしても $\pm 5\%$ 変化幅では $UV1_{max} < 65 \text{ mV}$, $UV1_{min} > 40 \text{ mV}$, $DVZ_{max} < 25 \text{ mV}$ が確保できる。

なおこのデータから選択コアに与えられる電流振幅値が等価的に同じ ($I_X + I_Y$) でも $I_X \neq I_Y$ のときはジョウ乱効果のアンバランスから $I_X = I_Y$ より雑音が大になり、 I_D を 190 mA 以下にすると“0”情報の質が劣化し雑音が大になること。および I_D が 200 mA と 210 mA では S/N 的に変化せず、ディジット電流のマージン幅が大きいことも示している。

参考文献

- (1) 水上: コアメモリスタック (その 3) 「三菱電機技報」40, No. 3, 732 (昭 41)
- (2) 水上: コアメモリスタック (その 2) 「三菱電機技報」39, No. 11, 1403 (昭 40)



新製品紹介

世界一軽い三菱プラスチック電気ドリル RD-6R-1 形新発売

現在 販売中の SP-6L-1 形電気ドリルと同じ目的に使用され、より小形軽量で小回りが効き、しかも二重絶縁で電氣的にまったく安全なプラスチック製の電気ドリルを完成した。

本機は、従来の金属製機体の電気ドリルと異なって二重絶縁構造をとっていることが特長で、二重絶縁とは、金属製機体の工具に施された絶縁構造がなんらかの理由で破壊されたとき、使用者を感電から保護するため外ツクを絶縁物であるポリカーボネート（三菱江戸川化学製ユペロン）にし、スピンドル側も第2歯車部を絶縁して完全な絶縁構造にしたもので接地しなくても作業者を完全に感電事故から守ることができるものである。

構造も従来の金属製機体の電気ドリルと異なり外ツクが左右に分割できる二つ割れ構造にして分解が簡単で保守点検が容易になっており、外ツクを分解することによって内部構造が一目でわかり、しろうとでも保守点検ができるなど今までにない特長を持っている。

さらにプラスチックの使用により、重量が金属製電気ドリルに比して約30%軽くなり、形状も小形になったので、女性でも容易に使用できる作業性のよいものとなっている。

■仕様

形名	最大穴明能力種	電源		出力(W)	全負荷電流(A)	回転数(rpm)		重量(kg)	付属品
		電圧(V)	周波数			無負荷時	全負荷時		
RD-6L-1	mm 6.5	単相交流 直流	100	50/60	90	1.8	3,000 1,700	1.1	予備炭素ブラシ1組

■特長

(1) 軽い

重量がわずか 1.1 kg 同形タイプの電気ドリルで一番軽い携帯用電気ドリル

(2) 安全な二重絶縁構造

電気に対して完全に作業者を感電から守る二重絶縁構造。

外ツクをプラスチックにし、スピンドル側も第二歯車部を絶縁して完全な構造にしたもので、接地の設備や手間がまったく不用。

(3) 堅ろうの構造

落しても破損することはない耐熱性、衝撃性に対しても心配ないポリカーボネートを使用。

(4) 二つ割れ構造

外ツクが左右に分割できる二つ割れ構造で、分解が簡単で保守点検が容易。



RD-6L-1 形三菱プラスチック電気ドリル

三菱砂コシ器 SF-2 形新発売

家庭用井戸ポンプのよきヘルパーとして愛用されている砂コシ器にこのたび小形、高性能の砂コシ器を開発したので紹介します。

いかにすぐれたポンプでも砂には勝てない。砂を吸い上げればたちまち羽根束に傷をつけ回転不能・揚水不能などのポンプクレームの原因となる。この悪影響を防ぐには砂コシ器を取り付けることである。どんなこまかい砂でもシャットアウトします。ポンプを長持ちさせる秘けつがここにあるのです。

■仕様

形名	SF-2
配管径	B 3.4
使用最大流量	l/min 30
製品重量	kg 3.2



NEWS FLASH

■ MC-20V 形 電解加工機, 東ドイツ見本市でゴールドメダル受賞

去る3月6日から10日間、東ドイツライプツィヒにおいて開催されていた国際見本市で、当社のMC-20V形電解加工機はゴールドメダル受賞の光栄に浴した。この見本市には当社から、電解加工機とDM-220形放電加工機を出品した。

