

MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報

Vol.46 September 1972

データ伝送特集

9

大阪府水道部村野浄水場 送水系集中管理設備



未来を開発する





データ伝送特集

目次

《特集論文》

データ伝送特集について	977
多摩ニュータウン送配水制御システム	渡辺一弘・柳沢 忍・竹野宏平・関川一彦・松村雅司… 978
配水本管圧力テレメータ	長谷川順造・三沢忠利・豊原亜洲・小村 明・柳沢 忍… 983
大阪瓦斯(株)データ収集システム	伊藤栄一・鈴木耕三・河野一郎・石川欣央・田中 稔・大塚貞夫・豊原亜洲・東田昌之… 989
海象観測用テレメータ	豊原亜洲・今泉 巽… 1000
電力会社における情報伝送	永田文也・塚田 広・岡村 繁・糸井弘司… 1003
電力系統安定用情報伝送装置	小林 修・山崎 亨・成田利春・羽子岡 蕃・荒尾和男・伊藤 眞… 1009
通信機械室の1:n方式集中監視制御システム	羽子岡 蕃・渡辺 進… 1014
マイクロ波キャリアリレー用信号伝送装置	小林 茂・加島幸一・羽子岡 蕃・赤塚和禧… 1019
密結合誘導無線による移動体の制御	今泉 巽・山内才胤・吉良広文・前田良雄… 1023
バースト誤り回線における誤り制御方式の評価	大野圭三・藤原謙一・山内才胤・平沢茂一・井上 徹… 1028
国際データ端末装置	深井 賢・大野圭三・山内才胤・田中 智・小村 明・木谷育弘… 1035
国際データ伝送用2,400 bps モデム	深井 賢・大野圭三・山内才胤・松本正弘・杉山康夫・中島邦男… 1040
制御用データ伝送機器の新しい構成法	小村 明・藤原謙一… 1046

《普通論文》

関西電力(株)新曽根崎変電所納入機器	吉田頼弘・武智盛明・塩見 実・平河宏之・但田昭司・天池則行・出畑修二・岡田 明… 1053
冷凍機サイクル内での異常反応について	草川英昭・榎本順三・島本幸三・時田祐佐… 1063
$\text{Sr}_{0.73}\text{Ba}_{0.27}\text{Nb}_2\text{O}_6$ 単結晶の電気光学効果による光偏向	池尾寛文・武藤勝俊・栗津健三… 1069
多種少量生産を対象とした自動鑄造ライン	田中敬一・外山 隆・干場俊昌… 1076
電力系統計算機制御装置(MELPAC-500 システム)	長町恒資・寺田 眞・中川秀人・矢野恒雄・山田郁夫・辻 俊彦… 1081
超音波探触子	河野勝美・丸田紳一・朝鳥喜久雄… 1090

《新製品紹介》

新形 N/C 今秋発売・安全性と使いやすさを重視した電子レンジ新発売

1097

《特許と新案》

ネットワーク給電線の接地検出装置・信号自動選択方式・距離追尾方式

1051

《表紙》

表紙1 大阪府水道部 村野浄水場 送水系集中管理設備

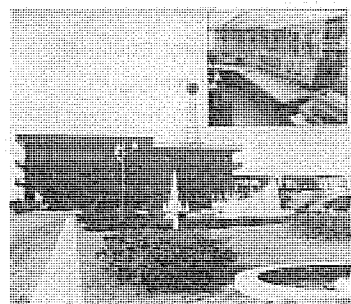
表紙は大阪府水道部 村野浄水場で、同水道部の集中管理システム中央管理所となっているものである。1取水場、6ポンプ場を対象とした第一期工事が昭和44年5月に完成し、以後増設が継続しており、昭和47年9月までに、1取水場、8ポンプ場、2浄水池の集中管理が予定されている。

回線は12GHz多重回線を幹線に、400MHz多方向多重回線を末端に使用している。データ収集、制御は(1:1)×Nサイクリックディジタル伝送方式を採用し、速応性、適応性をもたせている。データ処理はデータ収集用、制御計算用(浄水場内のデータ処理を含む)の専用電子計算機をもたせ、バックアップ機能を有するものである。

表紙2 三菱FD-210形超音波探傷器

表紙3 三菱小型電子計算機 MELCOM-88

表紙4 三菱電子計算機 MELCOM-7000 システムシリーズ





SPECIAL EDITION FOR DATA TRANSMISSION EQUIPMENT

CONTENTS

SPECIALLY COLLECTED PAPERS

Supervisory Control System for Tama New Town Water Supply	978
.....K. Watanabe · S. Yanagizawa · K. Takeno · K. Sekigawa · M. Matsumura	
Pressure Telemetry System for the Water Supply	983
.....J. Hasegawa · T. Misawa · A. Toyohara · A. Omura · S. Yanagizawa	
Data Gathering System for Osaka Gas Company	989
.....E. Ito · K. Suzuki · I. Kawano · Y. Ishikawa · M. Tanaka · S. Otsuka · A. Toyohara · M. Higashida	
Telemetry Equipment for Ocean Phenomena Observation	1000
.....A. Toyohara · T. Imaizumi	
Data Transmission for Electric Power Companies	1003
.....B. Nagata · H. Tsukada · S. Okamura · H. Itoi	
Transmission Equipment for Electric Power System Stability Controls	1009
.....O. Kobayashi · T. Yamazaki · T. Narita · S. Haneoka · K. Arao · M. Ito	
Centralized Telecontrol System for Communication Equipment	1014
.....S. Haneoka · S. Watanabe	
Modulators and Demodulators for Carrier Relays using Microwave Lines	1019
.....S. Kobayashi · Y. Kashima · S. Haneoka · K. Akatsuka	
Moving Machinery Control System through Induction Radio	1023
.....T. Imaizumi · T. Yamauchi · H. Kira · Y. Maeda	
Error Control System through Burst-Error Channels	1028
.....K. Ôno · K. Fujiwara · T. Yamauchi · S. Hirasawa · T. Inoue	
Data Terminal Equipment for International DATEL Service	1035
.....K. Fukai · K. Ôno · T. Yamauchi · S. Tanaka · A. Omura · I. Kitani	
2,400 bps Modem for International Data Transmission System	1040
.....K. Fukai · K. Ôno · T. Yamauchi · M. Matsumoto · Y. Sugiyama · K. Nakajima	
A New Method of Composition for Control Data Transmission Equipment	1046
.....A. Omura · K. Fujiwara	

TECHNICAL PAPERS

Electric Apparatus Delivered to Shinsonezaki Substation, Kansai Electric Power Co.	1053
.....Y. Yoshida · M. Takechi · M. Shiomi · H. Hirakawa · S. Tada · N. Amaike · S. Debata · A. Okada	
Extraordinary Reaction in Refrigerating Cycle	1063
.....H. Kusakawa · J. Enomoto · K. Shimamoto · Y. Tokida	
Electro-Optic Light Beam Deflection with $\text{Sr}_{0.73}\text{Ba}_{0.27}\text{Nb}_2\text{O}_6$ Single Crystal	1069
.....H. Ikeo · K. Muto · K. Awazu	
Automation of Small and Job-lot Production Processes of Iron Castings	1076
.....K. Tanaka · T. Toyama · T. Hoshiba	
Computer Control System for Electric Power Enterprise (MELPAC-500 System)	1081
.....H. Nagamachi · M. Terada · H. Nakagawa · T. Yano · I. Yamada · T. Tsuji	
Probes of Ultrasonic Flaw Detectors	1090
.....K. Kohno · S. Maruta · K. Asagarasu	

NEW PRODUCTS	1097
--------------	------

PATENT AND UTILITY MODEL	1051
--------------------------	------

COVER :

Centralized Control Equipment of Water Supply System at Murano Water Purification Plant of Osaka Prefectural Water Works Bureau

The picture on the cover illustrates Murano Purification of the Osaka Prefectural Water Works Bureau, where central control over the water supply is carried out as an assigned function. In this enterprise one water intake and six pumping stations were brought to completion in May 1969 as a target of the first section of work. Since then extension work has been kept on and another water intake, eight pumping stations and two reservoirs are scheduled to be completed by September, 1972. As for control arrangement of the water supply, 12 GHz multiplex channels are set up as the main and 400 MHz omni directional multiplex channels are provided at the terminals. For data collection and control, $(1:1) \times N$ cyclic digital transmission system is employed to effect quick and proper response. Data processes comprise electronic computers of exclusive use for the data collection and control calculation (including data process of the purification plant) so as to have a back-up function.

「三菱電機技報」アブストラクト

UDC 621.395.45:628.14/15

多摩ニュータウン送配水制御システム

渡辺一弘・柳沢 忍・竹野宏平・関川一彦・松村雅司

三菱電機技報 Vol.46・No.9・P978～982

最近の水道用遠方監視制御システムにおいては、システムの効果的な運用、省力化などから、データ処理機能を要求される場合がふえつつある。

今回 東京都多摩ニュータウン（東京都水道局 発注）に納入した、集中管理システムにおいて、マイクロコントローラ MELMIC-100 を採用したデータ処理装置を導入して、所定の機能を満足することができた。ここに、その集中管理システムの概要を紹介する。



UDC 621.395.46:621.311

電力会社における情報伝送

永田文也・塚田 広・岡村 繁・糸井弘司

三菱電機技報 Vol.46・No.9・P1003～1008

各システムは、規模の拡大・高精度・高信頼度化に伴い、従来の局所的な監視制御では十分な機能を満足することができなくなってきた。総合的に判断する必要が出てきたためである。そのもととなるデータを授受する情報伝送装置も、デジタル化により高精度化をはかるとともに、目的により種々な機能を要求されるようになった。この要求にこたえるべく各種装置が制作されているが、その具体例として電力会社における自動給電用および系統安定化用情報伝送装置の構成、および構成ユニットの仕様・機能を紹介し、今後の参考に供したい。



UDC 621.395.46:628.15

配水本管圧力テレメータ

長谷川順造・三沢忠利・豊原亞洲・小村 明・柳沢 忍

三菱電機技報 Vol.46・No.9・P983～988

上水道の使用量は年々急激に増加し、使用量のピークもいっそう過大なものとなってきている。このような状況のもとで円滑な給・配水業務を行なうには、部分的な自動化だけではその効果も少なく、システム全体にわたる総合的・有機的自動化を計る必要がある。

配水業務の基本的目標の一つは、末端圧力を一定に保つことであるので、配水圧を監視し、その情報を得ることは重要な事項である。

水道事業体もテレメータ・テレコントロールなどの各種装置を積極的に導入し、配水の自動化に努力しているが、これらを目的とした電々公社専用電話回線利用のアナログ式管圧テレメータシステムを、東京都内で実用化したのでその概要を紹介する。



UDC 621.395.46:621.311.1

電力系統安定用 情報伝送装置

小林 修・山崎 享・成田利春・羽子岡 蕃・伊藤 眞・荒尾和男

三菱電機技報 Vol.46・No.9・P1009～1013

近年わが国の電力需要の増加はめざましく、電力の供給信頼度に対する要求も一段と高まっている。500 kV 送電をひかえ、今回事故時の電力系統安定を目的とした C S C (Concentrated System Stabilizing Controller) を設置した。これは事故により系統が分断された場合、各系統の電力需給バランスをとることを目的としたもので、従来ブロック別に運用してきた S S C (System Stabilizing Controller) を情報網により連絡し、総括的に運用することにより系統規模の増大に対処しようとするものである。

本文では主として情報伝送装置について紹介する。



UDC 681.326.02 [622.76]

大阪瓦斯(株)データ収集システム

伊藤栄一・鈴木耕三・河野一郎・石川欣央
田中 稔・大塚貞夫・豊原亞洲・東田昌之

三菱電機技報 Vol.46・No.9・P989～999

本システムは大阪瓦斯(株)におけるガス製造工場・供給所・ガバナステーションなどの運転状態を集中管理し、都市ガスの円滑確実な供給を行なうことを目的とした集中形テレメータ、テレコントロールシステムで、中央局に制御用計算機を導入して融通性・拡張性に富んだ信頼性の高いシステムを構成している。

中央局には2組の計算機が設置されており、一方の計算機が故障しても、都市ガスの生産供給調整業務に支障をきたすことがないように配慮されている。



UDC 621.395.46:621.311

通信機械室の1:n方式集中監視制御システム

羽子岡 蕃・渡辺 進

三菱電機技報 Vol.46・No.9・P1014～1018

電力会社における情報通信システムは、電力系統の拡大に伴い、その重要度を増している。通信システムの監視に、当社では通信機械室遠方監視制御装置 (CTC) を製作してきた。しかし、近年、電力会社の通信網は、拡大して従来の1:1対向方式で監視制御することが困難となった。

先般、中部電力(株)津支店管内の12通信機械室(最大実装時)を、集中監視制御する1:n方式の通信テレコンを制作納入した。現在各地域で行なわれている通信システム監視の一例として、その概要を報告する。



UDC 621.396.6:627.52

海象観測用テレメータ

豊原亞洲・今泉 巽

三菱電機技報 Vol.46・No.9・P1000～1002

小形軽量で設置容易なことを目標に、超音波式波高計が港湾技術研究所を中心に開発が行なわれた。この波高計は送受波器、演算制御装置および記録装置より構成されているが、従来、波高を遠方計測する場合、この演算制御装置よりアナログ電圧を受け、アナログ式あるいはデジタル式でデータを伝送していた。しかし送受波器の消費電力はわずか(1 W以下)で、大部分は演算制御装置(約13 W)であるので、これを陸上に設置する方式をとれば、波高計だけについても消費電力を大幅に減少させることができる。本文は送受波器の出力信号を直接パルス伝送し、常時は時計装置のみで消費電力が少ない波高テレメータ装置を開発したので概要を紹介した。



UDC 621.396.43:621.376:621.316

マイクロ波キャリアリレー用 信号伝送装置

小林 茂・加島幸一・羽子岡 蕃・赤塚和禧

三菱電機技報 Vol.46・No.9・P1019～1022

送電線保護用搬送継電装置に必要な信号伝送路は、従来送電線を利用し、電力線搬送装置によって信号の受渡しを行なってきた。しかし最近の電力系統拡大とともに、超高压系統の送電線保護方式はさらに性能向上が要求されており、保護継電装置・信号伝送装置とも新しい方式が必要になってきた。

本文では、マイクロ回線を利用した保護継電装置の信号伝送方式について紹介する。



「三菱電機技報」アブストラクト

UDC 62-519: 621.868

密結合誘導無線による移動体の制御

今泉 巽・山内才胤・吉良広文・前田良雄

三菱電機技報 Vol.46・No.9・P1023~1027

クレーン・作業機械・運搬車など軌道上を走行する産業用移動体の自動化は、従来有線または無線を使用して制御信号の伝送が行われてきたが、欠点が多く、普及するに至っていない。

ここで述べる密結合誘導無線方式は、移動体と地上間、移動体相互間のデータ通信のために、平行2線とループアンテナを電磁結合させて通信路を構成するものである。この方式の特長は、10~250kHzの周波数帯で多回線の通信ができ、周囲雑音に強く、また、無接触方式であることなど、移動体通信に要求される特性をすべて満足し、ており、自動化の要求にこたえて今後の普及が期待される。

UDC 621.395.46

制御用データ伝送機器の新しい構成法

小村 明・藤原謙一

三菱電機技報 Vol.46・No.9・P1046~1049

制御用データ伝送機器における標準化の手法と新しい方式について述べる。

制御用データ伝送機器の構成法として、われわれは、M形実装方式と名付け、きょう(筐)体からユニット・シャシ、ブロック、カードに至るハードウェアの標準を設定した。制御用の特長として標準にもれる部分がどうしても発生するが、これを含めて、ソフトウェアからハードへの移行過程に注目し、この過程が最少となる方式を実現し、現在実用化して大きな効果を發揮している。

UDC 621.395.45: 621.394.67

バースト誤り回線における誤り制御方式の評価

大野圭三・藤原謙一・山内才胤・平沢茂一・井上 徹

三菱電機技報 Vol.46・No.9・P1028~1034

最近の情報化社会への発展とともに、計算機等により処理される情報の伝送、すなわち、いわゆるデータ伝送システムの要求が急激に増大し、通信の中できわめて重要な位置をしめつつある。このような高信頼度のデータ伝送に対する要求にこたえるために、一つは単方向回線のみで誤り訂正できる符号器・復号器をもつ誤り制御方式、他の一つは誤り検出と逆方向回線を用いて、誤り検出ブロックの再送要求を行なう誤り制御方式が研究されてきた。筆者らは実用的な立場からCCITT勧告V.41方式を主体とする誤り制御装置の製作とともに、バースト誤りの生ずる回線におけるシステムのパフォーマンス解析を行なったのでここに報告する。

UDC 621.311.4 [1-201]

関西電力(株)新曽根崎変電所納入機器

吉田頼弘・武智盛明・塩見 実・平河宏之
但田昭司・天池則行・出畑修二・岡田 明

三菱電機技報 Vol.46・No.9・P1053~1062

関西電力(株)は、急増する大阪市中心部の電力需要に対処するため、堂島関電ビル地下に新曽根崎変電所を建設した。

この変電所は、大阪市中心部の電力需要にこたえ、長期にわたって安定した電力を供給するため、および都心部の少ない土地を有効に活用し、かつ近隣の環境に調和するように数々の新技術が導入されている。

この変電所設備機器の大部分を三菱電機(株)で製作し、納入したので、この概要を報告する。

UDC 621.396.46

国際データ端末装置

深井 賢・大野圭三・山内才胤・田中 智・小村 明・木谷育弘

三菱電機技報 Vol.46・No.9・P1035~1039

最近の国際通信量の著しい増加と通信内容の多様化に対処して、国際電信電話(株)では国際交換電話網を利用するデータ伝送業務として、高速加入電信業務一国際データ端末を開始した。これにより、従来の国際間のテレタイプ通信に比べ使用する符号に制限を加えることなく、同一時間で20倍以上の情報を伝送することが可能となった。このたび本システムに適合する加入者宅内設備を開発製作したので、ここにその概要を報告する。

UDC 621.511

冷凍機サイクル内での異常反応について

草川英昭・榎本順三・島本幸三・時田裕佐

三菱電機技報 Vol.46・No.9・P1063~1068

最近の冷凍機用圧縮機は小形、軽量かつ高性能のものになってきた。しかしその反面、圧縮機の温度、圧力はますます高くなる傾向にあり、それに起因して圧縮機内の異常反応によると思われる銅メッキ現象、冷凍機油の反応、絶縁材料の劣化などが起こる可能性がある。そこでこれらを克服して冷凍機の高性能化をさらに促進するための研究調査の一つとして、ここでは毛細管の内壁の吐出弁のまわりに付着して冷凍能力の低下の原因の一つになるスラッジにつき述べる。このスラッジは樹脂分、有機酸塩、金属酸化物などから成り、その発生原因は温度、各材料の種類類、被付着金属表面の状態、冷媒の循環条件、油の成分差など多くの因子によることを知る。

UDC 621.396.45

国際データ伝送用2,400bpsモデム

深井 賢・大野圭三・山内才胤・松本正弘・杉山康夫・中島邦男

三菱電機技報 Vol.46・No.9・P1040~1045

最近の国際間のデータ伝送においては、伝送速度の高速化とともにこれを利用するデータ端末の通信制御の多様化が著しい。

国際電信電話(株)では各種の要求条件に応じうる高性能モデムの導入を推進してきたが、このたび2,400bpsの国際データ専用回線業務用モデムを開発製作したので、ここにその概要を報告する。

UDC 621.319: 537.226

Sr_{0.73}Ba_{0.27}Nb₂O₆単結晶の電気光学効果による光偏向

池尾寛文・武藤勝俊・栗津健三

三菱電機技報 Vol.46・No.9・P1069~1075

一次電気光学係数の大きいSr_xBa_(1-x)Nb₂O₆単結晶を作成し、誘電率などの物理的性質を調べるとともに、プリズムを用いて電気光学効果による光偏向の実験を行なった。その結果2,967mrad/(10.5kV・cm⁻¹, 25℃, 単一プリズム)の偏向角が得られ、その温度依存性についても測定した。なお約1kV・cm⁻¹の電場で自発分極が反転するため、これ以上の電圧では電場を逆転させても反対方向に光を偏向させることはできない。この対策として直流バイアス電圧を重ねさせることが有効である。

UDC 621.74:621-5

多種少量生産を対象とした自動鑄造ライン

田中敬一・外山 隆・干場俊昌

三菱電機技報 Vol.46・No.9・P1076～1080

鑄造作業の機械化、自動化は大量生産の場合には比較的容易であり効果も大きいので早くから開発、実用化されており、当所でも小形電動機の量産部品については多大の効果をあげている。ところが多種少量生産については種々の制約から非常に困難であり、手作業を主体にした作業形態が多い。当所では多種少量生産が比較的多く、これをいかに合理化するかが課題であった。

そこで数年前より多種少量生産を対象とした自動鑄造システムの検討を重ねてきたが、模型自動交換装置を備えた新しい造型方式の造型ラインと、集中制御方式による低周波誘導炉  の組合せにより合理化の成果を上げることができたので、その概要について報告する。

UDC 621.311.1:681.326

電力系統計算機制御装置 (MELPAC-500システム)

長町恒資・寺田 眞・山田郁夫・辻 俊彦・中川秀人・矢野恒雄

三菱電機技報 Vol.46・No.9・P1081～1089

最近の電力系統の規模拡大、運用の高度化に伴い、系統全体をシステム的地から制御する、電力系統制御装置への関心が高まっている。

当社は、従来ワイヤードロジックによる電力系統制御装置 (MELPACシリーズ) を開発実用化してきたが、このたびMELPACシリーズの各機種がもつ単機能を複合し、制御用計算機を使用してこれらを行なわせる電力系統計算機制御装置 (MELPAC-500システム) を開発した。

本文は、MELPAC-500システムの概要を紹介する。



UDC 534.8-8:681.89

超音波探触子

河野勝美・丸田紳一・朝鳥喜久雄

三菱電機技報 Vol.46・No.9・P1090～1096

近年、非破壊検査における超音波探傷器の進出はめざましく、人体に無害で、X線より広範な検査ができるため、急速にその利用度が高まっている。

特に最近では高性能超音波探傷器の出現により、従来よりも探傷能力は著しく向上しており、将来非破壊検査の大勢を占めるものと予想される。本文では高性能超音波探傷器の主要な部分である新形探触子の開発結果を紹介する。



データ伝送特集について

本誌昭和44年8月号の“データ伝送と多重通信特集”において、電力・水道・河川などの広域監視制御システムに利用された各種の制御用データ伝送装置、また開発に成功した擬巡回符号化方式、新しい符号伝送用変復調装置、さらにはデータ伝送装置の実装方式などデータ伝送に関する論文を特集しました。

その後、情報化社会への発展はますますその歩を速め、データ伝送はより高速度化・高信頼度化・高能率化・多様化の要求が強くなり、さらに電子計算機をシステムの中心としたより広域な総合システム化への方向をたどりつつあります。ここに、再び、“データ伝送特集”を企画し、その後の成果をとりまとめて報告し、皆様のご批判とご助言を賜りたく存じます。

この特集では、まず親局装置に電子計算機を導入して、システムの機能を向上し、また、将来のシステムの拡張に対して融通性をもち、かつ、システムの信頼性の確保に十分な配慮を行ないながら経済的に構成された広域集中監視制御用データ伝送システムの幾つかの実施例を紹介しております。さらに、さきに報告した擬巡回符号化方式の実用化に成功し、随所にその応用実施例が報告されており、また、巡回符号による誤り制御方式の理論的解析を行なった論文を含めております。

制御用データ伝送においては、特に高い信頼性が要求されるとともに、平常時と緊急時の伝送の切換えなど柔軟な伝送モードが要望されますが、これらの要求に対し、電力用情報伝送についてそれらに対する配慮と成果を述べたものもあります。

また、最近、列車・ブルドーザ・クレーンなどの移動体制御システムの

実用化に対する要望が次第に高まりつつありますが、その伝送の一手段として密結合誘導無線方式による移動体制御方式の実用化について報告しております。この方式はクレーン・電気車などを用いた種類の製造プラントの合理化に役立つものと信じております。

事務用あるいははん(汎)用データ伝送の分野に関しては、また稿をあらためて発表したいと思っておりますが、ここでは国際データと呼ばれる国際間データ伝送端末装置について2～3の論文を選びました。ますます発展しつつある国際データ伝送にいささかも貢献することができればと思っております。

さらに、制御用データ伝送機器は無人化につながるものが多く、設置場所に制約があり、悪い環境に耐えることが必要で、構造・実装の良否が、機器の保守性・信頼性に大きな影響を与えます。その対策の一例として水道用屋外設置形きょう(筐)体について概要を発表しております。また、制御用データ伝送はシステムの多様性から構成各機器の標準化が実施しにくいと言う難点をかかえておりますが、これに対する製作手順からの解決方法の一つの試みについても紹介しております。

以上のような内容で、情報処理技術とともにますます発展と生長が期待されているデータ伝送の分野におけるわれわれの最近の成果の一部を紹介しております。皆様のご批判とご指導を重ねてお願い申し上げます。終わりに、この特集の企画・執筆にあたり種々ご指導ご協力いただいた顧客ならびに社内の関係各位に深くお礼申し上げます。

(通信機製作所 伝送技術部)

多摩ニュータウン送配水制御システム

渡辺 一弘*

柳 沢 忍**・竹野 宏平**・関川 一彦**・松村 雅司**

Supervisory Control System for Tama New Town Water Supply

Head Office Kazuhiro WATANABE

Communication Equipment Works Shinobu YANAGIZAWA・Kouhei TAKENO

Kazuhiko SEKIGAWA・Masaji MATSUMURA

In the latest supervisory control system of the water works data processing function is increasingly required for effective operation of the system and labor saving in the management.

Recently Mitsubishi has delivered centralized control system for water supply to Tama New Town to the order of the Tokyo Metropolitan Water Works Bureau. The installation is provided with the data processing equipment employing a micro controller MELMIC-100 so as to satisfy predetermined functions.

In this paper, we introduce brief contents of the centralized control system.

1. ま え が き

多摩ニュータウンでは、愛宕管理本館を中央局としてその周辺に約10ヵ所のポンプ設備が計画されている。これらのポンプ設備を合理的に、かつ、能率的に運用するためテレメータ、テレコントロールによる集中管理システムを納入したので、ここにその概要を報告する。

今回の工事においては、中央局の設備ならびに連光寺送水ポンプ場用遠方監視設備を納入したが、将来の増設における中央局の停電、改造がほとんどないような機器の構成になっている。

日報作成・流量積算などの処理には、マイクロコンピュータを使用しているが、固定メモリプログラムは将来の増設分も考慮してつくられている。

2. システムの概要

本システムは図2.1に示すように、中央局の愛宕管理本館と子局の連光寺送水ポンプ場から構成される。ポンプ場のデータは、常時サイクリックに情報伝送装置・通信装置を通して中央局へ伝送される。中央局では、通信装置・情報伝送装置によってデータを受信し、監

視制御盤にて表示するとともに、データ処理装置へ送り、日報作成などの処理を行なう。中央から遠方制御を行なう場合は、監視制御盤操作パネルでつくられる制御符号が、情報伝送装置・通信装置によってポンプ場に伝送される。

本システムのおもな特長はつぎのとおりである。

(1) 伝送回線

400 MHz 帯多方向多重通信装置の使用によって、最大12方向(1方向最大3CH)の子局と回線を構成することができるため、常時複数の子局と中央局の間でのデータの伝送が行なえ、迅速なデータ収集・テレコントロールが可能となる。

(2) デジタル常時伝送

計測はデジタルテレメータ方式とし、精度を高くするとともに時分割伝送によって、アナログ量・接点信号・パルス信号など多種類のデータを、信号伝送装置1チャンネルを用いて伝送する。また、常時子局数だけの回線が確保されているので、データの伝送方式は、常時サイクリック伝送方式をとっている。したがって回線の雑音などにより、受信データのうちの一部分に検定不良が生じても、数秒後には正しいデータを受信でき、システムの信頼度を高めることができる。

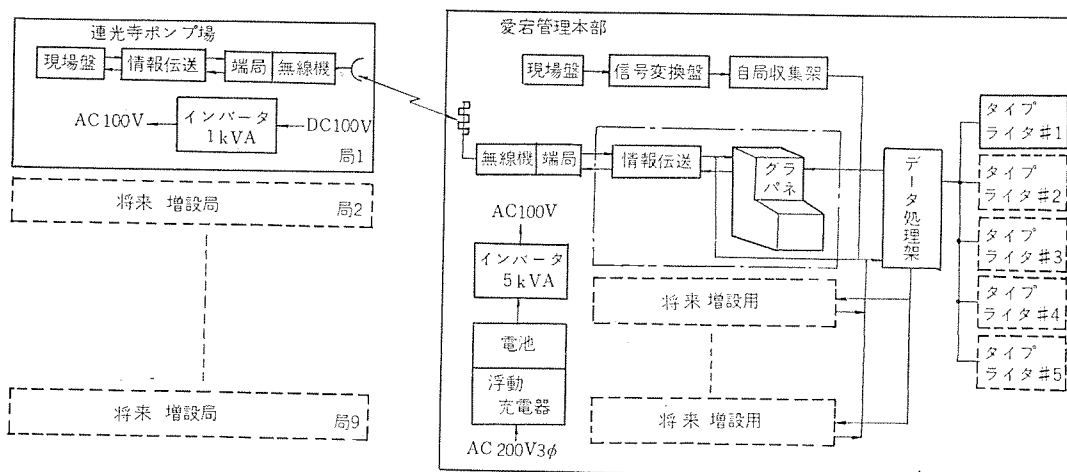


図 2.1 システムの構成
Block diagram of the system.

(3) 将来の拡張の容易さ

将来子局を増設した場合にも、変更の個所を極力少なくするため、固定ダイオードメモリカードやピンボード盤が使われている。これによって伝送項目の増減、処理内容の変更、デジタル表示器の定数、単位の変更などを可能ならしめている。

(4) ブロック化

機能的にブロック化をはかっているため、保守・点検が便利であると同時に、将来のデータ量の増加に対し容易に対処できる。

(5) マイクロコントローラの利用

ICリードオンリメモリ(ROM)を使った、プログラミングロジックのマイクロコントローラ MELMIC-100 を、データ処理装置として利用しているので、停電や操作ミスなどによるプログラム破壊の心配がなく、従来のワイヤードロジックと同様の感覚で扱え、しかも処理内容の変更は、プログラムカードのさしかえにより容易に行なえる。

3. 機器の構成

3.1 中央局

中央局は、子局よりのデータを常時受信するとともに、制御時には、制御符号を送出するもので、情報伝送架・監視制御盤・データ処理架・信号変換盤・自局データ収集架・通信装置・電源装置・タイプライタより構成される。

(1) 情報伝送架

架は $2,300 \times 600 \times 510$ mm の鉄製自立架であり、符号受信部・リレーメモリ部・デジタルアナログ変換部・試験盤などが実装されている。図 3.1(a) に外観を示す。

(2) 監視制御盤

集合故障表示灯・グラフィックパネル・デジタル表示器・各種リレー盤を実装したもので、遠方監視制御操作は、通常この盤から行なう。図 3.1(b) に外観を示す。

(3) 信号変換盤

中央局自身のデータを、処理架に収集するため各種信号変換器を実装したもので、自局データ収集架とともに中央局データ収集を行なう。

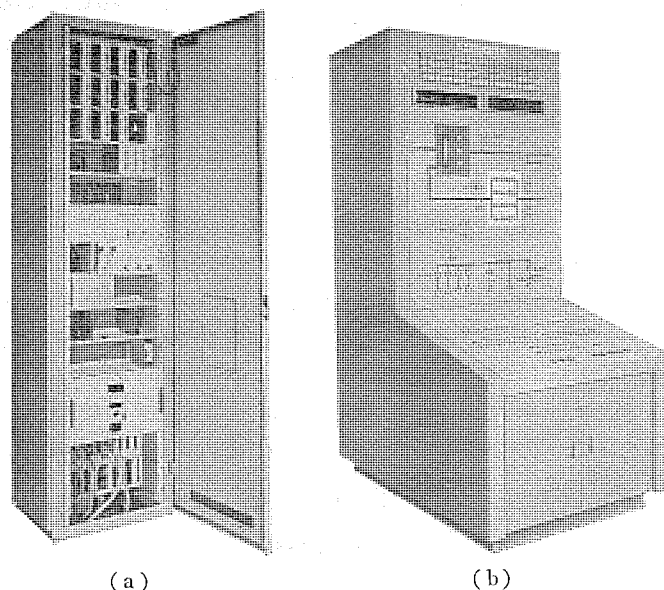


図 3.1 親局装置
Equipment of central station.

(4) データ処理架

日報作成・積算などの処理を行なうもので、マイクロコントローラ・時計・データ切換ゲート部などが実装される。図 3.3(c) に外観を示す。

(5) タイプライタ

ロギングタイプライタとして IBM モデル 735 を使用している。1 行の印字可能字数が、ほぼ 1 局分のデータに相当するので、タイプライタ 1 台で 2 局分のデータを印字させている。

3.2 子局

子局は、計測信号・表示信号を常時サイクリックに伝送するとともに、制御時には各検定を行ない、現場機器に制御符号を与えるものである。情報伝送装置・補助継電器盤・通信装置・電源装置から構成される。

(1) 情報伝送装置

$2,300 \times 600 \times 510$ mm の鉄製自立架であり、アナログスキャナ・AD変換器・PS/SP変換器・FS変復調器・入力リレーユニット・カウンタ・制御出力リレー盤などが実装される。図 3.2 に外観を示す。

(2) 補助継電器盤

アイソレータ・電圧・電流変換器などの各種信号変換器や、補助リレーを実装したものであり、現場機器と情報伝送装置の受渡しを行なう。

4. 情報伝送方式

4.1 テレメータ方式

データの伝送は、常時サイクリック符号伝送を行なっている。図 4.1 に子局情報伝送装置の構成を示す。アナログ入力は、スキャナによって順次走査され、選択された項目のみ AD 変換器によりデジタル量(BCD 3 けた)に変換される。表示項目は、12 点を 1 量として IRU(入力リレーユニット)に入力し、接点が電圧レベルに変換される。パルス入力は、カウンタにて BCD 3 けたの積算を行なう。以上 3 種類のデータは、選択されたものから順次 PS 変換され、変調器を通して伝送路に送出される。したがって一定周期(全データ送出時間)ごとにくり返しデータが伝送され、データの急激な変化にも十分追従して遠方監視が行なえる。

親局の構成を図 4.2 に示す。子局から送られてくる信号は、モデ

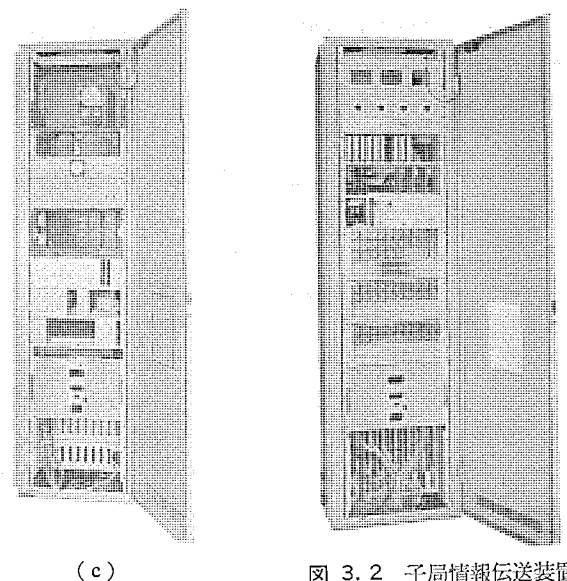


図 3.2 子局情報伝送装置
Telemetry equipment of substation.

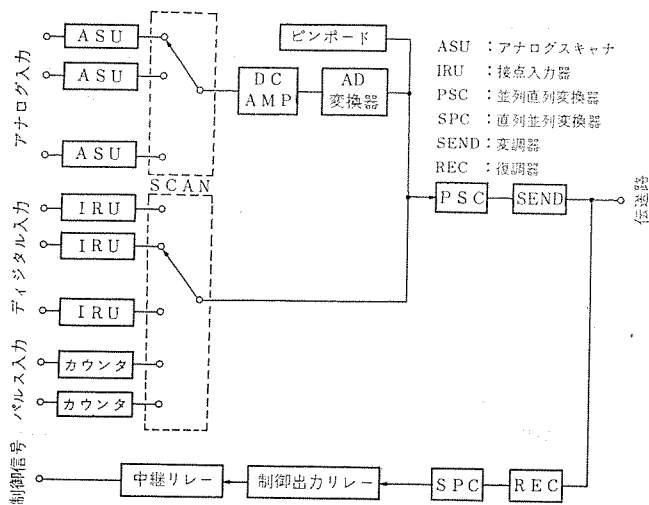


図 4.1 子局の構成
Block diagram of substation.

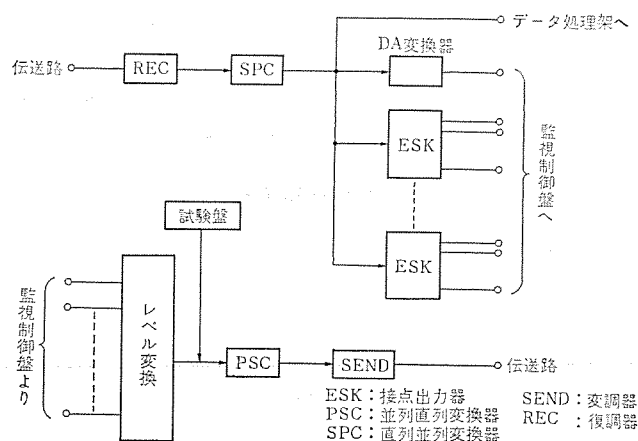


図 4.2 親局情報伝送装置の構成
Block diagram of central telemetry equipment.

△で復調された後、SP 変換器によってワード単位に並列な信号に変換される。この並列化された信号は、データ内容に応じて DA 変換器・リレーメモリなどに加えられる。DA 変換によりアナログ化されたデータは、メータ指示に使われ、リレーメモリに貯えられた故障表示または動作表示項目は、監視盤のランプ・グラフィックシンボルの点灯に使われる。その他の計測信号は、監視制御盤にてデジタル表示に使われると同時に、データ処理装置へ送られる。

4.2 符号伝送方式

データ伝送に使われる符号には、種々のものがあり、それぞれ特長をもっているが、本システムは短縮巡回符号方式 (Shortened-Cyclic-Encoding) を用いている。この符号の特長は、比較的短い誤り検出用冗長ビットによって、高い誤り検出能力を持っていることで、これにより伝送時間を短縮し、伝送効率を高め、信頼度の高い符号伝送を行なうことができる。図 4.3 に符号構成例を示す。1ワード32ビット構成のうち、スタート1ビット、ストップ2ビット、チェック6ビットであり、残り23ビットを情報ビットとして使用できる。テレメータの場合は、6ビットを項目番号、5ビットをフラグ、12ビットをデータとして使用する。(したがって最大伝送項目は64量となる)。テレコントロールの場合は、4ビットを固定パターン、6ビットを対象機器、8ビットを機器番号、3ビットを「入」「切」「停止」の操作に使用する。1ワードに要する時間は、今回200ボー伝送を行なっているため次のようになる

$$t = 32(\text{ビット}) \times \frac{1}{200} = 160 \times 10^{-3} \text{ 秒}$$

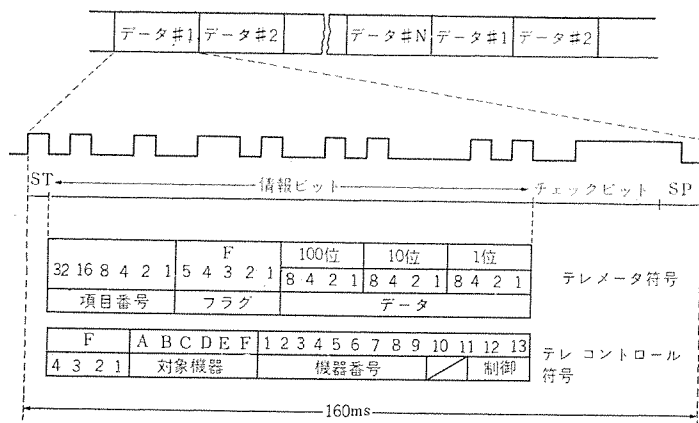


図 4.3 伝送符号の形式
Forms of transmission code.

4.3 テレコントロール方式

4.3.1 動作概要

監視制御盤で制御対象機器とその番号(たとえばポンプ2号機)を選択すると、その内容が定マーク符号化されて情報伝送装置に送られ、PS変換されて子局へ伝送される。子局の制御出力リレー盤では、受信した符号が正しく定マークになっているか否かの検定を行ない、検定良となれば、テレコン確認信号(アンサーバック)を中央局に伝送するが、中央局ではこの確認信号を受信してはじめて、「入」「切」などの操作信号が可能となる。この2挙動制御操作方式により、操作誤り・機器故障などによる誤制御をなくすることができる。監視制御盤故障時のバックアップとして、情報伝送装置の試験盤からも制御可能となっている。

4.3.2 誤り検定方式

制御符号には、4.2節で述べた短縮巡回符号を使用しているが、これは、回線雑音による符号の誤りは検出しても、出力リレーなどの素子の故障は検出できない。テレコントロールはその性質上、最も信頼度の高い情報伝送を要求されるので、本システムでは上記短縮巡回符号検定に加えて、定マーク検定方式および固定パターン検定方式を併用している。

(1) 定マーク検定

図4.3の符号構成のテレコントロール符号のうち、対象機器・機器番号はそれぞれ、 sC_1 , sC_1 の定マーク符号を送出し、この両者が定マーク検定良になると、制御内容が sC_1 の定マークで送出される。この定マーク符号によって、符号誤り検定能力をいっそう高めるとともに、制御出力リレー・制御入力リレーなどの素子の故障による誤制御をなくしている。

(2) 固定パターン検定

制御符号伝送には、制御時符号送出と常時符号送出の2方式がとられるが、本システムでは後者を採用している。これにより常時、PS変換器・伝送回線・SP変換器までの監視が可能である。さらに、固定パターン検定により常時特定パターンの符号を伝送しておき、制御時は、そのパターンから最も符号間距離の長い符号を伝送する。この符号パターン検出によって、定マーク検定用リレーの電源を投入するシーケンスにより、確実な制御動作が期待される。

5. 監視制御盤

(1) 故障表示

各機器の故障表示項目(最大80点)は、一括して集合故障表示灯

盤からの要求によって行なわれるが、毎正時印字と区別するため赤字印字される。(この任意時刻要求印字は、毎正時3分前は禁止される)。たまたま、正時タイプライタ起動時に、回線断が生じていれば、その局の回線断が起こる直前のデータが、赤字にて印字される。

(2) データ収集

情報伝送装置のSP変換器の検定良信号によって起動する割込プログラムであり、2進化10進符号3けたのデータは、純2進コードに変換されて、局番と項目番号に対応したデータメモリの番地に格納される。データの収集は、各子局からのデータを時間的に切換えて、演算制御ユニットに与えられる。したがって外部割込に使用しているのは、任意時印字要求とデータ収集の2原因である。またデータメモリの中のデータの配列を全局同じにし、プログラムを簡単化するため、収集データには4ビットのフラグを設定し、積算項目・予備項目・その他の情報に使用している。

(3) 積算

電力量および流量については、子局より3けたの累積値が伝送されてくるので、この累積値より時間積、日積の算出を行なっている。この3けたの累積を行なうカウンタは機械式のものであり、けた上げ時などの過渡状態では、誤まったデータを送ってくることがある。これを処理するためフラグを利用して、過渡状態のデータを捨てている。

(4) 系統別集計

系統別配水量・全受水流量・全配水流量・全電力量などの計算を

行なうが、日報作成都合上、加算すべきデータはデータメモリに不規則にならべられている。これを短いプログラムで処理するために、前述のダイオード固定メモリを使っている。このダイオードメモリによって、将来の子局の増設によるプログラムの変更を不要にしている。

7. む す び

処理装置としてマイクロコントローラを用いた、水道用集中管理システムの一実施例についてその概要を述べた。本システムは、47年3月に搬入し、現在実運用に入っている。

最後に、このシステムの計画・設計・工事にあたってご指導いただいた東京都南多摩 新都市開発本部：高島係長・松本技師、東京都水道局 利根川水道建設本部：加藤係長・若林技師、多摩水道対策本部：桜井係長・若山技師、給水部：上田係長・船井技師をはじめ、その他関係部門のかたがたに深く感謝する。

参 考 文 献

- (1) 合田，松村：関西電力宇治発電所納め自動応水装置，三菱電機技報，45，No. 11 (昭46)
- (2) 松村，吉田，森本：マイクロコントローラの機能と実例，オーム，58，No. 10 (昭46)
- (3) 多田，ほか：水道用データ伝送システム，三菱電機技報，43，No. 8 (昭44)

配水本管圧力テレメータ

長谷川 順造*・三 沢 忠 利*

豊 原 亜 洲**

小 村 明***・柳 沢 忍***

Pressure Telemetry System for the Water Supply

Tokyo Metropolitan Water Works Bureau Junzo HASEGAWA・Tadatoshi MISAWA

Mitsubishi Electric Corp., Kamakura Works Ashu TOYOHARA

Mitsubishi Electric Corp., Comm. Equip. Works Akira OMURA・Shinobu YANAGIZAWA

The water consumption of the city water works has been increasing year after year. The peak of water quantity used reaches enormous figures nowadays. Under such circumstances smooth supply and distribution of water can hardly be carried out satisfactorily through automatic operation of partial points only. It is necessary to try all-out and systematic automatization in the water supply system. One of the basic target in the water supply enterprise is holding the pressure at the supply ends. This makes it essential to monitor the terminal water pressure and have necessary information to take proper measurement. The water works industry has been trying hard to realize the automatic operation of water supply by positively employing such devices as telemetering and telecontrol. Herein is introduced outlines of analog type water pipe telemetering system put into practice in the Tokyo Metropolitan district by making use of telephone lines of Nippon Telegraph and Telephone Pubric Corporation.

1. ま え が き

東京の水需要は都市化の進展や生活水準の向上などによって、年々著しい増加の一途をたどり、1日最大配水量が550万 m^3 にも達しようとしている。都内の配水系統は多数の水源の浄水場の組合せよりなっており、配水管網は複雑多岐にわたっているが、近年配水幹線も整備され各浄水場系の相互融通が可能となってきた。

これらのことから広範囲にわたる配水調整を合理的に運営するため、各浄水場、給水所および配水本管から流量・圧力・水位等の諸情報を集中し、迅速な情報処理をおこなうため、都水道局においては昭和39年度より“東京都水道局 総合計測管理計画”にもとづき、逐次テレメータシステムの完成をめざしてきた。

「配水本管圧力テレメータ」はこの総合計測管理計画の主翼になる重要な設備で、水需要の現況、変化の推移を刻々とらえ得る情報源である。この基礎資料にもとづき各支所において配水管末端の水圧を一定に保ち、水の最適配分を計り、送配水施設の合理的運用に役立てている。将来は本局中央計測室に集中するが、今回この配水本管圧力テレメータシステムを完成することができたので、その概要を紹介する。

2. システムの概要

本システムは東京都23区内の配水を円滑にかつ有効に行なうため、23区内の給水区域を8区に分け、各支所(中央・東一・東二・南一・南二・西部・北一・北二)管内の主要地点での配水本管圧力を各所管支所にアナログテレメータで伝送し、各データの表示と記録を行なうものである。これらの設備は1支所に対して約10個所の測定点が対応し、総計80個所の測定点がある。三菱電機(株)ではそのうち7支所分71個所を設置した。

通信路には電電公社の2線式専用電話回線を使用し、パルス周波数変調～音声帯域内周波数偏移変調(FSK)によるアナログ式テレメータシ

ステムである。

測定点の送量装置は、圧力データのみ送る1量形、圧力・流量データを送る2量形、圧力・流量・水位データを送る3量形があり、また、これらは設置方式により次の4種類から構成される。

(1) 地上式

路上や空地など地上に設置する全天候形装置である。風雨・温度・じんあい等のきびしい環境に対処できるよう二重きょう体構造で、ファンとヒータが具備されている。通信線および電力線はポールを通して地中よりきょう体内に引込まれる。

(2) 地下式

地上に適当な場所が確保できず、地上式が使用できない場合にマンホール内に設置する装置である。本体は地上式のテレメータ部きょう体と同一であるが、浸水に備えて完全水密形であり、圧力検出器も同様に完全水密である。通信線・電力線の引込み方法は地上式と同様である。

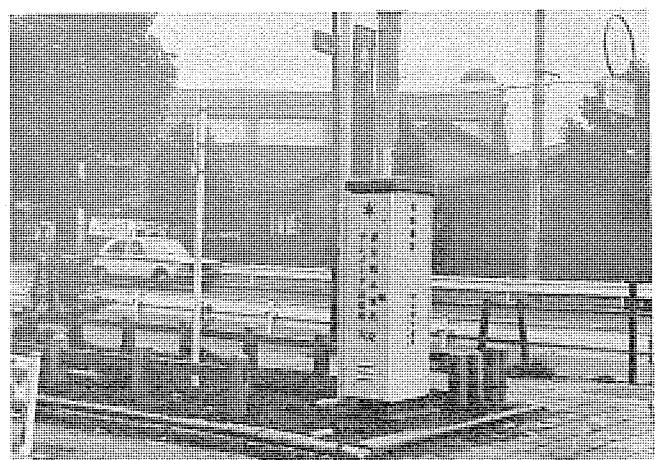


図 2.1 地上式 送量装置設置状況
Placement of all weather type transmitter.