ゴールドメダルは技術的、商品的に優秀な出品物に対して与えられるもので、今回の受賞対象2万点余の中から選ばれ、とくに当社の電解加工機は最優秀品点の一つに数えられている。

この見本市は、チェコのブルノ見本市とならぶ東ヨーロッパの代表的な国際見本市で共産圏はもとより非共産圏を含めアメリカ、イギリス、フランス、ソ連をはじめ、世界70数カ国から出品、工作機械部門だけでも20数カ国から出品された中から当社はこの榮譽をになったものである。

電解加工は、電気分解を利用したまったくユニークな機械加工法で数年前から、当社の総合技術の粋を結集、独自に開発、製品化してきたものでタービンブレードなどの難加工材の機械加工、クランクシャフト、コネクティングロッドなどの型彫り加工、機械加工がほとんどできなかった超硬合金の加工、そのほかの特殊な部品加工など適用分野も広く、今回の受賞によりますます自信を深め、今後のよりいっそうの発展が期待される。

おもな仕様は下記のとおり。

入 力	AC 200/220V 50/60 c/s
出 力	最大許容電流 DC 2,000A
	無負荷電圧 20V
機 械	電極送り ストローク 200mm
	最大加工深さ 150mm
	電極送り制御方式 油圧 サーボ方式
	被加工物最大寸法 400×300×180(mm)

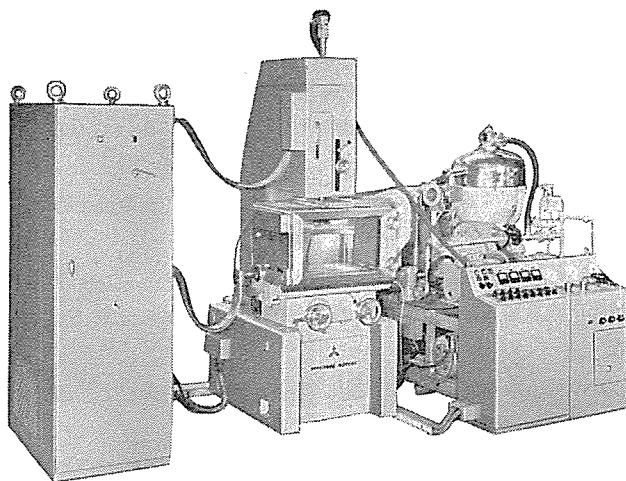


図1 MC-20V形電解加工機

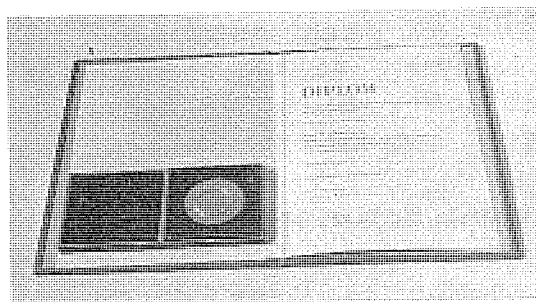


図2 授与されたゴールドメダルおよび賞状



図3 ゴールドメダル 報道の現地紙

○ 過方式	自動排出形遠心分離機
加工性能	加工面積 100~0.2cm ²
	最大加工量 34gr/2,00A/min
	加工精度 クリアランス 0.1~0.3mm
	仕上面精度 パラツキ ±0.05mm
	5~20μHmax

電源はほかに超硬合金加工用電源を付属させてある。

■ 警察向け全トランジスタ無線機コンクール1位入賞

警察庁では、パトロールカー用の標準形無線機を従来の真空管式から全トランジスタ式に切り換えるため、昨40年10月末期限で各メーカーに対しモデルセットの提出を求めて、電気的、機械的性能についてきびしい周囲条件も含めて各種の試験を行なった結果、150Mc帯用の無線機については当社がモデルとして提出したものが第1位であるとの判定を下された。