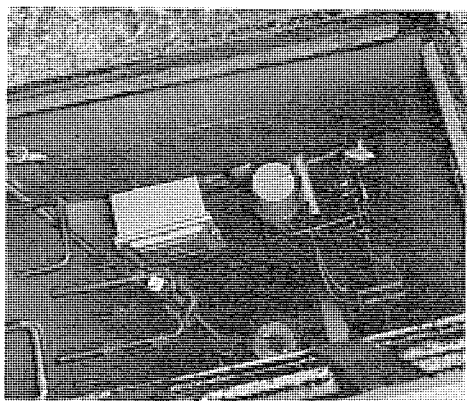


図 2.2 地下式 送量装置設置状況
Placement of manhole-type transmitter.

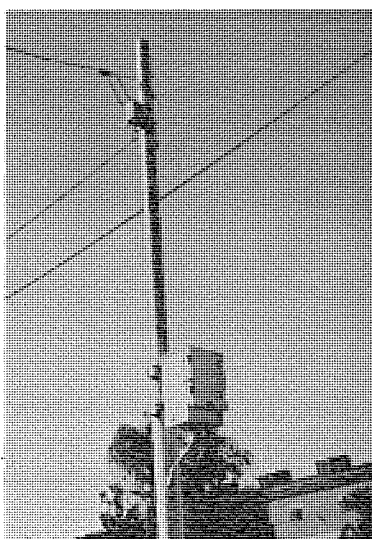


図 2.3 柱上式 送量装置設置状況
Placement of pole mounted type transmitter.

(3) 柱上式

地下式となるべきところ、地盤が低く常時マンホールに浸水のおそれがあるためポール上に設置するもので、地下式装置に太陽光シャヘい板を取付けた形状の装置である。圧力検出器は小形半導体圧力変換器を使用し、温度補償部とともに水密ボックスに実装し、マンホール内に取付けられる。

(4) 屋内式

給水所等で屋内に設置場所が確保できる場合、地上式の外部きょう体を屋内式きょう体に変えた装置である。したがってファンとヒータは具備されていない。

支所の受量装置は、各測定点から送られてきた情報を打点式記録計でアナログ記録するとともに、デジタル化して数値表示管でデータを表示し、データの上限と下限の監視を行なう。支所と測定点間は保守性をよくするため、テレメータ信号から電話に切換えることにより通話することができる。

3. システムの要求条件

配水本管の圧力や流量を計測するには、次のような条件が必要であり、これらの条件を満たす最適なテレメータシステムの方式設計を行なった。

(1) 設置場所：市街地

(2) 設置場所の条件：水道管は道路下に埋設され、市街地のため空地の確保はむずかしく利用できる建屋は望めない。したがっ

て全天候形で路上に設置するか、水密形でマンホールに設置しなければならない。

(3) 通信路：市街地は高層建築物が多く、電波伝ば(播)上障害が大きく雑音も多いので無線式は困難である。しかし電話回線が近くまで開通していることが期待できる。

(4) 測定項目：最大3項目

(5) 測定箇所数：100箇所程度

4. 方 式

過去の水道関係テレメータシステムの実績をもとに、本テレメータシステムを検討し、下記の結果を得た。

(1) 通信路：電々公社専用電話回線(2線式)

(2) データ伝送方式：アナログ方式

デジタル方式と違い通信路の雑音などが精度に影響するが、3量程度、1~2%の誤差で使用に耐えれば、装置が簡単で安価なアナログ式が有利である。

(3) 通話方式：切換方式

電電公社規格では、電話とその他に分割使用する場合は、送信レベルを-10dBm以下にしなければならない。伝送距離が長くなると回線ロスが多くなるので、0dBm送出(10dBm高く送出)できる切換式が有利である。通話中はテレメータ信号が中断するが、送信側は無人であり保守点検用が主であるので致命的欠点ではない。

(4) 通話呼出し：直流電流式

通信線に直流電流を流し相手装置のリレーを駆動する。音声は直流電流に重畳させる方式である。送量装置はブザーで、受量装置はスピーカーで行なう。

(5) データの受信：送量装置からの計測信号は、各局各項目を1対1で受信し、常時回線の監視を行なう。受信信号はデジタル変換後、数値表示管で表示する。

(6) データの処理：デジタル変換後、デジタル設定器と上下限比較演算を行ない、計測値の逸脱を常時監視する。

(7) データの記録 受信アナログデータを12打点式記録計で常時記録する。不用な項目の信号はジャック盤で選択削除可能とする。

(8) データの転送：将来、収集したデータを中央へ転送できるように、直列符号に変換を行なう。

(9) マンホール浸水警報：マンホールが長時間浸水していると不具合も発生しやすいので、受信装置で警報表示を行なう。

5. 装置の概要

5.1 構造上の特殊性

支所に設置される受量装置は、通常の室内に据付けられるので、通信機用標準架構造で十分であるが、測定点の送量装置は3章で示したような条件があるため、特殊なきょう体構造が必要であるが、できるかぎりブロックにまとめプラグインユニット方式をとって保守性をよくした。

5.2 送量装置の構造と実装

5.2.1 地下式

構造の理想を言えば、小形・軽量・耐候性に富み、外部温度の影響を受けず、防水が確実であることと言えるが、次のような条件を設定し設計を行なった。D: 250, H: 370, W: 300(mm)

(1) 小形化

D: 495, H: 1,275, W: 864(mm)のマンホールに設置でき、作業

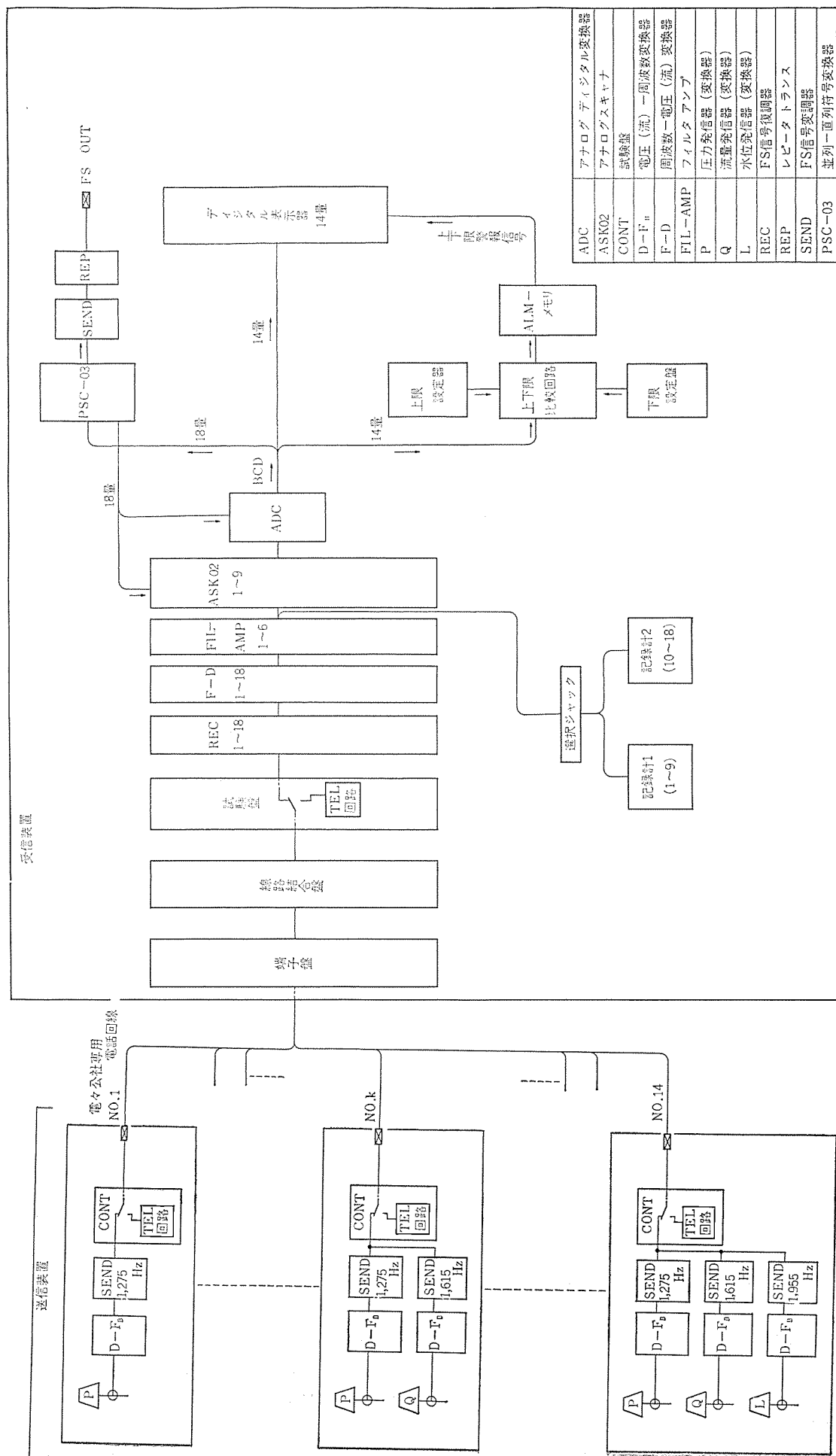


図 4.1 配水圧力テレメータ系統 Block diagram of water supply telemetering systems.

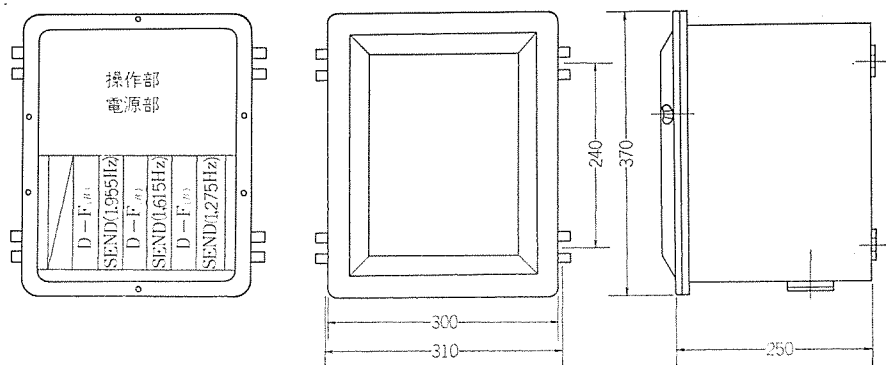


図 5.1 地下式 送量装置外観実装
Outline drawing of manhole type transmitter.

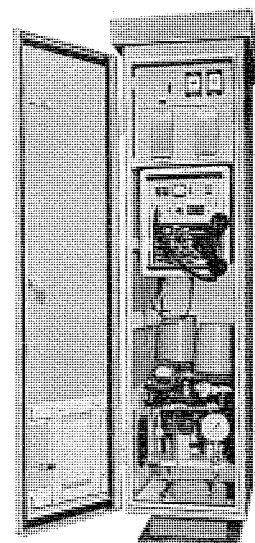


図 5.3 地上式 送量装置外観
All weather type transmitter

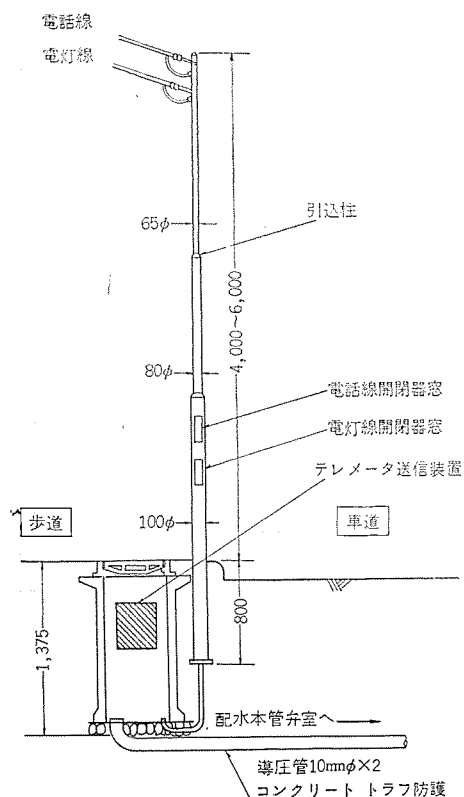


図 5.2 地下式 送量装置据え付け
Setting diagram of manhole type transmitter.

ができること。

(2) 軽量化

1人で動かすことができるよう、重量は 30 kg 以下とする。

(3) 耐候性

常時 90 % 以上の湿度下でも 5 年以上は耐えられること。

(4) 温度範囲

0~40°C の精度を保証する。

(5) 防水が確実であること。水深 1 m, 内部気圧 1 kg/cm² で、24 時間以上水密が保てること。

以上の条件を基にきょう体の大きさは、テレメータユニット・FS 変調器・試験盤・電源盤等の大きさから、三菱電機標準 M 形カードフレームの半分幅のものを上下 2 段に重ね、上段には通話切換部・通信路結合部・電源部を含んだ試験盤とし、下段はテレメータユニット (送量器 D-F), FS 変調器 (FS-SEND) を 3 組実装する。上下段フレームは一体とし、きょう体とはコネクタ接続を行ない取りはずし可能とする。きょう体は防水性を確実にするためアルミニウム合金鋳物とし、ふた

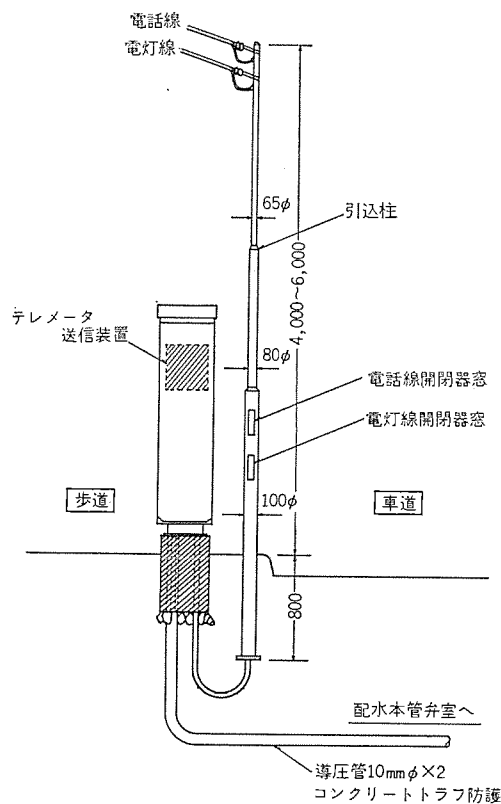


図 5.4 地上式 送量装置据え付け
Setting diagram of all weather type transmitter.

と本体は特殊 シール により防水処理を行なう。外部との接続は、すべて防水コネクタで行なう。圧力発信器は合成樹脂で防水処理を行なうこととした。

5.2.2 地上式

装置は路上あるいはこれに近い環境の場所に設置されるので、全天候形の構造である。直射日光を当然受けるので、影響を防ぐためきょう体は二重構造となっており、テレメータ部本体は地下式きょう体をそのまま収容した形状である。最上部には感温素子制御を行なうファンを設け、温度上昇を防止し、下部には圧力発信器や流量発信器、バルブゲージ、バルブなどを取付け、最下部は冬期に氷結による破損を防止するため最上部と同様、感温素子制御のヒータが取付け

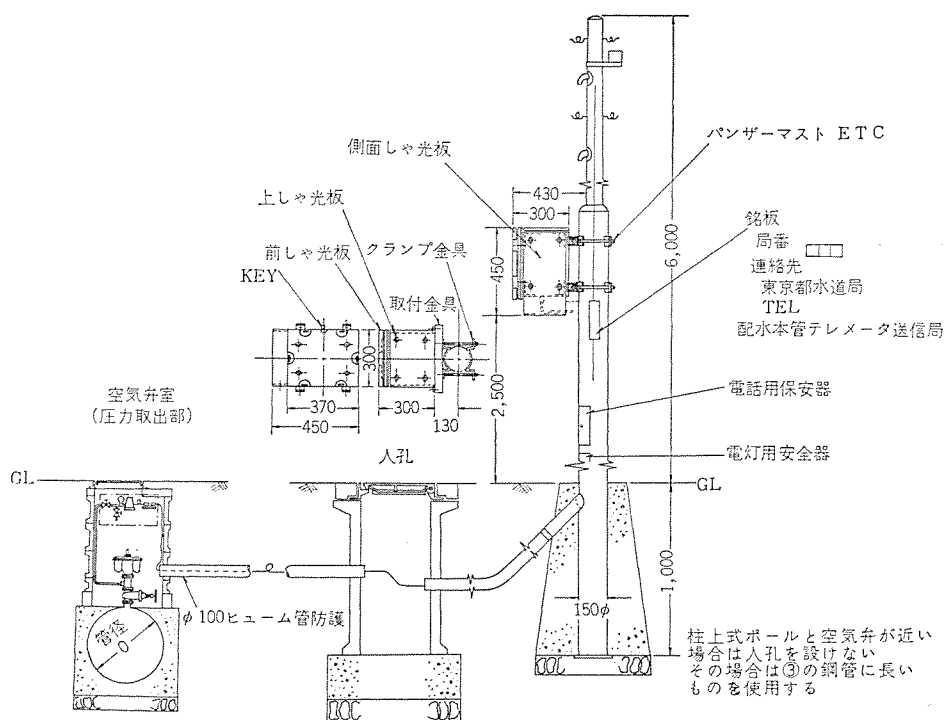


図 5.5 柱上式 送量装置据え付け
Setting diagram of pole mounted type transmitter.

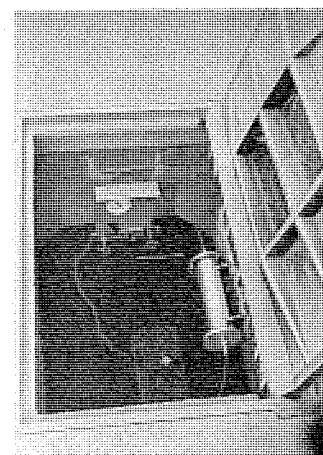


図 5.6 柱上式用圧力変換器設置
状況
Placement of pressure converter
for pole mounted type transmitter.

られている。

- (a) ファン 35°C (半固定) 以上で動作設定
- (b) ヒータ 5°C (半固定) 以下で動作設定

5.2.3 柱上式

本来は地下式を採用すべき場所であるが、地盤が低くマンホール内に常に浸水のおそれがあるので、マンホール内の設置を止めポール上に取付けるものである。したがって本体は直射日光を受け温度が上昇するので、これを防ぐため10mm程度間けきをおいて、マンセルN8に塗装された金属の太陽光しゃへい板が取付けられている。

圧力発信器には、小形半導体圧力変換器を使用し、温度補償部とともに完全水密ケース内におさめ、マンホール内に設置される。

5.2.4 屋内式

機器構成はファンとヒータを除けば、地上式装置と同様である。給水所などの屋内に設置されるので、地上式外部きょう体をテレメータ架に置き換えたものである。壁に付けて据付けても保守に便利のように前面および両側面はとびらとなっている。

5.3 受量装置

装置は事務所にも設置可能な、奥行の短い通信用標準架(D: 225, H: 2,600, W: 520 mm)構成である。前面中央部には、デジタル表示器と試験盤が実装され、その上下は観音とびらで保守点検に便利である。表示器はプラグイン方式で最大14項目分が任意に実装可能である。試験盤には日常の保守点検に便利のように、レベルメータ・電流計が実装され、また通話用の回線選択スイッチ等も実装されている。

装置の容量は、14回線、18項目受量、14項目表示、18項目記録可能である。表示項目は任意にストラップ選択可能である。記録は2台の12打点記録計で常時行ない、架下でコネクタ接続し、台車に乗せて別置きとなっている。デジタル設定器であらかじめ設定された値と受信データを演算比較し、上下限逸脱の常時監視を行なう。

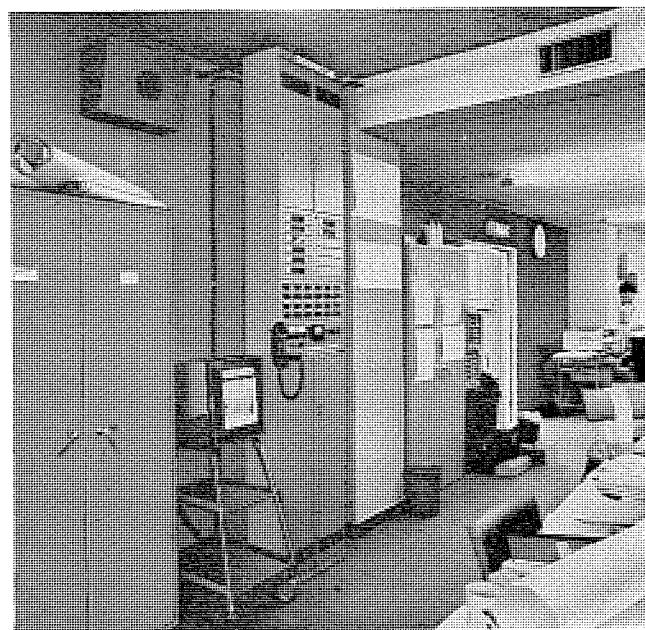


図 5.7 受量装置設置状況
Placement of receiver.

6. ユニットの概要

6.1 アナログテレメータ

圧力検出器の出力電流(10~50 mA)をパルス周波数(12~24 Hz)に変換し、アナログ信号の安定な伝送を行なうものである。

(1) 送量器

信号電流は抵抗で終端し電圧に変換後、インピーダンス変換用直流電流増幅器で増幅後、ロイヤル発振器(磁気マルチ)により、電圧一周波数変換を行なうものである。

(2) 受量器

パルス周波数に変換されたテレメータ信号を元のアナログ信号に変換す

る。入力信号は増幅・波形整形後、飽和磁気トランスを用いた周波数・電圧変換回路により直流を取り出すものである。

飽和磁気トランスの欠点として、入力信号ひずみが30%以上になると誤差を生じるので、負帰還形整形回路で伝送ひずみによる誤差の発生を防止している。

6.2 信号伝送装置

パルス信号を音声周波の周波数偏移信号に変換し、周波数分割による多重化を行なう装置である。

(1) 特長

- (a) レベル変動に対し安定な動作を行なう。
- (b) 雑音の影響を受けにくい。 S/N 20 dB 以上
- (c) プラグイン方式で、保守・点検が容易である。

7. 仕様

(1) 使用回線

電電公社2線式 市内専用電話回線

(2) 送信レベル

電話 0 VU (MAX)

テレメータ 総合レベルで0 dBm 以下

(3) 受信レベル

テレメータ -22 dBm/CH (MIN)

S/N 30 dB (MIN)

(4) テレメータ方式

パルス周波数変調によるアナログテレメータ

(5) 信号形式

パルス周波数変調-FS変調方式

パルス周波数偏移 12~24 Hz

FS変調 圧力データ用 $1,275 \pm 35$ Hz

流量データ用 $1,615 \pm 35$ Hz

水位データ用 $1,955 \pm 35$ Hz

(6) 通信速度

50 ボー

(7) テレメータ入力信号レベル

10~50 mA

(8) 総合精度

常温定常状態で $\pm 1.5\%$ 以内 (ADCを含む)

温度変動 (0~40°C) 送, 受各 $\pm 1\%$ 以内 (柱上式を除く)

(9) データ処理

記録 12 打点記録計による打点記録

表示 数値表示管による表示

(10) 警報

デジタル設定器により上・下限設定可能

警報時はランプで表示しブザーが鳴動する

8. むすび

東京都水道局の配水本管圧力テレメータ装置そのものは、高度の技術を必要とするものではないが、システム全体を有機的に動作させるためには、無人設置場所の各機器の環境条件に対する性能の持続性・耐久性が特に重要であり、今後の設備管理においても、さらに高安定性・高信頼性の機器の開発が今後の課題である。

この種のテレメータは、ガス・気象・海象関係など他の分野にも応用できると考えられる。これらのシステムの確立に読者のご指示がいただければ幸いである。

最後にご指導いただいた東京都水道局今井係長・峯沢技師をはじめ関係各位に深く感謝する。 (昭和47-7-10受付)

参考文献

- (1) 丸浜, 室田, 藤原, 柳沢: 水道無線テレメータ方式, 電気四学会連合大会, 440 (昭40-4)
- (2) 多田, 前田, 橋田, 吉武, 藤原, 柳沢: 水道用データ伝送システム, 三菱電機技報, 43, No. 8 (昭44)
- (3) 近藤, 加藤: 半導体小型圧力変換器について, 豊田工機技報, 7, No. 2 (昭41-6)

大阪瓦斯(株) データ収集システム

伊藤 栄一*・鈴木 耕三*・河野 一郎*
 石川 欣央**・田中 稔**・大塚 貞夫**
 豊原 亜洲+・東田 昌之++

Data Gathering System for Osaka Gas Company

Osaka Gas Co., Ltd. Eiichi ITO・Kôzô SUZUKI・Ichirô KAWANO
 Mitsubishi Electric Corp., Head Office Yoshiteru ISHIKAWA・Minoru TANAKA・Sadao OTSUKA
 Mitsubishi Electric Corp., Kamakura Works Ashu TOYOHARA
 Mitsubishi Electric Corp., Communication Equipment Works Masayuki HIGASHIDA

The Osaka Gas Company is engaged in the supply of city gas to 3,200,000 customers dwelling in the districts involving Osaka, Kyoto, Kobe and their suburbs. To ensure satisfactory supply of city gas to these wide areas, it needs painstaking effort of gathering information at various points in the supply networks. Data gathering system given herein is a device installed in this company for the purpose of smooth and secure supply of the gas through centralized control of the works, holder station and governor stations by using centralized telemeter and telecontrol system. Two sets of control computers are set up in a central office composing flexible, quick responsible and highly reliable system. Should one of them go wrong, the remaining one is fully operative to secure production, supply and control of the business.

1. ま え が き

大阪瓦斯(株)では、京阪神を中心とした近畿2府4県内の320万顧客に対して都市ガスの供給を行なっている。このように広大な供給区域全域にわたって常に安定したガスの供給を確保するためには供給システムの状態を十分には握し、適確な判断と迅速な処置をとりながら、全システムの効率的運営を行なうことが不可欠の条件となる。

複雑な導管網に接続されたガス製造工場・ガスだめ(溜)・ガバナーション・バルブステーション等120余箇所から、約1,200のデータを収集・監視・集計するほか、需要予測・製造供給計画を立てるなどの大阪瓦斯(株)における都市ガス生産供給調整システム⁽¹⁾のうち、本文では特にデータ収集システムについて報告する。

本システムの特長は、集中形テレメータ・テレコントロールシステムの中央局に制御用計算機を導入し、多数の通信回線・伝送機器・周辺機器を共通制御することによって、融通性・拡張性のあるシステムを構成した点にある。

2. システムの構造と検討

2.1 システムの目的

都市ガスは製造工場で石炭・原油・ナフサ・LPG等を原料として製造され、発熱量・燃焼性などの品質調整を行なった後、ガスだめに貯蔵され幹線導管を通じて市中に送出される。市中では幹線導管から整圧器で降圧され、顧客へ届けられる。

ガスの需要は、図2.1のように季節によって大きく変化しており、夏期は冬期の約1/3以下に減少する。また同じ季節においても気温・天候・曜日・祭日等によってさまざまに変化し、特に冬期においては、1日の平均気温が1°C下がるごとに需要は約3%増加するので、1日の平均気温を推定することが、需要を予測するうえに非常に重要なこととなる。

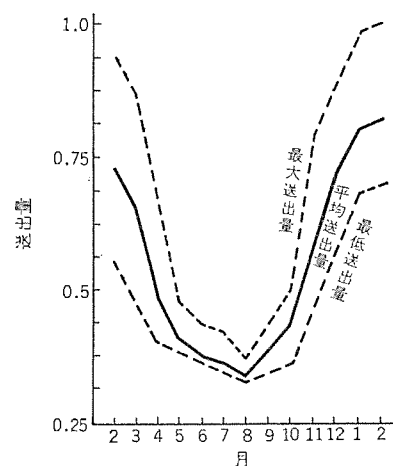


図 2.1 月別送出パターン(1日あたり)
 Daily gas send out pattern in each month.

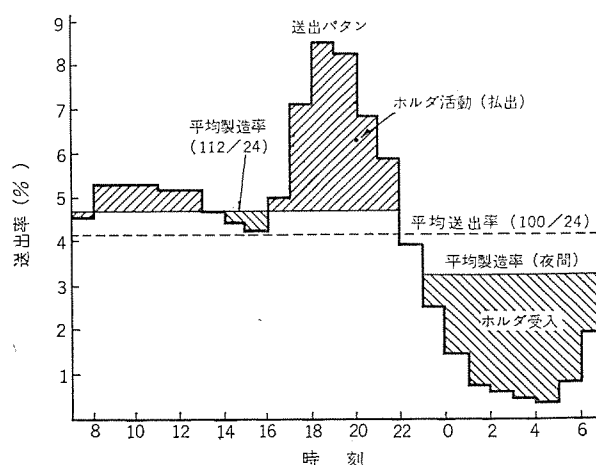


図 2.2 冬期平日送出パターン
 Hourly gas send out pattern for a normal winter day.

* 大阪瓦斯(株) ** 三菱電機(株)本社(鎌駐) + 三菱電機(株)鎌倉製作所
 ++ 三菱電機(株)通信機製作所

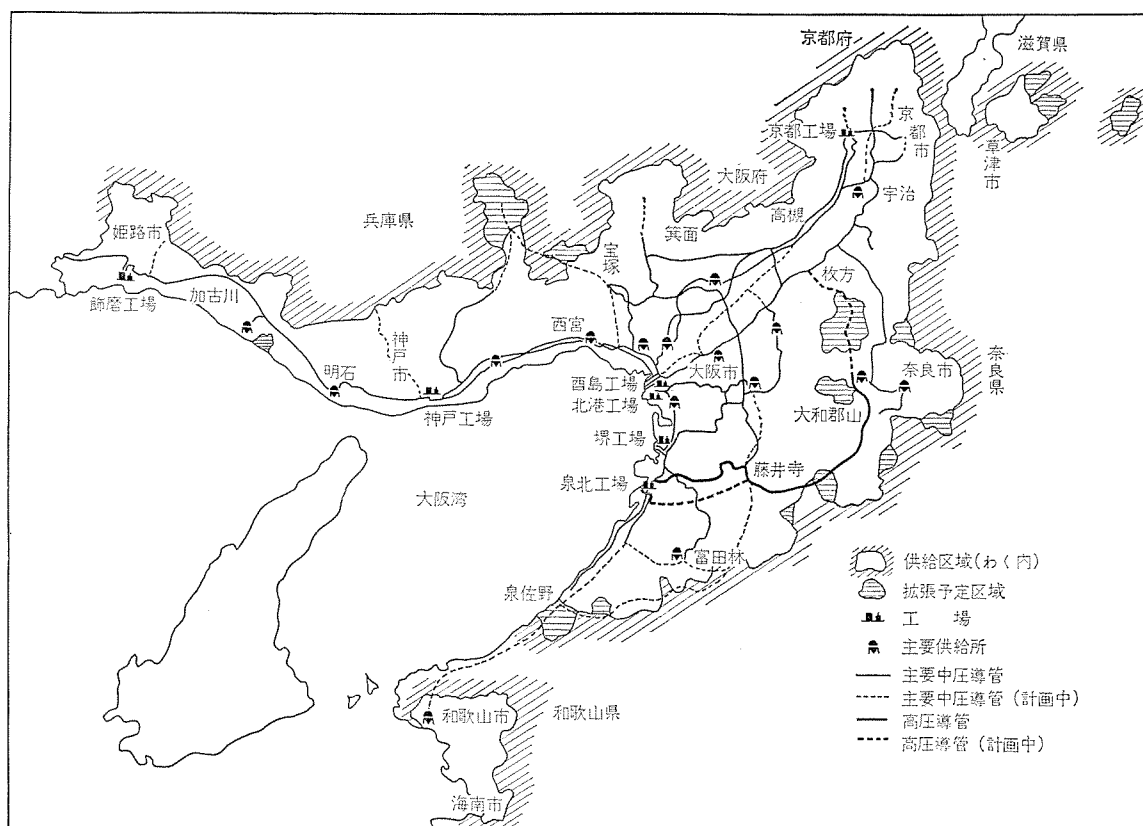


図 2.3 主要供給区域

Principal service territory.

表 2.1 システムの容量

System capacity.

	系 統 名	A 周 辺 局 数	B 計 測 項 目 数 (組/局)	C 表 示 項 目 数 (ビット/局)	D 制 御 項 目 数 (点/局)	E B×A (語)	F C×A (ビット)	G D×A (点)
工 場 供 給 所	3	10	16~26	48	0	210	480	0
球形だめ(溜)供給所	4	20	11	48	31	220	960	600
中圧ガバナステーション	5A, 5B (1, 2)	60	5	12	8	300	720	480
高圧ガバナステーション	6	22	10	60	40	220	1,320	880
合 計		112				950	3,480	1,960

需要は図 2.2 のように 1 日のうちでも、昼間・夕刻・夜間と人間の生活に合わせて大きく変わり、特に夕刻の 6～7 時の 1 時間は、1 日量の 8～10% もの需要が集中するピーク時となっている。このような需要に対して、ガスの供給態勢は 1 日量をまかなうための製造設備と、ピーク時をのりきるためのガスだめから成り立っている。

ガス製造設備にはピーク設備とベース設備がある。ベース設備は年間を通じて一定のペースでガスを製造するが、ピーク設備はその日の需要に合わせて運転・停止する。この製造能力は、冬期の最大需要日に対処できる最小限の量にとどめており、またガスだめは、昼間からピーク時にかけての需要が製造能力を越える分を補う量に限定している。

大阪瓦斯(株)におけるガス製造設備とガスだめ設備は、現在 8 工場・9 供給所に分散設置されており、これらは図 2.3 に示すように幹線導管で網状に結ばれている。このように広大な地域内で、上記需要変動に追隨して各設備の運転・停止を行なうとともに、導管網を効率よく運営するためには、導管の主要個所にテレメータを設置し、また幹線導管の主要ガバナをテレコントロールすることが必要の手段となる。

大阪瓦斯(株)では昭和 36 年以来、本格的にコントロールセンタを中心としたテレメータ、テレコントロールシステムによって、ガスの生産供給を統

括してきたが、年々増加する都市ガス需要に対処するため、新しい生産供給調整システムが必要となった。この生産供給調整システムでは、次のような諸点に重点がおかれた。

- (1) 広域化した導管網の集中監視とテレコントロールの拡充
- (2) 供給調整計算の機械化による最適化手法の開発
- (3) 導管網解析計算の自動化による供給の確保

これらの目的を遂行するために、以下に述べるデータ収集システムを導入した。

2.2 システムの規模

本システムには、以下に示すサブシステムが含まれる。

- (1) 工場・供給所サブシステム(系統 3)

既設 8 工場、2 供給所のテレメータを行なう。

- (2) 球形だめ供給所サブシステム(系統 4)

既設 7 供給所(将来 13 供給所増設)のテレメータ・テレコントロールを行なう。

- (3) 中圧 A ガバナステーションサブシステム(系統 5A, 系統 5B)

容量 30 局のサブシステム 2 個(全容量 60 局)に分割収容され、各局に対するテレメータ、テレコントロールを行なう。なお既設の系統 1・系統 2 は、数年のうちに系統 5A・系統 5B にとって代えられるものとする。

(4) 高圧ガバ・バルブステーション サブシステム(系統6)

高圧幹線の沿線に設ける22の高圧ガバ・バルブステーションのテレメータ、テレコントロールを行なうよう計画中である。

以上をまとめて、表2.1に示す。

なお以下の説明に使用する用語を、次のように定義しておく。

計測項目：BCD3けた(12ビット)で表現される数値データを伝送するもので、圧力・流量などの連続量はすべて計測項目でとりあつかう。

表示項目：1ビットで表現される“ON”または“OFF”、“開”または“閉”の状態を伝送するもので、弁の開閉状態等はすべて表示項目でとりあつかう。12ビットの計測項目1量を12の表示項目に使用する。

制御項目：Nビットの組合せによって、制御対象と制御内容を指定して制御を行なうもので、一つの制御項目にたいしては、ただ一つの制御対象(たとえば電動弁-i)と制御内容(たとえば“開”)が対応する。

2.3 応答時間

2.3.1 計測項目

計測項目データ(最大容量950項目)は計算機で監視(データの上下限チェック、変化率チェック等)を行なうが、この監視は供給導管網の特性等から1~3分程度の時間間隔で行なうことが望ましい。したがって計測項目データは、通常の場合約1~3分ごとに更新すればよい。ただし、必要に応じてこれより短い応答時間で集めることもできるようにしておかなければならない。

2.3.2 制御項目

全周辺局の全制御項目(最大容量1,960項目)を一時期に制御することはないはずであるから、特定周辺局の1制御項目を制御する場合についてだけ考えておけば十分である。

一般に制御項目は

- (1) 速動作形制御項目
- (2) 緩動作形制御項目

の二つに大別できるが、電動弁の開閉等のような(2)に属する項目が本システムでは多い。このとき周辺局側の緩動作完了時点まで、中央局がかかわりあいを持つかどうかによって

- (a) 調整制御方式
- (b) 設定値制御方式

の二つに分類できる。本システムでは制御のために

- (i) 中央局が占有される時間の短縮
- (ii) 調整制御による使用達成率低下の防止

等の理由で、(b)を採用し、これによって速動作・緩動作の区別は見かけ上なくなるから、制御の応答時間は数秒以内に保つことができる。

2.3.3 監視項目

監視項目(最大容量3,480項目)には、一般に

- (1) 制御表示項目
- (2) 故障表示項目

の2種類がある。前者は中央局が周辺局を制御するときに問題になり、前項の設定値制御方式と組合せた応答時間が著しく長くなればよい(たとえば5秒程度)。一方後者はどの周辺局で、いつ状態変化が発生するかがわからないので、全周辺局を常時監視し、状態変化があると直ちに優先処理をするようにしておけば、応答時間を最短にできるが、通信回線と装置の構成が非常に大規模化する

欠点がある。

このため、本システムでは故障表示項目の状態変化を検出するまでに多少の時間遅れ(たとえば数分程度)を伴ったとしても、ガス圧力低下のような重大事態に波及しないよう周辺局側を設計することによって、監視データに対する応答時間の要求をなるべくゆるくするという考え方をとった。

なお、高圧導管等の保守に関し時間遅れが重大事態に波及するおそれのあるものについては、応答時間を数秒以内にする必要があり、このシステムと切り離して別に考えることにした。

2.4 伝送方式とサブシステム構成

前述のように比較的長い応答時間が許容できるので、回線構成は時分割方式で十分である。またこれによって中央局の設備を多くの部分に空間分割する必要がなくなるので、その構成は非常に簡単になる。

2.4.1 伝送方式

周辺局から中央局に向けて行なうデータ伝送(計測項目と監視項目データ)には、

- (1) サイクリック伝送方式
- (2) ポーリング伝送方式

の2方式が考えられる。回線構成上の制約条件がゆるく、短い応答時間が要求される場合には、(1)のサイクリック伝送方式を用いて中央局と周辺局とが、1対1に対向する空間分割構成がよく用いられる。しかし本システムでは回線構成上の制約条件がきつく、しかも全周辺局に対して中央局装置を空間分割することは不経済でもある。

一方(2)のポーリング方式では、周辺局側の装置はやや複雑になるが、テレコントロールも同時に取扱うことができ、伝送効率を高め、回線構成が非常に楽になり、また中央局装置の時分割使用が簡単に行える等の多くの利点があるため、本システムでは(2)のポーリング方式を採用した。

2.4.2 サブシステムの構成

呼出し伝送方式によれば、回線および中央局装置も時分割使用することができるが、それはあくまで応答時間が許容できる範囲内にある場合のことで、周辺局の数が増加するとシステム全体をいくつかのサブシステムに分割し、それぞれのサブシステム内で、回線と中央局装置を時分割するようにしなければならない。

サブシステムの構成をどのようにするかということは、

- (1) 応答時間
- (2) 符号方式(同期方式、誤り制御方式等)
- (3) 回線構成(回線網、回線接続、通信路容量等)

等の諸要因を勘案しながら決めるべき問題で、この検討結果を表2.1に示すとおりである。

2.5 中央局の構成

2.5.1 基本的な条件

本システムの中心をなす中央局が、具備すべき基本的な条件を列挙すると次のようになる。

- (1) 走査測定、走査制御、選択測定および選択制御の各動作モードで全周辺局からのデータ収集と、全周辺局に対する設定値制御を行なう。
- (2) 重要計測項目データを常時表示する。
- (3) 全計測項目データを選択表示する。
- (4) 重要計測項目データの上上限、下下限警報表示を行なう。
- (5) 全計測項目データの保存(1時間に1回程度)を行なう。

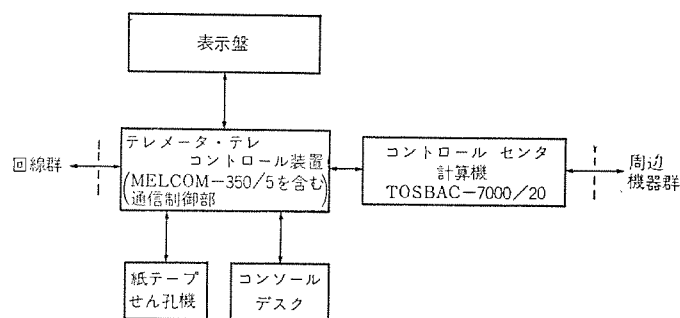


図 2.4 中央局の構成
Configuration of central station.

- (6) 重要監視項目データを常時表示する。
- (7) 全監視項目データを選択表示する。
- (8) 全監視項目データの状態変化警報表示を行なう。
- (9) あらかじめ定められたテレコントロールスケジュールにしたがって、オペレータに制御データを表示し、制御開始を要求する。
- (10) コントロールセンタ計算機へ全収集データを転送する。

これらのうち(2)～(9)は、コントロールセンタ計算機が機能停止した際にテレメータ・テレコントロールシステム側がはたすべき機能である。(5)は同じく計算機が停止中の収集データが失なわれるのを防ぐためのバックアップである(紙テープに収集データをダンプする)。(2)および(3)の表示は、所定のスケリングがなされたものでなければならない。

このような基本的条件を考慮した中央局の構成を、図 2.4 に示す。

2.5.2 個別制御方式

サブシステムの数(既設3系統、新設4系統)だけ中央局側に装置を置く方式で、各系統は空間的に分割され、相互作用を持つことがない。この方式のおもな利点は、

- (1) 各系統間に関連性がないため構成が単純になる。
- (2) 各系統の思想や方式などの統一をはかる必要がないため、後日増設される装置(系統)の自由度は一般に大きい。
- (3) 初年度投資額を最小限度に押えることができる。
- (4) 1系統の故障が他系統へ波及することがない。

等である。一方欠点としては、

- (1) 入出力装置(たとえば紙テープせん(穿)孔機)を各系統に共用しようとする、相互の関連性が強くなり、急激に複雑化する。
- (2) 元来共通に持っていればよい機能を、各系統が持つことになり不経済となる。

- (3) 各系統がメモリを保有するときに、特に大きな問題となる。

2.5.3 共通制御方式

個別制御方式で各系統が分散して持っていた制御機能・記憶機能・入出力機能等のように、元来共通に持てばよい機能を集中化するものである。共通部分は、当然各系統に対して時分割使用されるからその構成は複雑になり、この制御をハードウェアで実行することは不可能ではないとしても、現実的ではない。その理由としては、

- (1) 装置がきわめて複雑になる。
- (2) 完全な特殊品になる。
- (3) 改造・機能追加などの修正がほとんど不可能になる。

等である。そこでハードウェアとしては、既設計の標準化された計算機を使用して、本システムに特有な機能を全部ソフトウェアで処理しようという考え方が出てくる。この方式によれば

(1) 入出力装置・メモリ等を全体に対して共通に持つことになり、経済的となるばかりでなく、使いやすく、すっきりとしたシステムが構成できる。

(2) ハードウェアの主要部分はすべて標準品を使うことができ、信頼性・保守性を大幅に向上させることが期待できる。

(3) 周辺局の増設や改造等のために、中央局のハードウェアを変更することがほとんど不要となる。

(4) 重要計測項目データの上限・下限警報の検出が中央局のソフトウェアで実行でき、上下限值の変更が簡単にできる。

(5) 計測項目データのスケール変換が中央局のソフトウェアで実行でき、スケールの変換が簡単にできる。

(6) (4)や(5)の機能を中央局側で行なうので、周辺局装置が簡単になる。

(7) 表示項目データの状態変化警報の検出が中央局のソフトウェアで容易にできる。

(8) 従来中央局側で全点のリレーメモリを用意していた表示項目データの表示方法が、著しく簡単化される。

(9) 収集データへのアクセス、警報メッセージのアウトプット等のフレキシブルな入出力動作が可能になる。

(10) オンラインの診断ルーチンを実行させることによって、ハードウェアの故障を早期発見できる。

(11) 中央局装置の床面積を減少させることができる。

等の多くの利点を有している。

以上のことから本システムの中央局は、ストアードプログラムによる共通制御方式で装置構成を行なうことにした。

3. 計算機設備

3.1 システムの概要

本データ収集システムは、制御用小形計算機 MELCOM-350-5 を中核として構成されている。

前述のように、本計算機はデータ収集システムの中央局装置の一部としての機能をはたし、データ収集システムの融通性・拡張性に対する要求を満たしている。

次節以降にこの計算機設備について説明する。

3.2 ソフトウェア

MELCOM-350-5 計算機システムのスーパーバイザおよびデータ収集・監視・データ表示・テレコントロール等の諸機能を行なううえに必要なアプリケーション・ソフトウェアについて説明する。

3.2.1 スーパーバイザ

スーパーバイザは、各種の機能プログラムの実行および入出力機器の動作を制御し、割込みの処理を行ない全システムの監督をするプログラムである。

PE-0114 スーパーバイザは、本データ収集システム向けに構成したもので、次にその概略を説明する。

(1) プログラムの実行制御

計算機システム運転中に実行されるプログラムは、その一つの単位をタスクと呼び、その実行はスーパーバイザのプログラム実行制御によってコントロールされる。

プログラムの実行レベルには、外部からの割込み信号または内部インタラプトによって動作するインタラプトレベルと、タスクコントロールによって実行されるベシックレベルの二つがある。ベシックレベルのプログラムは、次の四つの状態のいずれかで動作する。

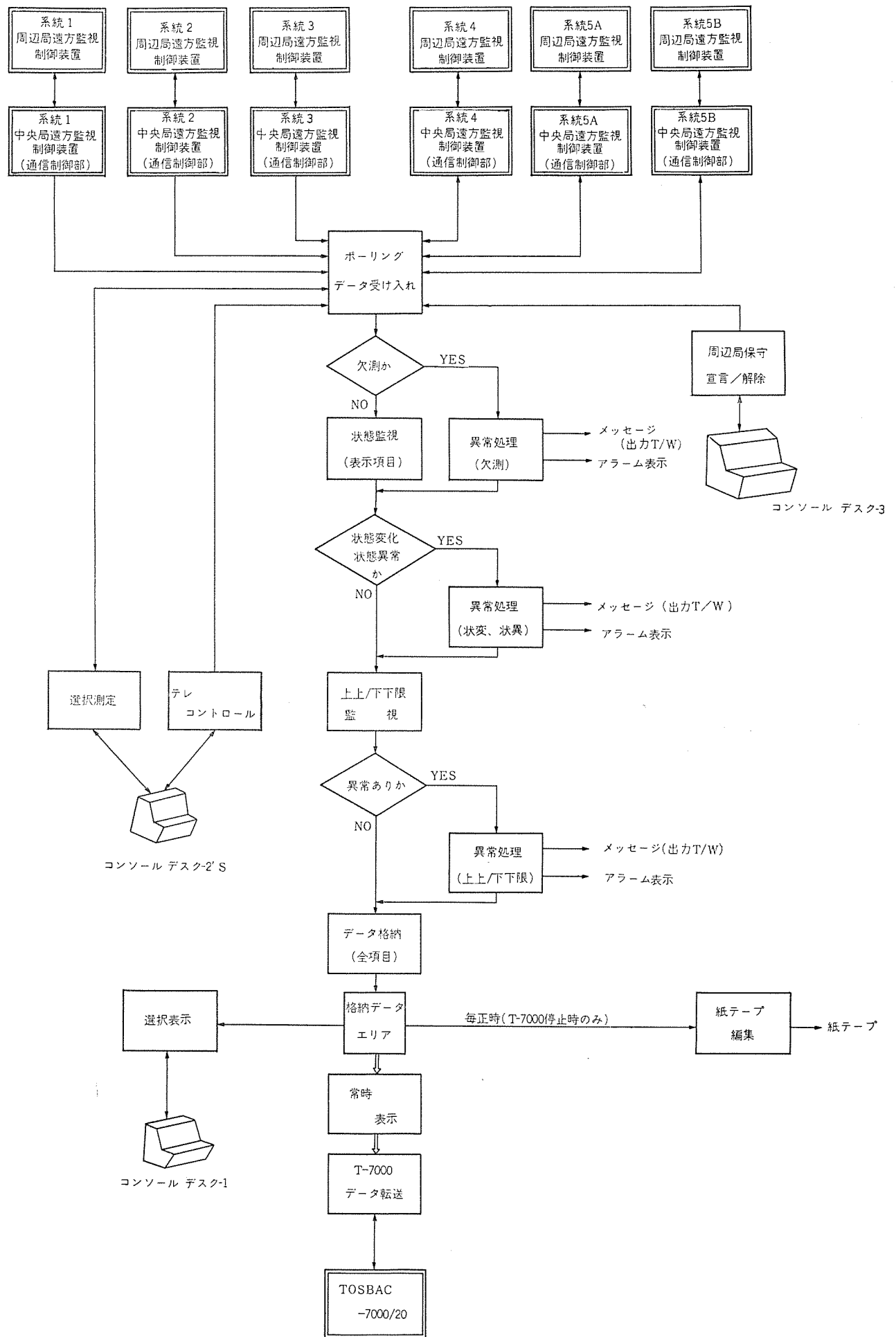


図 3. 1 データの収集装置機能フロー

Functional system flow chart.

- (i) RUNNING STATE : 実行中
- (ii) FORKED STATE : 実行要請中
- (iii) QUIT STATE : 終了
- (iv) DELAYED STATE : 時間遅れ
- (2) 入出力制御

PE-0114 スーパーバイザには、ディジタル出力、タイプライタおよび PTP の出力制御が含まれている。

すべてのディジタル出力は、コアメモリ上に現在の出力状態をイメージとして持っており、外部動作状態が常にユーザプログラムにもわかるようになっている。ディジタル出力には、保持形接点出力と瞬時形接点出力とがあり、出力動作は 1 グループ 16 点単位で同時に出力を行ない、コントローラからの完了信号を内部割込みとして受けて確認している。

タイプライタへの印字や PTP への出力についてユーザプログラムは、各機器の使用状態や使用順序あるいは時間的な制約などを考慮することなく、所定の形式で出力要求を行なえ、しかも各機器の動作時間は、CPU の動作時間に対し非常に遅いので、待ち時間の間、他のプログラムを実行することができる。

ディジタル出力の一部で瞬時形出力動作を行なうのに保持形リレーを使用して、疑似的に瞬時形出力を行なう部分を一括して制御するプログラムも用意されている。保持形リレーを使用して瞬時形出力動作を行なう目的は、瞬時形のメイク時間中コントローラが占有され、その間、他の出力動作が行えないために、コントローラ動作時間 5 ms の保持形出力を使用して ON/OFF を行ない、コントローラの占有時間を短縮し、効率よく出力動作を行なうことである。なお本システムでは、30 グループの疑似モーメンタリ制御を行なっている。

(3) プログラム 群管理 (サブファンクション プロセッサ)

一つの機能プログラムの実行中は、それと同等レベルの他の機能プログラムの実行はできなくてもかまわない。このような関係にあるプログラム (サブファンクションと呼ぶ) をあつめて、一つの機能プログラム (ファンクションと呼ぶ) としてスーパーバイザに登録する。このサブファンクションの実行を制御する。

(4) サブルーチン パッケージ

どの機能プログラムからでも使用できる共通サブルーチンパッケージを持っている。

3.2.2 アプリケーション プログラム

前項で説明したスーパーバイザのもとに、データ収集システムに必要な各種アプリケーションプログラムが接続されている (図 3.1 を参照)。

(1) ボーリングとデータ受入れ

(a) ボーリング プログラム

系統 4, 5 A, 5 B に対して行なう。周辺局 ID と制御項目 ID とから成る選択信号を送出する (ボーリング) と、該当する周辺局から周辺局 ID と全項目のデータが返送されてくる。返送されてきたデータの受入れ状態を記憶しておき、次の周辺局に対するボーリング時にその状態をチェックし、欠測 (データ返送時に何らかの異常が発生し受入れられなかった) チェックを行ない、欠測が発生した場合は再度同一周辺局に対してボーリングをかける (ARQ)。欠測がなければ次の周辺局へ移る。

ボーリングには、走査モードと選択モードがある。走査モードとは、各系統ごとに決められた順序に従ってボーリングを行ない、最終周辺局が終わると最初の周辺局に移り、常時サイクリックにボーリングをかけていることである。選択モードとは、特定周辺局の選択動作を走

査ボーリングに割込んで行なうことである。

(b) データ受入れプログラム

通信制御装置からの割込み信号によって実行するプログラムである。

各周辺局から受入れたデータに対し、欠測の発生/復旧 (系統 1, 2, 3 の場合)/復旧, 上上限/下下限の発生/復旧, および保守中宣言/解除の監視を行ない、必要な処置を施して、所定の格納領域にデータを格納する。

(2) 状態監視プログラム

受入れデータのうち表示項目データについては、状態変化を検出し変化に応じたアナウンスまたは表示を行なう。

(3) 異常処理プログラム

各種監視を行なった結果に対する処理を一括管理しているプログラムで、メッセージ印字部とアラームランプ点滅部との二つから構成されている。

(4) テレコントロール

オペレータからの要求があった場合にコンソールデスク 2'S [CD-24(G), -24(V), -25 A, -25 B] の押しボタンの指定に従って周辺局のテレコントロールを行なう。

(a) テレコントロール監視プログラム

系統 4, 5 A および 5 B の周辺局に対して行なわれる走査制御 (走査モードで行なう制御 3.2.2 項 (1) 参照), または選択制御 (選択モードで行なう制御 3.2.2 項 (1) 参照) が規定時間内に正常に完了するかどうかを監視する。

(b) テレコントロール実行スケジュール

あらかじめ決められた時刻に走査制御の予定をオペレータに知らせる。走査制御予定は、系統ごとに指定されていて、実行予定がある系統に対してランプ点灯とブザー鳴動をする。

(c) ACK 処理プログラム

走査制御および選択制御の準備完了処理を行なう。

(5) コンソールデスク 2'S 押しボタン処理

コンソールデスク 2'S 上の各種押しボタンに対応した処理を行なう。

(a) 押しボタン処理プログラム

各種押しボタン処理の前処理として実行するプログラムで、押しボタン操作に対する妥当性をチェックし、以下に説明する各処理プログラムを起動する。

(b) S ボタン処理プログラム

選択表示, 選択測定, 選択制御および走査制御のための周辺局指定に対する処理を行なう。

(c) I ボタン処理プログラム

選択制御または走査制御のための制御項目指定を行なう。

(d) P ボタン処理プログラム

指定周辺局に対する選択測定の要求と、ボーリングプログラムに指定周辺局の選択ボーリング要求を行なう。

(e) Q ボタン処理プログラム

指定コンソールに対応した系統に対し走査制御指令を行なう。

(f) T ボタン処理プログラム

テレコントロール実行予定プログラムは、テレコントロール実行時刻に系統に対応したコンソールデスクの T ボタンを点灯する。この状態で T ボタンを押すと、あらかじめ設定されている制御項目が走査制御テーブルに移される。

(g) C ボタン処理プログラム

バルブ制御中の周辺局に対して緊急停止ボーリング要求を行なう。

表 3.1 システムのレベル
System levels.

	MELCOM-350/5	TOSBAC-7000/20	通信制御装置 コンソール デスク 常時表示盤
レベル-3	系統1, 2, 3からデータ読み込み 系統4, 5A, 5B, 6のボーリングとデータ読み込み表示盤, タイプライタ, コンソールデスクの制御 紙テープ編集	オフライン	MELCOM-350/5
レベル-2	オフライン	レベル-3におけるMELCOM-350/5の業務(紙テープ編集を除く) データ収集以外の業務	TOSBAC-7000/20
レベル-1	レベル-3におけるMELCOM-350/5の業務(紙テープ編集を除く) TOSBAC-7000/20へのデータ転送	MELCOM-350/5からのデータ読み込み データ収集以外の業務	MELCOM-350/5

(h) Rボタン処理プログラム

対応したコンソールデスクの状態をリセットする。

(i) G₁ボタン処理プログラム

走査制御を行なう周辺局に対する制御準備送出要求を出す。

(j) G₂ボタン処理プログラム

走査制御または選択制御を行なう際、制御準備完了後の周辺局に対して制御開始信号送出要求を出す。

(6) コンソールデスク-1(CD-1) 数値表示プログラム

CD-1上の数値表示器に外部の設定スイッチで指定された項目の現在値, または計算機内部時刻を1分ごとに表示する。

(7) 周辺局保守宣言プログラム

周辺局単位の保守中宣言と解除を行なう。

(8) 常時表示プログラム

常時表示盤上に最新の受入れデータを1分周期で表示する。表示項目はあらかじめ登録してあるもので次の3種類がある。

(a) ランプ表示

(b) 数値表示

(c) アナログ記録

(9) TOSBAC-7000(T-7000) データ転送プログラム

データ収集システムが収集する全データ(1,240項目)を3分周期でT-7000へ転送する。

(10) 紙テープ編集プログラム

T-7000停止時またはオペレータの指示によって、表示項目を除くすべてのデータを所定のフォーマットで紙テープにせん孔する。

(11) レベル切換えプログラム

システムのレベルを切換えたとときの元のレベルに対する後処理と、新しいレベルに対する後処理を行なう。システムのレベルを表3.1に示す。

3.3 ハードウェア

3.2節に示す機能を満たす計算機システムは、

MELCOM-350-5 計算機 コンソールデスク

システムの中核

CD-1

システム統括用

CD-2'S

テレコントロール用

CD-3

保守宣言の指示・表示用

常時表示盤

重要データの状態・数値表示

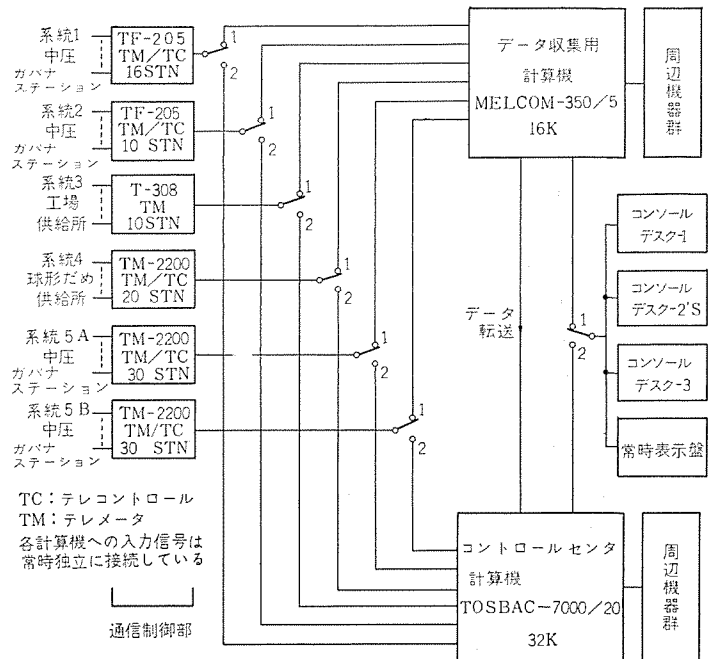


図 3.2 中央局ブロック図
Block diagram of central station.

切換えリレー盤 2台の計算機出力の切換え用から構成される(図3.2)。

3.3.1 MELCOM-350-5 計算機

MELCOM-350-5は回路素子として集積回路を使用し、レジスタの多重使用によるハードウェアの最小化を実現し、大形機能カードの採用による高信頼性、保守の容易な制御用小形計算機で、本計算機システムの構成は次のとおりである。

中央処理装置	コアメモリ	16k 語
周辺機器		
入出力タイプライタ		1台
出力タイプライタ		1台
紙テープリーダー		1台
紙テープパンチャ		1台
プロセス入出力		
プロセス割込み		25点
デジタル入力		752点
デジタル出力		732点

3.3.2 コンソールデスク

本システムでは3種類のコンソールデスクを使用する。各コンソールデスクの概略を次に説明する。

(1) コンソールデスク-1

データ収集システムを統括するためのコンソールデスクで、

- (i) 動作モード表示
- (ii) レベル切換えとレベル表示
- (iii) 格納データの表示
- (iv) 各種警報の表示
- (v) 時刻表示と時刻修正
- (vi) 紙テープ編集要求と停止

の各機能を有している。

(2) コンソールデスク-2'S

テレコントロール操作を行なうことを目的としたコンソールデスクで、伝送系統および用途に応じて設置している。

(a) コンソールデスク-24(G), -25 A, -25 B

ガバのテレコントロールを行なうもので、系統に応じて

CD-24(G) : 系統 4 に収容される供給所

CD-25 A, -25 B : 系統 5 A, 5 B に収容される中圧ガバ
ステーション

があり、各コンソールデスクの有する機能は次のとおりである。

- (i) 動作モード表示
- (ii) 故障表示
- (iii) 主要テレメータデータの選択表示
- (iv) 選択測定
- (v) テレコントロール
- (vi) リセット操作
- (vii) 系統切換えとその表示

CD-25 A と CD-25 B の構成は同じで、バックアップが可能である。

(b) コンソールデスク-24(V)

パルプのテレコントロールを行なうもので、系統に応じて

CD-24(V) : 系統 4 に収容される供給所

があり、各コンソールともチャートディスプレイを有しており機能は(a)に示すコンソールデスク機能に次の機能が追加される。

- (i) チャートディスプレイによる状態表示
- (c) チャートディスプレイ

CD-24(V)に付属し、系統4に含まれる供給所のフローをスクリーン上に表示するもので、周辺局の指定が行なわれると、その周辺局の状態を示すフィルムを投影し、その上にレッドスポットで機器の状態を表示する。

(3) コンソールデスク-3

全周辺局に対して

- (a) 周辺局単位の保守中宣言と保守中表示
- (b) 周辺局単位の保守中宣言解除

を行なうことを目的としたコンソールデスクである。

コンソールデスクの設置状況を、図 3.3 に示す。

3.3.3 常時表示盤

常時表示盤は、テレメータデータのうち重要データを表示するもので

- (a) ランプ表示 : 溜使用状態・製造設備運転状態
- (b) 数値表示 : ガス圧力・流量・溜保有量・圧送機運転状態
- (c) アナログ記録 : ガス圧力・流量・気象
- (d) 記録データの指定
- (e) 日付・曜日の表示

の各機能を有している。常時表示盤を、図 3.4 に示す。

3.3.4 切換えリレー盤

データ収集システムは、動作レベルに対応して

- レベル 1 MELCOM-350-5, TOSBAC-7000-20 が動作
- レベル 2 TOSBAC-7000-20 だけが動作
- レベル 3 MELCOM-350-5 だけが動作

の形でシステムが運転され、

- (a) 通信制御装置
- (b) コンソールデスク
- (c) 常時表示盤

の制御が行なわれる。

このためレベルに対応した周辺機器との接続が必要となり、切換えリレー盤内のリレーは、計算機 MELCOM-350-5, TOSBAC-7000-20 の接点出力を切換えている。



図 3.3 コンソールデスク
Console desks.

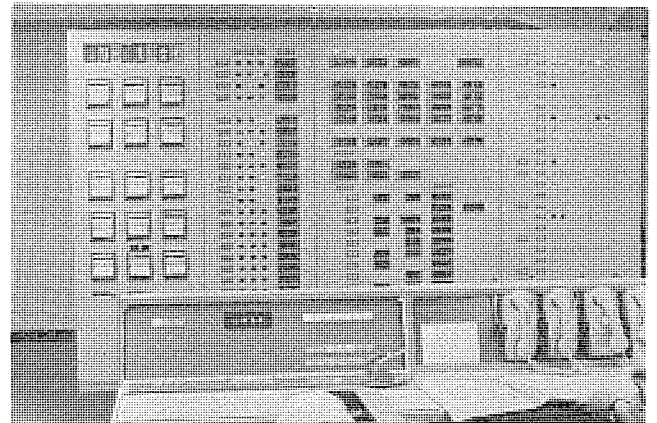


図 3.4 常時表示盤
Display panel.

4. 情報伝送設備

4.1 情報伝送システムの概要

データを収集する中央局遠方監視制御装置と、データを送る周辺局遠方監視制御装置から構成され、その間を接続する通信回線は自営マイクロ回線、自営VHF回線、電電公社専用線、およびこれらの組合せで構成している。

今回設置した系統4, 5A, 5Bに関する情報伝送設備について、次節以降に説明する。

4.2 方式

4.2.1 方式・規格

- (1) 通信回線 4線式電話回線
- (2) 通信方式 音声帯域内周波数偏移変調, $1,600 \pm 100$ Hz
- (3) 通信速度 200 ボー以下
- (4) データ伝送符号方式
 - (a) 計測 : 呼出し返送方式, BCD (2進10進) 3けたフルスケール伝送・受信後スケール変換
 - (b) 表示 : 常時返送方式, または呼出し返送方式, BCD 符号12ビットに12表示項目に対応
 - (c) 制御 : 制御時送信, 定マーク符号
- (5) 通信符号方式 擬巡回符号⁽²⁾
- (6) 実装容量
 - (a) 計測 : 11量
 - (b) 表示 : 60項目
 - (c) 制御 : 40項目

4.2.2 使用条件

(1) 温度

中央局 18～30℃

周辺局 0～45℃

(2) 湿度

20～85% RH

(3) 電源

プラグイン式電源盤の交換によって、AC・DC受電可能

AC用 AC 100±10 V 60 Hz

DC用 DC 24±2.4 V ⊕接地

4.3 符号方式の選択

本システムにおける条件として

(1) 1周辺局当たり16ワードで、多数の周辺局に対し逐次制御

・監視を行なっている。したがって占有時間が短いこと。

(2) 回線には種々なものがあり、特に電電公社線市内・市外回線が多く使われているので、回線の品質が一定しない。

などの理由のため、水平垂直パリティ・2連送位相反転符号などと比べ、最も伝送効率がよく、バースト性雑音にも強い“擬巡回符号 (Shortened Cyclic Codes)”を採用した。この符号の特長は

(1) 理論的に考えた最小限の冗長度で誤り検出が可能。

(2) 誤り訂正をも行なえる。

(3) 伝送効率がよい。

(4) バースト性雑音に強い。

(5) 見逃し誤り率が低い。

などである。符号構成は図4.1、4.2に示すように、情報ビット23、冗長ビット9（検査ビット6、同期ビット3）計32ビット構成で、1ワード当たりの伝送時間は50ボーで640 msとなる。

本符号は同期ずれに弱いとされているが、同期パターンのそう入により改善される。その性能を次に示す。

(1) ランダムエラー

3ビット以下 100% 検出

1ビット 100% 訂正

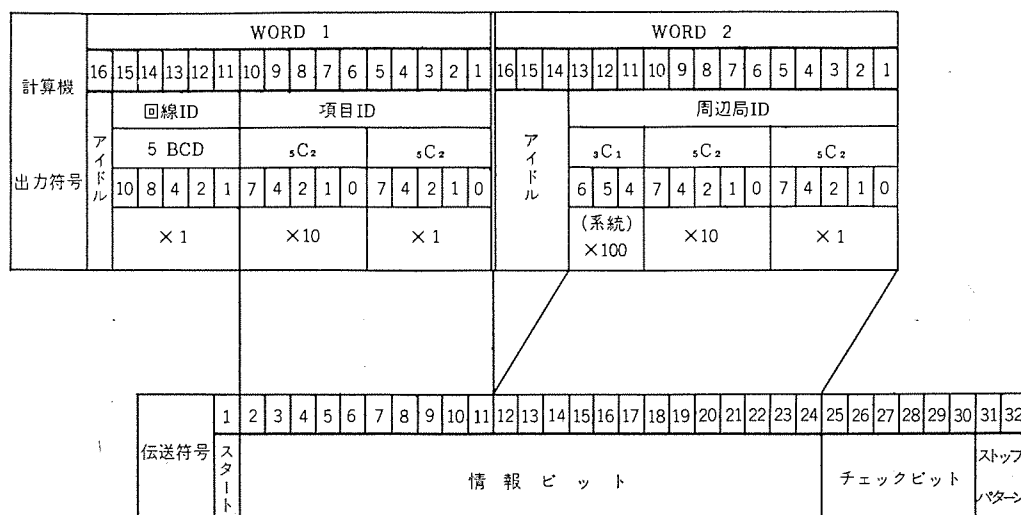


図 4.1 制御符号構成

Telecontrol code format.

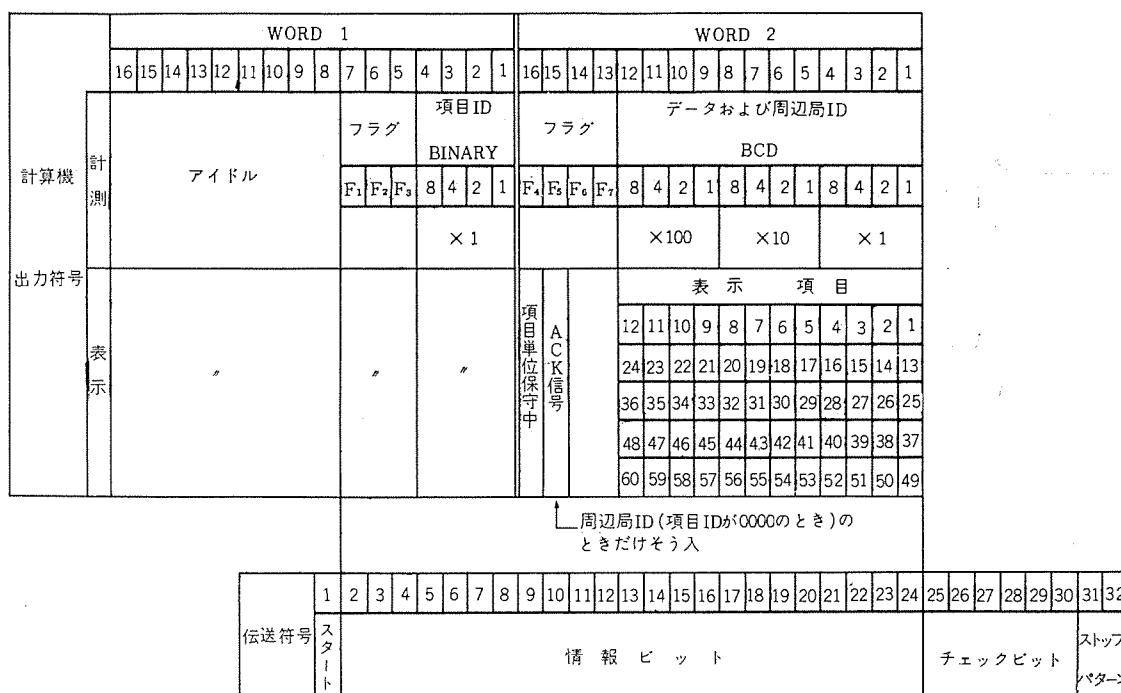


図 4.2 テレメータ符号構成

Telemetry code format

6ビット長以下

100% 検出

7ビット長以上

99.6% 検出

(3) 同期ずれ

$(\pm 6 - i)$ 以下

100% 訂正 i : 短縮ビット

実際は制御符号の場合、最終段の制御リレーなどの部品不良が発生しても誤動作しないように、定マーク符号を組合わせて信頼度を上げている。

4.4 装置の概要

4.4.1 中央局遠方監視制御裝置

本装置は本社中央局に設置されており、計算機から接続回線、呼出周辺局、および制御項目の各番号が指定されて送信指令が出されると、これをパルス符号に変換して周辺局を選択呼出する。一方呼出された周辺局はその局の全データを1回だけ送信するが、中央局装置には受信データをたぐわえる機能はなく、1データが到着するたび符号のチェックを行ない、「良」であればそのたびに計算機へ読取り指令を出す。出力は次番のデータがきて更新されるまで出力を保持し、計算機 MELCOM-350-5、TOSBAC-7000-20 へおのこの独立の木銀リレー接点を同時に出力する。

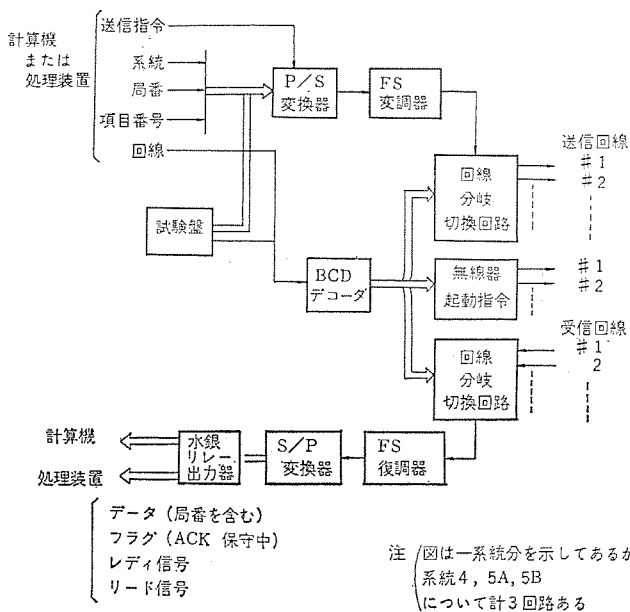


圖 4.4 中央局遠方監視制御裝置系統
Block diagram of remote supervisory control
equipment (central station).

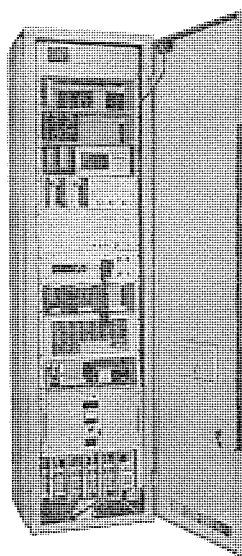


図 4.5 周辺局遠方監視制御装置
Bay of remote supervisory control equipment (remote station).

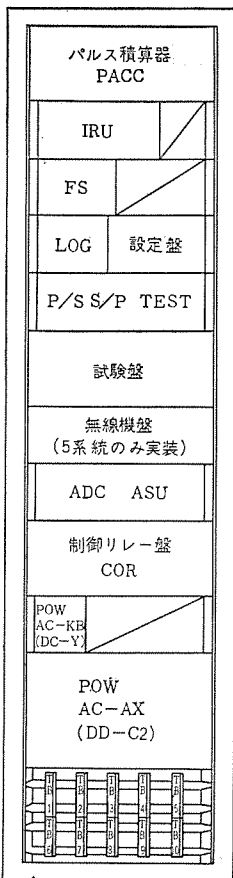
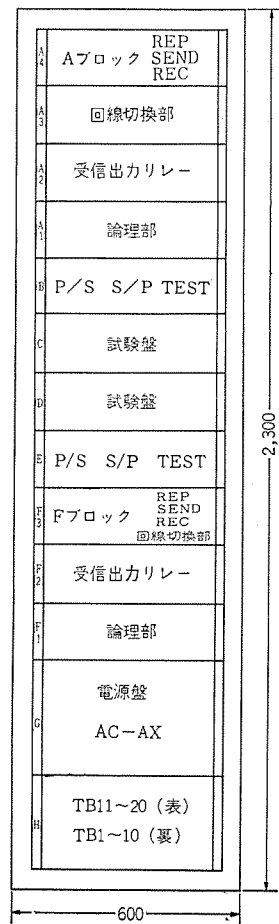


図 4.6 周辺局遠方監視
制御装置実装
Panel layout of remote
supervisory control equ-
ipment(remote station).

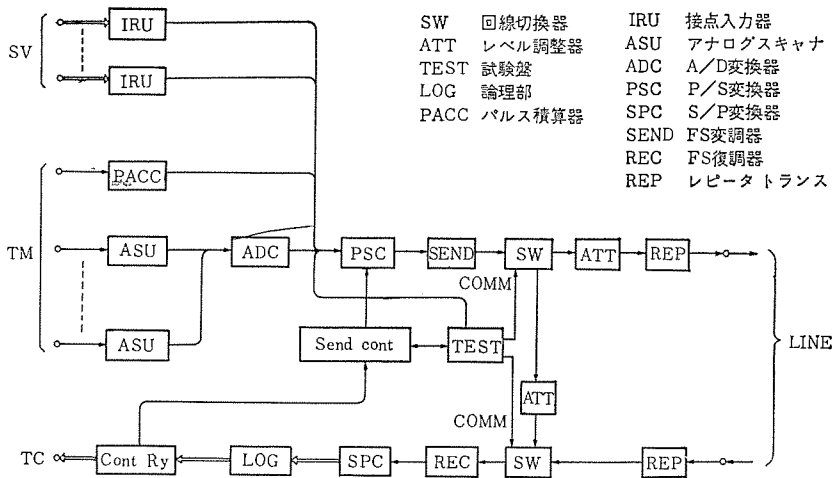


圖 4.7 周辺局遠方監視制御裝置系統
Block diagram of remote supervisory control equipment (remote station)

各サブシステムの接続可能回線数は系統4は16回線、系統5A・系統5Bは5回線である。ここで局数に比べ、回線数が少ないのは途中で分岐回線があるため、中央局ではこれは同一回線として扱う。図4.3に装置の概略実装外観を、また図4.4に回路系統を示す。

4.4.2 周辺局遠方監視制御装置

本装置は系統ごとに多少異なり、系統4・系統5（5A・5Bを総称）の2種類がある。これらのおもな相違は、回線および項目数の違いによるものである。

系統4は4線式電話回線を使用する。系統5はVHF-FM無線機を内蔵している。装置の外観を図4.5、概略実装を図4.6に、また回路系統を図4.7に示す。

計測項目としては、瞬時量および積算量の2種類があり、前者は電流信号で受け、アナログスキャンおよびA/D変換器によってデジタル信号となる。後者は接点パルスで瞬時量を受け、これをパルスカウンタで積算してデジタル符号化する。

監視項目はリレーで受けるが、これは12項目を1群とし、計測項目1量分に対応させて符号化する。

これらはポーリングを受けて、局番および制御項目番号が定マーク検定“良”となり、かつ局番照合“OK”となったときに、一巡送信される。なお、この場合データの先頭ワードに局番の返送を行ない、中央局でも計算機が局番照合を行なっている。

一方、制御信号はリレー盤で復号され、定マーク検定“良”のとき1～2秒間（タイマによって調整可能）接点で出力される。

4.5 装置の特長

おもに周辺局については、設計上次の点に留意した。

(1) 融通性

系統間で項目数に相違があり、それに応じて入出力ユニットの仕様も異なってくるが、これに対しては標準ユニットの積上げ方式を採用し、回路は最大容量に設計し実装の有無・増減を行なっている。また電源は局によって異なり、AC 100VおよびDC 24Vの2種類があるが、これに対しては互換性のある電源ユニットによってカバーしている。

(2) 運用保守面の考慮

本装置はポーリング方式であるため、通常、保守・点検はやりにくい。したがって、これを周辺局側だけで行なえるようにして、点検時間の短縮化をはかるため、送受信コード表示、試験符号の設定、自局折返し試験、制御試験などが容易に行なえるようにしている。また保守時には特定のビットを付加することによって、中央局側で保守中であることが弁別できるようにしている。これら各種試験については次の4.6節で述べる。

(3) バックアップ

本システムでは、指定時間以外は待時状態となり、中央局と回線は切離されている。この時間帯では、他局が回線を占有しており、送信をしてはいけな。ところが送信時間はポーリングを受けると自局タイマを駆動し、これによってリセットを行なっているため、何らかの故障で送信停止しないことが起こりうる。このため自局の割当時間内で完全にリセットがかかるように、バックアップ用のタイマを別に設けている。

4.6 各種試験と設定機能

本装置は運用保守上、容易に装置試験ができるよう、次のような各種機能を備えている。

(1) 送受信コードのランプ表示。

(2) 試験符号の設定。

(3) 通常時でも特定項目について保守を行なっているときは、保守フラグビットをたてて中央局で判別できる。

(4) 自局の設定データは、P/S変換器を通し、FSレベルで折返し、S/P変換器でモニタ試験を行なえる。

(5) 前述のビット設定および折返し試験を組合せると、容易に制御試験を行なえる。

4.7 構造

遠方監視制御装置は、中央局・周辺局とも自立形きょう（筐）体（高さ2,300×幅600×奥行450）とし、保守の容易な前後面全面とびらとした。端子盤は架下に配置し、回線接続端子にはUリンクによって切り開き点検を行なえるようにしている。ユニットはすべてプラグイン方式で、ブロックについても極力着脱できるようになっている。

5. む す び

ガス需要の変動に対し、円滑・確実な供給と保安を確保するために導入されたデータ収集システムの概略説明を行なったが、このシステムは、昭和46年12月から実稼（稼）動に入っている。なお本システムは回線の変更、周辺局の増設等を行なって完成されるが、この移行が円滑に行なえるよう配慮がなされている。

最後にこのシステムの計画・設計・工事にあたってご指導・ご協力をいただいた関係各位、および設計・工事に協力いただいた関係会社各位に深く感謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) 加藤、ほか：ガス生産供給調整システムへのTOSBAC-7000/20の導入、東芝レビュー、27、No. 1、(昭47)
- (2) 藤原、山内、田中、ほか：新しい符号化方式、三菱電機技報、43、No. 8、(昭44)

海象観測用テレメータ

豊原 亜洲*・今 泉 巽**

Telemetry Equipment for Ocean Phenomena Observation

Kamakura Works

Ashu TOYOHARA

Communication Equipment Works

Tathumi IMAIZUMI

Ultrasonic type wave height meters have been developed by a joint effort with the harbor technical research institute as a nucleus, aiming at small size, lightweight and easy setup. The wave height meter consists of transmitting and receiving equipment, an operation control unit and a recorder. In telemetering the wave height it has been a practice receiving analog voltage from the operation control unit and transmitting digital data. The ultrasonic transmitting and receiving equipment consumes electric power of below 1 W only. The most part of the power needed is that of the operation control unit, that is about 13 W. Therefore, by installing this control unit on the receiving side of the land, the power consumption at the marine station can be reduced a great deal. This article introduces briefly this development that transmits output signals direct by means of pulses from the ultrasonic transmitting and receiving equipment, but consumes little power in ordinary time with its clock mechanism.

1. ま え が き

近年、海象観測の機械化・自動化が進められており、海象の主要素である波高の観測器として階段抵抗式波高計・容量式波高計等があるが、その施設として観測塔や取付け柱が必要である。しかし沿岸海上にこのような設置を作ること自体問題が多く、設置困難なことが多い。観測塔なども大きなものは望めず、商用電力も利用できないのが普通であるので、機器は小形軽量・低消費電力でなければならない。このような観点から、簡単に設置できる波高計として超音波式波高計が港湾技術研究所を中心にして開発が行なわれた。この波高計は、送受波器・演算制御装置・記録装置より構成されている。

従来、波高観測をこの超音波式波高計を用いて遠方計測する場合、演算制御装置からアナログ電圧を受け、アナログ式あるいはデジタル式でテレメータを行っていた。しかしこの波高計の消費電力の大部分は演算制御装置(約13 W)で消費され、送受波器はわずか(1 W以下)である。したがってこの演算制御装置を陸上の受信側に設置し、送受波器からの出力パルスを送信すれば、海上局の消費電力を大幅

に減少させることができ、また、テレメータ本体も常時は時計装置だけの消費電力(40 mW)ですますことができる。本文ではこのパルス伝送方式による、低消費電力の波高テレメータ装置を実用化し、第二港湾建設局小名浜港に納入したのでその概要を紹介する。

2. システムの概要

従来、海象テレメータは超音波式波高計にかぎらずほとんどが、電圧・電流・抵抗の変化として信号を受取っていた。超音波式波高計は、超音波を海底からパルス状に発射し海面で反射して帰ってきた反射波を受信し、その伝ば(播)時間から距離を算出後、電圧に変換して波面の高低・形状を計測するものである。超音波の発射・受信は海底に設置する送受波器で行なうが、駆動・受信波の処理などはすべて複雑な電子回路を持った演算制御装置で行なう。したがって電力の大部分はこの装置で消費される。従来はこの演算制御装置からアナログ電圧を受け、デジタル方式あるいはアナログ方式で情報を伝送していた。したがってアナログ電圧をデジタル化するA/Dコンバータか、あるいは、パルス周波数変換するD/Fコンバータが必要である。本

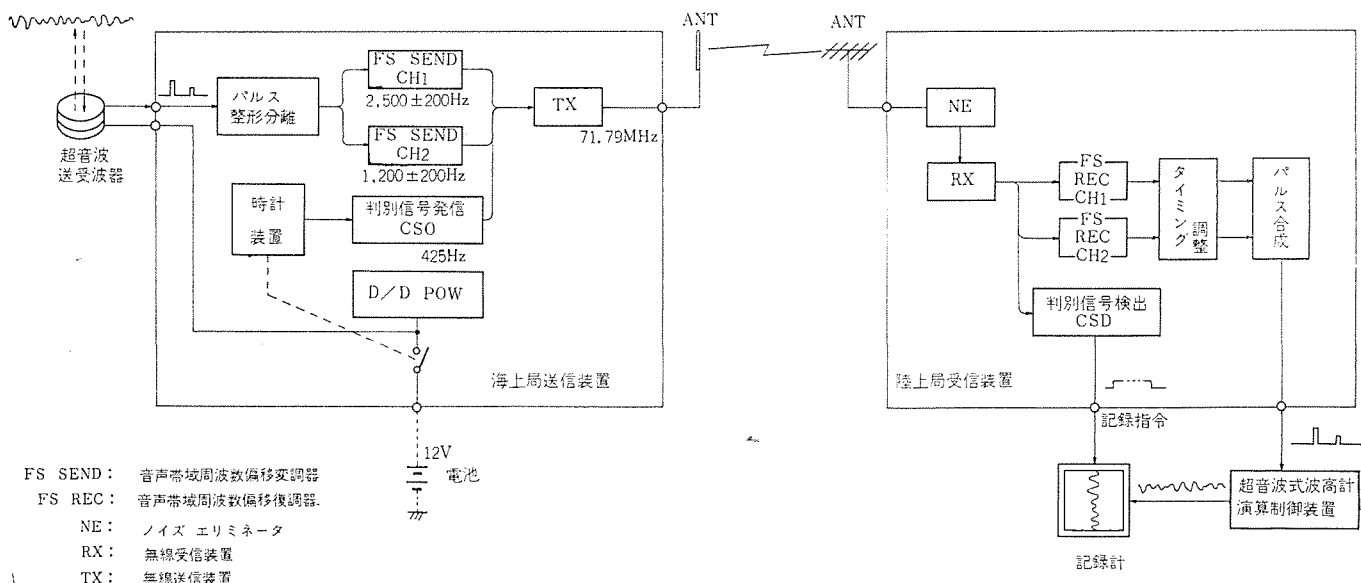


図 2.1 波高テレメータ系統 Block diagram of wave height telemetry system.

システムは、送受波器と演算制御装置を切り離し、その間を無線テレメータ装置で結ぶものである。送受波器からは当然パルスが（発射パルスとエコーパルスが電圧を異にして対になっている）出力されるので、海上側装置はパルスを受け、陸上側装置は、送受器から出力される信号と同様のパルス信号を演算制御装置へ出力する。海上局の送信装置は時計装置を内蔵した自己発信方式である。計測は毎偶数正時10分前より、10分後までの20分間行なうので、5分間のウォーミングアップを持たせるため15分前より送信する。

受信装置は常時待機状態にあり、データが受信されしだい送受波器からの出力信号と同様のパルス信号を演算制御装置へ出力し、演算制御装置は、テレメータ装置からの計測信号をあたかも送受波器から受取ったかのごとく処理し、記録計へ波高計測信号を出力し記録が行なわれる。

3. 方式・仕様

3.1 総合仕様

- | | |
|---------------|------------------------|
| (1) 計測パルス伝送方式 | FSK 信号2チャンネルによる位相差伝送方式 |
| (2) 通信方式 | FSK-FM 方式 |
| (3) パルス伝送速度 | 600 ボー |
| (4) 通信路 | 70 MHz 帯無線回線 |
| (5) 通信形式 | 自己発信式 |
| (6) 測定形式 | 2時間ごとと20分間計測 |
| (7) 変調方式 | 音声周波帯 周波数偏
移変調(FSK) |

CH₁ 2,500±200 Hz

CH₂ 1,200±200 Hz

3.2 海上局送信装置仕様

- | | |
|---------------|----------------|
| (1) 計測パルス入力 | |
| (a) パルス幅 | 2 ms±10 % |
| (b) 発射パルスレベル | 6 ±0.5 V |
| (c) エコーパルスレベル | 3 ±0.5 V |
| (2) 入力インピーダンス | 20 kΩ以上 |
| (3) 送信電力 | 1 W |
| (4) 時計装置精度 | ± 1 秒以下/日 |
| (5) 供給電力 | DC 10.5~14.5 V |
| (6) 環境条件 | |
| (a) 温度 | 0~40°C |
| (b) 湿度 | 完全密封形防滴構造 |

3.3 陸上局受信装置

- | | |
|---------------|-------------|
| (1) 計測パルス出力 | |
| (a) パルス幅 | 2 ms±10 % |
| (b) 発射パルスレベル | 6 ±0.5 V |
| (c) エコーパルスレベル | 3 ±0.5 V |
| (2) 出力インピーダンス | 5 kΩ以下 |
| (3) 供給電源 | AC 100±10 % |

3.4 超音波式波高計

- | | |
|-----------|--------------------------|
| (1) 測定方式 | 超音波パルス水中伝ば時間測定方式 |
| (2) 測定レンジ | 5 m p-p (標準音速 1,500 m/s) |

(3) 発射繰返し数

毎秒 10 回

(4) 設置水深

7~30 m

(5) 送受波器 (振動子)

100 φ チタン 酸バリウム振動子、共振周波数 200 kHz、指向角 3 度
(3 dB down)

4. 装置の概要

4.1 構成装置

4.1.1 海上局

- | | |
|------------------|-----|
| (1) 超音波式波高計 送受波器 | 1 台 |
| (2) 無線テレメータ送信装置 | 1 台 |
| (3) 直流電源装置 | 1 台 |

4.1.2 陸上局

- | | |
|--------------------|-----|
| (1) 無線テレメータ受信装置 | 1 台 |
| (2) 超音波式波高計 演算制御装置 | 1 台 |
| (3) 記録装置 | 1 台 |

4.2 装置の構成

4.2.1 海上局送信装置

- | | |
|------------------------------|--------------|
| (1) 70 MHz 帯無線送信機 (TX) | |
| (2) 周波数偏移変調器 (FS-SEND) | |
| CH-1 | 2,500±200 Hz |
| CH-2 | 1,200±200 Hz |
| (3) 計測パルス整形分離器 | |
| (4) 時計装置 | |
| (5) 試験盤 | |
| (6) 電源盤 | |
| (7) きょう(筐)体 (防滴形) | |
| 高さ: 525, 幅: 520, 奥行: 250(mm) | |

4.2.2 陸上局受信装置

- | | |
|------------------------|--|
| (1) 70 MHz 帯無線受信機 (RX) | |
| (2) ノイズ消去器 (NE) | |
| (3) 周波数偏移復調器 (FS-REC) | |

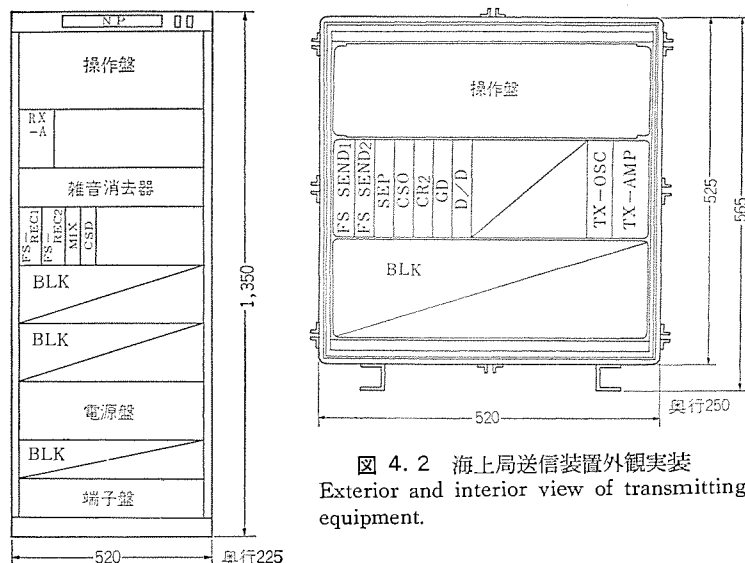


図 4.2 海上局送信装置外観実装
Exterior and interior view of transmitting equipment.

図 4.1 陸上局受信装置外観実装
Exterior and interior view of receiving equipment.

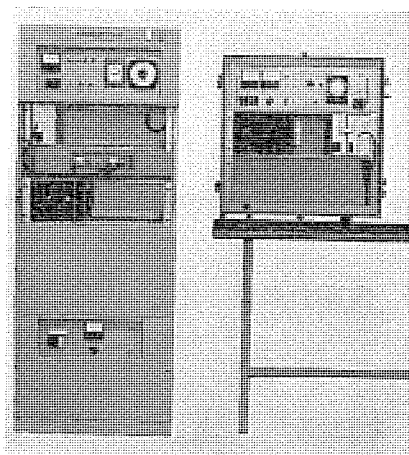


図 4.3 陸上受信装置(左), 海上送信装置(右)
Receiving equipment(left), Transmitting equipment(right).

- (4) 計測 パルス 合成器
- (5) 試験盤 (タイマを内蔵)
- (6) 電源盤

4.2.3 超音波式波高計

- (1) 送受波器 (海上局)
- (2) 演算制御装置 (陸上局)
- (3) 記録装置 (陸上局)

5. 動作の概要

5.1 送信装置

内蔵の時計装置より、偶数時あるいは奇数時（任意に選択可能）の45分に信号を受け、送信装置（以後装置という）は一連の動作を開始する。超音波式波高計の送受波器は、装置より電源の供給を受け、海面へ超音波を発射するとともに、装置に発射パルスとエコーパルスを対にした計測信号を同一ケーブルで出力する。装置は伝送路の雑音の影響を極力少なくするため、発射パルスとエコーパルスを分離し、発射パルスはチャンネル#1で、エコーパルスはチャンネル#2で、また計測中を判別するための信号として425 Hzの純音を無線送信機に出力し、電波にて陸上局へ情報を伝送する。

5.2 受信装置

装置は常時待受状態にあり、海上局からの電波が受信されると、計測中の判別信号を検知し、超音波式波高計の演算制御装置および記録装置に計測開始指令信号を出力する。計測信号のFSK信号はFS-RECでパルスに復調し、発射パルスを6Vとしエコーパルスを3Vとして合成し出力する。計測開始指令は45分から出されるので、記録はウォーミングアップ時間を考慮して50分から記録を行なう。

5.3 超音波式波高計

送受波器を海底に設置し海上に向けて超音波を発射すると、超音

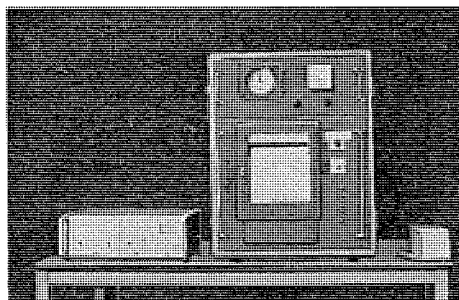


図 4.4 演算制御装置(左), 記録装置(右)
Operation control unit(left), Recorder(right).

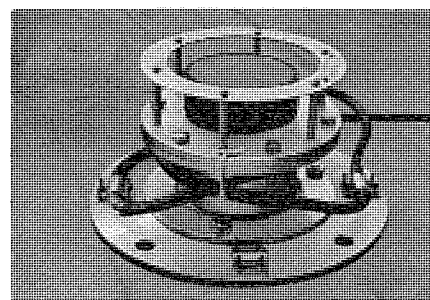


図 4.5 超音波送受波器
Ultrasonic transmitting and receiving equipment.

波は海面で反射され海底へ戻ってくる。したがって発射してから反射波が戻ってくるまでの時間を測れば、海面までの距離を知ることができ、これをパルスの繰返し行えば連続的に波高を計測することができる。音波の海中伝ば速度との関係式は次式で与えられる。

$$L = \frac{1}{2}CT$$

L : 送受波器から海面までの距離 (m)

T : 超音波が往復に要した時間 (s)

C : 音波の海中伝ば速度 (m/s)。一定ではなく水温・塩分濃度・水圧等により変化する。

多くの実験式があるが、一例を次式に示す。

$$C = 1,410 + 4.21t - 0.037t^2 + 1.14s + 0.0168h$$

t : 水温 (°C)

s : 塩分濃度 (‰)

h : 水深 (m)

6. む す び

海洋開発の必要性がさげられる今日、まず海の現象を知ることが重要である。局所の現象はもとより広域の、そして系統的な観測がいっそう必要である。海象にかぎらず他の分野でも同様であるが、物理現象をテレメータ装置が使用できるような電気信号に変換するところが一番の難点である。各専門メカが開発した装置は、それらを組合せて計測システムを作る場合、最適の機能を持っているとはかぎらない。ユーザ、各メカが最適のシステムに対し、最適の機器を協力して開発しなければならないと考える。システムの確立、開発に対し読者のご指導がいただければ幸いである。

最後に装置の設計・製作にあたり種々ご指導いただいた運輸省港湾技術研究所 高橋智晴氏・佐々木弘氏ほか、ならびに第二港湾建設局の各位およびご協力いただいた海上電機(株)の各位に深く感謝する。

電力会社における情報伝送

永田 文也*・塚田 広*
岡村 繁*・糸井 弘司*

Data Transmission for Electric Power Companies

Communication Equipment Works

Bunya NAGATA・Hiroshi TSUKADA

Shigeru OKAMURA・Hiroshi ITOI

All electric power systems have turned to a large scale, high accuracy and high reliability. Along with this trend the old localized supervisory control has become insufficient to perform a full function. It has come to be necessary to make judgement in view of total situation. To answer the purpose various functions are demanded to the data transmission equipment depending on the need as well as high accuracy through digital operation. A variety of devices have been produced to meet the demand. Practical examples are given herein by introducing the completion of data transmission equipment aiming at the automatic electric power dispatching system and system stabilizing controller, the specification of constituent units and their functions for the reference to those who follow suit in this business.