この結果昭和41年度からは、従来の真空管式にかわって、当社のモデル機を母体にした新機種が警察の新形正式機として採用されることになった。

この無線機は、今後パトロールカー用の標準機として、MPR-2形という名称で警察通信の第一線に活躍するわけであるが、構造上



の特長は警察要求により下記のとおりである。

1. 無線機は在来の真空管式のものより小形になり、制御部分をも含めて自動車のダッシュボードに収容できる。

2. 制御部分はプラグイン方式で無線機本体前面板にとりつけられているが、本体をダッシュ板以外の位置に移す場合は簡単に取はずして遠隔制御器として使用できる。

3. 無線機と外ハコの装着は、無線機前面の取っ手でワンタッチで行なうことができる。すなわちとっ手と無線機本体、外ハコ（筐）間の結合部分が連動し、取っ手を引けば結合部分がはずれ、押せば結合し、振動そのほかの外力で自然にはずれないようになっている。

また電気仕様も警察要求に沿う概略次のようなものである。

使用トランジスタ	全シリコン、全三菱製
使用周囲温度	-20°C ~ +60°C
使用周波数範囲	142~163Mc
送信出力	25W以上
受信感度	+3dB/μV 以下
実装周波数	±400kc 以内にある4波を実装可能で、 手動により切換えて使用可能



警察庁 MPR-2 形 移動用超短波無線電話装置
(モデルセット)

■大蔵省造幣局溶解鑄造設備完成

“大阪に花の里あり通り抜け”と八重桜で有名な非鉄合金技術のメッカ、大蔵省造幣局に最新鋭の溶解鑄造設備が、当社によって41年2月末完成し、好調に実動にはいった。最近の傾向として低周波誘導炉を中心とした溶解鑄造設備の合理化が強く叫ばれているが、今回完成したものはアルミ、銅、銀などの貨幣製造の設備としては諸外国にも類を見ない近代的設備で、各国造幣局の注視を浴びているものである。もちろん、一般産業設備としてもそのままではまる理想的な設備として、今後の伸銅メカのモデルプラントになるといわれている。

設備の概要は1,500kg 450kW 低周波誘導炉4基、排煙装置1式、電源設備（受電盤、変圧器、タップ切換機構、並列コンデンサ、パラサ用コンデンサおよびリアクトル、炉体切換器、自動力率調整盤、操作盤、低圧盤、コンプレッサを含む）2式、半連続鑄造装置（油圧式スラップ3本取り鑄造機、40t貯水タンク、フラックス加熱炉、トコおよびディストリビュータなど）2基、全自動油圧式丸ノコ切断機1台とその自動搬送コンベア装置（油圧装置、制御盤、丸ノコ研摩盤を含む）一式および5t天井走行クレーン（ボックスガード天井架線式、ス

パン9,400mm 揚程9,000mm）1基を総合的にまとめて受電から製品を圧延工場に送り出すまでの溶解鑄造工程をライン化したものである。



1.5t 低周波誘導炉および連鑄設備

自動演算を完備した

■全トランジスタ式 MELCOM EA-7410 形アナログ計算機完成

各種微分方程式の解析、自動制御系の設計、そのほかシミュレータとして従来からアナログ計算機がひろく用いられている。使用範囲の増大にともない、アナログ計算機にも新しい機能を持ち精度的にもより高いものが要求されだした。また使用素子も半導体化してきている。

今回完成したものは小形機ながら電子管式の高精度、高電圧、取扱いの容易さを、従来製作してきた国産初の全トランジスタ式アナログ計算機 EA-7401 形にとり入れ、演算電圧を ±50V にして S/N 比の改善をはかり、精度も ±0.1% として高性能機と同クラスとしたものである。また小形卓上形でありながら演算増幅器は最大64~68台で24階の線形および非線形常微分方程式が解析可能である。