1. ま え が き

電力系統は、高信頼度・高品質を要求されつつ、大規模・複雑化してきている。このような電力系統を経済的・確実・安全・迅速に運用するためには、給電所・発電所・変電所その他を一体化し総合的な立場から判断し、制御しなければならない。いわゆる総合系統制御システムが必要である。

総合的にシステムをみるには、刻一刻の各電気所に設置されている設備の動作状態・データ等が必要である。これらデータ収集場所（制御所・給電所等）とデータ発生場所（電気所）を結ぶパイプが、情報伝送装置（CDT）である。電力会社における情報伝送には、その使用目的により各種あるが、代表例として

（１）自動給電用として導入された、電気学会通信専門委員会にて制定された「サイクリックデジタル情報伝送装置仕様」方式 CDT 装置

（２）系統安定化装置用として導入された

（a）伝送時間の短縮が可能（優先伝送）

（b）多目的伝送が可能

（c）多目的伝送にもかかわらず、伝送効率の低下がない。

新方式の CDT 装置について紹介する。

2. CDT 装置の概要

2.1 システムの構成

CDT 装置は多数の情報を所定の順序に配列（時分割）し、一定の周期（１秒～数秒）で繰返し伝送するものであるから、極端に短い伝達時間を要求される系統保護システム（数ミリ秒）や、系統安定化システム（数 100 ミリ秒）などには不適合で、これら以外のシステム、たとえば自動給電システムなどに適用されるものである。

図 2.1 に自動給電システムの概要を示す。図において CDT 装置は、電力系統内の発電所・変電所等に設置されている制御機器や計測装置と、給電指令所に設置されているデジタル計算機や給電用コンソールを結び、電力系統内の状態に関する諸情報の伝送および制御・操作に関する諸情報を伝送する機能を持っている。一方デジタル

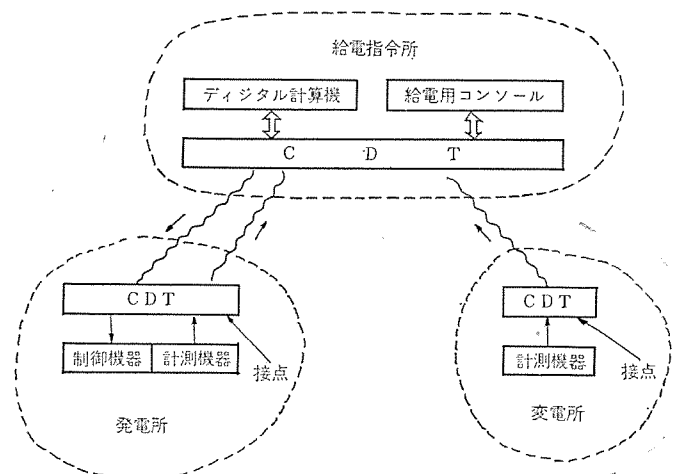


図 2.1 自動給電システムの概要
Outlines of automatic electric power dispatching system.

計算機は電力系統の運用計画計算、制御操作のための指令値計算を行なうと同時に、自動給電システム自体の運転制御・監視を行なうものである。また給電用コンソールは、自動給電システムと系統運用者が対話する部分であり、系統状態を監視・記録するためのプリンタ、表示装置、系統の異常を告げる警報装置、計算データの入出力装置などが付属している。

3. 自動給電用 CDT 装置

3.1 基本構成

CDT 装置は次のような基本ブロックから構成される。図 3.1 はその基本構成である。

（１）デジタル入力変換器（DIC）

スーパービジョン、各種制御入力などのデジタル入力情報（入切、上げ下げ、などの 2 値情報）を、PS 変換器の入力条件にあった符号列（13 データビット）に、変換する。

（２）アナログ入力変換器（AIC）

電力・電圧・周波数などのアナログ入力情報を、スケール変換し、AD 変換器の入力条件（0 ± 5 V 入力に対して ± 1,000 ビット）にあった

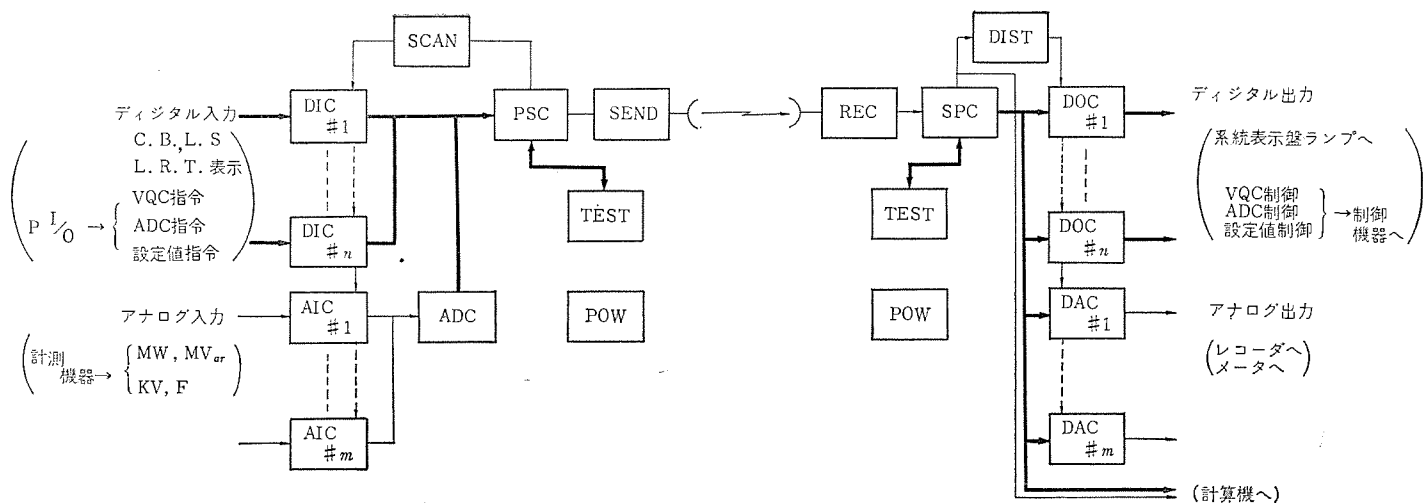


図 3.1 CDT 装置ブロック構成
Block diagram of cyclic data transmitting equipment

直流電圧に変換する。

(3) 走査器 (SCAN)

複数のアナログ入力情報、デジタル入力情報を順次切換えて、AD変換器あるいはPS変換器の入力に接続するために、AICやDICの出力ゲートを制御する。

(4) AD変換器 (ADC)

AIC出力を、2進10進3けた(12ビット+1サインビット)のデジタル並列符号列に変換する。

(5) PS変換器 (PSC)：並列→直列変換器

送信用の符号変換器で、ADCおよびDICよりの並列符号列を入力として、これを伝送フォーマットに従った直列符号列に変換する機能を持っている。

(6) FS送信器 (SEND)

PSCよりの直列パルス列を伝送路に送出するために、周波数偏移変調(FS変調)するものである。

(7) FS受信器 (REC)

伝送路からのFS信号を検波復調し、周波数偏移に応じた直列パルス列(±8Vの復流)を作成する受信器である。

(8) SP変換器 (SPC)：直列→並列変換器

RECからの直列パルス列を復号し、時間的に並列なパルス列に変換する受信用の符号変換器である。

(9) 分配器 (DIST)

SP変換器によって出力される並列符号列を、フレームアドレス、データアドレスに応じて、指定されたDA変換器あるいはデジタル出力変換器のメモリに順次分配するものである。

(10) DA変換器 (DAC)

SPCよりのデジタルな数値情報(2進10進3けた)を直流電圧(アナログ量)に変換するもので、得られた直流電圧は、指示計や記録計の入力として使用される。

(11) デジタル出力変換器 (DOC)

SPCよりの並列符号列のうち、スーパービジョンや各種制御出力情報を接点のオン・オフ出力に変換する。

(12) 試験器 (TEST)

PSC, SPCへの入出力を、データビットごとに表示、設定できる。

3.2 システム信頼度

システムの信頼度を高めるために、次のような2種類の二重化方式

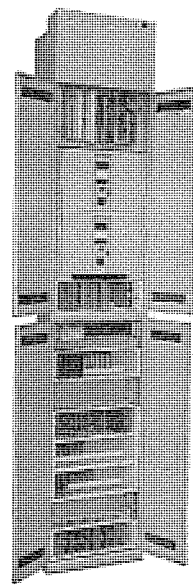


図 3.2(a) 入出力装置
Input and output equipment.

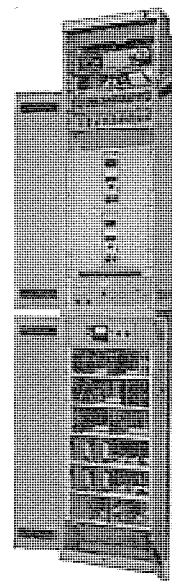


図 3.2(b) 送受信装置
Transmitting and receiving equipment.

を採用している。

(1) 2ルート二重化方式

装置および伝送路とも2セット設置し、同じ情報を二つの装置を通じて並列伝送する方式である。

(2) 2ルート一重化方式

装置は一重とし、伝送路のみを二重化する方式である。

3.3 装置仕様

(1) 使用条件

- (a) 温度 0°C～+40°C
- (b) 相対湿度 40～85%
- (c) 電源変動 指定供給電圧±10%

(2) 供給電源

- (a) AC電源 220V, 200V, 110V, 100V
- (b) DC電源 24V(+側接地)

(3) 装置構造

通信標準架(高さ2,750mmまたは2,300mm,幅520mm,奥行235mm)を使用し、前面は保守点検を考慮し両開きとびら構造とした。論理カードはプラグイン方式とし、PSC, SPCなどの個別ブロック

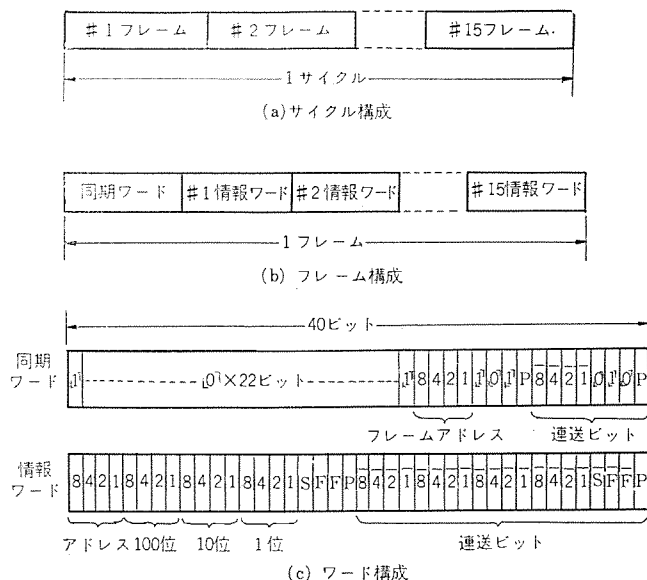


図 3.3 符号構成
Transmission format.

ク内の布線はバックパネル方式を採用し、信頼度の向上を計っている。

入出力線の受渡しは原則として架上端子盤で行ない、強電機器との受渡しは電力用端子を使用し、それ以外はラッピング端子を使用している。

(4) 伝送方式

時分割多重によるサイクリック伝送方式（多数の情報を所定の順序に配列し、一定の周期で繰返し伝送する）を採用している。同期方式はフレーム同期、符号形式は NRZ の等長符号である。

(a) 符号構成 (図 3.3 参照)

1 サイクル：最大 15 フレーム

1 フレーム：最大 16 ワード（1 同期ワード、最大 15 情報ワード）ただし、最終フレーム長は任意に短縮可能

同期ワード：フレームアドレス 4 ビットと同期パターン

情報ワード：データアドレス 4 ビット、BCD 3 けた 12 ビット、サイン 1 ビット、フラグ 2 ビット、パリティ 1 ビット

(b) 誤り制御方式

1 ワード内で 2 回連送照合とパリティ検定を併用している。2 回連送の 2 回目の情報ビットは二元状態を反転、パリティ検定は連送の 1 回目を「1」の奇数パリティ、連送の 2 回目は「1」の偶数パリティとしてある。

(c) 伝送速度

50 ビット/秒、200 ビット/秒、600 ビット/秒、1,200 ビット/秒 切替可能

(5) 各部仕様 (表 3.1 参照)

3.4 特長

(1) 試験盤 (TEST) が単なるデータの表示機能だけでなく、データ単位で設定する機能を持っているため、試験や保守が容易である。

(2) データの伝送順序を任意に変更できるように、伝送フォーマットの設定盤を設けてあるので、データの増減などによるフォーマットの変更が容易である。

(3) スーパーコンピュータの採用

しゃ断器の「入」「切」などのある程度緊急性を持つ情報は、1 サイクル内に常時複数回伝送して、その伝送間隔を短縮している。この方法をスーパーコンピュータという。図 3.4 は CB 情報のスーパーコン

表 3.1 各部仕様
Panel specifications.

A D C	入 力 条 件	入力電圧 0~±5 V (自動極性切換)
	出 力 条 件	入力インピーダンス 1 MΩ 以上
P S C	入 力 条 件	PSC の入力条件に合わせる
	出 力 条 件	標準状態において ±0.1%±1 LSD 以内 使用条件内において ±0.2%±1 LSD 以内
S P C	入 力 条 件	BCD 3 けた (12 Bit), サイン (1 Bit), フラグ (2 Bit) の並列伝送符号
	出 力 条 件	電 圧 「0」, 「1」*1 インピーダンス 10 kΩ 以上 50, 100, 200, 600, 1,200 ビット/秒のサイクリック時 分割符号でジャンパ線の変更により速度変更が可能 電 圧 スペース, マーク*2 負荷抵抗 3.5±0.5 kΩ
A I C	入 力 条 件	50, 100, 200, 600, 1,200 ビット/秒のサイクリック時 分割符号で、伝送速度の切替はジャンパ線の変更により 可能
	出 力 条 件	電 圧 スペース, マーク*2 インピーダンス 3.5±0.5 kΩ BCD 3 けた (12 Bit), サイン (1 Bit), フラグ (2 Bit) の 伝送符号とフレームアドレス (4 Bit), データアド レス (4 Bit), パリティ (1 Bit) およびデータレディ (1 Bit) 電 圧 「0」, 「1」*1 負荷抵抗 1 kΩ 以上
D I C	入 力 条 件	直流電圧 0~30 mV 幅以上
	出 力 条 件	インピーダンス 100 kΩ 以上
D A C	入 力 条 件	直流電圧 0~±5 V
	出 力 条 件	負荷抵抗 5 kΩ 以上
D O C	入 力 条 件	ADC を接続し、標準状態で ±0.3% 以内 使用条件内で ±0.5% 以内
	出 力 条 件	無電圧 a 接点 SV 13 ポジション, 1 フラグ 設定値 BCD 3 けた, 1 サイン, 1 フラグ 3 値指令 (上げ, 下げ, フラグ)×6 組 電圧渡し 接点 OFF, ON に対して「0」, 「1」*1 負荷抵抗 10 kΩ 以上
O S W	入 力 条 件	電 圧 「0」, 「1」*1 インピーダンス 50 kΩ 以上
	出 力 条 件	独立無電圧 a 接点 接点容量 DC 130 V 0.2 A 以上 (ON または上げ, OFF または下げ, 警報)×6 組 片線共通無電圧 a 接点 接点容量 DC 50 V 0.2 A BCD 3 けた (12 接点) サイン (1 接点)+警報 (独立接点) 独立無電圧トランスファ接点 } 13 ポジション 中継用片線共通無電圧 a 接点 } 接点容量 DC 50 V 0.2 A 状態変化時 フリッカ可能 異常時出力接点をブレイクする
S E N D	入 力 電 圧	「0」, 「1」*2
	入 力 抵 抗	3.5±0.5 kΩ
R E C	出 力 レ ベ ル	0~−30 dBm/CH (1 dBm ステップで調整可能)
	出 力 インピーダンス	600 Ω±20%
(200B)	入 力 レ ベ ル	0~−22 dBm/CH (1 dBm ステップで調整可能)
	入 力 インピーダンス	600 Ω±20%
(200B)	出 力 電 圧	「0」, 「1」*2
	負 荷 抵 抗	3.5±0.5 kΩ
(200B)	入 力 レ ベ ル 変 動	設定入力 ±10 dB まで許容
	回 線 監 視	受信入力設定入力より 10 dB 以上低下した場合に警 報する

*1 「0」: 0~+2 V
「1」: +9~+12 V

*2 {スペース: +(8±2) V
マーク: −(8±2) V}

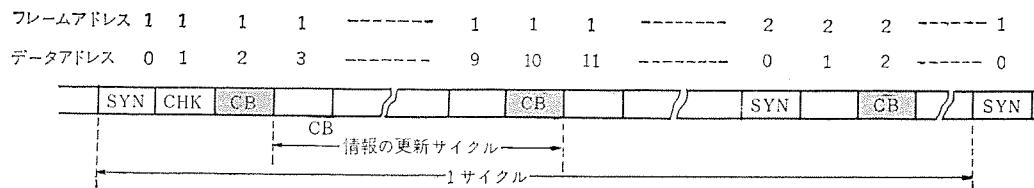


図 3.4 スーパーコミュテーション
Super commutation pattern.

ーション実施例である。

(4) 中形集積回路の採用により、ブロックが小形化し、使用部品が少ない。

(5) 高精度である。

デジタル伝送であるので伝送中の誤差はなく、入出力器の精度も高い。また精度監視機能をもたせてあり、規定値外になれば、自動的に警報を発するようになっているので安心して使用できる。

4. はん用 CDT 装置

4.1 基本構成

図 4.1 にその基本構成を示す。

アナログ入力、測定要素ごとに設けられた AD 変換器 (ADC) によってデジタル電圧信号となる。得られたデジタル信号は他のデジタル入力と同様に入力ゲート (GATE) に接続される。

GATE の出力は、GATE 単位で OR 接続されて PS 変換器 (PSC) の入力となる。走査器 (SCAN) からの指令によりどれか 1 個の GATE のみが開き、そのデータが並列→直列変換され、FS 送信器 (SEND) で FS 変調波となり、伝送路に送出される。

一方受信側では、FS 受信器 (REC) により伝送路からの FS 信号は「1」、「0」の直列パルス列となり、SP 変換器 (SPC) で直列→並列変換されて、分配器 (DIST) の指令によりデータ単位で出力メモリ (MEMO) に書き込まれる。MEMO の出力は DA 変換器 (DAC) や表示出力器 (SVO) に接続されて、それぞれ入力データに応じたアナログ電圧および接点出力に変換される。

4.2 伝送方式

時分割多重によるサイクリック伝送方式で、同期方式はフレーム同期、符号形式は NRZ 等長符号である。

(1) 符号構成 (図 4.2 参照)

1 サイクル : 2 フレーム

1 フレーム : 16 グループ (1 同期グループと 15 情報グループ)

同期グループ : 「0」×62 ビットの同期パターン

情報グループ : 優先表示 1 ビット、アドレス 5 ビット、データ 24 ビット、フラグ 1 ビット、パリティ 1 ビット

(2) データビット

情報グループにはデータビットが 24 ビット割り当てられているが、データの格納例としては、

(a) BCD 3 けたの数値情報 2 個 (図 4.2(d) 参照)

(b) ISO コード (8 ビット) による文字や記号を示す情報 3 個

(c) 1 ビット有意信号 24 個

(d) サブコミュテーションにより 4 けたの数値情報を 1 個

この場合サブグループアドレスとして 5 ビットが引き当てられるから、データ用ビットは 19 となる。(図 4.2(e) 参照)

(3) 優先処理

グループ単位で優先伝送可能

(4) 誤り制御方式

2 回連送照合とパリティ検定を併用

(5) 伝送速度

50 ビット/秒, 200 ビット/秒, 600 ビット/秒, 1,200 ビット/秒 切換可能

4.3 特記仕様

(1) 優先伝送

外部からの優先指令により、特定の情報を周期を無視して、優先的に伝送できる。送信側で全情報を順番に繰り返して送出するだけでなく、優先要求が発生すれば、その時点で送出中の情報が送出完了

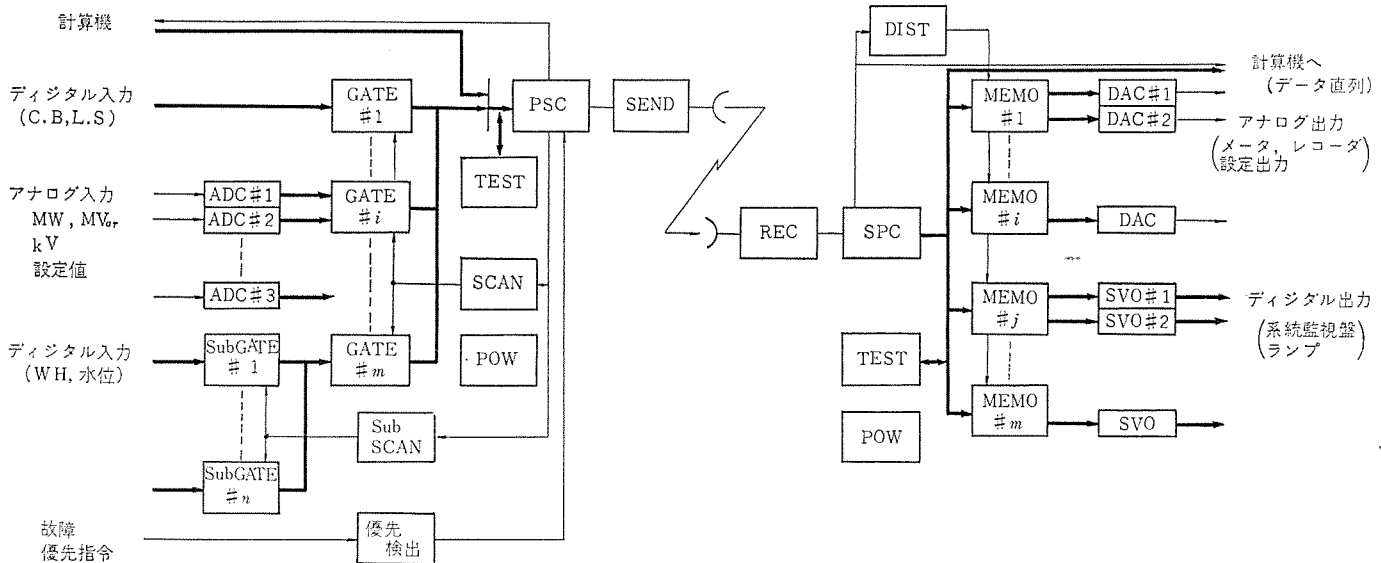


図 4.1 はん用 CDT 装置ブロック構成
Block diagram of general purpose cyclic data transmitting equipment.

次第、優先情報を伝送するものであり、事故情報等の伝送に有効である。

(2) サブ コミュテーション

ダム の水位とか、電力量 (WH)、機器の温度のように変化周期の遅い情報を伝送する場合には、1 サイクル 内のある情報 グループを用いて、サイクル ごとにこれらの情報を切換えて伝送する手法であり、これを サブ コミュテーション という。

これは PSC から、特定の アドレス が出力されるごとに補助走査器 (Sub SCAN) 内部のサブグループカウンタを歩進させ、このカウンタの内容に応じて補助入力ゲート (Sub GATE) を制御して、どれか一つの Sub GATE の出力が特定 アドレス の主入力ゲート (GATE) に接続される。

たとえば、グループアドレス #1 で電力量 2 量 (WH 1, WH 2)、およびダム の水位 2 量 (WL 1, WL 2) をサブコミュテーションで伝送する場合には、これらの情報の更新間隔は 1 サイクル の 4 倍となる。この関係を図 4.4 に示す。

4.4 特 長

(1) 伝送装置として、はん用性に富んでいる。

ブロックを組合せることにより、種々な情報が伝送できる。すなわち、機器の動作状態や故障情報のような 2 値情報、データのような数値情報、ISO コードによる文字や記号も伝送できる。

(2) 種々な機能を有している。

事故情報のように速く伝達しなければならない情報は、優先伝送

により、電力量や水位のように変化量が少ない情報は、サブコミュテーションで伝送できる。すなわちその情報の性格をいかして伝送できるように配慮されている。

(3) 伝送効率が高い。

数値情報、文字や記号情報を伝送するにあたって、から(空)送りビットの少ないよう符号構成がなされているとともに、フレーム同期符号であるため伝送効率が高い。

4.5 その他

はん用 CDT については、その特長を紹介するだけにとどめ、各部の詳細仕様については省略する。

5. む す び

以上、電力会社における情報伝送の代表例として、自動給電用として導入された CDT 装置、および系統安定化装置用として導入されたはん用 CDT 装置を紹介したが、これら CDT 装置は、本文で記載したとおり種々な機能を有するため、情報伝送装置として各方面で使用できる。したがって使用者の立場とすれば、中枢から末端までの情報伝送装置の統一がとれ、保守運用上の有利はもちろん、計算機等の処理装置を導入する際にも、非常に有利になるので今後の発展が期待される。

最後に本装置製作にあたり、いろいろご指導・ご協力いただきました中部電力株式会社、関西電力株式会社の関係各位に深謝の意を表します。

電力系統安定用情報伝送装置

小林 修*・山崎 亨*・成田 利春*
羽子岡 蕃**・荒尾 和男**・伊藤 眞***

Transmission Equipment for Electric Power System Stability Controls

Chubu Electric Power Co., Inc. Osamu KOBAYASHI・Tôru YAMAZAKI・Toshiharu NARITA
Mitsubishi Electric Corp., Comm. Equip. Works Shigeru HANEOKA・Kazuo ARAO
Mitsubishi Electric Corp., Kobe Works Makoto ITO

Striking increase is noticed lately for the demand of electric power in this country. High reliability is called for power supply in line with it. The Chubu Electric Power Co., has installed CSC (Concentrated System Stabilizing Controller) to provide for forthcoming 500 kV power transmission with an aim of system stability in case of the power line failure. The objective is to have balance of power supply and demand on the power system that will come across disruption. In the past, devices, SSC (System Stabilizing Controller) used to be individually operated according to respective blocks, but the system is linked through information networks and made to work collectively to cope with the enlargement of its scale.

1. ま え が き

近年わが国の電力需要の増加はめざましく電力系統はますます巨大化・複雑化するとともに、電力の質・供給信頼度に対する要求も一段と高まっている。このため、ELD、AFC 等給電業務の自動化が実施されているが、これら平常時の業務のみならず、事故発生時の系統安定に対する要求も一段ときびしくなり、その自動化も併せ推進する必要がある。500 kV 送電の運転開始をひかえ、主幹送電線が事故によりしゃ断され系統が分断された場合、各系統での電力需給バランスをとることを目的として、今回集中制御形総合系統安定化装置 (Concentrated System Stabilizing Controller=CSC) を設置した。これは従来ブロック別に設置して運用を行っていた系統安定化装置 (System Stabilizing Controller=SSC) を情報網により連絡し、総括して運用することにより系統規模の拡大に対処しようとするものである。

CSC は 500 kV 系および 275 kV 系の主要電気所に設置した SSC と、中央給電指令所の電子計算機およびこれらを連絡する情報伝送装置によって構成されるシステムの総称である。

2. CSC システム

CSC システムの概要を図 2.1 に示す。

親 SSC は将来 500 kV 系の中心となる重要電気所に設置し、500 kV 主幹系統の分断に対して必要な制御量を演算し、2～3 の子 SSC に制御量を配分して子 SSC に制御を行なわせるものである。親 SSC は原則として直接、負荷または電源を制御することはないが、275 kV 系に直接つながる揚水負荷や大容量火力・水力に対しては制御指令を出すものである。

子 SSC は 275 kV の重要電気所に設置し、親 SSC からの指令によって配分量に見合った制御を行なう。また一部の子 SSC では親からの指令のみならず、自ブロックの 275 kV 送電線分断時の制御量演算も行なう。

中央給電指令所の電子計算機は、各電気所から伝送されてくる負荷および発電量を集計し、一定時間間隔 (5～15 分) ごとに系統容量

を算出する。系統容量は各 SSC ごとに本系統と分離系統についてのおおの算出のうえ、各親 SSC および制御量の演算を行なう子 SSC へ伝送する。

親 SSC は中給から送られてくる系統容量と、子 SSC から送られてくる制御対象負荷電力または発電力の合計および幹線のせき (汐) 流から、所要制御量を演算する。さらに各子 SSC への配分量も演算して子 SSC へ伝送する。子 SSC への配分比率は、対象子 SSC の制御対象容量に比例した比率とする。なお負荷制御の配分に当たっては揚水負荷を最優先する。また発電制御の配分に当たっては、

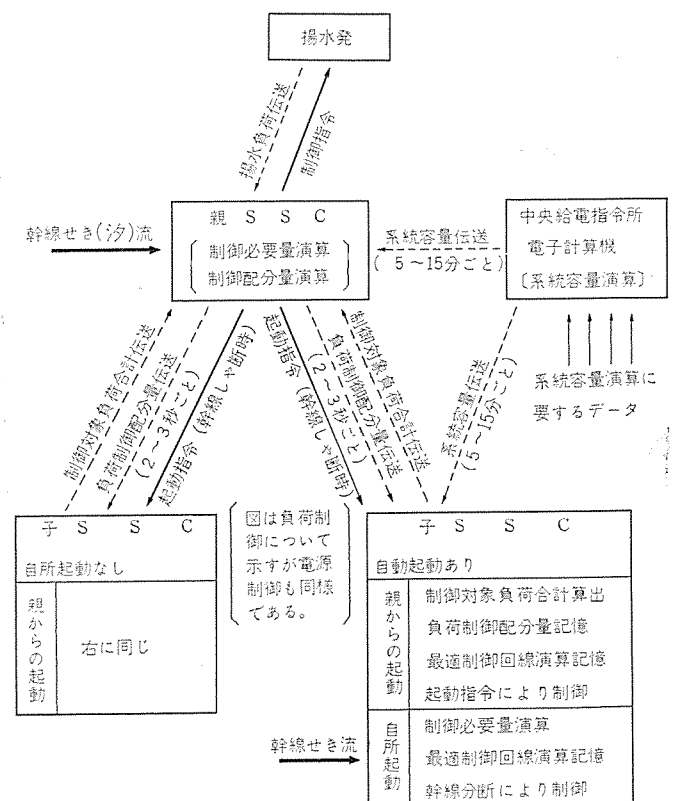


図 2.1 CSC システムブロック図
Block diagram of CSC.

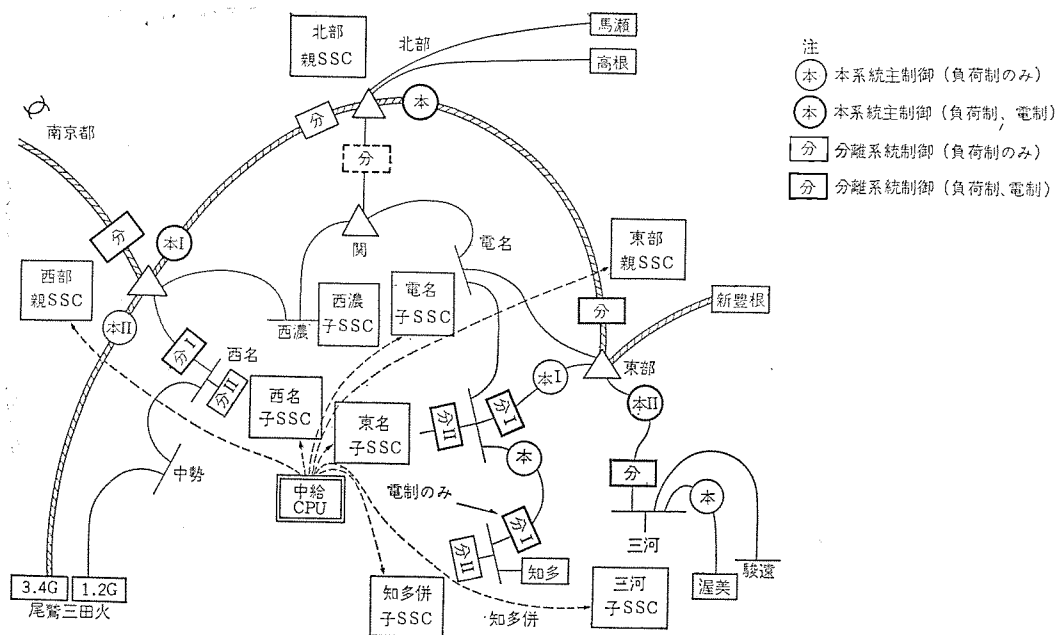


図 2.2 CSC システム 系統
System diagram of CSC.

親 SSC から直接制御指令を出す 275 kV 系並列の発電機がある場合、これを最優先する。

子 SSC は親 SSC から配分された制御量と制御対象個々の電力とから、あらかじめ最適制御回線の演算を行ない記憶する。記憶した制御回線は親 SSC からの起動指令により制御される。また 275 kV 分断時の演算については、中給から系統容量を受信記憶し、対象区間のせき流と系統容量から所要制御量を算出して最適制御回線の演算を行ない記憶する。記憶した制御回線は、子 SSC 自体で起動条件が成立した場合に制御する。

幹線しゃ断から制御完了までの所要時間は 0.2 秒以内である。

3. 情報伝送システム

3.1 伝送要素

CSC システムに必要な伝送情報はその内容により、テレメータ信号・系統条件信号・起動指令信号の種類に大別される。

各信号の伝達方式を表 3.1 に示す。

テレメータ信号は系統容量、各被制御箇所の負荷合計、発電合計および各子 SSC への制御配分量を伝送するものであり、200 ビット/秒の CDT により伝送する。

系統条件信号は系統連系の変わる電気所の所属系統を伝送するもので、テレメータ用 CDT の空ビットを使用して伝送する（詳細は図 3.2 参照）。

起動信号は事故により幹線が分断したこと、およびその場合の制御指令を伝送するものであり、超高速かつ確実な伝送を必要とする。このため 1 情報ごとに専用の符号伝送装置（転送しゃ断装置 Transfer Trip=TT）を使用し、1,200 ビット/秒にて伝送する。

3.2 伝送路

長距離を高い信頼度で伝送することが必要であるため、伝送路としてはマイクロ回線を使用している。

3.3 二重化

CSC 用伝送システムに関しては下記の二重化を行ない、システム信頼度を上げている。

表 3.1 伝送方式
Transmission system.

伝送路種類	仕 様	伝送スピード	2 系 列 化	
			伝 送 路	端 局 装 置
テレメータ (系統容量、発電合計、負荷合計、配分量)		CDT (200 ボー)	1 ルート	1 系列
系 統 条 件		CDT (200 ボー)	1 ルート	1 系列
起 動 信 号	親 SSC から子 SSC への起動信号	1,200 ボー	2 ルート	2 系列
	親 SSC から直接制御箇所への起動信号	1,200 ボー	1 ルート	1 系列
	相手端母線事故（幹線 1 ヲ所）信号	1,200 ボー	1 ルート	1 系列
	他社連系点分離信号	1,200 ボー	2 ルート	2 系列

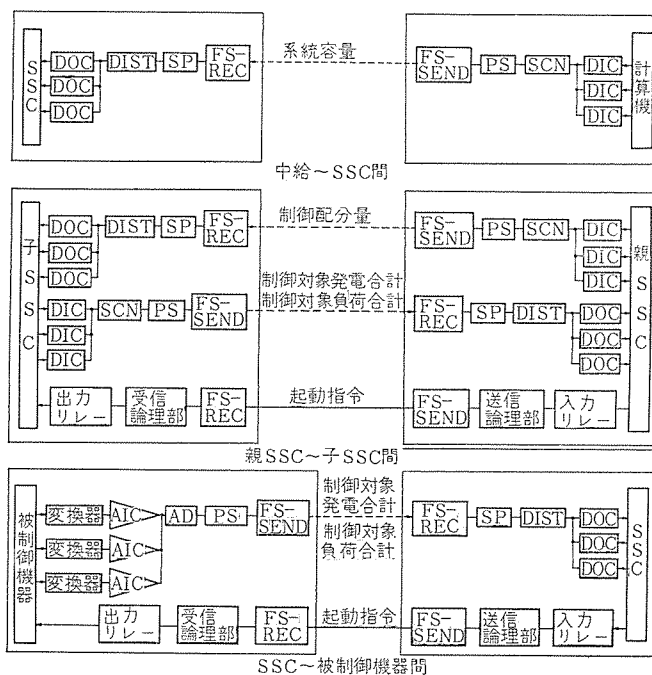


図 3.1 伝送システムブロック図
Block diagram of transmission system.

(1) 最も重要な親 SSC から子 SSC への起動信号と、他社連系点分離信号は伝送路・伝送装置を含めて二重化する。

(2) 装置はすべて伝送路の二重化に対処できるよう自動切換機能の配慮を行なう。

(3) 装置電源は二重化し OR 供給とする。

3.4 符号方式

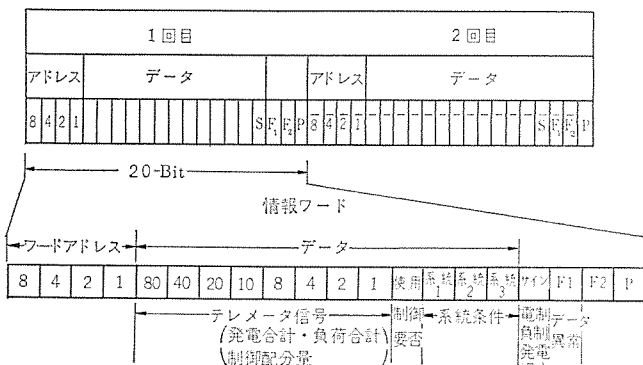
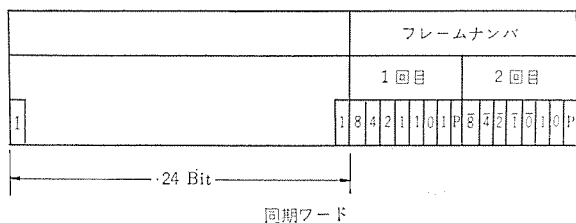
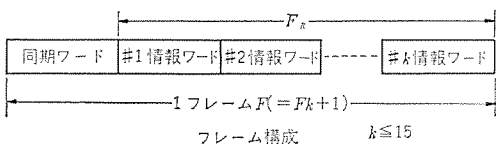
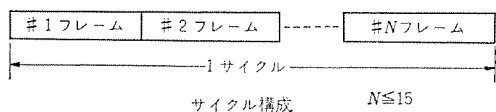
CSC 用情報伝送装置の符号方式を表 3.2 に示す。

テレメータ信号は 2 けた (桁) の相対値=パーセント値にて伝送する。

伝送フォーマットを図 3.2 に示す。

表 3.2 符号方式 Code format.

	CDT 信号	TT 信号
情報伝送方式	時分割常時サイクリック伝送	常時伝送
同期方式	フレーム同期	符号に区切りをつけず連続した符号列を連続監視
符号方式	NRZ 等長符号	NRZ 等長符号
伝送フォーマット	図 3.1 参照	図 3.2 参照
誤り検定方式	パリティ検定と 2 回連送照合の併用	12 ビット連続照合と、雑音検出 (長パルス検出、短パルス検出) の併用
見逃し誤り率	P_e^4	P_e^0
伝送速度	200 ビット/秒	1,200 ビット/秒



	A	Z
使用	制御否	制御要
系統	除外	使用
サイン	電制	負制
	発電	揚水
F1	データ正常	データ異常

情報ワードのデータ内容

図 3.2 CDT 伝送フォーマット Transmission format of CDT.

系統条件信号はテレメータ用 CDT の空ビットを使用して伝送する。起動信号は高速伝送を必要とするため 1,200 ビット/秒の専用符号

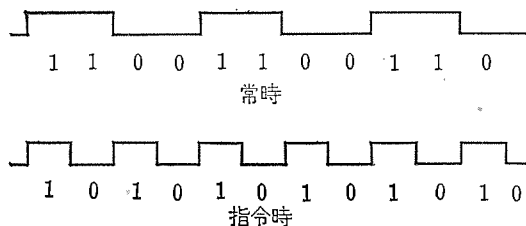


図 3.3 TT 伝送フォーマット Transmission format of TT.

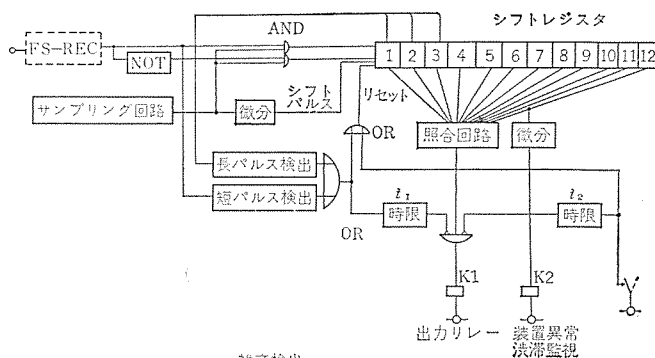


図 3.4 TT 受信論理部ブロック図 Block diagram of TT receiving logical circuit

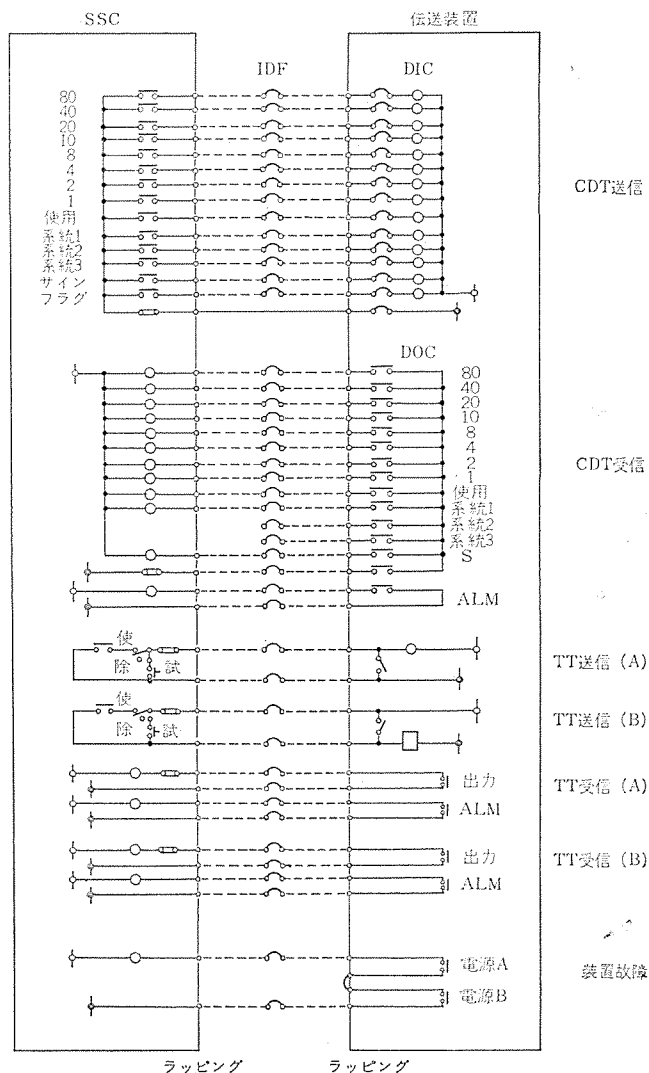


図 3.5 SSC と伝送装置のインタフェース Interface between SSC and transmission equipment.

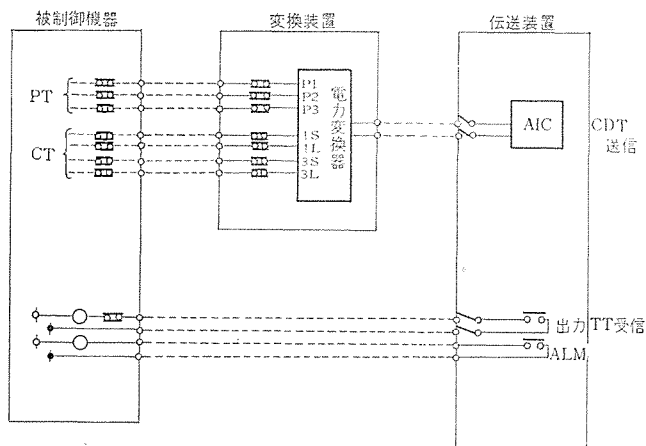


図 3.6 被制御機器と伝送装置のインタフェース
Interface between controlled equipment and transmission equipment.

伝送装置を使用する。同期符号は設けず、連続した符号列の中から連続的に複数ビット（1個ビット）をストックして検定する方式とする。送信側では通常時 11001100……なるパターンを送出し、指令時これを 10101010……なるパターンに切替える。受信側では 10101010……なるパターンが 12ビット以上連続した場合に指令出力を出す。本方式での符号誤り率は P_e^0 (P_e : エLEMENT 誤り率) であり、伝送遅れ時間は 17 ms 以下である。

3.5 インタフェース

SSC と伝送装置とのインタフェースを図 3.5 に示す。また被制御機器と伝送装置とのインタフェースを図 3.6 に示す。

被制御機器からのテレメタ入力信号は直流電圧渡しであるが、その他はすべて接点受渡しである。

4. 情報伝送装置構成

4.1 サブラック方式

CSC 用情報伝送装置は、下記方針に基づくサブラック実装方式を取り生産性を上げている。

- (1) 機能ごとにブロック化する。
- (2) 機能ブロックをフレーム単位で構成したサブラックにまとめ、フレーム単位での製作・試験を可能にする（表 4.1 サブラック一覧参照）。
- (3) サブラックの入出力信号線は、すべてコネクタにて、また電源線はすべてネジ止め端子にて引き出す。
- (4) サブラックの入出力信号線は、すべてフラットケーブルにて端子盤へ集め、端子盤にてサブラック相互間の接続および外線用端子との接続を行なう。
- (5) サブラックへの電源は、系統ごとに分離した電源バスよりネジ止め端子を通じて供給する。

4.2 装置構成

情報伝送装置の構成例を図 4.1 に示す。必要に応じて任意のサブラックを任意の位置に実装できる。

5. 仕 機

5.1 構造

- (1) 外形寸法 通信標準架
高さ 2,750 mm または 2,300 mm
幅 520 mm, 奥行 225 mm

表 4.1 サブラック一覧
List of subrack.

サブラック名称		サブラック名称												
ユニット名称		T-S1	S1	T-S2	S2	T-R1	R1	R2	R3	S	R	T		
SCN	走査器	1	1	1	1									
DIC	デジタル入力器	3	3											
TEST-I	CDT 用試験器	1		1		1								
TEST-II	TT 用試験器			1								1		
PS	並列直列変換器	1	1	1	1									
FS-SEND	FS 送信器	1	1	1	1									
HYB	ハイブリッドコイル	1	1	1	1									
AIC	アナログ入力器			6	6									
CHK-S	精度チェック送信			1	1									
AD	AD 変換器			1	1									
Fine Pow	精密電源			1	1									
ISW	入力切換器					1	1	1	1					
FS-REC	FS 受信器					1	1	1	1					
SP	直列並列変換器					1	1	1	1					
CHK-R	精度チェック受信			1	1	1	1	1	1					
DIST	分配器			1	1	1	1	1	1					
DOC	デジタル出力器			2	2	4	4	6	6					
S	起動信号用送信器									3				
R	起動信号用受信器										1			

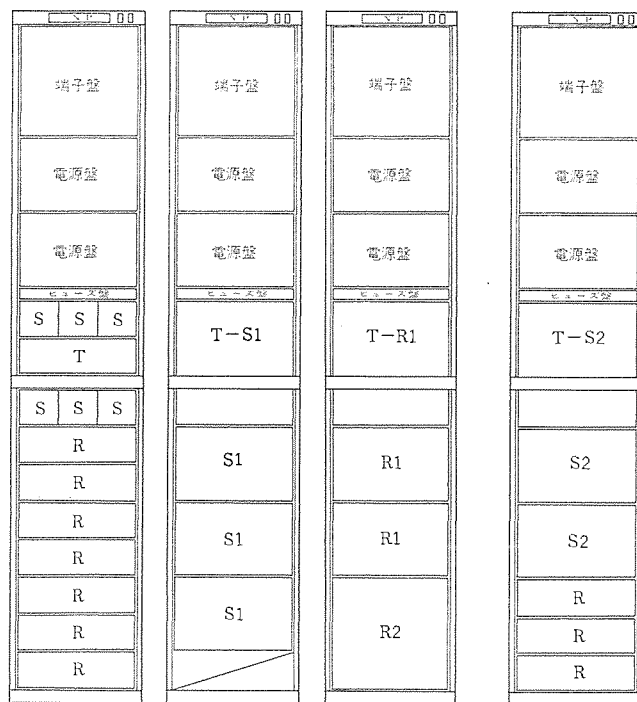
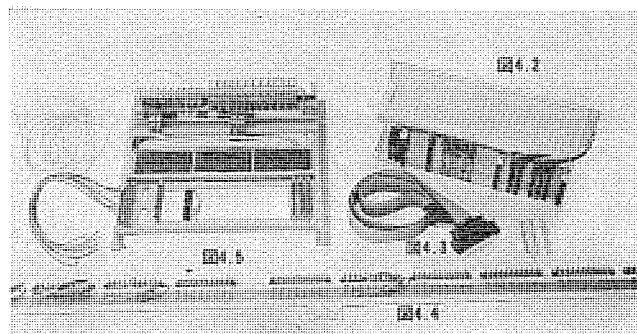


図 4.1 装置構成
Pannel disposition in the bay.



- 図 4.2 サブラック Subrack.
- 図 4.3 フラットケーブル Flat-cable.
- 図 4.4 電源バス Power line bus.
- 図 4.5 端子盤 Terminal board.