この計算機には演算結果の記憶判断機能があり、2時間軸演算が可能のため、高速演算解をブラウン管上に表示して解の形を短時間に知ることができる。

EA-7410 形アナログ計算機の特長は次のとおりである。

1. 小形としては非常に高精度で、演算インピーダンスは0.1%で、金属皮膜抵抗、ポリエチレンコンデンサを使用している。
2. 演算増幅器出力は50V、10mAである。また取扱いの便をはかるため、これを100%として表わしている。
3. 最大構成要素が演算増幅器64~68台、ポテンシオメータ56台、関数乗除算器8台、関数発生器4台と小形機ながら大容量である。
4. 特色ある演算制御のため、最適値問題、自動収束演算、二重積分など各種の新しい解析に使用できる。

また高低速演算の切り換えはワンタッチで繰り返し周期は連続可変で設定できる。

さらに電子スイッチデジタル素子も付加可能で、これにより高速性を必要とするはん雑な問題も解ける。

5. 関数発生器は特色ある時分割式の座標点設定方式をさらにすすめ、XY 両軸とも連続可変設定式としたため今までのどの方式よりも近似精度が高く、取扱いも最も簡単になっている。

6. 増設は容易であり、構成を使用目的に従い自由に選ぶことができるのでフレキシビリティに富んでいる。

デジタル電圧計も実装可能である。

7. 外部機器からの演算制御指令、またはアナログ計算機から外部機器への制御指令ができるのではかの機器との連動が可能である。

この EA-7410 形アナログ計算機の仕様の一部は次のとおり。

形 式	トランジスタ式低高速併用形
機 能	最高24階線形、非線形常微分方程式またはこれ相当まで解析可能、熱伝導偏微分方程式など 40 セクションまで
接 続	プラグパッチ式 演算インピーダンス内蔵 非線形要素も演算増幅器内蔵
演算電圧	線形非線形要素共 $\pm 50V$ 10mA
精 度	単体演出 インピーダンス $\pm 0.1\%$ 内 総合精度（サークルテスト） $\pm 0.2\%$ 内/30 秒

図1は外観 図2は二重積分演算中の立体表示例である。

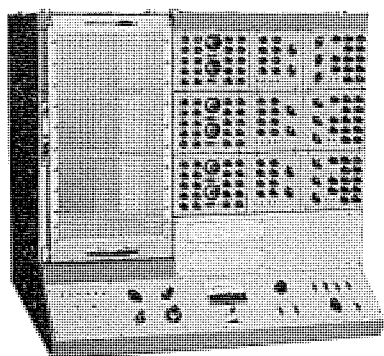


図 1 外 観

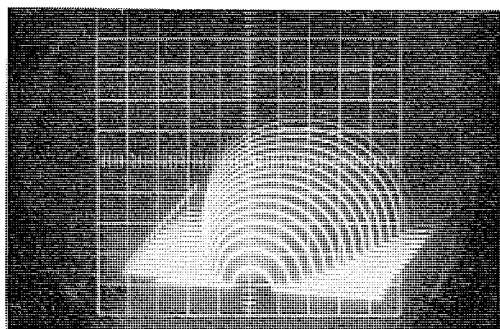


図 2 演算解の立体表示例

ミュレータ)を完成し、労働省産業安全研究所に納入した。

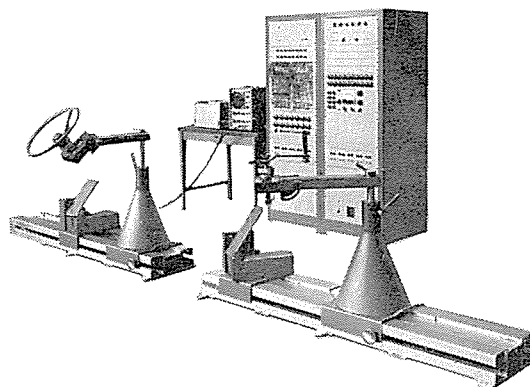
この装置は人間—機械系における人間 オペレータの伝達関数を算出し、あわせて制御系の人間工学的設計数値算出の実験を可能にするものである。

人間—機械系では、機械の高度の発達により人間のもつ制御能力の限界を越え制御不能となり、重大な災害をひき起こす可能性も大きい。そのため人間の制御作業に対する能力の限界を明確にしておかねばならず、さらにその限界は訓練によってどのくらい増し得るものであるか、あるいは長時間の作業の場合に重大な誤りを起こす原因となるような疲労をもたらしさないようにするには、制御者に要求する制御作業の内容をどの程度に限定すべきかなども明らかにしておく必要がある。この制御動作解析装置はこのような問題に対処するためのものであり、各方面から大きな期待がかけられている。

構成は駆動関数発生部、制御対象模擬部、人間 オペレータ 模擬部、表示部、操作部からなり、操作部はハンドル 2 組、ペダル 2 組を備え、おのおの自由に位置、角度、回転トルクを変えることができる。表示部には X-Y 2 ビームオシロスコープを用い、各種のトラッキング動作を行なうことができる。

表 1 制御動作解析装置の構成

構 成	台数	備 考
1. 計算部本体		
加算積分器	8	駆動関数発生部 制御対象模擬部 人間オペレータ模擬部
加算係数器	12	
ポテンシオメータ	20	
リミッタ	16	
関数発生器	1	
むだ時間発生器	2	
雑音発生器	1	
プログラミング機構	1 式	
制御機構	1 式	
電源	1 式	
(キョウ)体	1	
2. 表示部		
ブラウン管オシロ	1	X-Y 2 ビーム
ペンオシロ	1	24チャンネル
3. 操作部		
ペダル	2 組	変換器付き自由に組合わせることにより 1~4 人の被験者を対象にできる。
ハンドル	2 組	



人間工学用制御動作解析装置

■人間の制御能力の限界をはかる 人間工学用制御動作解析装置完成

当社ではこのほどアナログ形の制御動作解析装置 人間工学用(シ

おもな特長は

- (1) 解析用および訓練用の両方の機能を具備したシミュレータである。
- (2) リアルタイムシミュレーションが可能である。
- (3) パラエティに富んだ駆動関数が具現できる。
- (4) 人間と模擬装置との割合を自由にとることができる。
- (5) 操作部は模擬対象により自由に取り換えられる。
- (6) 複教の人間の協調動作の解析ができる。



マイクロ簡易発振器

■ 7Gc 帯伝搬試験用全固体送信機を NHK へ納入

7Gc 帯で出力 400mW の全固体化送信機を完成し、NHK へ納入した。この装置は FPU による TV 中継の予備テストとして伝搬試験をおこなうためのものである。最近、都市におけるビルの高層化とスモッグのため、地図によるプロファイルや見通し試験による伝搬路の決定が困難になりつつあり、あらかじめ電波伝搬によって試験を行なうことが要求される。この目的のため、この全固体化送信機は手軽に持ち運びができ、技術者でなくても使用できるように設計されている。内蔵電池を使用し連続 2.5 時間運転可能、また自蔵の 15.75kc 信号または外部信号で FM 変調しうるので、FPU 受信装置と組合わせて概略の S/N、多重路によるエコー反射も観測できる。

おもな性能

送信周波数	6,887.5Mc
送信出力	400mW
消費電力	17W (DC24V) 25W (AC100V フローティング)
変調方式	水晶制御 FM 変調
周波数安定度	$\pm 5 \times 10^{-5}$
内部変調信号	15.75kc
周波数偏移	1.5Mc p-p
大 き さ	110×360×200(mm)
重 量	11.5kg
連続使用時間	2.5 時間
付属 ホーン 空中線利得	23 dB