- (2) 実装方式 サブラック方式
- (3) 装置の接地 装置の回路ときょう(筐)体は絶縁し、信号接地ときょう体接地は分離する。
- (4) 絶縁抵抗 回路ときょう体接地間の絶縁抵抗は、DC 1,000 V メガーにて10 MΩ以上である。
- (5) 絶縁耐圧 回路ときょう体接地間の耐圧は、AC 2,000 V 1分間である。

5.2 使用条件

- (1) 周囲温度 0°C～40°C
- (2) 相対湿度 40%～85%
- (3) 供給電源 DC 24 V 陽極接地または AC 200 V
- (4) 電源変動 標準値 ±10%

5.3 試験、警報機能

試験、警報機能を表 5.1 に示す。

5.4 TT 装置伝送時間

TT 装置対向で入力リレーより出力リレーまでの伝送時間は、下記のとおりである。

入力リレー動作時間 1.5 ms 以下

表 5.1 試験・警報機能
Test and alarm function.

項 目	ランプ	ベ ル	外 接 部 点	度数計	備 考
運転表示	○				装置ごと
異常表示	○				装置ごと
電源異常監視	○	○	○		電源盤ごと
電圧計 (電源電圧測定用)					電源盤ごと
受信ルート表示	○		○		ルートごと
回線前監視	○	○	○		ルートごと
誤り検定不良監視	○		○		ルートごと
データ監視 (PS 入力および SP 出力)	○				装置ごと
データ設定 (PS 入力および SP 出力)					装置ごと
テレメータ精度監視	○		○		ルートごと
情報更新不良監視	○		○		ルートごと
回路切開きUリンク					
受信ルート表示	○		○		ルートごと
回線前監視	○	○	○		ルートごと
波滯監視	○	○	○	○	ルートごと
指令信号送信	○			○	ルートごと
指令信号受信	○			○	ルートごと
模擬指令信号発生用スイッチ					ルートごと
切開き端子					ルートごと

信号伝送遅れ時間	3.0 ms 以下
論理回路判定時間	10.0 ms 以下
出力リレー動作時間	2.5 ms 以下
合 計	17.0 ms 以下

6. 特 長

(1) 保守、点検

各種試験、警報機能を有し、また機能ブロックごとにサブラックとなっているため保守・点検が容易である。

(2) 伝送信頼度

十分なる誤り検定を行なっているため、伝送路に発生するいかなる雑音に対しても誤動作しない。

(3) 装置信頼度

使用部品を選定し特殊仕様を適用するなど、高信頼度設計を行なっている。

(4) 伝送遅れ時間

高速伝送を必要とする起動信号には、1,200 ビット/秒の符号伝送方法を採用し、伝送遅れ時間を 17 ms 以下に抑えている。

(5) 増 設

系統ごとに電源供給を分けたサブラック構成となっているため、増設が容易であり、また実動中の他の系統を停止させる必要がない。

(6) 実装効率

サブラック方式を採用しているため、任意の位置に任意の機能ブロックを実装でき、当初より最終スペースを見込む必要がない。

(7) 製 作

機能ブロック・フラットケーブル・きょう体・電源盤・ヒューズ盤・端子盤を並列に製作でき、作業効率がよい。

(8) 調 整

機能ブロックごとの単体調整が可能である。

7. む す び

以上、今回設置した CSC システムとその情報伝送装置について概要を報告した。今後も巨大化・複雑化する電力系統を安定に運用してゆくため、種々の系統制御技術が必要となり、情報伝送システムの果たす役割はますます重要になると思われる。

通信機械室の 1 : n 方式集中監視制御システム

羽子岡 蕃*・渡 辺 進*

Centralized Telecontrol System for Communication Equipment

Communication Equipment Works Shigeru HANEOKA・Susumu WATANABE

Importance of communicating system for information in electric power companies increases with the expansion of their power system. For the monitoring of the communication Mitsubishi has been manufacturing telecontrol system to be used in a communication equipment room (named CTC). However, the recent expansion of communication networks makes it difficult to effect supervisory control by means of the conventional device in one to one type arrangement.

Recently Mitsubishi has built and delivered telecontrol system, operating in one to several points control principle, to The Chubu Electric Power Co., for use at the Tsu branch office in telecontrolling 12 communicating stations in the territory. This article reports, as one example of supervising communicating system put into practice at various places, the outlines of the development.

1. ま え が き

電気事業においては最近給電自動化、系統制御自動化、発電電所の遠方監視制御等、通信設備を使用した自動化、省力化が急速に推進されつつある。このため一方では通信設備の規模が拡大するとともに、他方では通信設備の信頼度を一段と高める必要が生じている。すなわち設備事故の未然防止といったん事故が発生した場合の早期復旧が重要な問題となっている。拡大する通信設備を限られた人員で信頼度高く保守してゆくためには、発電電所・営業所等に分散設置された通信設備を1ヵ所から集中監視制御することが必要で、従来より(1:1)×n方式の通信機械室遠隔監視制御装置(通信テレコン装置)が使用されてきた。しかし今後ますます複雑化する通信網を総合的に運用してゆくためには、(1:1)×n方式ではフロアスペース、保守、経済性等種々の問題があり、今回中部電力(株)に、処理装置を使用した1:n方式の通信テレコン装置を納入した。これは同社の津支店管内の主要通信機械室を津支店通信所より集中監視制御するものであり、将来は上位制御所とも接続できるよう考慮してある。以下にその概要を紹介する。

2. 概 要

2.1 方式

本装置は、発電所・変電所・営業所等の通信機器を支店通信所より集中的に監視制御する1:n方式の遠方監視制御装置であり、その概要は下記のとおりである。

- (1) 最大12局まで集中監視制御可能である。
- (2) 1局当たりの項目数は下記のとおりである。

制御 30, 表示 156, 計測 30

ただし、計測は選択計測であり同時に3項目まで計測できる。

- (3) 制御は送信符号変換器(PS)まで含めて1:n方式である。
- (4) 表示・計測は受信符号変換器(SP)までは(1:1)n方式とし、出力メモリ・表示盤は1:n方式である。
- (5) 受信符号変換器の出力はいったんすべて処理装置に記憶させ、状態変化の検出、スケール変換等表示に必要な処理を行なわせている。
- (6) 制御卓に系統表示盤を設け、状態変化発生時、警報を鳴らすとともに、当該局のランプをフリッカさせて状態変化を表示させる。

(7) 制御卓には操作盤・表示盤を2系列設け、多重事故時の並列運転を可能としてある。

(8) 処理装置のバックアップとして制御表示装置を設け、受信符号変換器の出力を直接表示できるよう考慮してある。

2.2 構成

本装置は、制御卓・表示出力装置・処理装置・システムタイプライタ・制御表示装置・送受信装置・入出力送受信装置から成る。ブロック図を図2.1に、各装置の外観を図2.2~2.7に示す。

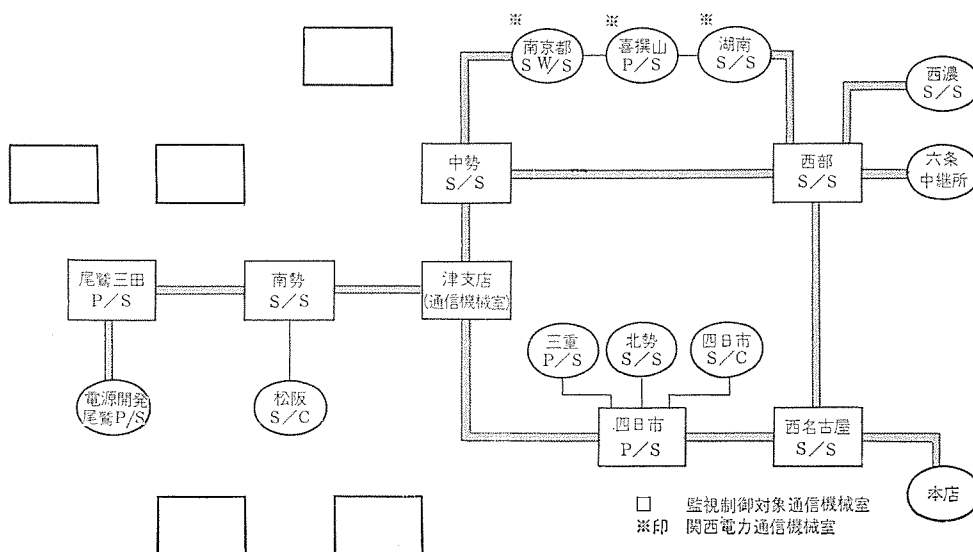


図 1.1 通信システム系統
Communication system diagram.

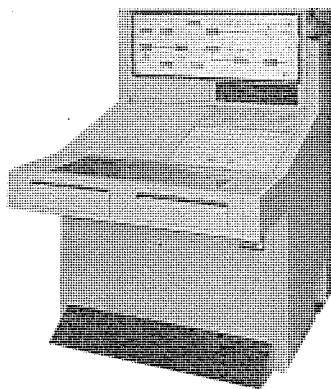
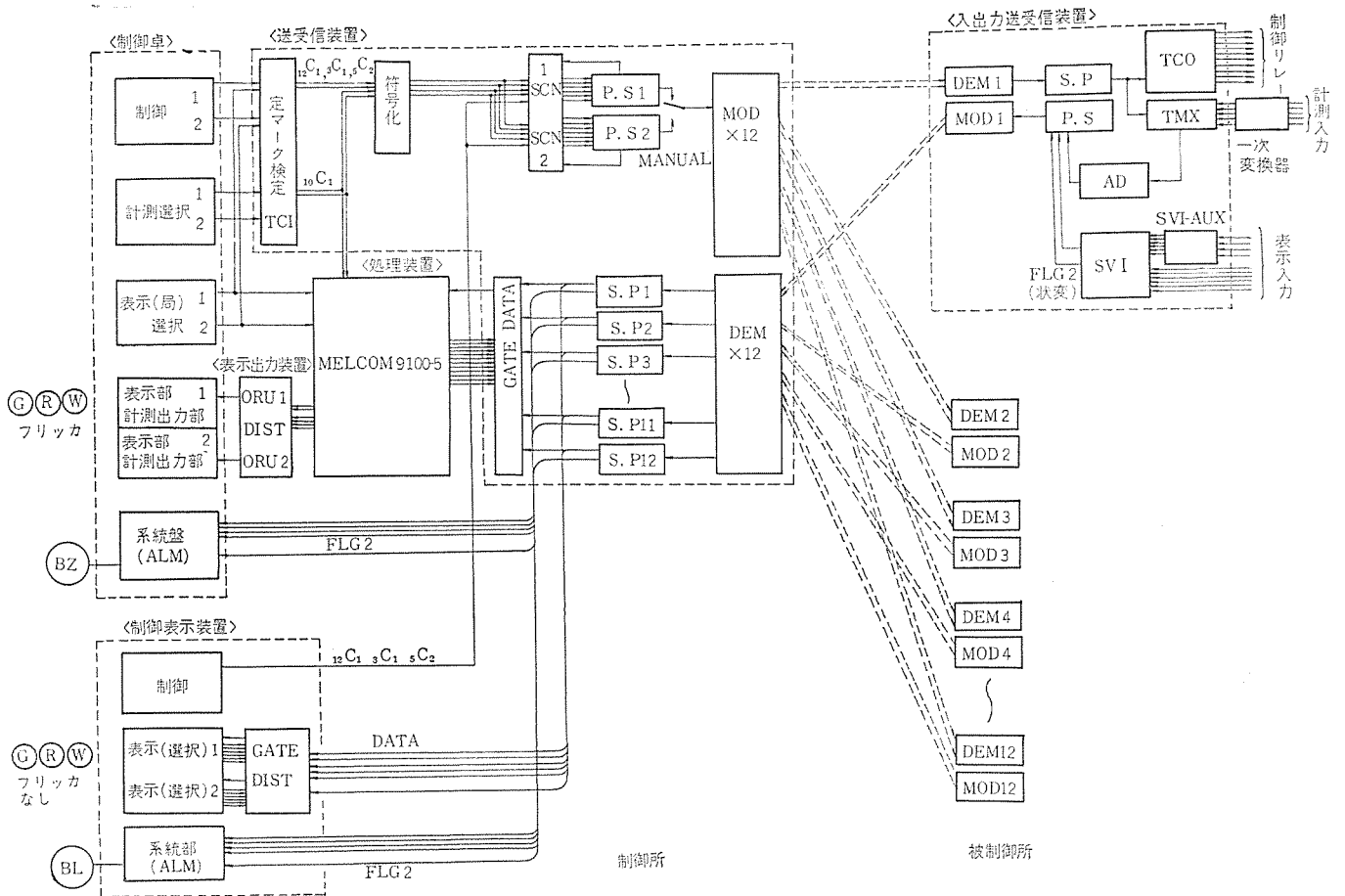


図 2.2 制御卓
Control desk.

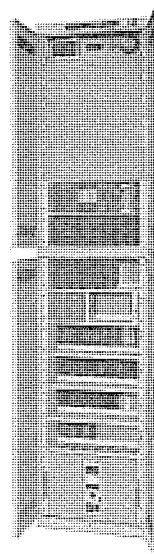


図 2.3 表示出力装置
Indication output
equipment.

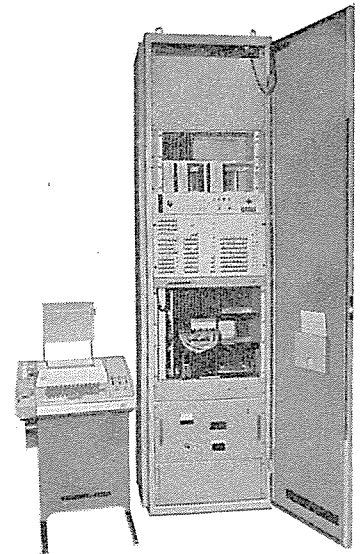


図 2.4 処理装置
Data processing equipment



図 2.5 制御表示装置
Control and supervisory
equipment.

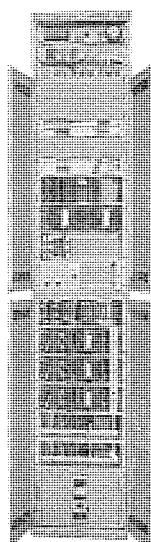


図 2.6 送受信装置
Transmission equipment.

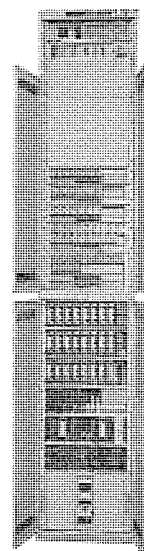


図 2.7 入出力送受信装置
Input-output and transmission
equipment.

3. 制御監視方式

3.1 制 御

(1) 制御項目

下記の制御を行なう。

(a) 無線機の現用・予備切換え

(b) 電源切換え

(2) 制御方式

(a) 制御卓の押しボタンの組合せにより、制御対象を選択し、操作を行なう。

(b) 選択は局選択・機器選択の2段階により行なう。

(c) 局選択確認は、選択ボタン内蔵ランプおよび系統表示盤ランプにより行なう。

(d) 機器選択確認は選択スイッチ内蔵ランプにより行なう。

(e) 同一局を複数の操作盤から選択できないようインタロック回路を設けてある。

(f) 一つの操作盤にて複数の局または機器を選択した場合は、多重選択とし、選択解除・符号選出停止・警報を行なう。

3.2 表 示

(1) 表示項目

下記の表示を行なう。

(a) 各種通信機器の運転状態、故障状態

(b) 通信用電源装置の運転状態、故障状態

(2) 表示方式

(a) 表示は系統表示および局内機器状態表示から成る。

(b) 系統表示は常時表示とし、通常時滅灯、当該局に状態変化発生時フリッカ、当該局選択時点灯とする。

(c) 局内機器の状態表示は選択表示とし、局選択時当該局の機器状態を表示する。選択ボタンは制御用局選択ボタンを共用する。

(d) 詳細タイムチャートは図3.1参照

3.3 計 測

(1) 計測項目

下記の計測を行なう。

(a) 無線機の送受信レベル

(b) パイロット信号の送受信レベル

(c) 通信用電源装置の出力電圧

(2) 計測方式

(a) 計測は選択により行なう。

(b) 選択は局選択・機器選択の2段階により行なう。

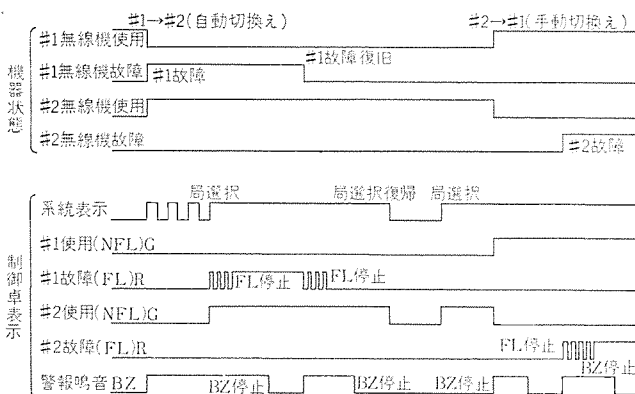


図 3.1 制御、表示タイムチャート
Time-chart of control and indication

(c) 局選択ボタンは制御用局選択ボタンを共用する。

(d) 機器選択ボタンは計測専用のボタンを設ける。

(e) 1局当たり同時に3項目まで計測可能である。

(f) デジタルテレメータ伝送とし、デジタル表示を行なう。

4. 情 報 伝 送

伝送要素の一例を表4.1に示す。伝送方式は下記のとおりである。

(a) 情報伝達方式 常時サイクリック伝送

(b) 伝送システム 伝送路二重化方式(マイクロ回線)

(c) 伝送路切換方式 信号断、同期不良または3ワード連続検定不良発生時自動切換えを行なう。また手

表 4.1 伝送項目(西部変電所)

List of transmission elements for Seibu substation.

監視機器	監視要素数	計測要素数	制御要素数
西名古屋向け無線機	13	5	4
中勢向け無線機	13	5	4
湖南向け無線機	15	5	
西濃向け無線機	19	5	
六条向け無線機	23	5	
西名古屋向け多重無線機	1		
中勢向け多重無線機	1		
湖南向け多重無線機	1		
西濃向け多重無線機	1		
六条向け多重無線機	1		
多重無線機搬送架 ALM	3		
C. R 装置 ALM	4		
F. L 装置 ALM	3		
CDT 装置 ALM	7		
SSC 装置 ALM	11		
VHF 無線機 ALM	1		
REP 架 ALM	1		
信号機	4		
分電盤・NFB 動作	1		
24V 整流器 動作	2		
24V 蓄電池 動作	2		
CTC 動作	5		
通信機機室 POW		4	2

同期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	局	TC	TM1	TM2	TM3	局	TC	TM1	TM2	TM3	局	TC
	制御卓1					制御卓2					制御盤	

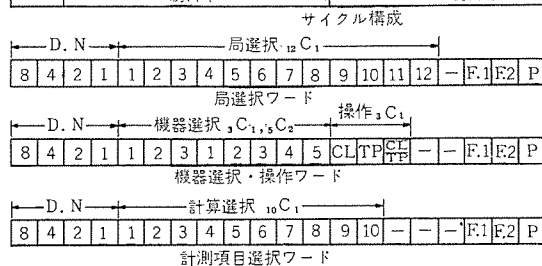


図 4.1 制御、計測選択情報ワード符号構成
Transmission format of telecontrol signal.

同期	1	2	3	4	11	12	13	14	15
	SV	SV2	SV3	SV4	SV11	SV12	TM1	TM2	TM3
	表示データ						計測データ		

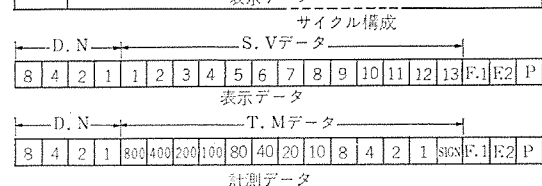


図 4.2 表示、計測情報ワード符号構成
Transmission format of telemeter signal.

動強制切換も可能である。

- (d) 誤り検定方式 2 回連送照合、パリティ 検定および総数検定の併用方式
- (e) 伝送速度 200 ビット/秒
- (f) 符号形式 NRZ 等長符号
- (g) 伝送 フォーマット 図 4. 1, 4. 2 参照

5. 情報処理

1 : n 方式遠方監視に必要な大量の情報をコンパクトな装置で処理し、かつ将来のシステム 拡大時の融通性も考慮して、制御所に情報処理装置を設置した。そのブロック図を図 5. 1 に、仕様を表 5. 1 に示す。本装置の主なる機能は

- (a) 情報伝送装置からの情報収集
- (b) 監視情報の記憶
- (c) 表示項目の状態変化検出、フリッカ 指示
- (d) 計測項目 スケール 変換

であり、これら機能を果たすため、表 5. 2 に示す プログラム が用意さ

表 5. 1 処理装置仕様
Specification of data processing equipment.

項 目	仕 様
ワード構成	16ビット/ワード+1ビット(パリティ)
メモリ容量	8k (実装 4k)
メモリアイクルタイム	2.5 μ s
演算時間	加 算 10 μ s 乗 算 0.1~1.2 ms (ソフトウェア) 除 算 約 2 ms (ソフトウェア)
アドレス方式	相対、間接、直接 (インデックス)
命令数	27 種
割込点数	64 点, 1 レベル
走査速度	1.5 μ s/点
デジタル入力部	入力信号数 16 点 $\times$ 4 走査速度 3×10^5 ビット/秒 受渡しレベル "1" = +5 V (+12 V) "0" = 0 V
デジタル出力部	出力信号数 16 点 $\times$ 3 READY $\times$ 1 伝送速度 400 ビット/秒 受渡しレベル "1" = +5 V (+12 V) "0" = 0 V

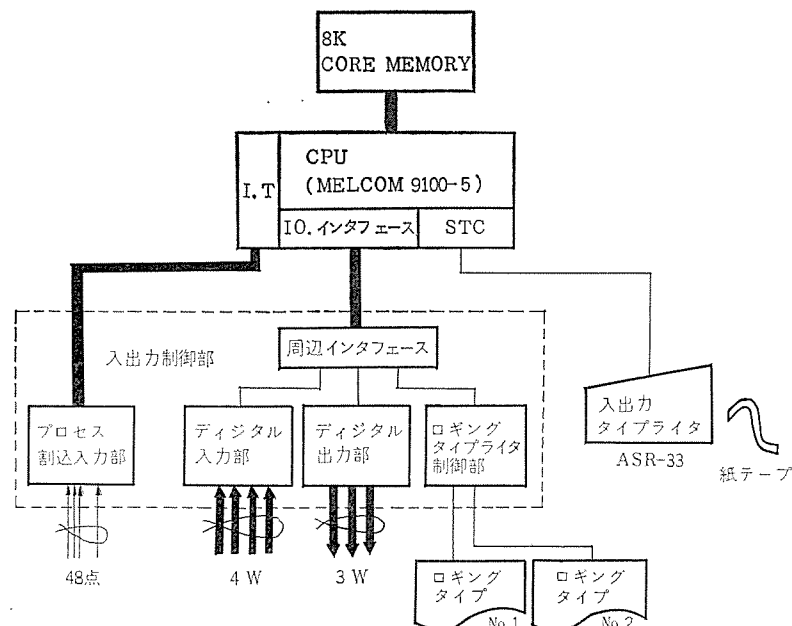


図 5. 1 情報処理装置ブロック図
Block diagram of data processing equipment

表 5. 2 各種プログラムの機能と所要ステップ数
Function and step of various program.

プログラム名	機 能	所要ステップ数	
		3局分の 場 合	12局分の 場 合
データ収集 プログラム (割込方式)	SP READY 信号をプロセス割込で SENSE 該当局 SP GATE を開き、データを読み込む データテーブルアドレスの算出	520 W	700 W
データ記憶 テーブル	監視項目・計測項目のデータテーブル 計測項目のスケールテーブル 監視フリッカ項目指定テーブル	160 W	640 W
メイン プログラム	監視項目の状態変化検出 計測項目の演算(スケール変換) 制御卓へのデータ表示出力	1,000 W	1,200 W
演算プログラム	BCD-BIN コード変換 BIN-BCD コード変換 単精度固定小数点乗算	144 W	144 W
CPU 故障 監視プログラム	標準エラーチェック機構 (電源異常, WDT パリティ, チェック, 不正アドレス, 不正命令, メモリ保護) エラー項目, タイプアウト	250 W	250 W

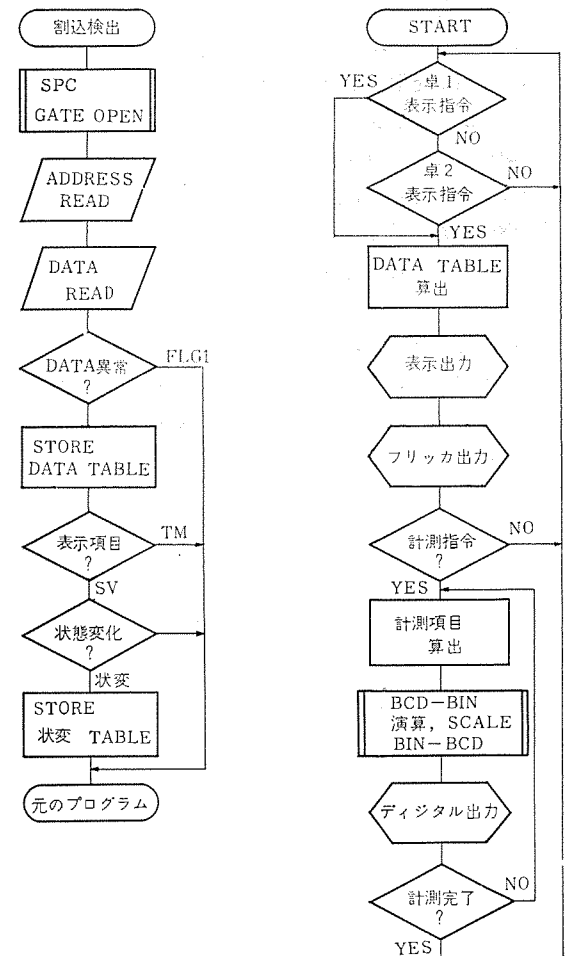


図 5. 2 フローチャート
Flow chart.

れている。各プログラムは機能的にブロック化されたサブルーチンの組合せから成る。フローチャートを図 5. 2 に示す。また ロギングタイプライタ との接続、上位制御所への情報伝送も可能となるよう考慮してある。

6. 動作説明

6. 1 制御送信

制御卓押し ボタン からの選択操作信号は、局選択 ($12C_1$)・

機器選択 (${}_3C_1$, ${}_3C_2$)・計測項目選択 (${}_{10}C_1 \times 3$) の定マーク符号に変換され、アドレスを付加して順次PSCより選出される。局選択、計測項目選択信号は同時に処理装置へ、表示局・計測項目の指示として渡り、処理装置から卓へ該当局データを表示させる。

6.2 表示計測受信

各被制御所からのデータは、SPCにより13要素1群の符号に変換される。SPCのREADY信号は、情報処理装置へプロセス割込を起し、READルーチンを走らせて、データの収集・演算を常時行なう。卓からの表示局指令で処理装置は該当局の表示データ、計測データを表示出力装置へ、アドレスを付加して送出する。表示出力装置は、分配器(DIST)により各アドレスに対応したICメモリに表示データを記憶する。さらに制御卓の表示盤ランプ、計数管を駆動する。

表示データのFLG.2は、全ワードに共通して監視項目の状態変化符号として使用し、状態変化検出時系統表示盤の該当局名をフリッカさせる。

制御表示装置は、処理装置のバックアップであり、表示2系統・制御1系統分を実装する。局選択により当該局SPCと表示盤が接続され、当該局の機器状態が表示される。

6.3 制御受信・表示計測送信

制御所からの制御信号は、SPCにより局選択・機器選択・操作(入切)信号に復号され、TCO、TMXの各リレーを駆動する。リレー盤では、定マーク検定を行ない、誤制御を禁止している。制御は卓・盤の複数カ所からできるが、複数カ所からの制御は誤操作につながるため、同一局の選択は1カ所からのみ可能なものとなっている。

TMXリレー接点で選択された計測信号(アナログ量)は、スケーラ、DCAMPにより、 $0 \sim \pm 5V$ スケールに変換され、A/D変換器でデジタル化する。表示入力信号はいったん補助リレー(SVI)にて中継する。表示・計測データは、順次PSC符号変換器により制御所へ、常時伝送される。

7. 装置仕様

7.1 構造

(1) 外形寸法 通信標準架、高さ2,750mmまたは2,300mm、幅520mm、奥行225mm

(2) 実装方式 プラグイン方式

7.2 使用条件

(1) 温度 $0^{\circ}C \sim 40^{\circ}C$

(2) 湿度 30%~85%

(3) 供給電源 制御局 DC 48V(ただし処理装置はAC 100V)、被制御局 DC 24V

(4) 電源変動 標準値 $\pm 10\%$

7.3 受渡し条件

(1) 制御出力 無電圧1a接点(接点容量10VA、保持時間1秒)

(2) 表示入力 1a接地渡し接点

(3) 計測入力 DC $0 \sim \pm 0.5V$ または DC $0 \sim \pm 5V$

7.4 計測総合精度

$\pm 2.5\%$

8. むすび

以上、中部電力(株)に納入した1:n方式通信テレコン装置について、概要を紹介した。本装置は47年4月より運用されている。今後ますます複雑化する通信システムを信頼度高く、合理的・総合的に運用してゆくため、回線自動監視システムの研究・実用化が現在進行中であるが、その中にあって今後このような1:n方式の通信テレコン装置の必要性が増すものと考えられる。また本装置は、小形処理装置を使用した1:n方式遠方監視制御装置の一例として見ていただければ幸いである。

最後に本装置の計画・設計・工事にあたって、ご指導・ご協力をいただいた中部電力株式会社の関係各位に深く感謝する次第である。

マイクロ波キャリアリレー用信号伝送装置

小林 茂*・加島 幸一*・羽子岡 蕃*・赤塚 和禧*

Modulators and Demodulators for Carrier Relays using Microwave Lines

Communication Equipment Works

Shigeru KOBAYASHI・Yukikazu KASHIMA

Shigeru HANEOKA・Kazuyoshi AKATSUKA

The power transmission lines themselves have been used for the service of signal transmission lines necessary for the carrier relaying to protect the former. Power line carrier terminal equipment has been working for sending and receiving signals in this arrangement. However, the latest expansion of the electric power system has come to demand the improvement of the protective equipment applied to the super high voltage system. Thus for the relay panels and the signal transmission apparatus is demanded new types to cope with the advancement.

This article introduces signal transmission system for protective relays making use of micro circuits.

1. ま え が き

最近の電力需要の増大による電力系統の拡大、サービス向上に伴って、送電線の保護装置には従来に増して信頼性が高く、また性能のすぐれたものが要求されている。本文では中部電力(株)の超高圧(275 kV)系統保護用として、納入したマイクロ波キャリアリレー用信号伝送装置について、その概要を紹介する。

2. キャリヤリレー方式

A局とB局との間の送電線保護の場合、事故点が保護区間A—B間の内部事故(図2.1)であるか、あるいは外部事故(図2.2)であるかを判断し、内部事故の場合にはしゃ断器をトリップし、外部事故の場合にはトリップしない。この判断をするためには相手局の情報を受けて、自局の情報との相互判定をする必要がある。

この装置では、主保護装置に位相比較方式を後備保護装置に方向比較方式を採用している。

2.1 位相比較方式

A局では、送電線のCT(電流変換器)よりの60 Hz交流電流をいったん(矩)形波パルスに変換し、このパルスをFS変調してB局へ送り、B局では受信した復調パルスと自端子にて得られたく形波パルスとを比較して位相ずれを算出する。内部事故の場合にはA局と

B局のく(矩)形波パルスが小さく、また外部事故の場合にはく形波パルス位相が反転するので、この位相ずれを検出して事故点を判断することができる。ただしA局からB局へ信号を送る場合には、数ms程度の伝送遅延時間があるので、B局では自分自身で得たく形波パルスを適当な遅延回路によりあらかじめ補正しておく必要がある。

図2.3, 2.4のごとく位相比較継電器には一定のタプルレベルがあって、故障電流がその値以上にならないとく形波は作成されない。図2.3は内部故障の場合で、④'と⑥'のANDによりトリップ信号

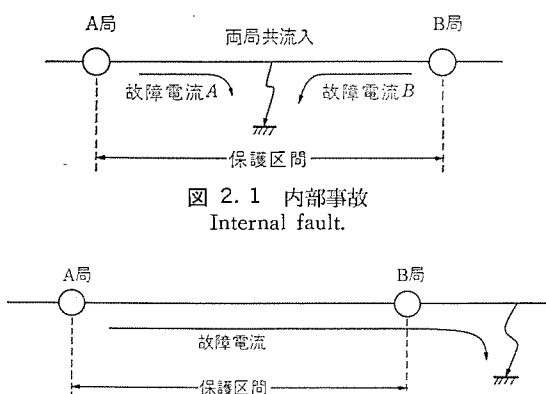


図 2.1 内部事故
Internal fault.

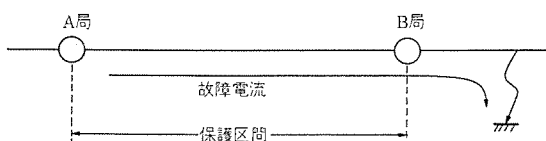


図 2.2 外部事故
External fault.

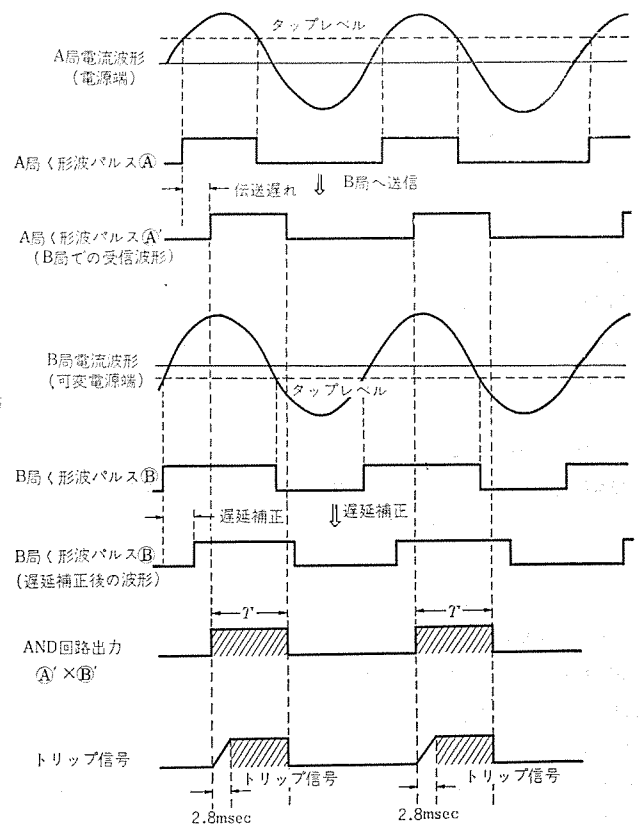


図 2.3 位相比較方式 タイムチャート(内部事故の場合)
Time-chart of phase comparison carrier relay in the case of internal fault.

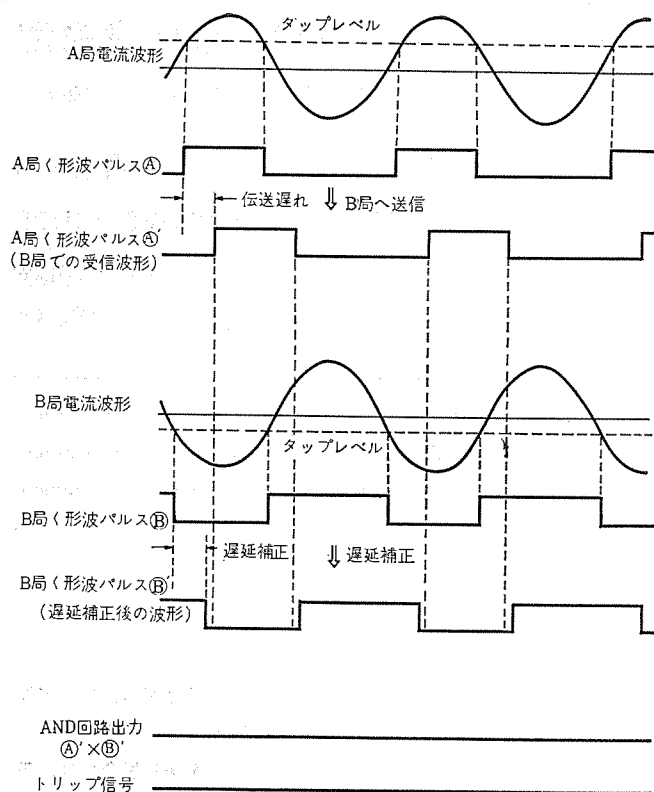


図 2.4 位相比較方式 タイムチャート (外部事故の場合)
Time-chart of phase comparison carrier relay in the case of external fault.

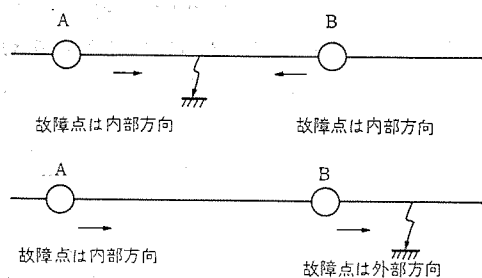


図 2.5 方向比較方式
Directional comparison carrier relay.

が得られる。この場合B局のタップレベルが0より下にあるのは、B局が電源端でなく、内部事故時に故障電流が流れない場合でも、トリップさせるためのものである。図 2.4 は外部故障の場合で AND 出力は出ない。AND 出力が $60^\circ (2.8 \text{ ms}) (\frac{1}{6} \text{ サイクル})$ 以上継続するとトリップ出力信号となる。

なお、位相比較は系統が正常な場合には位相比較は行なわないが、内部事故検出リレーが動作した場合に、位相比較をはじめ、内部事故判定にてトリップ信号とする。

2.2 方向比較方式

A局およびB局はそれぞれ故障時に、方向距離継電器により故障点の方向を検出する。内部事故時は両局のリレーは共に内部方向を検出する。また外部事故時はいずれかの局が外部方向を検出する。A局ではB局より内部事故か外部事故かの信号をうけとって、自局のリレー動作状態とあわせトリップするかどうかを判断する。この信号はリレー接点信号であり、相手端より周波数偏移 (FS 変調) されて送られてくる。

2.3 二重化

超高圧キャリアリレー装置において、万一内部事故時トリップ不能と

いう事態が発生した場合には、その事故が広範囲に波及するため、これを防止するために前述の2方式を併用して信頼度を高めている。

2.4 マイクロ波回線障害時の対策

マイクロ波回線は送電線の系統事故とは相関がないが、気象条件による障害、フェージング、あるいは無線機の現用機→予備機の切換時などにおいて、雑音、あるいは回線の瞬断事故が起こる。このときにも信号伝送装置が誤ってトリップ許容信号を出すことのないようにしなければならない。このため雑音あるいは瞬断を検出して、受信信号の出力をトリップロック側にホールドする必要がある。本装置は、0.3~3.4 kHz の帯域を1チャネル使用して雑音・瞬断共に2ms以内に検出して、信号をトリップロック側にホールドし、信号伝送装置に接続する位相比較継電器の誤動作を防止している。

3. 特 長

マイクロ波キャリアリレー用信号伝送方式は、従来の電力線搬送方式と比較し、下記の特長がある。

(1) 位相比較信号を安定して伝送することができる。

電力線搬送方式では送電線そのものを伝送路として使用しているため、送電線に事故が発生した場合に、位相比較信号を安定して伝送することが困難であった。マイクロ回線は送電線事故との相関がきわめて小さいため、位相比較信号を安定して伝送することができる。電力線搬送方式では主として方向比較方式用に使用し、内部故障時搬送波を送出阻止させる方式を取っている。

(2) 広い帯域を使用できる。

電力線搬送の場合には、周波数使用制限があり、帯域を広くとることができない。しかしマイクロ波回線の場合には、0.3~3.4 kHz まで使用できるので符号ひずみも小さくできる。またチャネル数が多くとれるので三相交流の各相位比較も容易である。

(3) 送電線との結合器が不要である。

超高圧になれば電力線搬送装置と送電線との結合器が非常に高価なものとなるが、マイクロ回線を使用すれば結合器は不要である。またマイクロ回線はキャリアリレー以外の情報伝送もしており、経済的に有利である。

4. 装 置 概 要

位相比較方式は各相別に位相比較を行なうので各回線あたり3個の変復調装置が必要である。方向比較は三相一括比較を行なうため、各回線あたり1個の変復調装置が必要である。継電器盤より位相比較信号あるいは方向比較信号が入り、SEND (変調器) によりFS変調されてその出力はマイクロ端局へ入る。この信号は無線機を通して相手端に送出される。一方、無線機より受信された信号は、マイクロ端局を通して信号伝送部のREC (復調器) に入る。ここでFS変調波が復調されて、継電器盤に位相比較信号あるいは方向比較信号を与える。したがって信号伝送装置は変復調装置が主体であり、継電器盤とマイクロ回線を接続する役目を持っているが、前述のごとくマイクロ回線異常を高速で検出するために、図 4.1 のごとく常時特定の周波数をパイロット信号として送信しており、受信側ではこの周波数を受信しているかどうかを常時監視し、受信断のときには瞬断と判定する。また同一チャネルにてこのパイロット信号以外の帯域を使用して、常時、信号があるかないかを監視し、信号ありの場合にこれを雑音とみなす。この雑音・瞬断検出回路は位相比較用として、1チャネルを設けている。すなわち雑音および瞬断は端局にて同一ル

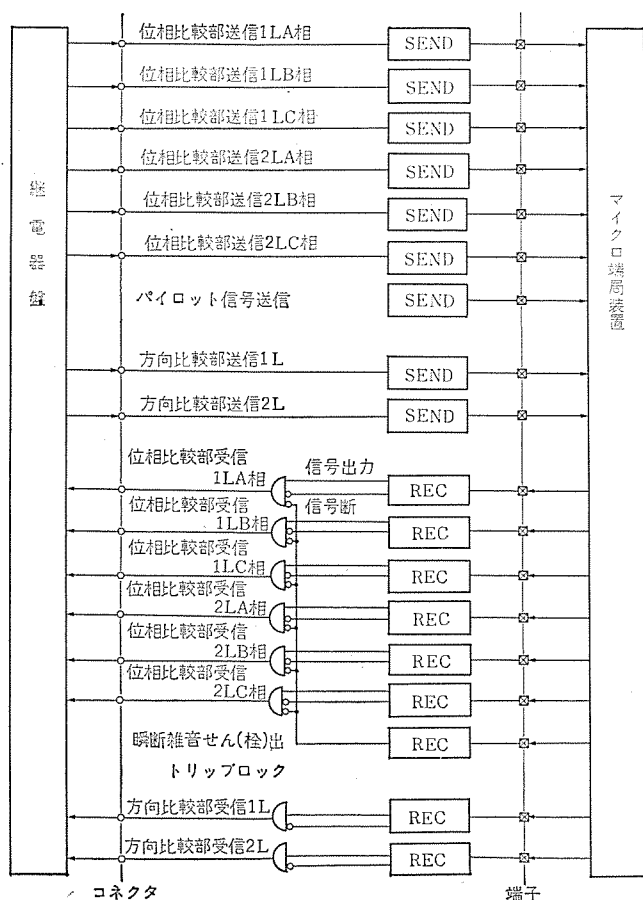


図 4.1 信号伝送装置ブロック図
Block diagram of modulators and demodulators.

ープを使用しているかぎり、そのグループ内のどのチャネルも共通に起こるものとする。また信号伝送装置等の故障により、特定のチャネルの信号のみが断になることも考えられるので、おのおのの復調器 (REC) の内部にて信号断検出回路を設けている。したがって回線異常のないときは、受信信号出力はそのまま継電装置へ渡されるが、雑音・瞬断・信号断が起ると図 4.1 の AND ゲートが禁止されるので、継電器盤へ渡される信号はトリップロック側にホールドされる。

また、位相比較方式に使用される遅延補正回路は、デジタル方式を採用しているが、これは継電器盤の位相比較リレーに収納されている。

5. 装置構成

信号伝送装置の構成を図 5.1 に示す。試験盤をはさんで装置上段には位相比較用伝送装置、下段には方向比較用伝送装置を実装する。位相比較部・方向比較部はおのおの独立に電源盤を持っている。

以下に各部の機能を説明する。

(1) 架上部

主銘板、運転表示ランプおよび警報表示ランプを実装。ランプは位相比較・方向比較独立に表示する。

(2) 端子盤

継電器盤との接続コネクタ、マイクロ端局との接続端子を実装する。

(3) 電源盤

各回路への電源を供給するもので、位相比較用と方向比較用がある。

(4) 回線異常検出部

瞬断・雑音検出用の回路を実装。この部分は位相比較用で、電源

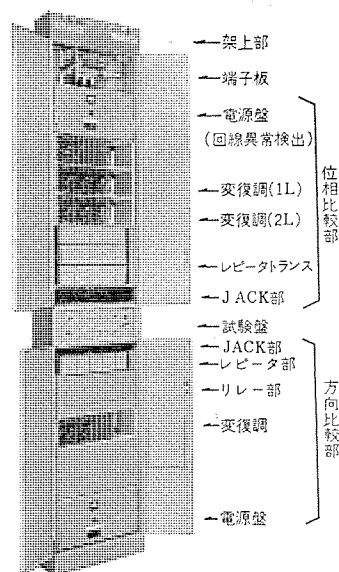


図 5.1 装置構成
Panel disposition in the bay

は二つの電源盤より OR にて供給される。

(5) 変復調部

変調器・復調器を実装する。

(6) レピータランス

マイクロ端局と信号伝送装置間の耐圧を AC 2,000 V に保つため、高耐圧中継コイルを実装する。

(7) JACK 部

継電器盤との受渡し信号を切開きできるよう、試験用切開きユニットを実装する。

(8) 試験盤

警報表示ランプ、通話用ジャックおよび 60 Hz 試験用発振回路を実装。図 5.1 の上段のランプは位相比較用、下段のランプは方向比較用である。通話用ジャックと試験用発振回路は共用である。

(9) リレー部

方向比較方式の接点受渡し用リレーを実装する。

(10) 信号出力表示器

別置の試験器であり、継電器盤に渡す復調器の信号出力をランプ表示する。位相比較用・方向比較用おのおのあり、必要時装置内の所定の位置にそう入し、被測定復調器とコード接続することにより出力をランプ表示できる。

6. 仕様

(1) 構造

通信標準架 高さ 2,750 mm, 幅 520 mm, 奥行 225 mm

(2) 変調方式

周波数偏移 (FS 方式)

(3) 符号伝送速度

1,200 ボー

(4) 変調周波数ならびに安定度

周波数 $F_L=1,700 \text{ Hz}-400 \text{ Hz}=1,300 \text{ Hz}$

$F_H=1,700 \text{ Hz}+400 \text{ Hz}=2,100 \text{ Hz}$

安定度 $\pm 10 \text{ Hz}$ 以内

(5) 伝送遅延時間

変調器・復調器対向 (伝送路含まず) にて

位相比較信号(電圧信号) 3 ms 以内

方向比較信号(接点信号) 5 ms 以内

(6) 継電器盤との受渡し

位相比較信号 トリップロックにて $+(8\pm2)V, F_H$

トリップにて $-(8\pm2)V, F_L$

ただし、終端抵抗は $3.5k\Omega$

方向比較信号 トリップロックにて 接点閉, F_H

トリップにて 接点閉, F_L

(7) 耐 圧

回路ときょう(筐)体接地間との耐圧は AC 2,000 V 1 分間。

(8) 回線異常検出

2 ms 以内に検出し、受信信号をトリップロック側にホールドする。

(9) ひずみ

60 Hz 信号に対して 1.5%, すなわち 130 μs 以下。

(10) 送受信レベルおよび安定度

送信レベル -20 dBm, 受信レベル -12 dBm

安定度 ± 2 dB 以内

(11) 使用条件

周囲温度 $0^\circ C \sim 40^\circ C$

相対湿度 40%~85%

供給電源 AC 100 V または AC 200 V

電源変動 標準値 $\pm 10\%$

(12) 警 報

電源回路異常, マイクロ回線異常にてブザーを鳴動し, ランプ表示をする。また外部へメーク接点を渡す。

7. 変調器・復調器の回路構成

7.1 変調器

図 7.1 のごとく位相比較信号, あるいは方向比較信号が GATE 回路に入り, この出力が発振回路を制御し, 入力信号に対応して F_H あるいは F_L の発振をする。この発振出力は送信フィルタを通し

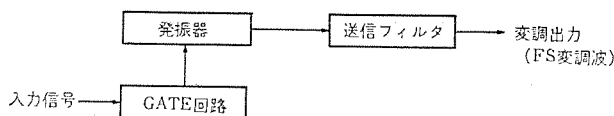


図 7.1 変調器ブロック図
Block diagram of modulator.

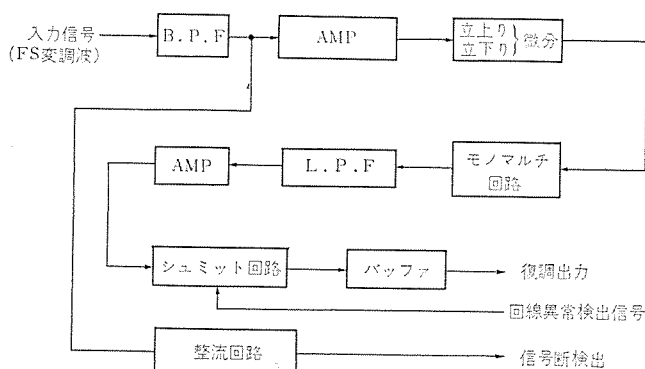


図 7.2 復調器ブロック図
Block diagram of demodulator.