最近における社外寄稿一覧

年 月 日	寄 稿 先	題 名	執 筆 者	所 属
39-11-22	電気学会	MHD 発電機の電極近傍の現象	伊藤利朗	中央研究所
39-11-22	電気学会	大電力 プラズマジェットを用いた MHD 発電実験	村井裕	中央研究所
39-11-22	電気学会	電子計算機の命令系	木村孝之	中央研究所
39-11-24	生産性本部	工場計画	高田真蔵	本社
39-11-27	電気クラブ	無効電力と電圧制御	三田村真次	鎌倉
39-11-30	日科技連研修所	アナコンの使用法他	三田村真次	鎌倉
39-11-30	科学技術会館	PCM 理論	藤掛勝	鎌倉
39-11-30	日本印刷学会	最近の光源と照明技術	小堀富次雄	本社
39-12-1	都電研	照明施設の経済性	小堀富次雄	本社
39-12-2	マイクロ波伝送研究会	宇宙通信用帯域共用偏波発生装置	喜連川隆・立川清兵衛	中央研究所
			小畑哲男	
39-12-3	アンテナ研究会	広帯域・波長ユニポールアンテナ	喜連川隆・武市吉博	中央研究所
			水沢丕雄・小野誠	
39-12-3	情報処理学会	計算機基本言語に関する考察	首藤勝・魚田勝臣	中央研究所
			原田邦男	
39-12-4	都板橋生活館	第1回生活講座“住居と照明”	小堀富次雄	本社
39-12-4	情報処理学会	浮動小数点演算における小数部のノーマライズおよびオーバーフローの確率	壺井芳昭	中央研究所
39-12-4	規格協会関西支部	品質管理セミナー「QC 推進計画のたて方」	小島井繁	本社
39-12-8	高松市	四国革破壊検査講演会	秋鹿為之	鎌倉
39-12-8	計測自動制御学会	セラミック・マグネット・モータ	前川善六	中央研究所
39-12-8	能率協会	WF エンジニアリングコース「WF」	奈川敏雄	本社
39-12-10	日本工業経済連盟	高速スイッチング用 SCR	清水潤治	中央研究所
39-12-11	福岡生産性九州地方本部	中小企業機械工学コース（品質管理）	天本繁美	福岡
39-12-11	大阪大学	大形銅合金の高周波ロウ付について	稲村実	伊丹
39-12-12	電気通信学会航行	航空機用無線機	山口哲也	通信機
39-12-14 ～15	福岡生産性九州地方本部	中小企業機械工学コース（品質管理）	天本繁美	福岡
39-12-13	東京大学医学部	定時検診の自動化	谷真和	鎌倉
39-12-18	熊本大学	防爆形電気機器の構造と試験方法	小井川茂	福岡
40-1-19	電気通信学会	不規則な位相誤差によるアンテナ利得の低下と大口径アンテナの極大利得	喜連川隆	中央研究所
40-1-20	鉄鋼大学	圧延設備における自動制御の基礎	細野勇	伊丹
40-1-20	電気通信学会通信方式専門委員会	富士山 デジタルテレメータ	藤原謙一	通信機
40-1-22	日本航空学会	LS-A 中形気象観測ロケット月トランスポンダの試作	望月孝則	鎌倉
40-1-22	電気通信学会	Adaptive Digital Pattern Recognition における認識関数の統計的設計法	伊藤貴康	中央研究所
40-1-25	東大宇宙航研究研究所	富士山気象レーダ	植田英雄	通信機
40-1-25	専門図時館協議会	技術情報サービスの実務上の問題点についての総合的解説——電気工学とその周辺の文献を主な対象として——	小林吉三郎	中央研究所
40-1-29	窯業協力会, 日本化学会	BaTiO ₃ 磁気焼結体の異常クレインの生成	柳瀬正人・大野克弘	中央研究所
40-1-29	窯業協会, 日本化学会	分相性硼硅酸ガラスの溶出過程の一考察	林次郎・西泉隆司	中央研究所
40-1-29	窯業協会, 日本化学会	CaWO ₄ :Sm の光学的特性と結晶場の影響	平野昌彦	中央研究所
			栗津健三・武藤勝	
40-1-30	輻射科学研究会	探針反射係数測定数	伊吹川順章	中央研究所
40-2-20	白洋舎	照明と色彩	喜連川隆・白幡潔	中央研究所
40-2-24	中央労災協会	照明と色彩	小堀富次雄	本社
40-2-26	照明学会東京支部	工場照明	小堀富次雄	本社
40-3-12	日本電気協会	高出力タリウム水銀灯の屋外照明に関する考察	小堀富次雄	本社
40-4-4	電気四学会	ケイ光灯の点数回数による経済寿命	小堀富次雄	本社
40-4-15	ラジオ関東	銀座のネオン	小堀富次雄	本社
40-5-10	粉体粉末冶金協会	OP 磁石の改良開発	中村弘	大船
40-5-13	日本電気協会	高出力タリウム水銀灯の屋外照明に関する考察	小堀富次雄	本社