て端局装置へ渡される。

7.2 復調器

図 7.2 のごとく FS 変調波の入力信号は, 帯域フィルタ(BPF)を通して AMP に入り飽和して搬送周波数のく(矩)形波になる。次にく形波の立ち上りと立ち下りにて微分パルスを作成し, そのパルスでモノマルチ回路を駆動する。モノマルチ出力を低域フィルタ(LPF)に通して信号成分を取り出し, AMP した後, シュミット回路によりく形波信号を得る。さらにバッファ回路を通して, $F_H \cdot F_L$ に対応した最終出力 $+(8\pm2)V \cdot -(8\pm2)V$ とする。また信号断を検出するために BPF を通した搬送波を整流する。これは瞬断ではなく, 各チャネル個別の信号断を検出するのが目的である。また回線異常が検出されると, シュミット回路に入って復調出力を強制的にロック側すなわち $+8V$ 側にホールドする。

8. 装置安全運転のための対策

(1) JACK 盤

不用意に JACK 盤のコセンをぬくと信号断となるので, すべて前面にカバーをつけて保護し, 簡単に手にふれることができないようにした。

(2) 変調器・復調器のレベル測定点

測定点のコセン受け口は, 入出力をショートして, コセンをぬいても回路を切開くことのできないようにし, 測定の際はすべて 600 Ω HIGH にて測定するものとした。

(3) サージ対策

継電器盤と信号伝送装置間のケーブルは, 一括シールドされたツイスト線を使用した。また継電器盤との接続点にはサージ吸収ダイオードをそう入した。

(4) ケーブル切断に対する対策

継電装置と信号伝送間のケーブルが切断事故を起こしても, トリップ信号にならぬようバイアスをかけて, 電圧なしの状態はトリップロック側にした。

(5) 使用素子

半導体はシリコンを使用し, 定格に対して十分余裕のある設計とした。

9. む す び

以上マイクロ波キャリアレー用信号伝送装置の概要を紹介した。本装置は, 昭和 46 年 4 月より中部電力(株)西名古屋変電所~中勢変電所間の超高压送電線保護用として実運用している。今後も超高压系統の拡大に伴い, 使用範囲が広がっていくものと考えられる。

マイクロ波キャリアレー用信号伝送方式には, 本装置のごとく 0.3~3.4 kHz の変調波にてマイクロ端局と受渡す方式(CH 方式)と, 60~108 kHz の搬送波を直接マイクロ端局の群変換部と受渡す方式(G 方式)がある。後者は 60~108 kHz の変復調器が必要となるが, マイクロ端局側の通話路変換部が不要になる, 伝送遅れ時間が短くなる等の利点がある。G 方式キャリアレー用信号伝送装置は, 現在実用化試験を実施中であり, 追ってその詳細を紹介する。

本装置製作にあたり多大のご指導をいただいた中部電力株式会社の関係者各位に深く感謝する次第である。

密結合誘導無線による移動体の制御

今泉 巽*・山内 才胤*・吉良 広文*

前田 良雄**

Moving Machinery Control System through Induction Radio

Communication Equipment Works Tatsumi IMAIZUMI・Toshitane YAMAUCHI・Hirofumi KIRA

Central Research Laboratory Yoshio MAEDA

To automatize moving assemblies running on tracks such as cranes, working machines and carts, wired or wireless signals have been used for controlling them, but there are too many drawbacks in the conventional system to help diffuse them. Induction radio system described herein is the one making use of communication circuit made up of two parallel lines and a loop antenna and magnetically coupled for data communication between the moving assembly and the ground or between moving assemblies themselves. Its specific features are its capability of multi channel communication with frequency bands from 10 to 250 kHz, unsusceptibility of ambient noises and its contactless operation. These are all favorable characteristics for moving machine control. Its future prevalence is highly anticipated.

1. ま え が き

製鉄所・ガス会社・倉庫などにおける作業機械・運搬車・クレーン、その他の産業機械用移動体の運転は、高温・高圧・ガス・粉じん(塵)等の危険な環境条件下にあるため、その自動化が必要条件となりつつある。

自動化のためには、移動体と地上機器、または移動体相互間に情報の伝達を行なわせ、制御および監視の情報が適切に授受されることが必要である。自動制御系は、このような情報伝達の手段が構成された系統において、電子計算機の導入などにより、プログラム制御系を完成することが可能となる。したがって移動体との通信の手段は、産業機械用移動体の自動化に対して重要な意義を有するものである。

これら移動体の通信方式は長年の間、各種方式が研究されてきたが、実用に至らぬかまたは実用化されてもいろいろな条件に規制されて、高速でかつ有機的なデータ通信は困難であった。しかしながら、近年誘導無線方式が再確認され、各種実験検討の結果、問題とされていた結合損失も減少し、その誤り率も 10^{-4} が確保され、データ通信が可能となり、移動体制御用として使用できることが確認された。

当社では、誘導無線を利用して産業機械用移動体の自動化システムを完成し、各種システムを納入してきた。このシステムは、軌道のある移動体の自動化に対して、あらゆる産業分野で応用できるものであり、需要の拡大が期待されている。

2. 誘導無線の原理と特長

誘導無線方式とは、移動機械の移動方向に沿った通信路(平行2線)と移動機械の送受通信アンテナから構成されている。平行2線またはアンテナの高周波電流を通じて、その周囲に電磁界を発生させ、対応するアンテナまたは平行2線に電磁誘導作用によって、高周波電流を発生させ伝送路を構成する。誘導無線の原理を図2.1に示す。

一般に電磁波源の近傍が誘導界、遠方がふく(輻)射界であるが、ここでいう誘導無線は誘導界を主体に利用したもので、密結合誘導

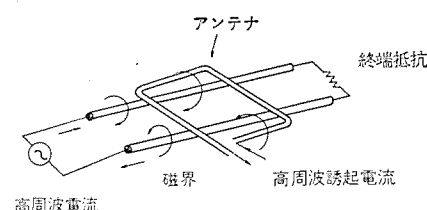


図 2.1 誘導無線の原理
Principle of inductive radio.

無線ともいわれている。したがって、この方式の伝送路の性能は平行2線路とアンテナの離隔距離のみによってきまるため、空間波に比べ空中の状態にほとんど影響されず安定な通信が可能である。また後述のとおり電波利用に関しては届出によって設備許可が与えられるため、計画・運用が非常に容易である。

誘導無線は、レールまたはガイドなどの一定軌道を走行する移動体と、地上機器間の通信に有効な通信手段として脚光をあびている。密結合誘導無線は、原理上から平行2線(有線)に沿ったアンテナ(無線結合)により通信を行なうもので、有線と無線の長所を生かした移動体との通信手段といえる。

密結合誘導無線通信方式の特長を考えると次のとおりである。

(1) 電波利用

電波法第100条により、次の範囲で誘導無線設備の許可を受けて使用できる。

周波数：10～250 kHz の間(施行規則第44条)

漏えい電界強度の許容値：送信装置から500 m以上隔たり、かつ線路から $\lambda/2\pi$ の地点で $200 \mu\text{V/m}$ 以下(無線設備規則第61条)

(2) 通信の同時性

上記周波数帯域内で同時に多周波の電波利用ができるため、多数の移動体との間で同時通信ができる。

(3) 無接触

結合が無接触式であるため、摩擦や接触不良の心配がない。

(4) 高速性

通信速度を自由に選択できるため、制御監視の高速化が可能である。

(5) 低雑音

密結合誘導無線は、外部雑音源に対して強く安定したデータ通信回線が実現できる。

(6) 通信距離

誘導線路の張られた距離間で通信でき、無線波の場合のように電界の乱れによる通信不能点は発生しない。

3. 誘導無線の特性

ここで取扱う誘導無線は、2条の絶縁電線を約10~20 cmの間隔で、固定壁面から約10 cmの高さがい(碍)子を利用して取付ける構造とする。これは伝送路としては平行2線であり、また移動体のアンテナとの間では誘導通信の誘導線となる。

この平行2線の伝送特性と結合器間の特性について述べる。

3.1 線路の一次・二次定数

一次定数は、平行2線が張られたときに生じる4定数(R, L, C, G)を示し、二次定数は、特性インピーダンス Z_0 と伝搬定数 γ である⁽¹⁾。一次定数の計算式と実測値を表3.1に示す。また、二次定数の計算式を表3.2に示す。ここで Z_{op} ・ Z_{sh} は平行2線の先端を開放・短絡したとき、送端よりみたインピーダンスである。

3.2 結合特性

3.2.1 誘導線とアンテナ間の結合

誘導線に1端から他端に向って電力を供給するとき、誘導線に対して移動体上におかれる結合用線輪(ループアンテナ)との間に、電力の授受が行なわれるので通信が可能となる。この場合、原理上、誘導線およびアンテナが発生する電気力(電界)を利用する方式も考えられるが、ほとんど多くの実用例は、磁気力(磁界)を利用した結合である。この方式の場合は、誘導線とアンテナの結合は、相互インダクタンスによって定まる。

線路とループアンテナとの結合度は、線路に供給される電力とループアンテナから取り出しうる電力の比として定義され、次式で与えられる。ただし大地の影響は無視して考えられている⁽²⁾。

表 3.1 平行2線の一次定数 Primary constants of twin-lead feeders.

	R 実効抵抗	L インダクタンス	C 静電容量	G 漏えい量
計算式	$R/R_0 = \frac{X \{ \text{ber}' X \text{bei} X - \text{ber} X \text{bei}' X \}}{2 \{ (\text{ber}' X)^2 + (\text{bei}' X)^2 \}}$	$L = 4 \left(\log \frac{2D}{d} + \delta \right) \times 10^{-1} \text{ (mH/km)}$	$C = \frac{\pi \epsilon_0 l}{\log_e \frac{4h}{d} \sqrt{1 + \left(\frac{2h}{D} \right)^2}} \text{ (F/m)}$	基本公式なし 絶縁物、支持物の取付方法 天候により高周波での損失角が変化する
実測値	23 Ω /loop km	2,200 mH/km	8 μ F/km	0.01~0.5 mU/km
備 考	R_0 : 直流抵抗 (3.4 Ω /km) $X = 0.1071 d \sqrt{f}$ d : 導体の直径 (2 mm)	f : 周波数 (100 kHz) D : 平行2線の間隔 (200 mm) h : 平行2線の地上高 (30 mm)	l : 線路長 (1 km) δ : 表皮効果係数 $\epsilon_0 = 8.855 \times 10^{-12}$ F/m	

表 3.2 平行2線の二次定数 Secondary constants of twin-lead feeders.

Z_0 特性インピーダンス	γ 伝搬定数
ただし $Z_0 = \sqrt{Z_{op} \cdot Z_{sh}} = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} = R_0 + jX_0$ $R_0 = \sqrt{\frac{\sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)} + (RG + \omega^2 LC)}{2(G^2 + \omega^2 C^2)}}$ $X_0 = \sqrt{\frac{\sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)} - (RG + \omega^2 LC)}{2(G^2 + \omega^2 C^2)}}$	ただし $\gamma = \frac{1}{l} \tan^{-1} \sqrt{\frac{Z_{sh}}{Z_{op}}} = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} = \alpha + j\beta$ $\alpha = \sqrt{\frac{1}{2} \{ \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)} - (\omega^2 LC - RG) \}}$ $\beta = \sqrt{\frac{1}{2} \{ \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)} + (\omega^2 LC - RG) \}}$ l : 線路長 α : 減衰定数 β : 位相定数

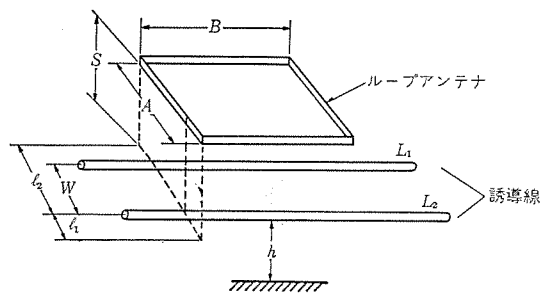


図 3.1 平行線とループアンテナの結合 Coupling between twin-lead feeders and loop antenna.

$$\text{結合損失 } L = 10 \log_{10} \frac{16 \pi^2 Z L_e}{\omega N^2 \mu^2 B^2 Q \left(\log \frac{l_2^2 + h^2}{l_1^2 + h^2} \right)^2} \dots \dots (3.1)$$

ここで、 L_l : ループアンテナのインダクタンス (H)

N : ループアンテナの Q

μ_0 : 空気中の透磁率 $4\pi \times 10^{-7}$ (H/m)

なお、 l_1 , l_2 , B および S は図 3.1 中に示している。式 (3.1) によれば、結合度を大きくするためのループアンテナの条件として B , N および Q/L_l を大きくすればよく、さらに伝送線路としては Z_0 の小さいものが望ましいことがわかる。

ここで、周波数: 100 kHz

$Z_0 = 75 \Omega$ $B = 0.2 \text{ m}$

$l_1 = 0.05 \text{ m}$ $l_2 = 0.25 \text{ m}$

$N = 30$ $L = 670 \text{ mH}$

のパラメータを使用して、平行2線とアンテナ間の距離 h を変化させたときの結合度を計算した結果を、図 3.4 に示す。

3.2.2 結合損失の変化

結合損失は式 (3.1) で与えられるが、標準状態の結合のほか、平行2線とアンテナの間に各種の物体がそう(挿)入された場合の結合損失の変化が問題となる。ここでは、図 3.2 のモデルセットにより図 3.3 の測定回路を用いて、次の状態における結合損失を、平行2線

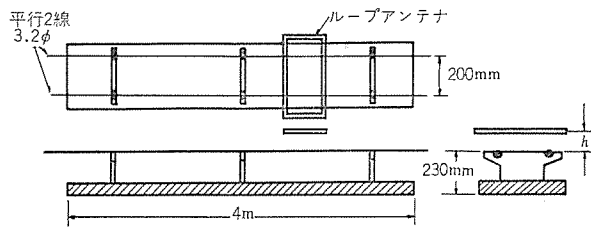


図 3.2 平行2線 モデルセット
Model set of twin-lead feeders.

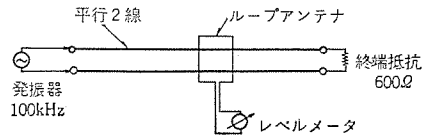


図 3.3 測定回路 Test circuit.

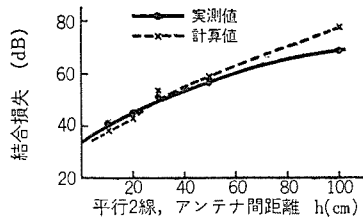


図 3.4 結合距離と損失
Coupling distance vs. coupling loss.

表 3.3 結合損失の変化 (単位 dB)
Coupling loss (unit dB).

$h(\text{cm})$	0	10	20	30	50	100
状態						
標準状態	34	41	45	51	56	68
湿った木板 10mmを入れた	—	41	45	51	57	69
コンクリート 100mmを入れた	—	42	46	52	58	69
平行2線を水中 50mmに沈めた	—	41	46	52	57	69

とループアンテナ間の距離 h を変化させて測定した。

- (1) 標準状態
- (2) 湿った木板 (10 mm 厚さ) を、平行2線とループアンテナ間に
そう入
- (3) コンクリート (100 mm 厚さ) を、平行2線とループアンテナ間に
そう入
- (4) 平行2線を水中 50 mm に沈めた

この結果を表 3.3 および図 3.4 に示す。この結果は、密結合誘導無線は、誘導磁界による電磁結合特性を有する性質から、磁性体のしゃへい物が結合を妨げないかぎり結合損失の変化はないことを示す。また計算値と実測値は図 3.4 でほぼ一致していることがわかる。

3.2.3 水平方向の変化と結合損失

平行2線とループアンテナの垂直方向の距離 h を変化させた場合の結合損失については先に述べたが、水平方向の距離 δ に対して、結合損失を測定した結果を図 3.6 に示す。

この結果は図 3.5 に示すように平行2線の電流 I 、 $-I$ による。誘導磁界が逆位相で同一強度でループアンテナに結合する位置 δ があり、結合特性にデッドポイントを生じる。したがって平行2線とアンテナの水平方向のズレは、デッドポイントの発生する距離以内に押える必要がある。

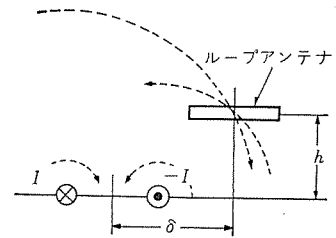


図 3.5 水平方向の距離変化
Coupling variation for horizontal displacement.

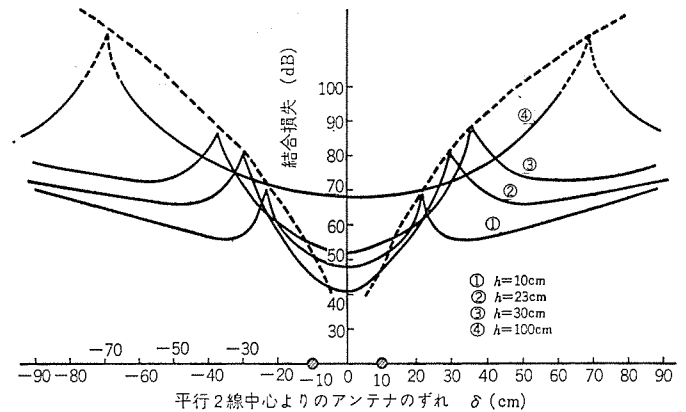


図 3.6 水平方向のずれ δ と結合損失
Coupling loss vs. horizontal displacement.

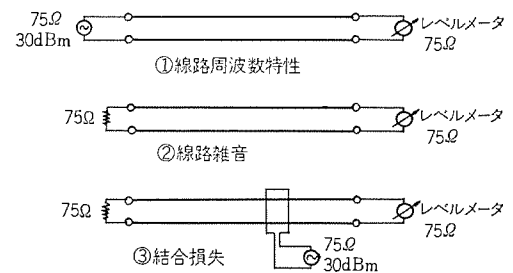


図 3.7 測定回路
Measuring circuits.

3.3 伝送線路の S/N 特性

誘導無線を利用して、データ通信を行なう場合に問題となる事項は、平行2線の損失、平行2線に誘起する周囲雑音、平行2線とアンテナの結合である。この測定は 250 m の平行2線を使用して長期間の測定を行なった結果である。

線路パラメータ (コークス 炉, 自動化 システム の例)

線路長	250 m
線路幅	200 mm
線路径	3.2φ (ビニル 絶縁硬鋼線)
線路と取付面の距離	300 mm
周囲条件	線路上部約 500 mm のところに金網を隔て、AC 400 V が平行して通過ししゅう(摺)電している。

(1) 線路周波数特性 (損失)

図 3.7 ①の測定回路で送信出力 1 W (30 dBm) を片端から入力して、他端にレベルメータを接続して、10~1,000 kHz の周波数に対する損失を測定した結果を図 3.8 ①に示す。この結果は晴天・雨天を通じて変化ないことが確認された。

(2) 線路雑音

図 3.7 ②の測定回路で片端を 75Ω で終端し、他端に選択レベルメータを接続して、誘起雑音の周波数特性を測定した結果を図 3.8 ②

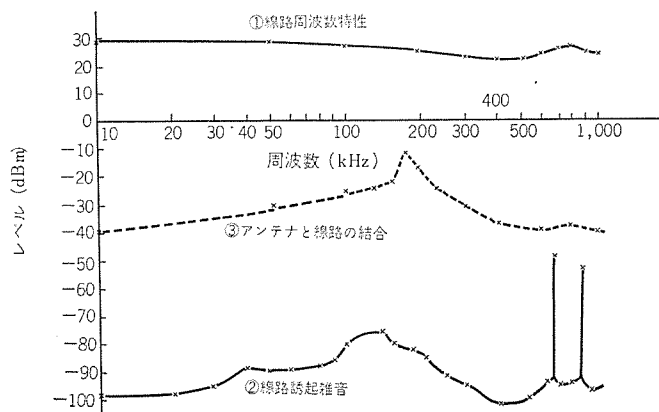


図 3.8 線路特性
Twin-lead feeders characteristics.

に示す。100 kHz, 800~900 kHz 近傍の雑音レベルの増大は、線路の共振である。またピーク的に表われた雑音は、放送波の影響である。図 3.8 の②に示す雑音は平均値であるが、ピーク雑音に対しては平均値 +20 dB 程度であった。

(3) 結合損失

図 3.7 の③の測定回路で、ループアンテナ (180 kHz に共振) に 1 W (30 dBm) を送信し、伝送路の片端にレベルメータを接続して、受信電力を測定した結果を図 3.8 の③に示す。

以上の測定から、移動体から地上への通信に関して次のことがわかる。周波数 10~250 kHz に関して、移動体 1 W 送信で、平行 2 線受信電力は -10~-20 dBm であり、雑音電力の平均値は -70 dBm となり、 $S/N > 50$ dB 程度が確保される。

これは、移動体から地上への通信について考えたが、その逆の方向も同様な S/N が得られることが確認されている。

4. 通信系統の構成

これまで誘導無線の伝送・特性につき考えてきたが、このすぐれた特性を利用して、通信系統を構成するための基本的事項を述べる。

4.1 伝送路特性

周波数	50~250 kHz を使用
雑音電力	平均 -70 dBm, ピーク値 -50 dBm
結合損失	最大 50 dB
送信出力	標準 30 dBm (1 W) とすれば
受信電力	-20 dBm が確保されるため
S/N 値	平均 50 dB
	ピーク雑音に対し 30 dB

となり、良好な通信回線が実現できる。

4.2 通信回線の構成

誘導無線を使用した、地上と移動機器間の回線構成の基本的な構成を図 4.1 に示す。地上から周波数 f_1 を通じて地上の情報を移動機に伝送し、移動機の情報は周波数 f_2 を通じて地上に伝送する。

ここで、構成機器上特に必要な機器は次のとおりである。

(a) 整合器： 地上装置は同軸ケーブルで接続するため、平行 2 線との間に整合器を必要とする。

(b) 終端抵抗： 線路特性インピーダンスに合わせた抵抗で終端し、反射波による影響をなくする。

(c) ハイブリッドトランス： 地上送信機出力の受信機への回り込みを防止する。

(d) 移動アンテナ： アンテナを 2 個使用し、送信出力の受信機へ

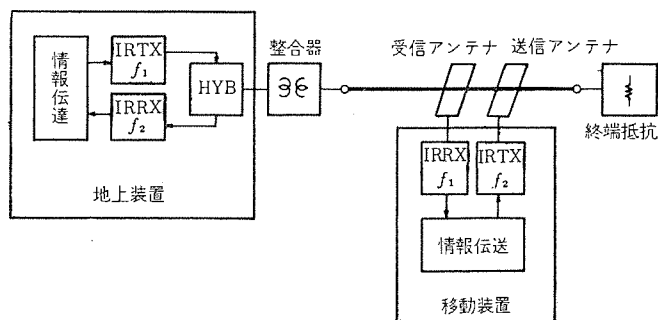


図 4.1 回線構成
Model block diagram.

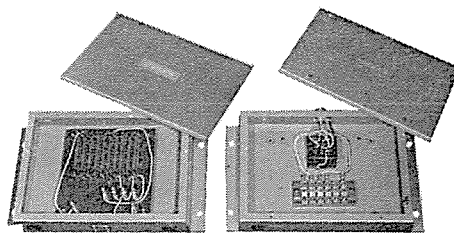


図 4.2 整合器、終端抵抗器
Repeater and terminal resistor.

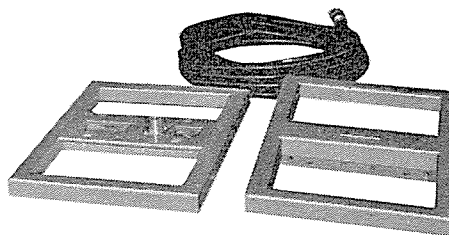


図 4.3 ループアンテナ
Loop antenna.

の回り込みを防止している。

4.3 誘導無線用無線機 (IRTX, IRRX)

無線機はこの方式で重要な要素となるので、その特性を述べる。

(1) 総 合

使用周波数	50~250 kHz 帯で最大 6 波同時使用可能
変調方式	FM 変調方式

(2) 送信機

送信出力	1 W
最大周波数偏移	± 5 kHz
変調入力 インピーダンス	$600 \Omega \pm 30 \%$
占有周波数帯域	± 15 kHz
変調入力	$-8 \text{ dBm} \pm 3 \text{ dB}$
出力 インピーダンス	75Ω

(3) 受信機

受信方式	ストレート 検波
受信感度	-40 dBm 以下
帯域幅	6 dB 低下にて ± 10 kHz
選択度	60 dB 低下にて ± 25 kHz
入力 インピーダンス	75Ω
出力 インピーダンス	$600 \Omega \pm 30 \%$
キャリア 断検出 レベル	$-40 \text{ dBm} \pm 10 \text{ dB}$

5. 応用システム

5.1 単一移動機の地上制御方式

地上・移動機間の信号伝送を、平行 2 線式誘導無線伝送路を使用

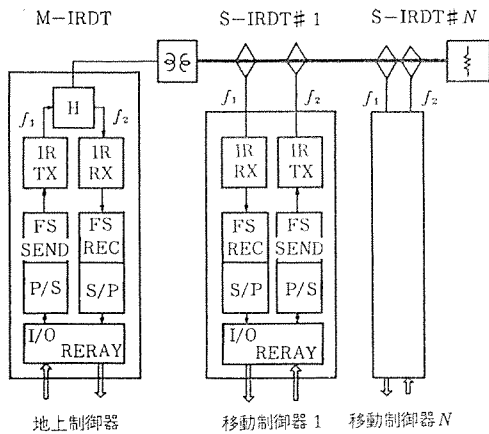
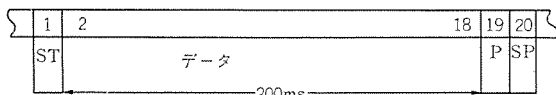


図 5.1 移動機の地上制御方式

Moving machinery control system with a ground controller.



同期パターン ST: スタートビット

ST: ストップビット

データ, 奇数パリティ "1"

"0"

パリティ: 1点 (ダイビット)

データ: 17点 (ダイビット)

図 5.2 符号形式
Transmission code.

して行ない、クレーン等の移動体を地上で制御することにより自動化を行なう。系統を図 5.1 に示すがここで S-IRDT は1台とする。

地上制御機からの制御信号は周波数 f_1 により地上から送信し、移動機側ではこの信号を受信して、リレーの接断信号として、移動機制御機を駆動する。移動機よりの監視信号は周波数 f_2 を通じて地上に伝送され、地上制御機では、移動機の状態を常時監視できる。

このシステムは、地上からの制御と移動機からの監視信号をデジタル常時伝送方式により送受信を行なう。

使用周波数 地上送信: f_1 移動機送信: f_2

通信回線 全二重通信方式

情報伝送 デジタルサイクリック伝送方式

伝送速度 FSK 200 ボー 1,600 ± 100 Hz

符号方式 隣接位相反転2回照合とパリティ検定 (図 5.2)

伝送項目 17 BIT

5.2 複数移動機の地上集中制御方式

この方式は、図 5.1 において移動機 (S-IRDT) が多数ある場合に、1台の地上装置 (M-IRDT) で集中して制御監視を時分割で行なう。M-IRDT は1機の S-IRDT を選択し監視制御を完了すると、次の S-IRDT の呼出しを行なう。S-IRDT は常時受信状態にあり、地上から自機番で呼び出されたことを確認して、制御信号を移動機コントローラに伝えと同時に、自機の状態を地上に送信する。

この方式は、地上装置を有効に使用する特長がある。

5.3 中継機による移動機間の制御

この方式は、移動機間の情報伝送を中継装置を介して効果的に

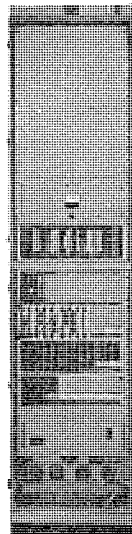


図 5.3 M-IRDT

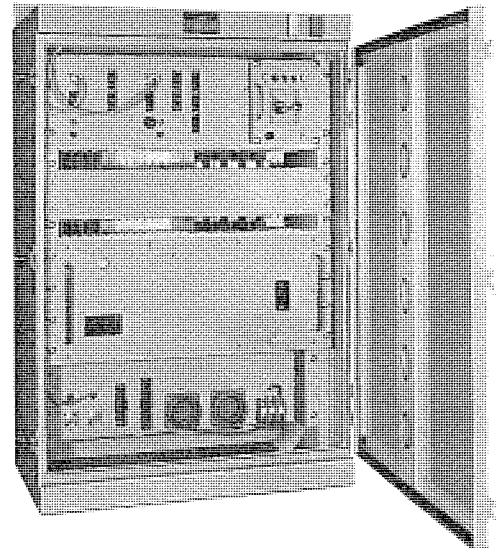


図 5.4 S-IRDT

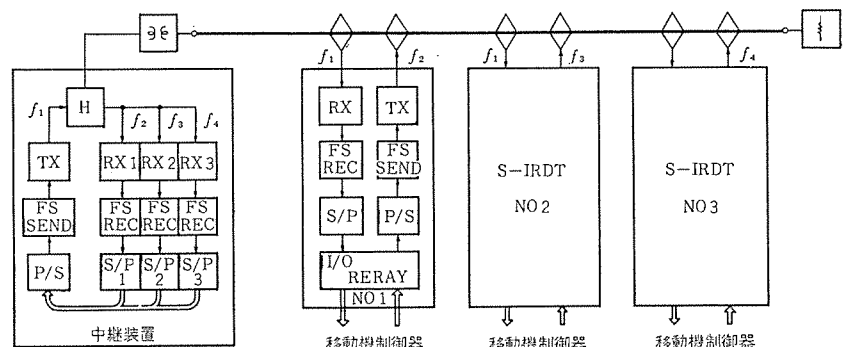


図 5.5 中継機を利用したシステム

Control between moving machinery using relay equipment.

なうもので、系統を図 5.5 に示す。

各移動機からの信号は、周波数 f_2, f_3, f_4 により中継機に伝送し、中継機では、受信装置を移動機数だけ用意し、各移動機の状態を常時集めている。この受信信号は、中継機の送信装置により周波数 f_1 を用いて、各移動機へ一括して情報伝送を行なう。各移動機では中継機から送られた信号で、自己に必要な信号を選択して使用する方法である。

このシステムは移動機の信号を中継装置で一括受信し、集約して送信するため構成が簡単となり、効率的である。

6. む す び

密結合誘導無線は、雑音に強く、同時に多周波を用いて複信回線が得られるため、移動体の制御に適した方法である。ここでは、誘導無線の原理と応用を述べたので利用に関して役立つものと思う。

産業用移動機器の自動化システムの設計に当たり、何らかの参考になれば幸いである。

参 考 文 献

- (1) 高橋, 牧, 菊池: 列車制御用誘導通信方式, 鉄道技術研究報告 (昭 44-9)
- (2) 高橋, 牧, 菊池, ほか: 密結合誘導無線用半導電しゃへい型平行2線ケーブル, 大日本電線時報, No. 43 (昭 44-11)

バースト誤り回線における誤り制御方式の評価

大野 圭三*

藤原 謙一**・山内 才胤**

平沢 茂一***・井上 徹***

Error Control System Through Burst-Error Channels

Kokusai Denshin Denwa Co., Ltd. Keizo OHNO

Mitsubishi Electric Corp., Communication Equipment Works Kenichi FUJIWARA・Toshitane YAMAUCHI

Mitsubishi Electric Corp., Central Research Laboratory Shigeichi HIRASAWA・Tôru INOUE

With the development of the latest world where the information plays a vital part, a demand increases sharply for the transmission of information processed by computers—the so called “Data Transmission System” and holds an extremely important position among the communications. To meet the such a demand for the data transmission with high reliability, studys have been made on error correcting system to function with an encoder and a decoder through one direction channel as one theme, and error control system to request for a repetition of sending messages detected as errors by using an error detecting codes and a backward channel as another theme. The author of the paper, from the practical viewpoint, has made production of error control arrangement based on the CCI, TT recommendation V. 41 system as the main portion and also the analysis of the performance of the system on the channel where burst errors liable to occur, the report being made herein.

1. ま え が き

最近の情報化社会への発展とともに、計算機等により処理される情報の伝送、すなわち、いわゆるデータ伝送システムの要求が急激に増大し、通信の中できわめて重要な位置をしめつつある。しかもデータ伝送システムに対しては、通信としての能率はもちろんのこと計算機等の技術の進展とともに、同時に通信の高信頼性が要求されている。データ伝送システムで運ばれる情報は、本来、冗長性の少ないものであり、関連分野の要求に適合するように、通信系として十分な対策がなされねばならない。

このようなデータ伝送に対する要求にこたえるために、古くから回線で生じた誤りを訂正する方式が研究されてきた。一つは単方向回線のみで誤り訂正できる符号器と復号器をもったものであり、他の一つは、誤り検出と逆方向回線を用いて誤り検出ブロックの再送要求を行なう誤り制御方式である。

特に後者は、装置の複雑さ・能率・経済性等の点で、適当な回線状態では実用性にすぐれ、CCITT 勧告案 V. 41 方式に代表されるような短縮巡回符号を用いた、いわゆる CRC (サイクリックリダンダンシチェック) 方式が重要な役割を演じつつある⁽⁴⁾。

一方、たとえば CCITT Blue Book VOL VIII supplement No. 1 ~28 によれば、回線誤りの生起状態は、多くの場合バースト的であることが知られている。

そこで筆者らは実用的な立場から、V. 41 方式を主体とする誤り制御装置の製作(別の報告⁽⁵⁾を参照されたい)とともに、バースト誤りの生ずる回線におけるシステムのパフォーマンス解析を行なった。

本報告では特に同期方式・伝送制御方式等の実用的なシステム⁽⁴⁾のモデル化と同時に、符号化のための生成多項式 $G(X)$ が、 $(X+1)P(X)$ (ただし $P(X)$ は原始多項式) の形に因数分解される場合を考慮している。

2. システムのモデル化

この報告では、

(1) 単純に順方向回線の誤りだけ考えたとき。

(2) 実回線の立場からシステムをさらに詳しく評価するため逆方向回線の誤りを考えたとき。

について検討し、定量的な結論を得た。解析にあたり以下のような共通した仮定をおく。

(a) 符号化のための生成多項式を $G(X)$ とし、 $G(X)=(X+1)P(X)$ とする。ただし $P(X)$: 原始多項式。したがって最小符号間距離は 4 である。

(b) 順方向回線の誤りは、通信速度に無関係な Gilbert のモデルに従うとし、バースト誤り状態・ランダム誤り状態、おのおの検討している。

(c) ビット同期は十分安定であるとし、同期獲得条件にきびしいパターンチェックを行なう方式とする。同期はずれに対する対策は、同期ブロックによる再同期形とする。

2.1 システムの評価基準

誤り制御システムの評価基準として、信頼度 R と伝送能率 η を次のように定義し、回線パラメータおよび設計パラメータに対する R および η の変化、 R と η のトレード・オフの関係について検討する。

$$R = \frac{\text{正しい全受信情報ビット数}}{\text{全送信情報ビット数}} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\eta = \frac{\text{全送信情報ビット数}}{\text{回線上に送信された全ビット数}} \dots\dots\dots (2.2)$$

2.2 符号系のもつ統計的能力

CCITT 勧告 V. 41 はじめ実用的な方式では、通常、生成多項式 $G(X)$ は

$$G(X) = (X+1)P(X) \dots\dots\dots (2.3)$$

ただし、 $P(X)$: 原始多項式

に選ばれており、ブロック長 n は $P(X)$ の exponent を越えない。

たとえば V. 41 方式では

$$G(X) = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1 \dots\dots\dots (2.4)$$

$$= (X+1)(X^{15} + X^{14} + X^{13} + X^{12} + X^4 + X^3 + X^2 + X + 1)$$

となっており、 $n=260, 500, 980$ を選ぶことができる。

したがって、 $G(X)$ の次数を r 、回線上で生じた単一集中形バースト誤りの長さを b とすると、ブロック当たりの誤り検出は

- (1) 2ビット誤りおよび奇数のランダム誤りを検出する。
- (2) $b \leq r$ の偶数誤りバーストを検出する。
- (3) $b = r+1$ の偶数誤りバーストは $1-2^{-r+1}$ の割合で検出する。
- (4) $b > r$ の偶数誤りバーストは $1-2^{-r}$ の割合で検出する。

と考えることができる。

2.3 通信回線のモデル

通信回線モデルとしてよく知られた単純マルコフ連鎖による、Gilbert のモデル⁽¹⁾を用いた。このモデルのパラメータは p, P, h で

$$p+P=1 \dots\dots\dots (2.5)$$

のときランダム誤りの状態を表わす。(付録[1]参照)

また、通常回線パラメータとの対応は、平均ビット誤り率を P_e 、バースト誤り平均長 $\bar{B}$ とすると次式で与えられる。

$$P_e = \frac{(1-h)P}{p+P} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\bar{B} = \frac{(1-h)p}{(1-hq)^2} \left(h + \frac{1-h}{p^2} \right) \dots\dots\dots (2.7)$$

ただし、 $q=1-p$ $Q=1-P$

なお、通信回線上で“0”と“1”が等確率でランダムに生起すると仮定すると、

$$h=0.5 \dots\dots\dots (2.8)$$

と考えられるから、式(2.8)が成り立つものとする。

2.4 伝送制御方式のモデル化

判定帰還形の誤り制御方式では、誤りの検出による再送要求、同期はずれによる再同期、アラームの手動操作等の手段が、伝送制御シーケンスとして明確化されねばならない。

そのうち特に基本的な事項として、以下の準備が必要である。

- (1) 情報ブロック送信のとき

P_a : n ビットのブロックをアクセプトする確率

P_r : n ビットのブロックをリジェクトする確率

を求めること。 P_a は回線に誤りなしおよび誤り見逃しの生起する確率から、また、 P_r は回線の誤り検出の生起する確率から求めることができる。

- (2) 同期ブロック送信のとき

(a) 正しいブロック同期を検出したときは、正規の新しいブロックを受信できる状態へ遷移する。

(b) 誤ったブロック同期を検出したときは、異常な再送モードに入る。

(c) ブロック同期を検出できなかったときは、再び同期モードに入る。

と考えられるが、ビット同期は十分安定とし、同期獲得条件にきびしいパターンチェックを行なう同期方式を仮定すると、近似的に誤ったブロック同期を検出することによるシーケンスを無視することができ、また簡単のため近似的に

$$P_{sa} = 1 - P_{sr} \approx P(0^n) \dots\dots\dots (2.9)$$

ただし、 $P(0^n)$: 1ブロック n ビット誤りなしの確率

P_{sa} : n ビットの同期ブロックにより、正しいブロック同期を検出する確率

P_{sr} : n ビットの同期ブロックにより、ブロック同期を検出できない確率

であり、これに従って遷移する。

2.5 準備的計算

2.4節で述べた回線誤りの各事象の生起確率、および誤りビット数の期待値を求めるために、

$P_D(l, m, n)$: n ビット中、長さ m ビットの単一集中形バースト誤りを生じ、誤りビット数が l である確率 ($2 \leq l \leq m \leq n$)

とし、 $P_D(l, m, n)$ を l, m 要素とする $(n-1) \times (n-1)$ の行列 P_D を、

$$P_D = \begin{bmatrix} P_D(2, 2, n), P_D(2, 3, n) & \dots\dots\dots P_D(2, n, n) \\ & P_D(3, 3, n) & \dots\dots\dots P_D(3, n, n) \\ & & \ddots & \\ 0 & & & P_D(n, n, n) \end{bmatrix}$$

とすると、付録[2]のようにして

$$P_D = R_v \cdot P_e$$

$$= \begin{bmatrix} R_1 \\ R_1 V \\ \vdots \\ R_1 V^{n-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_e(1, n-1) & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & P_e(1, 1) \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.10)$$

が得られる。ここで R_1 および V は、付録[2]に述べるとおり Gilbert により与えられている $v(i) = P(0^{i-1}1|1)$ を要素とし、 $P_e(i, n)$ は n ビット中 i ビット誤りの生起確率で、Cuperman⁽³⁾により、

$$P_e(i, n) = (1-h)^i \sum_{m=i}^n m C_i h^{m-i} P_0(m, n) \dots\dots\dots (2.11)$$

ただし、

$$P_0(m, n) = \frac{P}{P+P} \sum_{j=1}^{m-1} \frac{(n-j-2)! q^{m-j-1}}{m j! (m-j-1)! (n-m-j)!} (P-q)^i Q^{n-m-j-2} \times [A^2(j) - p A(j) - m(q-P)Q] \dots\dots\dots (2.12)$$

ただし、 $A(j) = (n-m-j)P + mQ$

で与えられる。以上により

$$P_a = P(0^n) + \frac{1}{2^r} \left\{ 1 - P(0^n) - \sum_{i=1, 2, \text{odd}}^n P_e(i, n) - I P_D' E^T \right\} \dots\dots\dots (2.13)$$

ただし

$$\begin{cases} P(0^n) = \frac{1}{(p+P)(J-L)} \{ (J+p-Q)(1-L)J^n \\ - (L+P-Q)(1-J)L^n \} \\ I' = (0, 0, 1, 0, 1, 0, \dots\dots\dots 0) \\ P_r = 1 - P_a \end{cases} \dots\dots\dots (2.14)$$

である。

3. 逆方向回線の誤りを考慮しない評価

まず、単純に順方向回線の誤りだけ考える。これは考察のための最も基本的な場合である。ここで以下の仮定をおく。

- (1) 逆方向回線の誤りを無視する。

(2) 伝送制御手段として、再送要求のため送信側に二つのバッファをもった Go back 2 形とする。

3.1 伝送制御方式のモデル化

2.4, 2.5節で述べた確率 P_a, P_r, P_{sa}, P_{sr} によってシステムの受信側の状態は遷移し、図 3.1 のごとくなる。

$$\eta = \frac{n-a-r}{n} \times \frac{1}{1 + 2P_r \frac{1-P_r r_1}{1-P_r} + P_r r_1 + 1 + \frac{P_r r_1 + 1}{1 - (P_{sr} + P_r P_{sa})^{r_2}} \left\{ 1 + (1 + 2(P_{sr} + P_r P_{sa})) \frac{1 - (P_{sr} + P_r P_{sa})^{r_2}}{1 - (P_{sr} + P_r P_{sa})} + (r_a - 1)(P_r + P_r P_{sa})^{r_2} \right\}} \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

ただし、 a ：サービスビット数

r_1 ：再送サイクルの繰返し回数

r_2 ：再同期サイクルの繰返し回数

r_a ：アラーム時間等価ブロック数

3.2 信頼度 R

信頼度 R は式 (2.1) の定義により

$$R = \frac{n-e}{n} = 1 - \frac{e}{n} \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

ただし、 e は 1 ブロック当たりの誤って受信したビットの期待値である。2.2 節に述べた誤り検出事象から式 (2.9) の P_D を用いて直ちに、

$$e = 2^{-r} \{ W \cdot P_D \cdot E^T \} \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

ただし、

$$\begin{cases} W = (W_2, W_3, \dots, W_n) \\ E = (e_2, e_3, \dots, e_n) \end{cases}$$

とし、誤りビットの荷重 W および見逃しバースト長 E は、

$$\begin{cases} W_2 = W_3 = 0, W_{2i} = 2i, W_{2i+1} = 0, i = 2, \dots, \left[\frac{n}{2} \right] \\ e_2 = e_3 = \dots = e_r = 0, e_{r+1} = 2, e_i = 1, i \geq r+2 \end{cases} \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

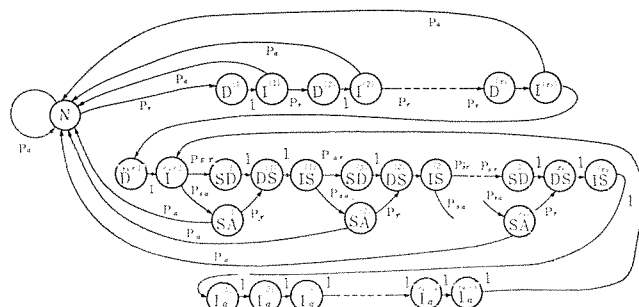
である。式 (3.2) は付録 [3] のようにして、 r 次の行列演算に変換し、

$$R = 1 - \frac{1}{n \cdot 2^r} \left\{ n \cdot P_e - \sum_{i=1,2,\dots,\text{odd}}^n i \cdot P_e(i, n) - W' P_D' E_2'^T \right\} \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

$$W' = (0, 0, 4, 0, 6, 0, \dots, r, 0)$$

$$E_2' = (1, 1, 1, \dots, 1, -1)$$

$$P_D' = \begin{bmatrix} R_1' \\ R_1' V' \\ \vdots \\ R_1' V'^{r-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_e(1, n-1) & 0 \\ & \ddots \\ 0 & P_e(1, n-r) \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (3.5)$$



- N: 新しいブロックを受信する状態
- D⁽ⁱ⁾: 第 i 番目の再送サイクルで誤りを含むブロックを受信し、これを検出しキャンセルする状態
- I⁽ⁱ⁾: 第 i 番目の再送サイクルで誤りを含むブロックに続くブロックを受信し、これをアイドルとする状態
- SA⁽ⁱ⁾: 第 i 番目の再同期サイクルで同期ブロックをアクセプトする状態
- SD⁽ⁱ⁾: 第 i 番目の再同期サイクルで同期ブロックをリジェクトする状態
- DS⁽ⁱ⁾: 第 i 番目の再同期サイクルで同期ブロックに続くキャンセルすべきブロックを受信する状態
- IS⁽ⁱ⁾: 第 i 番目の再同期サイクルで同期ブロック、キャンセルするブロックに続くアイドルとすべきブロックを受信する状態
- Ia⁽ⁱ⁾: アラームに入り、アイドルブロックで等価的に与えられる第 i 番目のブロックを受信する状態

図 3.1 システムの受信側の状態遷移図
State diagram for received messages.

3.3 伝送能率 η

図 3.1 の遷移確率行列から定常状態の伝送能率 η は、(付・4) の方法により、上の式 (3.6) で与えられる。

4. 逆方向回線の誤りを考慮した評価

逆方向回線の誤りを考慮したとき、おもに伝送能率 η にどのような影響を与えるかを考察する。逆方向回線の誤りを考慮する場合、さらに次のような仮定をおく。

(1) 逆方向回線の誤りはランダムとし、順方向回線の誤りと独立に与えられる。

(2) 順方向の伝送制御方式は、3 章と同じ Go back 2 形とする。

(3) Garbled Redundancy 誤りに関する仮定

Garbled Redundancy 誤りとは、送信側で再送要求信号 (RQ 信号) を受信したとき、続くアイドルとすべきブロックが受信側で正しく受信されないために、故意に誤りを加えて送信したにもかかわらず、このブロックの誤りが検出されない誤りをいう。ここでは該当ブロックの最終ビットを反転 (“1”→“0”, “0”→“1”) させる V. 41 タイプの Garbled Redundancy を対象に考えるものとする。

(4) 異常シーケンスに対する仮定

逆方向回線の誤りを考慮すると、これを用いて伝送する RQ 信号の誤り、すなわち、通常 Lost RQ (RQ 信号 “1” にもかかわらず “0” と受信される誤り) と、False RQ (RQ 信号 “0” にもかかわらず、RQ 信号 “1” と受信される誤り) と呼ばれる事象が生じ、これを正規の状態にもどす伝送制御手段を明確にしなければならない。これらの異常シーケンスは Lost RQ による脱ブロック、False RQ による重複ブロックを生じ、信頼度の点からも十分な対策が必要であるが、実用的なシステムを考え、次のように仮定する。

(a) Lost RQ に対しては、伝送能率を犠牲にして信頼度低下に対処するアラームによる手動操作を行なう。

(b) False RQ に対しては、前置符号 (Prefix 部) を監視して、ブロックの異常サイクルを検出し、アイドルプリントする自動操作を行なう。

4.1 通信回線モデル

逆方向回線は、順方向回線と独立な平均ビット誤り率 P_{eB} のランダム誤り回線とする。通常、順方向回線と逆方向回線の誤りには、統計的な相関がある場合もあるが、ここでは両者の誤り率の比を用周波数帯域の比に等しいと考えたものを標準とし、特に、逆方向回線の誤り率が著しく大きい場合を考慮した。

4.2 伝送制御方式のモデル化

情報ブロック・同期ブロックの遷移確率は、2 章の P_a, P_r, P_{sa}, P_{sr} と全く同様に与えることができる。また、

P_{gr} : n ビットの情報ブロックの Garbled Redundancy 誤りを見逃す確率

P_{eB} : 逆方向回線の平均ビット誤り率

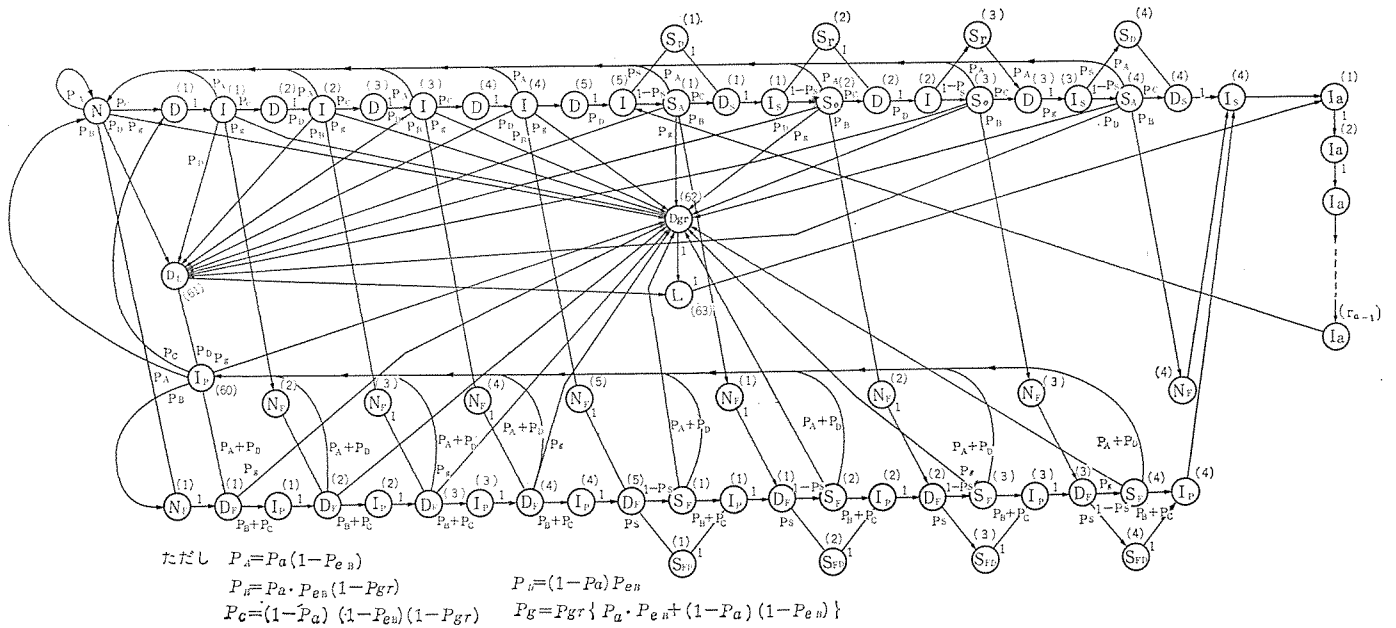


図 4.1 逆方向回線の誤りを考慮したシステムを受信側状態遷移図
 State diagram for received messages including errors on backward channel.

を新たに与えてやると、システムの状態遷移図 図 4.1 を描くことができる。

4.3 信頼度 R の計算

逆方向回線の誤りを考慮したとき、前述のとおり Lost RQ に対しては手動操作により脱ブロックを防ぎ、False RQ に対しては、前置符号の監視により重複ブロックを防ぐために、特に前置符号の信頼度が全体の信頼度に影響する。しかしながら、False RQ のとき、前置符号の監視でアイドルプリントができないのは、逆方向回線の誤りと Garbled Redundancy の誤りが連続して起こり、さらに前置符号の誤りが特定のブロックサイクルで受信されるように連続するきわめてまれなパターンが発生する場合に限られるから、これを無視すると、近似的に 3 章の信頼度の式 (3.4) と一致する。

4.4 伝送率 η の計算

上述したとおり、 $P_w, P_r, P_{s_w}, P_{s_r}, P_{gr}, P_{e_B}$ に従って遷移する近似的な受信側の状態遷移図を、図 4.1 に示す。ここで P_{gr} は付録 [5] のようにして、

$$P_{gr} = P(0^{n-1}1) + \frac{1}{2^r} [1 - P_{A0} - P_{B0}] \dots \dots \dots (4.1)$$

ここで P_{A0}, P_{B0} は Garbled Redundancy を付加した条件付きで P_{A0} は、

- (1) 受信側で 1 ビット誤り、2 ビット誤りとして検出される確率
 - (2) 2 ビット誤りのうち、受信側で 3 ビット誤りとして検出される確率
 - (3) 受信側で 3 ビット以上の奇数誤りとして検出される確率
- P_{B0} は、 $P_{B0} = P_{B1} - P_{B2}$ として与えられ
- (1) P_{B1} は r ビット以下の偶数誤りバーストとして検出される確率
 - (2) P_{B2} は $r+1$ ビットの偶数誤りバーストのおこる確率したがって図 4.1 の遷移確率より、 $r_1=4, r_2=4$ の場合の伝送率 η は、式 (4.2) で与えられる。

$$\eta = \frac{n-a-r}{n} \frac{1+F_0}{H+F_1} \dots \dots \dots (4.2)$$

ただし、

$$H = 1 + 2P_c \frac{1-P_c^4}{1-P_c} (1+x) + P_c^5 (1+x) + T \left\{ 1 + 2A_1 \frac{1-A_1^4}{1-A_1} \right\} + z + u$$

$$F_0 = P_B(1+x) + P_B P_c (1+x) \frac{1-P_c^4}{1-P_c} + P_B(1-P_{sr}) \{ P_c^5 (1+x) + W \} \frac{1-A_1^4}{1-A_1}$$

$$F_1 = 2P_B(1+x) [1 + P_B + 2P_c + (1 + P_B + P_c) \{ P_c^5 + (P_B + P_c)(2P_c + P_B) \} P_c^3] + P_B(1+x) [(P_B + P_c)^2 \{ P_c^5 + (P_B + P_c)(2P_c + P_B) \} + P_c^3 (P_B + P_c) + P_c^4] + A_3(1+x) [2 + 3(P_B + P_c)(1 - P_{sr}) + P_{sr}] + 3P_B(1 - P_{sr}) [P_c^5 (1+x) + W] + 3 \{ (1+x) A_4 + W A_5 \} + 3 \{ (1+x) A_6 + W A_7 \} + \frac{2}{P_D} (P_D + P_g) \left[1 + (1+x) P_c \frac{1-P_c^4}{1-P_c} + (1 - P_{sr}) T \frac{1-A_1^4}{1-A_1} + x \right] + 2P_g \frac{x}{P_A + P_D} + (r_a - 1) W$$

5. 計算結果および考察

5.1 逆方向回線の誤りを考慮しない場合について

図 5.1 ~ 図 5.3 にまとめたグラフを示す。

(1) 信頼度 R について

- (a) r 一定では、 n 小なるほど R 大となる。
- (b) r : 一定、 n : 一定では、ランダム誤りの信頼度は P_e が 1 けた小さくなるにしたがい、ほぼ 2 けたの割合で改善される。
- (c) $\bar{B}$ 大にしたがい、また、 n 大にしたがい、信頼度は低下する。

(d) P_e 小においては、ランダム誤り回線ほど n の影響をうける。

(2) 伝送率 η について

- (a) $P_e < 10^{-5}$ ではほぼ $\eta \rightarrow \frac{n-a-r}{n}$ に近づく。
- (b) $P_e > 10^{-1}$ では、 n 大ほど影響は大きい。したがって回線誤

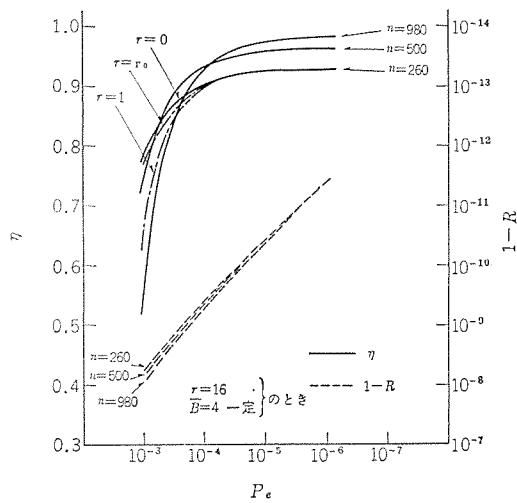


図 5.1 平均ビット誤り率 P_e の $\eta \cdot R$ への影響
Relations between average bit error-rate P_e and $\eta \cdot R$.

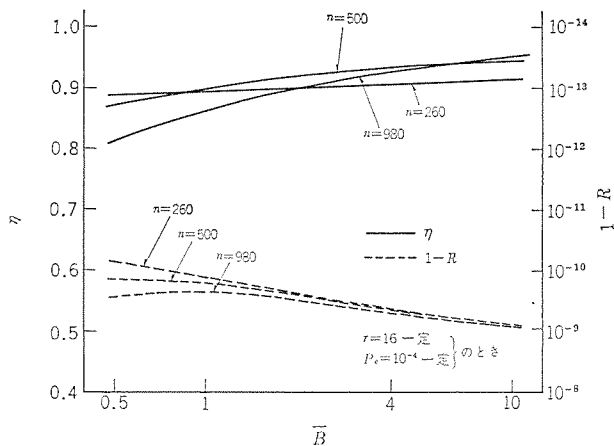


図 5.2 平均バースト長 $\bar{B}$ の $\eta \cdot R$ への影響
Relations between average burst-length $\bar{B}$ and $\eta \cdot R$.

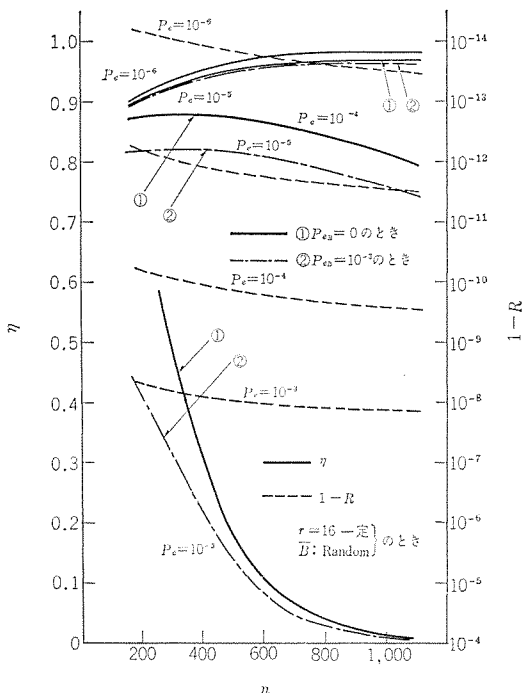


図 5.3 ブロック長 n の $\eta \cdot R$ への影響
Relations between block-length n and $\eta \cdot R$.

りに対し最適なブロック長が存在する。

(c) P_e 大では、 $\bar{B}$ 大なるほど η は大きくなる。したがってランダム誤り回線が最も悪い。

(d) P_e 小では、 n, r の影響は小さい。

(3) η と R の Trade off

図 5.4 に P_e をパラメータに伝送率 η と、信頼度 R のグラフを示す。これより

(a) システムに要求された伝送率 η と、信頼度 R を満足すべきパラメータを選択できる。

(4) 一般に

(a) $P_e < 10^{-5}$ においては、ランダム/バースト誤り回線の特性の η への影響はほとんどない。

(b) P_e 大では、 n 大にしたがって急激に η が減少する。特に、 $P_e > 10^{-3}$ では、 n の選択に留意しなければならない。

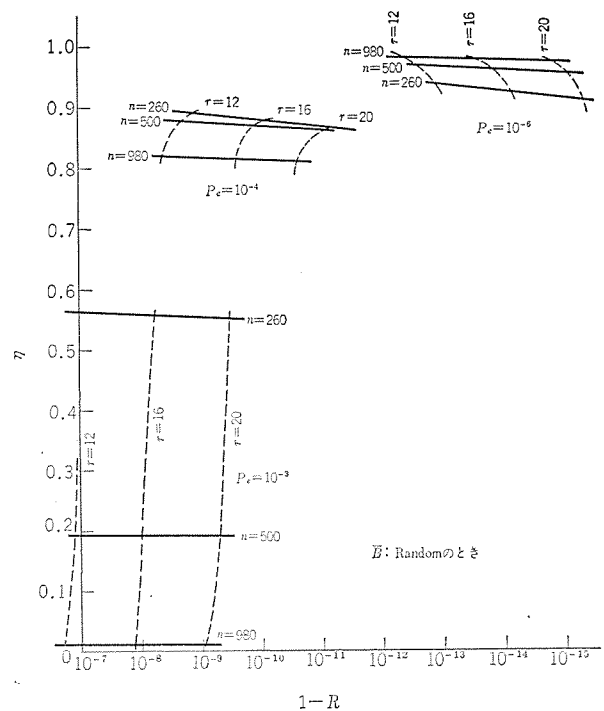


図 5.4 伝送率 η と信頼度 R の Trade off の関係
Trade off curves between η and R .

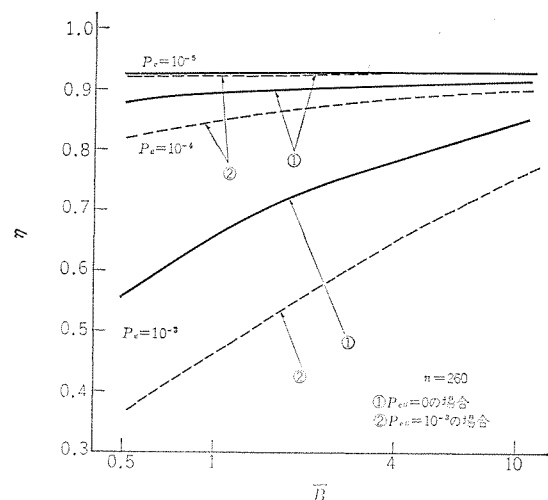


図 5.5 逆方向回線の影響
Effects on η by backward channel errors.

$$P_D E_1^T = \begin{bmatrix} P_c(2, n) \\ \vdots \\ P_c(n, n) \end{bmatrix} \dots\dots\dots (\text{付} \cdot 6)$$

であり、 P_D が左下部 0 の三角行列、 E_2 が $r+2$ 以上の項 0 であることから

$$W P_D E_2^T \equiv W' P_D' E_2'^T \dots\dots\dots (\text{付} \cdot 7)$$

ただし、 W' 、 P_D' 、 $E_2'^T$ は式 (3.5) のとおりであり、

$$R_1' = (v(0), v(1) \dots v(r-1))$$

$$V' = \begin{bmatrix} 0, v(0), v(1), \dots, v(r-2) \\ 0, & v(0) & & \vdots \\ & \ddots & \ddots & \\ & & v(0) & \\ 0, & \dots & \dots & 0 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (\text{付} \cdot 8)$$

[4] エルゴト的な次数 a の遷移確率行列 P において、その固有方程式は $\lambda_i = 1$ なるただ一つの根を持ち $|\lambda_i| < 1 (i=2 \dots a)$ である。したがって、状態 S_i の定常状態における確率 $P(S_i)$ は

$$Y(P-I) = 0 \dots\dots\dots (\text{付} \cdot 9)$$

ただし、 $Y = \alpha(P(S_1), P(S_2) \dots P(S_a))$

$$\alpha: \text{任意の定数} \quad \sum_i P(S_i) = 1$$

より、左固有ベクトル Y にスカラー倍 $\alpha=1$ なる条件を入れると

$$(P^T - I + J) Y^T = (1) \dots\dots\dots (\text{付} \cdot 10)$$

ただし、 J はすべての要素が 1 の $a \times a$ 行列

が得られ、 $P(S_i)$ は式 (付・10) の Y^T の連立方程式を解いて得られる。なお、手計算を容易にするためには $\alpha=1/P(S_0)$ において漸化的に解けばよい。(以上、証明略)

[5] Garbled Redundancy を付加したブロックが受信側で誤り検出されずに見逃す確率 P_{gr} は、誤りの発生する確率から検知できる確率 (受信側で奇数誤り 2 ビット誤り、 r ビット以下の偶数誤りバーストとみなされる確率) を引き算した残りの 2^{-r} 倍、 $r+1$ ビットバースト

トについては、 2^{-r+1} 倍で見逃すから $r+1$ ビットバーストのおこる確率の -2^{-r} 倍したものをひいて求めればよい。

$$P_{A0} = \{P(0^n) + P_c(1, n-1) - P_c(1, n) + P(0^{n-1}1)\} \\ + \{P_c(1, n) - P(0^{n-1}1) + P_c(2, n-1) - P_c(2, n) \\ + P_c(1, n-1) - P_c(1, n) + P(0^{n-1}1)\} \\ + \{P_c(2, n) - P_c(1, n-1) + P_c(1, n) - P(0^{n-1}1)\} \\ + \sum_{i=2}^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor} P_c(2i, n) = P(0^n) + P(1, n-1) + P_c(2, n-1) \\ + \sum_{i=2}^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor} P_c(2i, n)$$

$$P_{B0} = I_1 \cdot R_v \cdot P_{X1} \cdot E_1^T + I_2 \cdot R_v \cdot P_{X2} \cdot E_2^T$$

$$I_1 = (010 \dots 01) \quad I_2 = (\overbrace{0010 \dots 0}^{r \text{ 個}})$$

$$E_1 = (\underbrace{111 \dots 1}_{r \text{ 個}}) \quad E_2 = (\underbrace{11 \dots 1}_{n-2 \text{ 個}})$$

R_v については式 (付・3) と同じ。

$$P_{X1} = \begin{pmatrix} 0, P(0^{n-3}10), P(0^{n-4}10^2), \dots, P(0^{n-17}10^{13}) \\ \vdots \\ 0, & P(0^{n-4}10) & \dots & P(0^{n-17}10^{14}) \\ \vdots & \ddots & \ddots & \\ & & P(0^{n-17}10) \\ 0 & & & 0 \end{pmatrix}$$

$$P_{X2} \cdot E_2^T = \begin{pmatrix} P_c(1, n-2) - P_c(1, n-1) + P(0^{n-2}1) \\ P_c(1, n-3) - P_c(1, n-2) + P(0^{n-3}1) \\ \vdots \\ -P_c(1, n-17) + P_c(1, n-16) - P(0^{n-17}1) \end{pmatrix}$$

より本文中の式 (4.1) が与えられる。

[6] 伝送率 η は図 4. 1 の遷移確率行列より求められ、本文中の式 (4.2) の定数は、

$$z = A_2 \cdot A_6(1+x) \quad u = P_B(1-P_{sr})A_1^2T$$

$$x = \left\{ \frac{1}{P_A + P_D} - A_8 \right\} \left[A_8 + W P_B(1-P_{sr})^2 + W(1-P_{sr})A_8 + W(1-P_{sr})A_7 \right]$$

$$T = P_c^5(1+x) + W$$

$$W = \frac{\frac{A_0}{P_A + P_D} - \frac{P_0}{P_A + P_D} \left(\frac{1}{P_A + P_D} - A_8 \right)}{\left\{ 1 - A_0 - A_2 A_7(1-P_{sr}) - (P_D + P_0)(1-P_{sr}) \frac{1-A_1^4}{1-A_1} \right\} \left(\frac{1}{P_A + P_D} - A_8 \right) - \left\{ P_B(1-P_{sr})^2 + (1-P_{sr})A_5 + A_7(1-P_{sr}) \right\} A_9}$$

$$A_0 = A_1^4 + P_B(1-P_{sr})A_1^3$$

$$A_1 = P_c - P_c P_{sr} + P_{sr}$$

$$A_2 = P_B + P_c - P_c P_{sr} - P_B P_{sr} + P_{sr}$$

$$A_3 = P_B P_c^4 + (P_B + P_c) \{ (P_B + 2P_c) P_B P_c^2 + (P_B + P_c)^3 (P_B + 2P_c) P_B \}$$

$$A_4 = P_c^5 P_B(1-P_{sr})A_1 + A_2 \{ P_B(1-P_{sr})P_c^5 + (P_B + P_c)(1-P_{sr})A_3 + P_{sr}A_3 \}$$

$$A_5 = P_B(1-P_{sr})A_1 + P_B(1-P_{sr})(P_B + P_c - P_B P_{sr} - P_c P_{sr} + P_{sr})$$

$$A_6 = P_c^5 P_B(1-P_{sr})A_1^2 + \{ (P_B + P_c)(1-P_{sr}) + P_{sr} \} A_4$$

$$A_7 = P_B(1-P_{sr})A_1^2 + \{ (P_B + P_c)(1-P_{sr}) + P_{sr} \} A_5$$

$$A_8 = P_B \{ 1 + P_B + 2P_c + P_c^2 + (P_B + P_c)(2P_c + P_B) + P_c^3 + (P_B + P_c)P_c^2 + (P_B + P_c)^2(2P_c + P_B) \}$$

$$+ (1-P_{sr}) \{ A_3 + P_B(1-P_{sr})P_c^5 + (P_B + P_c)(1-P_{sr})A_3 + P_{sr}A_3 + A_4 \} + A_6(1-P_{sr})$$

$$A_9 = A_0 P_c^5 + A_2 A_6 + (P_D + P_0) \left\{ P_c \frac{1-P_c^4}{1-P_c} + (1-P_{sr})P_c \frac{1-A_1^4}{1-A_1} + 1 \right\} \frac{P_0}{P_A + P_D}$$

より

$$\eta = \frac{n-a-r}{n} \frac{1+F_0}{H+F_1} = \frac{y_0 + y_{27} + y_{30} + y_{33} + \dots + y_{59}}{y_0 + y_1 + \dots + y_{26} + y_{27} + \dots + y_{62+r_a}}$$

($y_0, y_1, \dots, y_{62+r_a}$ は遷移行列の左固有ベクトルの各 element)

国際データ端末装置

深井 賢*・大野 圭三*

山内 才胤**・田中 智**・小村 明**・木谷 育弘**

Data Terminal Equipment for International DATEL Service

Kokusai Denshin Denwa Co., Ltd. Ken FUKAI・Keizo ÔNO

Mitsubishi Electric Corporation Communication Equipment Works Toshitane YAMAUCHI・Satoshi TANAKA

Akira OMURA・Ikuhiro KITANI

The volumes international communication have made a marked increase of late and their contents have also become multifarious. To cope with the trend the Kokusai Denshin Denwa Co., Ltd. has commenced subscribers high speed telegraphic business-International Datel-as a means to transmit data over the international telephone network. This new arrangement, compared with the conventional international teletyping communication, has no limitation of code levels to be sent, and is capable of transmitting the pieces of information twenty times those of the old practice in the same time. Recently data terminal equipment has been developed by Mitsubishi to suit to the system ; the outlines are reported herein.

1. ま え が き

データ端末装置は、国際音声級回線で、データ・電話・FAX 中継の交互通信機能を有するものである。システムは DT-1 形高速加入電信信号変換装置（モデム、回線接続信号送受信機能等を有するデータ通信装置と、伝送制御機能を有する誤り訂正装置から成る）、および DE-1 形高速加入電信入出力装置（最高 120 キラクタ/秒の紙テープリーダー、紙テープパンチャから成る）で構成されている。その特長は、

(1) モデムは CCITT 勧告 V-23 に準拠したもので、データチャンネルとして 1,200 bps、600 bps の切換え使用ができる、バックワードチャンネルとして 75 bps までの FSK モデム 2 チャンネルを用意している。

(2) モデムインタフェースは CCITT 勧告 V-24 に準拠。

(3) 誤り訂正装置は CCITT 勧告 V-41 に準拠し、符号化はコードトランスパレントな CRC 方式（生成多項式： $X^{16}+X^{12}+X^5+1$ ）を採用。誤りチェックは、CRC チェック、ブロックシーケンスナンバチェックの併用とし、高信頼化している。また誤り訂正方式は、伝送回線のループ伝ば（播）遅延時間の影響を考慮した、効率の高い go-back 2 方式

による ARQ 方式としている。

2. 構成および仕様

データ端末装置は、データ通信装置（DCE）、誤り訂正装置（ECE）、データ端末装置（DTE）の 3 部から構成される。図 2. 1 に構成、図 2. 2 に外観を示す。

2. 1 データ通信装置（DCE）

本装置は、主にデータチャンネル（1,200 bps および 600 bps）、バックワードチャンネル（75 bps 以下）を周波数分割多重方式で同時伝送できるモデム、データ交換機（手動交換）との信号送受信機能、データ・電話・FAX、およびそれらの REMOTE 操作による交互切換え通信機能、さらにオプションカード（挿）入によりエコーサプレッサ、デスエーブラ機能を有している。

(1) モデム（CCITT 勧告 V-23 に準拠）

概略仕様を表 2. 1 に示す。変復調は、周波数安定度、変復調ひずみの良好な二重変調形 FSK 方式である。一次変調は、1,200 B では 11.7 kHz±400 Hz（600 B では 11.7 kHz±200 Hz）、ローカル周波

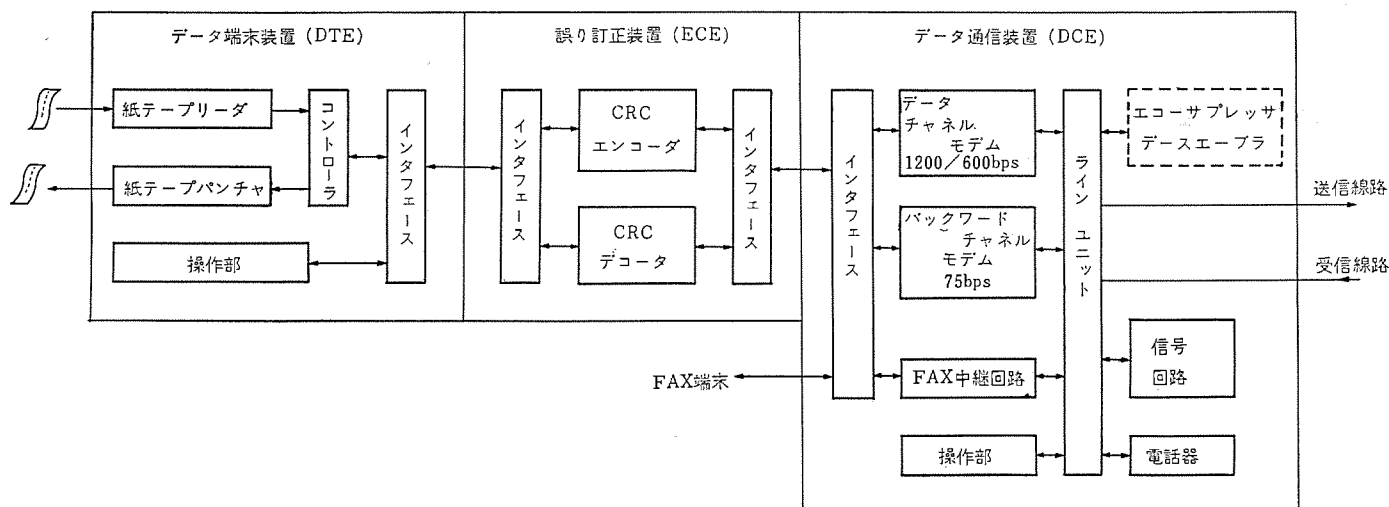


図 2. 1 国際データ端末装置構成
Block diagram of type DT-1 data terminal system.

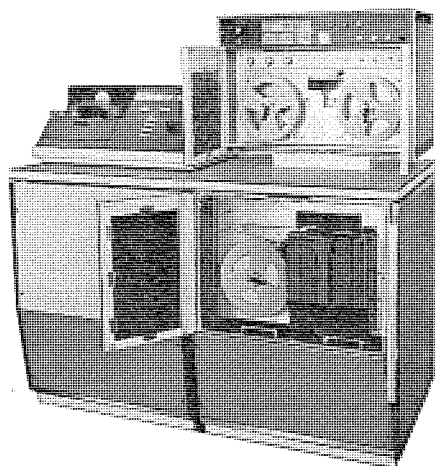


図 2.2 データ端末装置外観
Data terminal equipment for international datel service.

数 10 kHz (600 B では 10.2 kHz) で二次変調し、音声帯域での 1,700 $\pm$ 400 Hz (600 B では 1,500 $\pm$ 200 Hz) に変換して線路へ送出する。復調は変調の逆順で最終は中心 11.7 kHz のデスクリミネータで復調して所望のパルスを復号している。バックワードチャネルは直接変調形式による FSK 方式を用いている。

(2) モード選択

REMOTE・PHONE・DATA・FAX の 4 モードをロータリスイッチで切換え選択する。スイッチが REMOTE にあれば、外部インタフェース信号により DATA・FAX モードに設定できる。

(3) 信号方式

データ交換機との接続・切断は、2,650 Hz を 20 Hz でキーイングしたトーンキヤ方式を採用している。この 2,650/20 Hz 1 波で、呼出し・被呼・終信・確認の信号制御を実行する。また交換機経由で加入者間リンク確立後、なんらかの理由により相手加入者と連絡をとりたい場合は、割込みボタン操作で 600 Hz トーン送出により相手加入者へ知らせることができる。

(4) FAX 中継

FAX 端末の送受信レベルを中継利得偏差 0.5 dB 以内で、線路へ中継できる。

(5) モデムインタフェース (CCITT 勧告 V-24 に準拠)

表 2.2 に示す。

(6) FAX インタフェース

表 2.3 に示す。

2.2 誤り訂正装置 (ECE)

本装置は、データ通信装置 (DCE) とデータ端末装置 (DTE) 間に位置する中間装置で、誤り訂正方式として、CCITT 勧告 V-41 に準拠したコードインデペンデントな CRC 方式を採用している。概略仕様を表 2.4 に示す。モデムとのインタフェースは表 2.2、データ端末装置とのインタフェースは表 2.5 に示す。

(1) 伝送方式

定ブロック長伝送方式で、1 ブロック長は、サービスビット 4 ビット・データビット・チェックビット 16 ビットで構成され、サービスビット側から送出される。データビットは 240, 480, 960 ビットの 3 種類があり切換え使用できる。

(2) サービスビット

表 2.6 に示す 16 コの組み合わせがあるが、本装置ではグループ a から k ままでを使用している。不使用のサービスビット組み合わせブロックを受信した場合、すべてアイドルブロックとみなし、出力しない。ただし、

表 2.1 モデム仕様
Specification of type DT-1 modem.

適用回線	4 線式音声級回線
通信方式	全二重通信, 半二重通信
変調方式	周波数偏移方式 (FSK)
変調速度	データチャネル: 1,200 B/600 B バックワードチャネル: 75 B
特性周波数	1,200 B: 1,700 $\pm$ 400 Hz 600 B: 1,500 $\pm$ 200 Hz 75 B: 420 $\pm$ 30 Hz
線路インピーダンス	600 Ω バランス
送信レベル	データチャネル: 0 $\sim$ -15 dBm (1 dB ステップ可変) バックワードチャネル: データチャネル -6 dB (1 dB ステップ可変)
受信レベル	データチャネル: 0 $\sim$ -32 dBm バックワードチャネル: データチャネル -6 dB
電信ひずみ	10% 以下 (データチャネル, バックワードチャネルとも)
線路等化	3,000 Hz における相対減衰量が 300 Hz に対して 20 dB までの市内ケーブル回線の振幅等化ができる。等価偏差は、300 $\sim$ 3,000 Hz で 2 dB 以内

表 2.2 モデムインタフェース
Interface to error control equipment (Data terminal equipment).

回路	略称	方向	コネクタピン No.	V-24 回路番号
保安用アース	FG	—	1	101
信号用アース	SG	—	7	102
送信データ	SD	DCE $\rightarrow$	2	103
受信データ	RD	DCE から	3	104
送信要求	RS	DCE $\rightarrow$	4	105
送信可	CS	DCE から	5	106
データセットレディ	DR	DCE から	6	107
データセット線路接続	CDL	DCE $\rightarrow$	20	108-1
データ端末レディ	ER	DCE $\rightarrow$	21	108-2
受信キャリア検出	CD	DCE から	8	109
データ信号速度選択	DSS	DCE $\rightarrow$	23	111
バックワードチャネル送信データ	BSD	DCE $\rightarrow$	14	118
バックワードチャネル受信データ	BRD	DCE から	16	119
バックワードチャネル送信要求	BRS	DCE $\rightarrow$	19	120
バックワードチャネル送信可	BCS	DCE から	13	121
バックワードチャネル受信キャリア検出	BCD	DCE から	12	122
被呼表示	CI	DCE から	22	125

表 2.3 FAX インタフェース
Interface to FAX terminal.

回路	略称	方向	コネクタピン No.
保安用アース	FG	—	1
信号用アース	SG	—	7
FAX 送信データ	XS1	DCE $\rightarrow$	9
	XS2		10
FAX 受信データ	XR1	DCE から	11
	XR2		12
データセットレディ	XDR	DCE から	6
FAX 端末レディ	XER	DCE $\rightarrow$	20

表 2.4 誤り訂正装置仕様
Specification of type DT-1 error control equipment.

通 信 方 式	データチャネルは同期伝送、バックワードチャネル（再送要求チャネル）は非同期伝送による全二重通信、半二重通信
データ信号速度	データチャネル：1,200 bps および 600 bps±0.01%以内 バックワードチャネル：75 bps 以下
伝 送 方 式	定ブロック長伝送方式 1ブロック長は 260, 500, 980 ビットの 3種類 各ブロックとも、共通にサービスビット 4 ビット、チェックビット 16 ビットを含む
許容回線ループ伝ば時間	1,200 bps で最大 727 ms, 600 bps で最大 1,543 ms
符号化方式	CRC 方式、生成多項式 $G(X)=X^{16}+X^{12}+X^5+1$
誤り検出方式	受信ブロックの $G(X)$ による割算での剰余 "0" のチェック、およびブロックシーケンス順序監視の併用
誤り訂正方式	go-back 2 ARQ 方式、エラーブロックはバッファストレージにより消去し、クリアアウトプットができる
同 期 方 式	同期ブロック信号によるブロック同期方式 (a) 同期ブロック信号は、同期前記符号 0101 に続く同期フィラー、それに続く同期パターン 0101000010100101 で構成され左側ビットより送出 (b) 同期フィラー ロング：01 のリバーサルで 1 ブロックのデータビット数に等しい ショート：01 のリバーサルで 32 ビット ロング/ショートはコンパチブル
再 同 期	再送サイクルが 4 または 8 回連続したならば再同期に入る
使 用 符 号	5/6/7/8 単位の任意符号
インタフェース	(a) 対モデム：CCITT 勧告 V-24, V-41 に準拠 (b) 対 DTE：キャラクタベースの非同期式

表 2.5 ECE-DTE インタフェース
Interface to data terminal equipment.

(a) 送信側

(b) 受信側

回 路	略 称	方 向	コネクタピン No	回 路	略 称	方 向	コネクタピン No
保安用アース	FG	—	1	保安用アース	FG	—	1
信号用アース	SG	—	7	信号用アース	SG	—	7
送信準備完了	IDR	ECE へ	6	受信準備完了	ODR	ECE へ	5
送信開始	SST	ECE から	5	受信データ有	RDE	ECE から	4
送信データ有	SDE	ECE へ	4	次データ受信可	RNE	ECE へ	3
次データ送信可	SNE	ECE から	3	受信データサンプル	RDS	ECE から	2
送信データサンプル	SDS	ECE へ	2	受信データ #1	RD #1	ECE から	11
送信データ #1	SD #1	ECE へ	11	受信データ #2	RD #2	ECE から	12
送信データ #2	SD #2	ECE へ	12	受信データ #3	RD #3	ECE から	13
送信データ #3	SD #3	ECE へ	13	受信データ #4	RD #4	ECE から	14
送信データ #4	SD #4	ECE へ	14	受信データ #5	RD #5	ECE から	15
送信データ #5	SD #5	ECE へ	15	受信データ #6	RD #6	ECE から	16
送信データ #6	SD #6	ECE へ	16	受信データ #7	RD #7	ECE から	17
送信データ #7	SD #7	ECE へ	17	受信データ #8	RD #8	ECE から	18
送信データ #8	SD #8	ECE へ	18	遠隔受信要求	ORM	ECE から	25
遠隔送信要求	IRM	ECE から	25				

表 2.6 サービスビット組み合わせ
Combinations of service bits.

グループ	組み合わせ	機 能	略 称	記 事
a	0011	ブロック A 順序表示	A	○
b	1001	ブロック B 順序表示	B	○
c	1100	ブロック C 順序表示	C	○
d	0101	同期用前記符号	SYNC	○
e	0110	ホールドブロック（データは含まない）	HOLD	○
f	1000	送信終了（データは含まない）	EOT	○
g	0001	メッセージ 1 開始（5 単位コード）	SOM 1	○
h	1010	メッセージ 2 開始（6 単位コード）	SOM 2	○
i	1011	メッセージ 3 開始（7 単位コード）	SOM 3	○
j	0010	メッセージ 4 開始（8 単位コード）	SOM 4	○
k	0100	メッセージ終了（データは含まない）	EOM	○
m	0111	データリンクエスケープ	DLE	○
n	1101	双方の合意に基づき使用できる		
p	1110			
q	1111			
r	0000			

注 1) ○は使用するサービスビット組み合わせを示す

注 2) その他はアイドルブロックとみなし受信チェックはするが出力しない

表 2.7 許容回線ループ伝ば時間
Maximum permissible line loop propagation time.

データ信号速度 ブロック長	600 bps	1,200 bps
260 ビット	343 ms	127 ms
500 ビット	743 ms	327 ms
980 ビット	1,543 ms	727 ms

表 2.8 データ端末装置仕様
Specification of data terminal equipment.

紙テープリーダー	コードレベル 動作速度 同期方式 読取形式 テープリール動作 動作監視	5, 6, 7, 8 単位 120 キャラクタ/秒 非同期式 機械電気式 自動巻き取り、手動巻き戻し可能 テープエンドチェック
紙テープパンチャ	コードレベル 動作速度 同期方式 さん孔形式 動作監視	5, 6, 7, 8 単位 切換えはテープリテンダー交換による 120 キャラクタ/秒 非同期式 シリアルパンチ形式 ローテープチェック
パリティチェック	テープリーダーの読み取りキャラクタ、および誤り訂正装置から受信する受信キャラクタに対してパリティチェック機能を有する。パリティチェックは偶数、奇数、チェック OFF の切換えができる。	

チェック（剰余≡0）はしている。

2.3 データ端末装置

本装置は、誤り訂正装置に接続される紙テープ入出力装置で、データ送受信速度は最高 120 キャラクタ/秒まで可能である。概略仕様を表 2.8 に示す。インタフェースは表 2.5 による。

3. CCITT 勧告 V-41 による伝送制御

3.1 誤り検出能力

勧告 V-41 の生成多項式 $G(X)=X^{16}+X^{12}+X^5+1$ は

$$G(X)=(1+X) \cdot P(X) \quad \text{ここで } P(X) \text{ は原始多項式}$$

と分解できる。したがって、その誤り検出可能な場合は、

- (1) すべての奇数ビットエラー
- (2) ランダムな 2 ビットエラー
- (3) 16 ビット長以下のバーストエラー

となる。一方、ランダム受信ビットストリームに対して、誤って正しいと

判断する確率は $1/2^{10}$ である。

3.2 許容回線ループ伝ば時間

go-back 2 ARQ 方式であるから、許容回線ループ伝ば時間 T は、1ブロック長を N ビット、データ信号速度 B bps とすれば、

$$T = N/B - \Delta$$

ここで Δ はモデム等での遅延。

また、勧告 V-41 では、 Δ として、モデムのトータル遅延に 40 ms, RQ 検出余裕として 50 ms を割当てている。

したがって、

$$T = (1,000 N/B - 40 - 50) \text{ ms}$$

表 2.7 に各ブロック長に応じた各信号速度における許容回線ループ伝ば時間を示す。一般に衛星回線 1 ホップの遅延は片道 300 ms といわれている。ゆえに 1,200 bps で衛星回線 1 ホップ経由でデータ伝送を行なうにはブロック長として 980 ビットが必要となる。

3.3 伝送制御手順

(1) データ送信手順

定ブロック長に区切った送信データの頭に、ブロックシーケンス表示のサービスビット (A, B, C) を付加し、データ末尾はサービスビットも含めた送信メッセージ多項式を $G(X)$ で割算した剰余をチェックビットとして付加して、1ブロックごと送信する。このときブロックシーケンス表示の A, B, C は $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow \dots$ とサイクリックに付加される。

(a) 送出ブロック (第1ブロックと称する) に対する再送か否かの RQ 監視 (バックワードチャネル信号線で行なわれる) は次ブロック (第2ブロックと称する) 伝送時の最終チェックビットが送出される直前から 50 ms 間で実行される。

(b) RQ を検出したならば、第2ブロックの最終チェックビットの極性を反転して送出し、続いてストアされている第1ブロック、第2ブロックを再送する。送信側は最低2ブロック長のバッファストレージが必要である。

(c) RQ 信号がなければ、連続して次ブロックへと移行する。

(2) データ受信手順

受信ブロックを $G(X)$ で割算し、その剰余 $\equiv 0$ 、かつサービスビット組合せが正しい (受信サービスビット組合せが $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A \dots$ とサイクリックになっている) 場合、受信ブロックは正しいと判定し、データは出力される。一方、送信側へは RQ チャネル (バックワードチャネル送信データ線) を介して、2進「0」、この逆の場合は誤りブロックと判定し、2進「1」の状態を返送する。2進「1」の状態は送信側への再送要求 ($RQ=1$) を示し、正しく所望のブロックが受信されるまで保持される。

送信側から眺めれば、 $RQ=1$ の状態として三つの場合がある。すなわち、受信側からの RQ を正しく認知した場合 (NORMAL RQ と称する)、 $RQ=0$ にもかかわらず、なんらかの理由 (回線上のノイズ、ハードウェア内のノイズ等による) で $RQ=1$ と認知した場合 (FALSE RQ と称する)、 $RQ=1$ にもかかわらず、なんらかの理由で $RQ=0$ と認知した場合 (LOST RQ と称する)。

(a) NORMAL RQ

図 3.1 (a) に示すように $\dots \text{A} \text{B} \text{A} \text{B} \text{C} \text{A} \dots$ と伝送シーケンスは継続する。

(b) FALSE RQ

図 3.1 (b) に示すように $\dots \text{A} \text{B} \text{A} \text{B} \text{C} \text{A} \dots$ と伝送シーケンスは継続する。このとき2回目の A は出力しない。

(c) LOST RQ

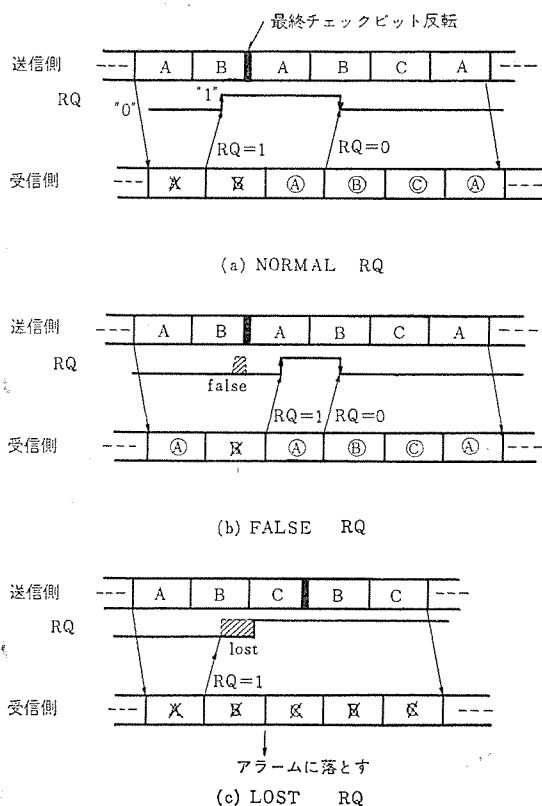


図 3.1 伝送時の RQ 状態
Sequence of RQ signal for data transmission.

図 3.1 に示すように $\dots \text{A} \text{B} \text{A} \text{B} \text{C} \text{A} \dots$ となり、受信側で欲する A ブロック信号が抜けてしまう。したがってこの場合、受信側でアラームに落とす。受信側での判定は A で続いて受信される B ブロックが A に続くサービスビット、この場合 B、でかつ剰余 $\equiv 0$ で判定できる。

(3) 送信開始手順

モデムからの「送信可」後、最初の送出は同期ブロック信号で、これに続いてメッセージブロックが伝送される。同期ブロック信号に続く最初のブロックのサービスビット組合せは、A または SOM のみである。したがって (SYNC) $\cdot$ (A) $\cdot$ (B) $\cdot$ (C) $\dots$ または、(SYNC) $\cdot$ (SOM) $\cdot$ (A) $\cdot$ (B) $\cdot$ (C) $\cdot$ (A) $\dots$ となる。送信側での RQ 監視は、同期ブロック信号に続くブロックまで無視し、次のブロックから有効としている。ゆえに始めにエラーが発生した場合、(SYNC) $\cdot$ (A) $\cdot$ (B) $\cdot$ (SYNC) $\cdot$ (A) $\cdot$ (B) $\dots$ のごとくなる。

(a) 同期ブロック信号

同期ブロック信号は、同期用前置符号 (0101)、同期フィラー、同期パターン (0101000010100101) の 16 ビットから構成される。同期フィラーは、01 のリバーサル 32 ビットのショートフィラーと 01 のリバーサル 1 データ長のロングフィラーの 2 種が切換え使用できる。

(4) 受信開始手順

モデムからの「バックワードチャネル送信可」後、受信開始状態に入り、同期用前置符号を確認した後、同期パターンの探索を、受信ビットストリームに対して連続的に調べ、同期パターンを認知したならば、ブロックタイミングを確立し $RQ=1$ を $RQ=0$ にする。続いて、次ブロックのサービスビットの組合せが A か SOM かを調べ、かつ剰余 $\equiv 0$ であれば $RQ=0$ を継続する。もしサービスビット組合せが A または SOM でないか、剰余 $\neq 0$ であれば $RQ=1$ に戻し、受信側は再び同期探索状態に戻る。

(a) ビットタイミング修正は、初期時同期フィラーの極性変換点を利

用、以後はデータビットの変換点を利用している。

(b) いったん、ブロックタイミングが確立されたならば、サービスビット組み合わせがノイズ等により(0101)に化けたり、伝送一時休止として同期ブロック信号が用いられて(0101)というサービスビット組み合わせを受信した場合、ブロック同期タイミングはくずさず、単にアイドルブロック(データを含まないブロック)とみなし、ブロックの最終16ビットを同期パターンチェックし、合致していればRQ=0、否の場合RQ=1をRQチャネルを介して送信側へ返送させる。この方式によりブロックタイミングの安定性を確保している。

(5) 再同期手順

(a) 送信側手順

再送サイクル(2ブロックサイクル)が連続して、4または8回続いたならば、同期はずれ、と判定し再同期状態に入る。再同期状態では、同期ブロック信号と再送中の2ブロックからなる3ブロックサイクルの送信となる。この3ブロックサイクルが連続して、4または8回続いたならば送信不能と判定しアラームに落とす。

(b) 受信側手順

再送サイクルが連続して、4または8回続いたならば、同期はずれ、と判定し、再同期状態に入り過去のブロックタイミングは捨てられ、以後の同期回復は、(4)の受信開始手順と同様である。ただし、サービスビット組み合わせが最後の順序表示に続く、ということのみ異なる。再同期状態に入って、30~40秒経過してもブロックタイミングが再確立できなければ受信不能と判定し、アラームに落とす。

(6) 伝送一時休止手順

伝送中の一時休止として、HOLDブロックを使用している。一時休止が終了し、再び伝送再開の場合、サービスビット組合せは一時休止前の最終データブロックのシーケンス表示に続くものでなければならない。

(7) 伝送終了手順

(a) 送信側手順

データ端末から送信終了信号を受信すると、最終データブロックを正常に送出後、続いてEOTブロック(データは含まない)を送出する。EOTブロック送出中RQ=0であれば(最終データブロックは正常に受

信されたことを意味する)以後、RQ監視は省き、EOTブロックを4回連送して、送信終了とする。RQ=1であれば、最終データブロックとEOTブロックの再送サイクルとなり、RQ=0になれば前記同一手順で終了となる。

(b) 受信側手順

EOTブロックを正しく受信判定したならば受信終了となる。

4. 誤り訂正装置(ECE)/データ端末装置(DTE)間の速度補正

本システムでは、ECE/DTE間のデータ授受インタフェースを非同期式(一種のパルコン式)としているから、伝送効率さえ問題にしなければシステム上速度差は問題としない方式としている。

(1) データ送信側での速度ミスマッチ

データ伝送路上は、1,200 bps または 600 bps の同期伝送信号が流れている。問題はこの同期速度より遅い入力装置とのインタフェースで、この場合ECEでは空きビット位置にダミーキャラクタをそう入し同期伝送を確保している。このダミーキャラクタは受信側では捨てられ出力されない。ダミーキャラクタの設定は送信側で設定し、これを伝送開始時あらかじめ受信側へ送信し記憶させるリモートコントロール式としている。(手動で、相互端末間で約束して設定することも可能である)

(2) データ受信側での速度ミスマッチ

データ端末の出力データ処理速度(たとえばパンチ速度)が遅い場合問題となる。この場合ECEは強制的にRQを送信側へ返送し、速度差を吸収する方式を用いている。

5. む す び

伝ば遅延時間の長い回線でのデータ伝送には、本データ端末設備は、伝送効率、伝送信頼度の点で、その特長を十分に発揮できるものと考えられる。今後、勧告V-41で問題とされている、同期手順にさらに長い伝ば遅延時間、スクランピング等を考慮し、かつ高速化を目指したシステムへと拡張することを考えている。

国際データ伝送用 2,400bps モデム

深井 賢*・大野 圭三*

山内 才胤**・松本 正弘**

杉山 康夫***・中島 邦男***

2,400bps Modem for International Data Transmission System

Kokusai Denshin Denwa Co., Ltd.

Ken FUKAI・Keizo ÔNO

Mitsubishi Electric Corp., Comm. Equip. Works

Toshitane YAMAUCHI・Masahiro MATSUMOTO

Mitsubishi Electric Corp., Central Research Laboratory

Yasuo SUGIYAMA・Kunio NAKAJIMA

In the international data transmission, it is remarkable that transmission rate has been raised and the function of communication control has become multiplex at the data terminals. Kokusai Denshin Denwa Co. has been striving to introduce high performance Modem to meet various conditions of demand. Now it has been successful in the development and manufacture of Modem for exclusive use on international data channels. This device operates on the frequency division multiplex system and is capable of transmitting simultaneously data at a speed of 2,400 bps on a data channel and of 75 bps on a backward channel. Herein is described the outlines.