次号予定

三菱電機技報 Vol. 40 No. 6

電動機特集

特集論文

- サイクロコンバータ式サイリスタ電動機
- 回転ブラシ電動機の諸特性
- 直流電動機の特長とその実際
- IEC 寸法による E 種絶縁防爆形防食形誘導電動機
- 岐阜市水道部納め三菱高圧水中モータ
- 新形クラッチモータ
- 三菱中容量 E 種電動機
- 新しい誘導電動機の絶縁
- 低騒音誘導電動機
- 全自動遠心分密機用 4 段速度 カゴ 形誘導電動機
- ブラシレス同期電動機

普通論文

- 伊丹製作所放射線検査室とその設備
- 200 チャネル波高分析器 ND-1660 形
- 人工衛星打上げ ロケットの誘導制御
- 大形アンテナサーボ系における風の乱れの影響
- 全固体マイクロ波発生装置
- 35 MeV ベータストロン (1)
- 大電力パルスクライストロン用マッシュ形陰極
- パラメトリック増幅器の実用化に関する諸問題

電子計算機利用シリーズ

- 交流電気機関車の空転再粘着

技術講座

- SCR インバータとその応用 (その 4)

三菱電機技報編集委員会

委員長	小倉弘毅
副委員長	片岡高示
常任委員	明石精二
"	安藤安二
"	宇佐見重夫
"	大野寛孝
"	北川和人
"	小堀富次雄
"	鈴木正材
"	祖父江晴秋
"	馬場文夫
"	山田栄一
"	横山茂行
委員	尾畑喜行
"	榎本俊弥
"	神崎大進
"	島津大介
"	林昇寿
"	堀真幸

(以上 50 音順)

昭和 41 年 5 月 22 日印刷 昭和 41 年 5 月 25 日発行
「禁無断転載」定価 1 部 金 100 円(送料別)

編集兼発行人

東京都千代田区丸の内 2 丁目 12 番地 小倉弘毅

印刷所

東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 大日本印刷株式会社

印刷者

東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 高橋武夫

発行所

三菱電機株式会社内「三菱電機技報社」
東京都千代田区丸の内 2 丁目 12 番地 (三菱電機ビル内)
(電) 東京 (212) 大代表 6111

発売元

東京都千代田区神田錦町 3 の 1 株式会社オーム社書店
電話 (291) 0912 振替東京 20018

本社 営業所 研究所 製作所 工場 所在地

本社	東京都千代田区丸の内 2 丁目 12 番地 (三菱電機ビル内) (電) 東京 (212) 大代表 6111
大阪営業所	大阪市北区堂島北町 8 の 1 (電) 大阪 (312) 大代表 1231
名古屋営業所	名古屋市中村区広井町 3 の 88・大名古屋ビル (電) 名古屋 (561) 大代表 5311
福岡営業所	福岡市天神 2 丁目 12 番地 1 号 天神ビル 5 階 (電) 福岡 (75) 代表 6231
札幌営業所	札幌市北二条西 4 の 1・北海道ビル (電) 札幌 (26) 大代表 9111
仙台営業所	仙台市大町 4 の 175・新仙台ビル (電) 仙台 (21) 代表 1211
富山営業所	富山市桜木町 1 番 29 号・明治生命館 (電) 富山 (31) 代表 3151
広島営業所	広島市中町 7 番 32 号・日本生命ビル (電) 広島 (21) 大代表 5111
高松営業所	高松市鶴屋町 45 番地 (電) 高松 (2) 代表 0001
東京商品営業所	東京都千代田区丸の内 2 の 12・三菱電機ビル (電) 東京 (212) 大代表 6111
大阪商品営業所	大阪市北区堂島北町 8 の 1 (電) 大阪 (312) 大代表 1231
名古屋商品営業所	名古屋市中村区広井町 3 の 88・大名古屋ビル (電) 名古屋 (561) 大代表 5311
福岡商品営業所	福岡市天神 2 丁目 12 番地 1 号・天神ビル 5 階 (電) 福岡 (75) 代表 6231
札幌商品営業所	札幌市北二条西 4 の 1・北海道ビル (電) 札幌 (26) 大代表 9111
仙台商品営業所	仙台市大町 4 の 175・新仙台ビル (電) 仙台 (21) 代表 1211
富山商品営業所	富山市桜木町 1 番 29 号・明治生命館 (電) 富山 (31) 代表 3151
広島商品営業所	広島市中町 7 番 32 号・日本生命ビル (電) 広島 (21) 大代表 5111
高松商品営業所	高松市鶴屋町 45 番地 (電) 高松 (2) 代表 0001
北九州出張所	北九州市小倉区京町 10 の 281・五十鈴ビル (電) 小倉 (52) 代表 8234
長崎出張所	長崎市大黒町 3 番 1 号・長崎交通産業ビル (電) 長崎 (3) 代表 1601
横浜出張所	横浜市中区富士見町 2 の 12 (電) 横浜 (65) 2691~3
新潟出張所	新潟市万代町 69 番地 (電) 新潟 (45) 1378
長野出張所	松本市白坂 212 番地 (電) 松本 (3) 1453
京都出張所	京都市中京区王生坊城町 5 (古橋ビル) (電) 京都 (82) 1245
神戸出張所	神戸市兵庫区西宮内町 82 (万統ビル) (電) 神戸 (68) 1396
静岡出張所	静岡市七間町 9 の 10・池田ビル (電) 静岡 (53) 代表 9186
金沢出張所	金沢市幸町 13 番 28 号 (電) 金沢 (63) 代表 1341
岡山出張所	岡山市西長瀬字村北 122 の 1 (電) 岡山 (24) 代表 0331
中央研究所	尼崎市南清水字中野 80 番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
商品研究所	鎌倉市大船 782 番地 (電) 鎌倉 (6) 代表 6111
神戸製作所	神戸市兵庫区和田崎町 3 丁目 (電) 神戸 (67) 大代表 5041
伊丹製作所	尼崎市南清水字中野 80 番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
長崎製作所	長崎市平戸小屋町 122 番地 (電) 長崎 (3) 大代表 6211
稲沢製作所	稲沢市井之口町 1100 番地 (電) 稲沢 (32) 代表 4121~9
和歌山製作所	和歌山市岡町 91 番地 (電) 和歌山 (3) 代表 1275~9
鎌倉製作所	鎌倉市上町屋 325 番地 (電) 鎌倉 (6) 大代表 6171
通信機製作所	尼崎市南清水字中野 80 番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
北伊丹製作所	伊丹市大鹿字主ヶ池 1 番地 (電) 伊丹 (72) 大代表 5131
名古屋製作所	名古屋市中区矢田町 18 丁目 1 番地 (電) 名古屋 (721) 大代表 2111
福岡製作所	福岡市今宿青木 690 番地 (電) 福岡 88 代表 0431
福山製作所	福山市緑町 1 番 8 号 (電) 福山 (2) 代表 2800
姫路製作所	姫路市千代田町 840 番地 (電) 姫路 (23) 大代表 1251
相模製作所	相模原市小山字久保 224 の 224 (電) 相模原 (72) 大代表 5131
静岡製作所	静岡市小島 110 番地 (電) 静岡 (85) 大代表 1111
中津川製作所	中津川市駒場町 1 番 3 号 (電) 中津川 (5) 大代表 2121
大船製作所	鎌倉市大船 800 番地 (電) 鎌倉 (6) 代表 6111
郡山製作所	郡山市字境橋町 1 番地 (電) 郡山 (2) 1220~1223
群馬製作所	群馬県新田郡尾島町大字岩松 800 番地 (電) 太田 代表 4311
無線機製作所	尼崎市南清水字中野 80 番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
京都製作所	京都府乙訓郡長岡町大字馬場小字園所 1 (電) 京都 西山 (92) 大代表 4171
伊丹製作所	三田市三輪町字父々部 85 番地 (電) 三田 4371~4375
相模製作所	東京都世田谷区池尻町 437 番地 (電) 東京 (414) 代表 8111
世田谷工場	札幌市北二条東 12 丁目 98 番地 (電) 札幌 (22) 3976