1. ま え が き

本装置は音声帯域通信路にて、データチャネルとして 2,400 bps、バックワードチャネルとして 75 bps までの速度を有するデータ信号を、周波数分割多重方式により同時伝送できる。また、電話・FAX 中継回路も有して、電話・データ・FAX の交互切換通信機能もあり、その特長は、

(1) はん(汎)用性および各種端末装置・モデムとの互換性を確保するため、次のとおり CCITT 勧告に準拠している。

(a) データチャネル (2,400 bps) : 勧告 V-26

(b) バックワードチャネル : 勧告 V-23

(c) インタフェース : 勧告 V-24

(2) データチャネルは、勧告 V-26 の変調角度形式 A (0° , 90° , 180° , 270°), 形式 B (45° , 135° , 225° , 315°) 共用可能でワンタッチで切換えできる。また、1,200 bps 運用 (90° , 270°) への切換えも可能である。これは専用回線の障害時、交換電話網を使用してバックアップする場合を想定したものである。

(3) 速い同期確立時間 (8.5 ms) により、高効率なボーリング運用が可能であり、信号伝搬時間の長い国際通信では特に有効である。

(4) 再生中継器 (背接続による DC 中継) として使用できる。

(5) 占有周波数帯域幅が狭く (1,000~2,600 Hz), 回線の振幅・遅延ひずみに対して余裕度が大きい。

2. 構成および仕様

本装置 (DT-2 形 2,400 変復調装置) は、本体と付属電話装置から構成される。図 2.1 に構成、図 2.2 に外観を示す。

仕 様

(1) 適用通信路 : 4 線式音声級通信路

(2) 通信方式 : 全二重通信方式

(3) 通信モード : データ・電話・FAX の交互切換通信、各モードはリモートコントロールによる切換えが可能

(4) データチャネル変復調回路、CCITT 勧告 V-26 に準拠

(a) 信号速度 : 2,400(1,200) bps $\pm 0.01\%$ 以内

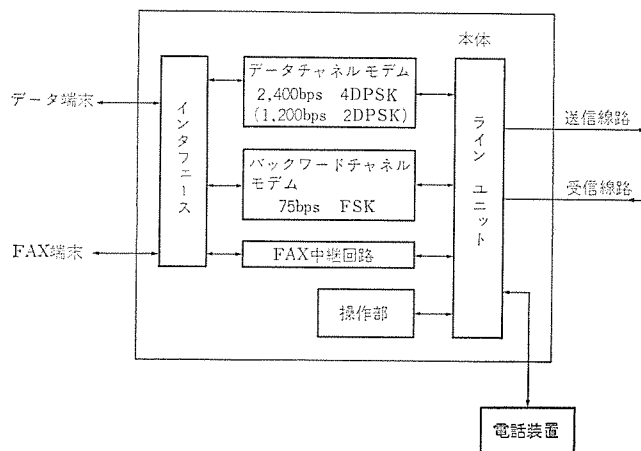


図 2.1 DT-2 形 2,400 bps モデム
Block diagram of type DT-2 Modem.

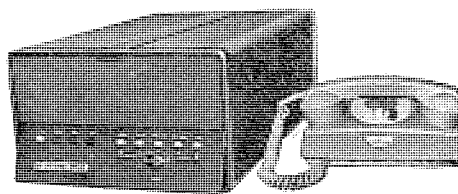


図 2.2 DT-2 形 2,400 bps モデム 外観
Type DT-2 2,400 bps Modem.

(b) 変調速度 : 1,200 B $\pm 0.01\%$ 以内

(c) 変調方式 : 4 相差動位相変調方式 (1,200 bps では二相)

(d) 変調角度 : 表 2.1 に示す

(e) 復調方式 : 同期検波方式

(f) 送信搬送周波数 : 1,800 ± 1 Hz 以内

(g) 受信搬送周波数許容偏差 : 1,800 ± 7 Hz 以内

(h) 占有周波数帯域幅 : 1,000~2,600 Hz

(i) 同期確立時間 : 8.5 ms 以内

(j) 誤り率 : CCITT 勧告 M-102 規格伝送路にて、S/N 比 15 dB において、ビット誤り率は 10^{-5} 以下、雑音は 3 kHz バンドの白色雑音

表 2.1 変調角度
Phase shift for 4 DPSK (2 DPSK).

ダイビット		2,400 bps			1,200 bps	記 事
先 行 ビット	後 続 ビット	タイプ A		タイプ B		
		I	II			
0	0	0°	+270°	+45°	0 : +90° 1 : +270°	変調角度は先行 ダイビットの後端位相と 後続ダイビットの前端位 相との位相差を示す
0	1	+90°	0°	+135°		
1	1	+180°	+90°	+225°		
1	0	+270°	+180°	+315°		

表 2.2 インタフェース
Interface to data terminal phone and fax terminal.

(1) データ端末装置とのインタフェース

回 路	略 称	方 向	コネクタ ピン No.	V-24 回路番号
保 安 用 ア ー ス	FG	—	1	101
信 号 用 ア ー ス	SG	—	7	102
送 信 デ ー タ	SD	モデムへ	2	103
受 信 デ ー タ	RD	モデムから	3	104
送 信 要 求	RS	モデムへ	4	105
送 信 可	CS	モデムから	5	106
データセットレディ	DR	モデムから	6	107
データセット線路接続	CDL	モデムへ	20	108-1
データ端末レディ	ER	モデムへ	21	108-2
受信キャリア検出	CD	モデムから	8	109
データ信号速度選択	DSS	モデムへ	23	111
送信エレメントタイミング(内部)	ST1	モデムから	15	114
送信エレメントタイミング(外部)	ST2	モデムへ	24	113
受信エレメントタイミング	RT	モデムから	17	115
ニ ュ ー シ ン ク	NS	モデムへ	10	—
バックワードチャンネル送信データ	BSD	モデムへ	14	118
バックワードチャンネル受信データ	BRD	モデムから	16	119
バックワードチャンネル送信要求	BRS	モデムへ	19	120
バックワードチャンネル送信可	BCS	モデムから	13	121
バックワードチャンネル 受信キャリア検出	BCD	モデムへ	12	122

(2) 付属電話装置とのインタフェース

回 路	略 称	方 向	コネクタ ピン No.
保 安 用 ア ー ス	FG	—	1
信 号 用 ア ー ス	SG	—	7
B E L L 送 信	BELL	モデムへ	22
B E L L 受 信	BELED	モデムから	23
送 話	VS1	モデムへ	9
	VS2		10
受 話	VR1	モデムから	11
	VR2		12
オ フ ノ ッ ク	OFHK	モデムへ	20
送信線路信号モニタ	SLM	モデムから	2
受信線路信号モニタ	RLM	モデムから	3
電 源	POW1	モデムから	21
	POW2		24
	POW3		25

(3) FAX 端末装置とのインタフェース

回 路	略 称	方 向	コネクタ ピン No.
保 安 用 ア ー ス	FG	—	1
信 号 用 ア ー ス	SG	—	7
FAX 送信データ	XS1	モデムへ	9
	XS2		10
FAX 受信データ	XR1	モデムから	11
	XR2		12
データセットレディ	XDR	モデムから	6
FAX 端末レディ	XER	モデムへ	20

(5) バックワードチャンネル 変復調回路, CCITT 勧告 V-23 に準拠

(a) 変調方式: 周波数偏移方式

(b) 変調速度: 75 bps 以下

(c) 特性周波数: 420 ± 30 Hz

(d) 電信ひずみ: 10% 以下

(6) 線路側公称入出力 インピーダンス: 600Ω 平衡

(7) 送信出力レベル

(a) データチャンネル: $0 \sim -18$ dBm

(b) バックワードチャンネル: データチャンネル $- (3 \sim 6)$ dB

(8) 受信入力レベル

(a) データチャンネル: $0 \sim -32$ dBm

(b) バックワードチャンネル: データチャンネル $- (3 \sim 6)$ dB

(9) FAX 中継レベル 偏差: ± 0.5 dB 以下

(10) 線路等化: $3,000$ Hz における三相对減衰量が 300 Hz に対して, 20 dB までの市内 ケーブル 回線の振幅等化ができる。等化後のレベル偏差は 2 dB 以内

(11) 打合せ: ベル 信号によるスピーカー 呼出し, ベル 信号は 600 Hz トーンを使用, スピーカー は, $2,400$ Hz を 4 Hz で断続した トーンで鳴音

(12) インタフェース: CCITT 勧告 V-24 に準拠

(a) 直流入力電圧: $\pm (3 \sim 25)$ V

(b) 直流入力抵抗: 3.5 ± 0.5 k Ω

(c) 直流出力電圧: 負荷抵抗 3.5 k Ω にて $\pm (8 \pm 1)$ V

(d) 制御記号: 表 2.2, 図 2.3, 2.4 参照

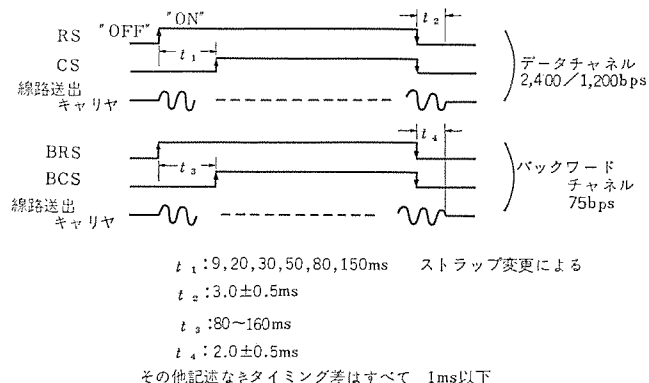


図 2.3 インタフェース 信号と線路送出 キャリヤ
Sequence of interface signals and transmitted line signals.

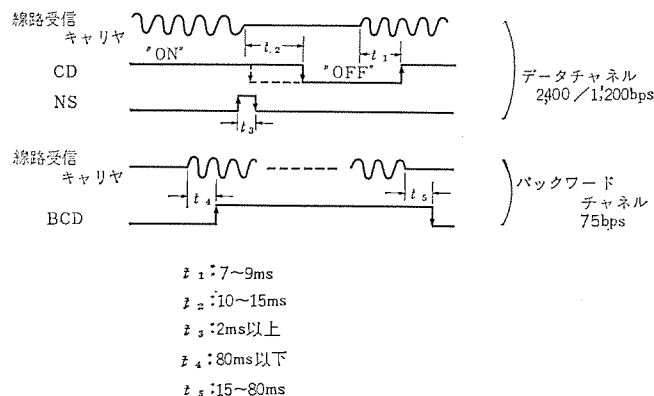


図 2.4 インタフェース 信号と線路受信 キャリヤ
Sequence of interface signals and received line signals.

3. モデム試験機能

線路折返し試験機能, および インタフェース 折返し試験機能を有して

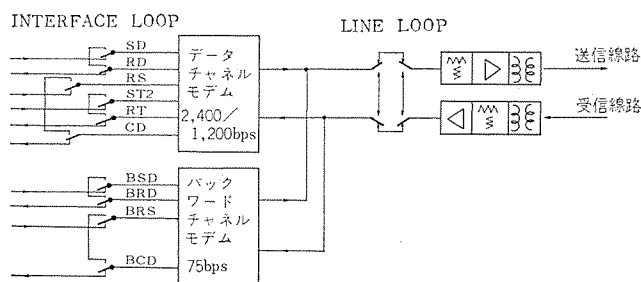


図 3.1 モデムテストサーキット
Block diagram of Modem test circuit.

いる。

(1) 線路折返し試験

モデム内部の送受信基準レベル点で、線路側・装置側とも折返しをしている。したがって、信号のレベルダイヤは試験時・運用時にかかわらず一定に保たれるので、遠隔地からの障害診断が常に可能である。

(2) インタフェース折返し試験

図 3.1 に示すごとく、インタフェースレベルで信号が折返される。データチャンネルでは、キャリア検出 (CD) → 送信要求 (RS), 受信データ (RD) → 送信データ (SD), 受信タイミング (RT) → 外部送信タイミング (ST2) へ折返される。

4. システムへの適用

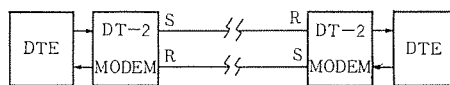
図 4.1 に示す構成が考えられる。すなわち、

(1) 4W 全二重式 Point to Point システム

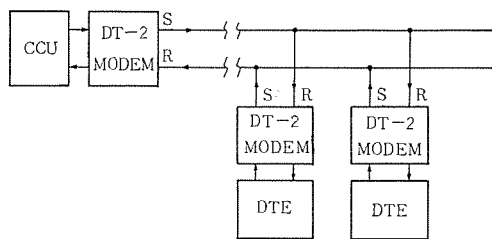
(2) 4W 全二重式 Polling システム

RS/CS タイムが 9 ms, キャリア 断間隔が 15 ms 以下の高エネルギー Polling ネットワークを構成する場合は、データ端末 (DTE) から与えられる ニューシンク (NS) 注 パルスを利用する。

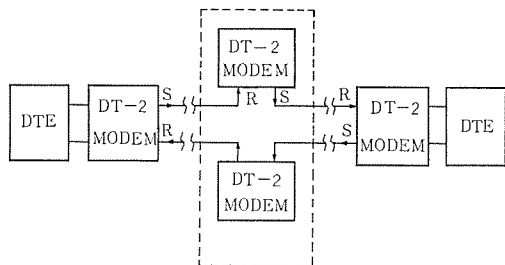
DT-2 形モデムでは、交互に受信されるキャリアのレベル差として



(1) 4線式(4W)全二重 Point to Point



(2) 4線式(4W)全二重ポーリングネットワーク



(3) 再生中継システム

図 4.1 システムへの適用
System application.

注) ニューシンクパルスは、2 ms 以上の ON パルスで、かつ受信線路キャリアが消滅するまで ON 状態を継続しなければならない。

10 dB まで応動可能である。

(3) 再生中継システム

ネットワークが種々の回線で構成され、かつ多段のリンク等を経由する場合は、いったん、直流レベルで中継することにより安定なネットワークが構成できる。この場合、再生中継器として使用するモデムの RS/CS タイムを 9 ms, システムの RS/CS タイムを 30 ms に設定しておけば、単に折返し試験スイッチをインタフェース側にしておくだけで、再生中継器として動作可能である。

5. データチャンネル変調回路

変調回路のブロック図を図 5.1 に示す。

データチャンネルの変調および復調部はともに、二重変調方式を使用してデジタル処理の簡便さと、位相急変による波形ひずみの軽減を計っている。

変調回路への入力データは送信タイミングに従って、2ビットごとにデータシフトレジスタに順次蓄積され、コーディングロジックにより表 2.1 に基づいて位相量に変換される。図 5.1 に示すように位相量と変調カウンタの内容を2進加算して、その結果を変調カウンタに改めてセットすれば、カウンタ出力にく(矩)形位相変調波が現われる。変調カウンタのセットは 2,400 bps ではダイビットごと、1,200 bps ではビットごとに行なわれる。

21 kHz 形位相変調波は帯域フィルタ通過後、19.2 kHz 局部搬送波を振幅変調して、相互差成分の 1.8 kHz 位相変調波を帯域フィルタで取り出している。

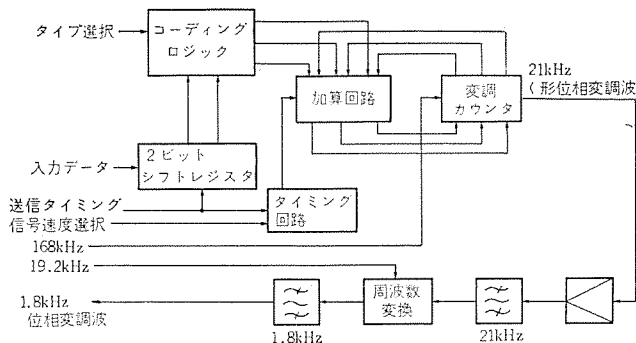


図 5.1 変調回路ブロック図
Block diagram of modulator.

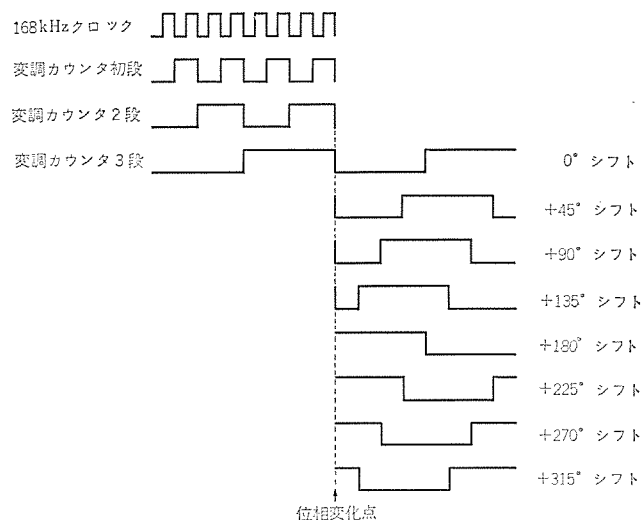


図 5.2 変調カウンタのタイムチャート
Time chart of modulation counter.

1.8kHz および 21 kHz の帯域フィルタは、変復調部ともに同一特性の線形位相フィルタを使用してスペクトラム整形および帯域外雑音の除去をしている。

(1) 変調カウンタ

3ビットのカウンタで構成され、168kHzのクロックが入力端子に与えられている。したがって、カウンタがフリーランしていれば最終段の出力は21kHzのく形波となっている。

図5.2に示すように、3ビットの変調カウンタには8種類の内部状態があり、状態の変化は21kHzに対して45°単位の8とおりの位相変化を生ずる。このうち、2,400bpsタイプAでは0°・90°・180°・270°、タイプBでは45°・135°・225°・315°、1,200bpsでは90°・270°の位相変化を使用している。

6. データチャネル復調回路

復調回路のブロック図を図6.1に示す。

受信信号は、帯域フィルタ通過後AGC増幅器でレベル安定化される。次に、変調部とは逆に、1.8kHz位相変調波で19.2kHz局部搬送波を振幅変調して周波数変換を行ない、和成分の21kHz位相変調波を帯域フィルタで取り出す。この信号はリミッタ増幅器でく形波に整形された後、搬送波再生回路から得られる基準位相と比較される。比較結果は、デコーディングロジックにより表2.1に基づいてデータに復元される。データはシフトレジスタにセットされた後、受信タイミング

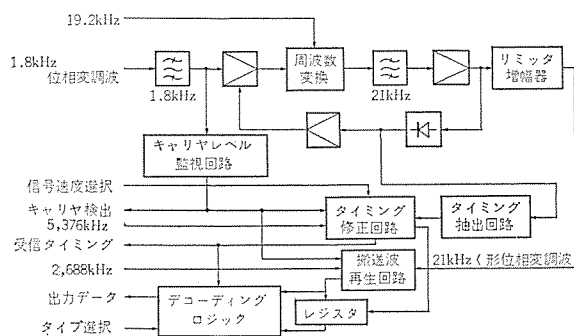


図 6.1 復調回路のブロック図 Block diagram of demodulator.

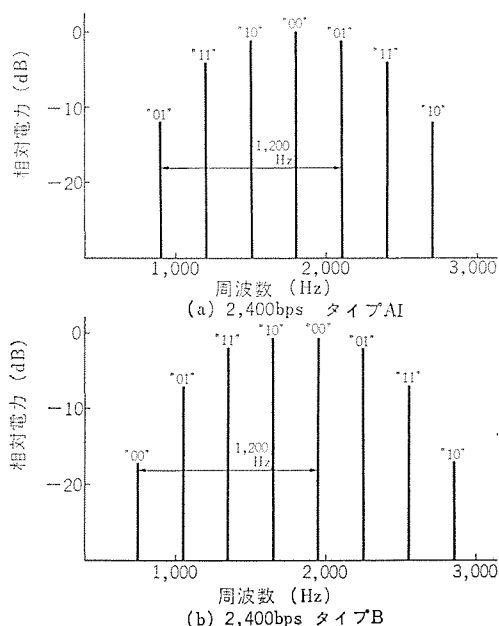


図 6.2 4 相変調位相変調波の電力スペクトル
(搬送波: 1.8kHz, 変調速度: 1,200 band)
Power spectrum of 4 DPSK.

に従って出力される。

キャリアレベル監視回路の出力は、インタフェースのキャリア検出信号として使用されるとともに、タイミング修正回路および搬送波再生回路の初期設定に利用される。

(1) タイミングの抽出

図6.2に、同一ダイビットを連続送信したときの位相変調波のスペクトルを示す。

2,400bpsタイプAの“00”連送、すなわち位相変化0°の場合を除いて、どのようなデータを送信しても1,200Hz間隔のスペクトラム対を生ずるので、これを利用して復調用のタイミングを獲得している。

実際には、LC共振回路を利用した引き込み発振器を21kHz位相変調波で励振することにより、受信信号からタイミングを抽出している。引き込み発振器出力は20%強のタイミングジッタを有する。ジッタを軽減するため、積分効果をもったデジタルタイミング修正回路を使用している。

(2) 搬送波再生回路

リミッタ増幅器で整形された21kHzく形位相変調波と、復調器のマスタクロックから分周して得た21kHz信号との位相差を、検出して再生搬送波の位相を修正している。

7. タイミング

変復調回路に使用されているタイミングは、水晶発振回路から発生する5,376kHzのマスタクロックを分周したものである。

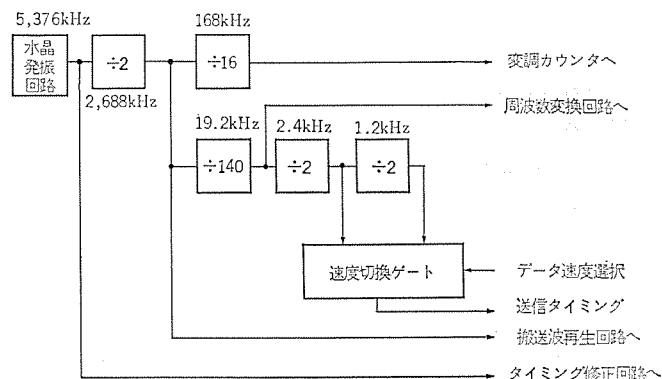


図 7.1 タイミングブロック図
Block diagram of timing.

8. 理論的検討

8.1 デジタル位相ロックループの定常位相誤差確率

デジタル化された位相ロックループ(DPLL)を図8.1に示されたモデルとする。ここで、各記号は次のものを意味する。

- θ_1 : 入力位相。確率密度関数 $P(\theta_1)$ をもつ。
- θ_r : 復調に使う基準位相。 r 個の離散的位相をとる。
- ϕ : 位相誤差。
- ψ : 量子化関数 $Q(\cdot)$ の出力。 u 個の離散的レベルをとる。
- Δ : フィルタ $F(\cdot)$ の出力。 S 個の離散的レベルをとる。
- g : フィルタの内部状態。 v 個の離散的状態をとる。

これらの関係を時刻 $t=nT$ において表わすと次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} \phi(nT) &= \theta_1(nT) - \theta_r(nT) \\ \psi(nT) &= Q(\phi(nT)) \\ \Delta(nT) &= F_\Delta(\psi(nT), g(nT)) \\ \theta_r((n+1)T) &= \theta_r(nT) + \Delta(nT) \\ g((n+1)T) &= F_g(\psi(nT), g(nT)) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (8.1)$$

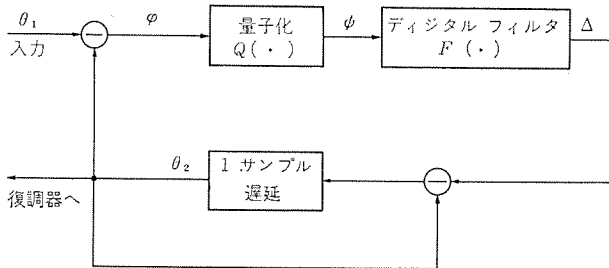


図 8.1 デジタル位相ロックループのブロック図
Block diagram of digital phase locked loop.

このとき、DPLLの系全体の状態数はたかだか \$rv\$ であるから、有限個の状態をもつ状態遷移図で系全体を記述することができる。この状態遷移図において、時刻 \$t=nT\$ において、状態 \$S_i\$ にあり、時刻 \$t=(n+1)T\$ において状態 \$S_j\$ に遷移する確率を \$P_{ij}\$ で表わす。1回の入力で \$S_i\$ から \$S_j\$ への遷移が起こり得ないときは、\$P_{ij}=0\$ であり、起こりうる場合は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} P_{ij} &= P(S_j/S_i) \\ &= P(\theta_r(j), g(j)/\theta_r(i), g(i)) \\ &= \sum_{k \in K} P(\psi = \gamma_k / \theta_r(i)) \\ &= \sum_{k \in K} \int_{\phi_k}^{\phi_{k+1}} P(\phi / \theta_r(i)) d\phi \\ &= \sum_{k \in K} \int_{\phi_k + \theta_r(i)}^{\phi_{k+1} + \theta_r(i)} P(\theta_1) d\theta_1 \dots\dots\dots (8.2) \end{aligned}$$

ここで、\$\theta_r(i)\$、\$g(i)\$ は状態 \$S_i\$ を与えたときの \$\theta_r\$ および \$g\$ の値を示し、\$K\$ は状態 \$S_i\$ から状態 \$S_j\$ への遷移が可能な \$\psi\$ のレベルのサフィックスの集合であり、\$\phi_k\$ および \$\phi_{k+1}\$ は \$\phi\$ の量子化出力 \$\psi\$ が \$\gamma_k\$ となるための範囲である。

以上のようにして求めた \$P_{ij}\$ を要素として、この状態遷移図の遷移確率行列 \$P\$ が求められる。したがって、\$\theta_r\$ の定常位相誤差確率 \$P(\theta_r)\$ は

$$P^{(\infty)} = \lim_{n \rightarrow \infty} P^n \dots\dots\dots (8.3)$$

の要素 \$P_{ij}^{(\infty)}\$ より

$$P(\theta_r) = \sum_{j \in F(\theta_r)} P_{ij}^{(\infty)} \dots\dots\dots (8.4)$$

と求められる。ここで、\$F(\theta_r)\$ は同一の \$\theta_r\$ をもつ状態 \$S_j\$ の集合である。

8.2 基準位相搬送波 再生回路の定常位相誤差確率

この装置の基準位相搬送波 再生回路の定常位相誤差確率について、8.1節で述べた方法に従って計算した結果を、図 8.2 に示す。

ここで、

$$\begin{aligned} P(\theta_1) &= \exp(-\rho) \times [1 + \sqrt{4\rho} \cos \theta \times \exp(\rho \cos^2 \theta)] \\ &\quad \times \Phi(\sqrt{2\rho} \cos \theta) / 2\pi \\ \Phi(x) &= \left\{ \int_{-\infty}^x \exp(-y^2/2) dy \right\} / \sqrt{2\pi} \end{aligned} \dots\dots (8.5)^{(2)}$$

$$\begin{aligned} F(z) &= (1+z)/2 \\ Q(\cdot) &= \text{sgn}(\cdot) \end{aligned} \dots\dots\dots (8.6)$$

である。\$\rho\$ は信号電力と雑音電力の比を表わし、\$z\$ は単位遅延要素を表わす。なお、この状態遷移図は周期 2 をもっている。

8.3 ダイビット タイミングの定常位相誤差確率

伝送路の符号間干渉と雑音により伝送波形の包絡線形状が変形し、包絡線抽出回路から出てタック回路をたたくタイミングパルスが変動するが、このタイミング偏差の性質を一般的に扱うことは、かなり複雑となる。ここでは以下の仮定をおく。

- (1) タイミングパルスは確率 3/4 でランダムに抽出される。

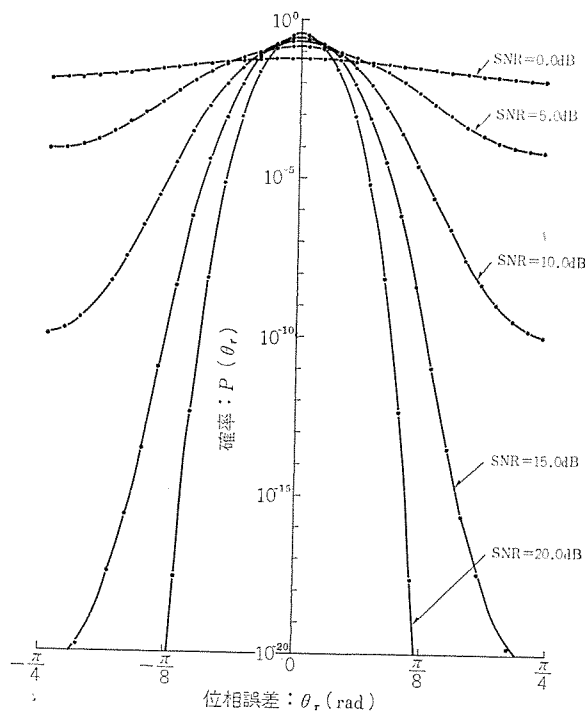


図 8.2 再生基準搬送波における定常位相誤差の確率分布
Steady-state phase-error distributions of regenerated carriers.

- (2) タイミング偏差は平均 0、標準偏差 \$S\$ のガウス分布とし、マルコフ性はないとする。

- (3) タック回路の応答は H. E. Rowe⁽³⁾ による「ロック」発振器のモデルを使う。

このとき、タック回路の入力パルスおよび出力パルスのタイミング偏差を \$\epsilon^{(i)}\$、\$\epsilon^{(o)}\$ とすると、

$$\epsilon^{(o)}(n) = \frac{1}{A} \epsilon^{(i)}(n) + \left(1 - \frac{1}{A}\right) \epsilon^{(o)}(n-1) + \left(1 - \frac{1}{A}\right) \frac{\delta f}{F} b_n \dots\dots (8.7)$$

となる。ここで使われた記号は次のとおりである。

\$n\$: タイミングパルスの通し番号

\$A\$: 発振器内部の信号のタイミングパルスに対する振幅比

\$F\$: タイミング周波数

\$\delta f\$: タイミング周波数偏差

\$b_n\$: \$(n-1)\$ 番目のタイミングパルスと \$n\$ 番目のタイミングパルスの間の空
タイミングパルス数

この \$\epsilon^{(o)}\$ が、\$Q(\cdot) = \text{sgn}(\cdot)\$、\$F(x) = 1\$ である DPLL に加えられ、その出力 \$\theta_i\$ がダイビットタイミングの出力偏差を与え、\$p(\theta_i)\$ がダイビットタイミングの定常位相誤差確率を与える。これらの事柄を使ってシミュレーションによって求めた結果を、図 8.3 に示す。

8.4 ビット誤り率

ダイビットタイミング誤差のビット誤り率への影響を、次のように考える。ダイビットタイミング誤差 \$x\$ (\$-1/2 < x \leq 1/2\$) を与えたときのデータの位相誤差 \$\theta_b(x)\$ は、伝送路のインパルス応答の直交成分を無視し、さらに最悪パターンを考えると近似的に

$$\theta_b(x) = \tan^{-1} \frac{\sum_{n=-\infty, n \neq 0}^{\infty} |R(x-n)|}{R(x)} \dots\dots\dots (8.8)$$

で与えられる。ここで、\$R(t)\$ はチャネルのインパルス応答の同相成分である。

この \$\theta_b\$ および基準搬送波の位相誤差 \$\theta_r\$ を使って、ビット誤り率 \$P_e\$ は次式より求められる。

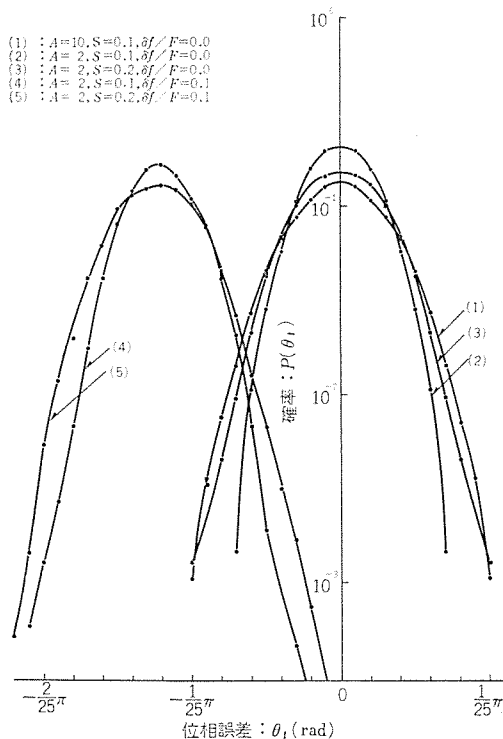


図 8.3 ダイビットタイミングの定常位相誤差確率分布
Steady-state phase-error distributions of regenerated dibit timing pulses.

$$P_e = \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi/4}^{\pi/4} P(\theta_r) P(\theta_b) P(e|\theta_r, \theta_b) d\theta_b d\theta_r$$

$$P(e|\theta_r, \theta_b) = 2 \left\{ 1 - \int_{\theta_r - \hat{\theta}_b - \frac{3}{4}\pi}^{\theta_r - \hat{\theta}_b + \frac{3}{4}\pi} P(\theta) d\theta \right. \\ \left. + \int_{\theta_r - \hat{\theta}_b + \frac{3}{4}\pi}^{\theta_r - \hat{\theta}_b + \frac{\pi}{4}} P(\theta) d\theta + \int_{\theta_r - \hat{\theta}_b - \frac{3}{4}\pi}^{\theta_r - \hat{\theta}_b - \frac{\pi}{4}} P(\theta) d\theta \dots \dots \dots (8.9) \right.$$

ここで、 $P(\theta)$ は式 (8.5) で与えられた 確率密度関数 であり、 $R(x) = \sin \pi x / \pi x$ 、 $x = \theta_t / 2\pi$ であり、また、 $\hat{\theta}_b$ は θ_r の正負に対応して θ_b の正負を変更して、 P_e が最悪として計算されるようにした変数である。この場合のビット誤り率の計算結果を図 8.4 に示す。

9. む す び

CCITT 勧告 V-26 の タイプ A、タイプ B および 1,200 bps も可能で

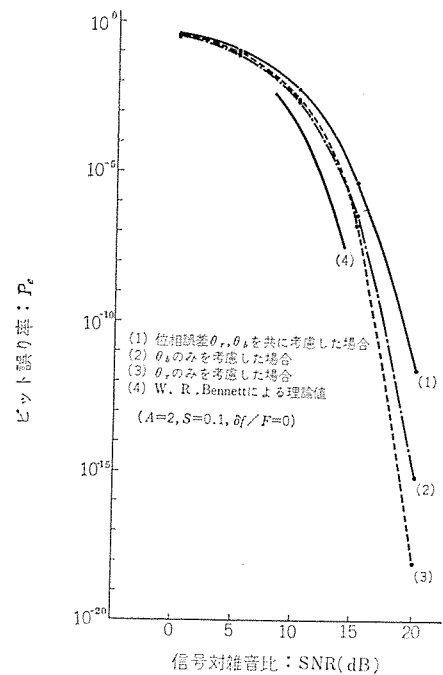


図 8.4 ビット誤り率
Bit error rates.

あり、かつバックワードチャネルも有している DT-2 形 モデム は、そのポーリング、再生中継能力等適応性の広いものであり、国際データ回線で十分にその効果を発揮できるものと考えられる。今後、一般交換網への適用、変復調の大部分 (APC 系も含めて) をディジタル化しているが、さらにそのスペクトラム整形等も、ディジタル化したコンパクトな使いやすいモデムを目指して改良を進めてゆきたいと考えている。

参 考 文 献

- (1) 脇田、大野：国際通信の研究 (昭 46-1)
- (2) C. R. Cahn : IRE, Trans. on C. S., 7, 3 (1959)
- (3) H. E. Rowe : B. S. T. J., 37, 1,543 (1958)
- (4) CCITT 勧告 V-23, V-24, V-25

制御用データ伝送機器の新しい構成法

小 村 明*・藤 原 謙 一*

A New Method of Composition for Control Data Transmission Equipment

Communication Equipment Works

Akira OMURA・Kenichi FUJIWARA

Herein is described a technique of standization in the control data transmission equipment and a new method for the same purpose. As a method of composition of the objective, a standard of hardware has been established including a cabinet, unit chassis, block and card with a name of type M mounted system. As a feature of one used for control, it is unavoidable to involve some which step out of the standard. With this taken into consideration and special attention paid to a shifting process from software to hardware, a method to minimize the process referred to has been embodied and put to practice at present. It has been displaying marked effect then.

1. ま え が き

制御用データ伝送の応用分野は、非常に多岐をきわめ省力化とシステムの拡大とは、時代の必要条件となり、急速な発展を遂げ、さらに大きな成長が約束されている。

このような情勢下におけるシステム構成法、まとめ手法、すなわちソフトウェア（客先仕様）をいかに迅速にハード化するか、この移行過程がメーカーに与えられた課題である。

移行過程最少を求める方式は幾多あると思うが、過去10年余の実績をもとに、M形実装方式として標準化した。その内容について紹介する。

2. 機器構成の考え方

機器の構成上のレベルを図2.1に示す。すなわち、一つのシステム（レベル0）を構成するN個のきょう（筐）体（架=BAY）がある。きょう体（レベル1）は、各種のユニットシャシおよびはん用機能ブロック（レベル2）を組み合わせるシステムで1機能を構成している。

ユニットシャシおよびブロックは、カード（CARD）と称する印刷回路基板を複数枚組み合わせる、はん用または専用機能をもった回路である。

カード（レベル3）は、IC・抵抗・コンデンサおよび印刷配線基板等の部品（レベル4）を組み合わせる、はん用機能を持った回路である。

このようにシステム構成を分割して考える手法は、大形シ

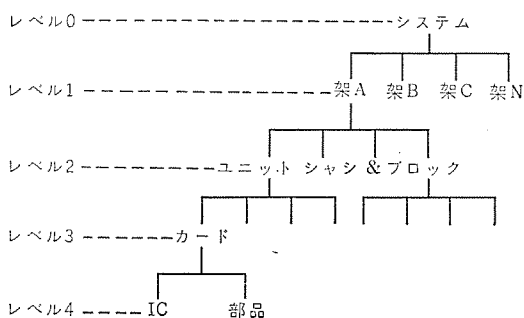


図 2.1 機器構成
Composition of equipment.

ステムにて古くから用いられていたが、真空管の時代には、レベル3および2の部分が大きくなりすぎて扱いにくいものであった。トランジスタからICへ、さらにLSIへと進むに従って、この手法がクローズアップされ、各種の思想のもとに特色のある手法が開発されている。

ここで特に注目すべきはLSIの出現である。すなわち、LSI=レベル4=レベル2/レベル1/レベル0となり、1個の部品が、レベル2またはレベル1の機能を持ち、あるときはレベル0となる可能性を持っている。しかし大形システムを構成するためのLSI+周辺回路の取扱いが決め手になると考えられる。

3. M形実装方式

M形実装方式の系統を図3.1に示す。

図3.1において、システムの仕様が決まり、機能設計に入る、各種機能をきょう体に分割する。きょう体に割当てられた機能をユニットシャシおよびブロックに分割し、さらに機器を構成する最少機能単位であるカードに割当てる。これは堀りさげの方法であるが、逆の積み上げの手法が標準化の進展に合わせて取入れられる。

おのおのの段階において使用されるきょう体、ユニットシャシ、ブロック、カードは標準化され、さらにそれらを組み立てる方法全般につい

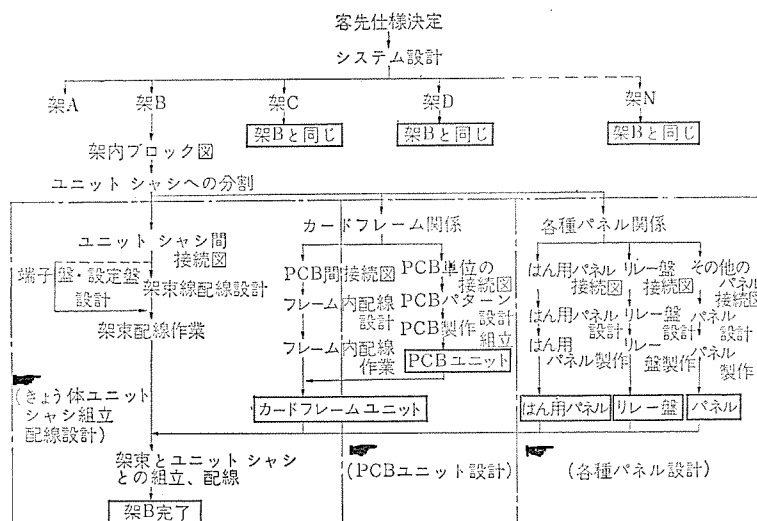


図 3.1 M形実装方式系統
System flow chart.

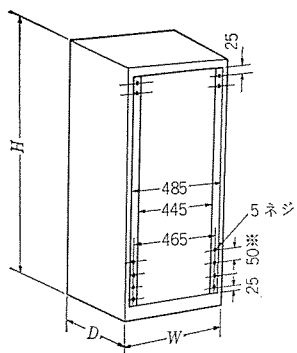


図 3.2 きょう体の基本寸法 Bay.

て標準化を行なった。これをわれわれは“M 形実装方式”と名づけ制御用データ伝送機器の標準方式として実用化している。

次に各種構成要素について説明する。

3.1 架

現在、用途を大きく2分割して、二つの標準架を使用している。

- (1) B 形架 (520 W×225 D) ……通信架
- (2) G 形架 (600 W×450 D) ……伝送架

の二つであり、図 3.2 にその外観および寸法を記す。

B 形は主として通信機械室等の比較的条件的恵まれた場所に設置されるときに使用される。

G 形架は情報の発生源の近辺に設置される場合、各種変換器等を実装するのに都合のよいように設計されている。同時に、中央局にも使用され、このときは実装密度を上げるため、前後面実装が可能となっている。

両者の架は、使用目的が異なるとはいえ、レベル2以下の構成要素は共通化を計っている。

システムの中の一つの機能を持った架を組み立てるために、必要な図面は

- (1) 総組み立図 (部分組み立図)
- (2) 実装図
- (3) 接続図 (結線表、架束表 その他)
- (4) 諸元表

等が必要である。レベル2以下の構成要素を標準化することにより、上記(3)(4)項は、自動化が可能であるが、(1)項は不可能ではないが、労多くして益少なしと考えられる。すなわち

- (a) 架の大きさに対し、取扱いやすい図面の大きさが逆関係である。
- (b) 取扱いやすい図面の大きさに対し、表現すべき内容が微細にわたり、また豊富であり、表現しきれない。
- (c) 計算機化した場合、計算機処理上、非常に能率の悪い方法である。

(1)(2)項は単に自動化のみにかぎらず、人手による図面でも同じことで、しばしば設計と組み立現場間のトラブルの原因となる。また、少しずつ実装の異なる架の組み立図を架の本数と同じ枚数だけ書かねばならぬのが今までの現状である。

そこで図 3.1 にも示したとおり、個々の架組み立図をなくしてしまい、それにかわるものとして、架実装に使用するすべての部品、ユニット、ブロック等を標準化することにより、それらの部分組み立図の集大成が、架組み立であると考えた。これらの図面をあらかじめ組み立現場に配布しておくことにより、架ごとの図面出図は大

形式	寸法 mm		
	幅 W	奥行 D	高さ H
B 形	520	224	1,350
			2,300
			2,750
G 形	600 側板込	450	1,600
			1,800
			2,000
	650		2,300

A	TB3RB(TB1~TB6) (端子盤)
B	RY22A-01 (P1~P4) (リレー盤)
C	RY22A-02 (P1~P4) (リレー盤)
D	PN4T-01 (P1~P5) (試験盤)
E	PN4A-01 (P1~P5) (積算盤)
F	CFDEF-01 (論理部)
G	CFCD-01 (論理部)
H	CFBCD-01 (論理部)
I	CFABC-01 (論理部)
J	PWAC-AX (J1, J2) (電源盤)
K	TB7RB (TB1~TB13) (端子盤)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
F																												
G																												
H																												
I																												

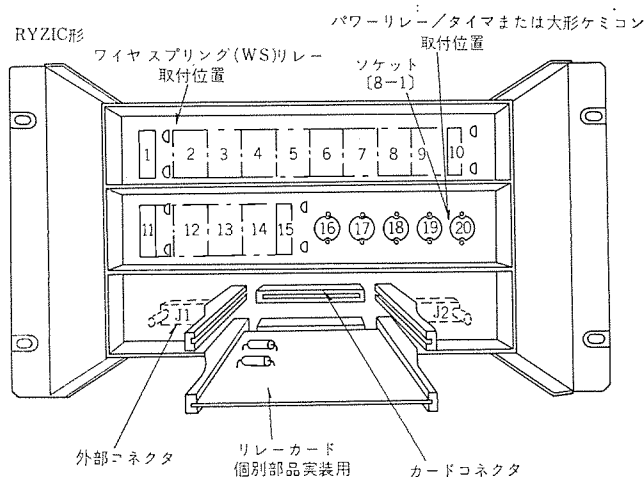


図 3.4 はん用リレー盤
General purpose relay panel.

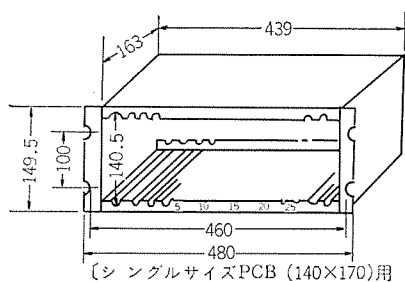


図 3.5 カードフレーム
Card frame.

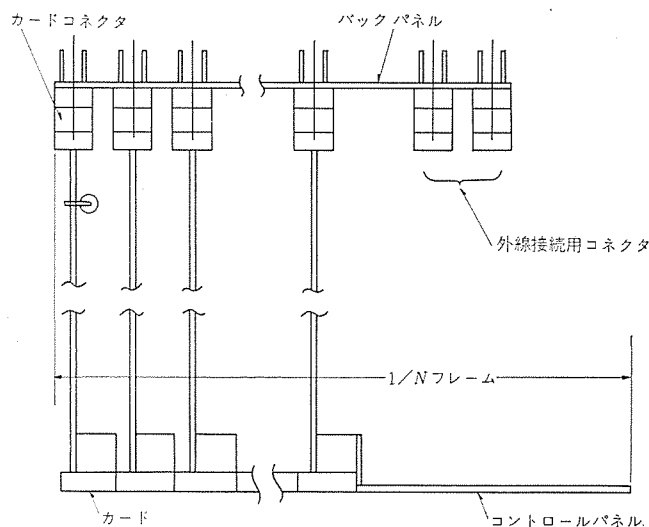


図 3.6 1/Nフレームユニット
1/N frame unit.

- (1) 加工が簡単で、量産性がある。
- (2) 価格が安価である。
- (3) 外観がきれいで、商品価値が高い。
- (4) プレハブ構造が可能で、応用範囲が広い。
- (5) 内部実装密度が上がる。

特に(5)項は、全体に与える影響が大きく最も重要な利点である。すなわち、従来の板金構造では、フレームの外径150mmに対し、実装するカードの寸法を125mmぐらいとするのが一般的に行なわれていた。これに対し、M形カードは140mmである。

面積にして約10%の増加であり、フレーム1段当たりになると、約カード3枚分に達する。これをIC実装数と比較すると、前者は

25個対後は30個でフレーム当たり実に140個の増加となる。これを架に実装するフレーム数10段として計算すると

“1架当たりの増加数=1フレーム=IC 1,400個”

と実に膨大な数となる。

実装寸法150に対しカード寸法140とすることは板金構造でも不可能ではないが、下部の強度を増すため上下非対称とする必要があり、設計上はなはだ不都合なことである。

このように実装密度の増加とICおよびLSIの出現により、ほとんどの機能は一つのフレーム以下に収容できるようになった。

このため、一つのフレームまたは1/Nフレーム単位で標準化でき、機能ブロック化が可能となり、ブロック建築と同じく、これらの積み上げで一つのBAYが組み上がることになる。

1/Nフレームブロックの一例を図3.6に示す。図に示すように、N枚のはん用または機能カードをバックパネルにより組合わせて、さらに外線用コネクタが取り付けられている。検査時点では、このコネクタに試験装置を接続し機能検査を行なう。機能ブロックごとに、専用試験装置で検査のスピードアップを計り、おのおの検査完了品を、ビルドアップして総合試験に入れる。このようにして工場全体のスピードアップが可能となる。

バックパネルは、はん用ブロックについては、印刷配線板を使用している。多層基板が実用化されているが、価格の点からできる限り、両面基板で実現可能な設計が要求される。使用するカードの端子割当てを、バックパターンを考えながら行なえば、ほとんどの場合可能であるが、割当てをランダムにすると両面基板では不可能となる。この場合、バックパネルに追加配線を行なうことにしている。

バックパネル多層にするか、追加配線で行なうかは、製作台数・はん用性等にもよるが、一応の目安を配線数100本に置いている。

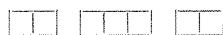
このような1/Nフレームユニットを、カードフレームに取付けて使用することにより、下記の利点がうまれる。

- (1) 次レベルのカードが標準化できる。
- (2) カードフレームも1種類になる。
- (3) 架実装が標準化できる。

すなわち、従来ブロックとはん用カードの寸法をかえるか、またはフレーム構造をかえて両者を収容していたのが、両者1本化でき、したがって架実装が単純化できるのである。

外線接続は、コネクタにリボンケーブルで接続することができ、また、外線コネクタの端子にラッピングにより接続することも可能である。電源は、バックパネルに設けられた。端子に、太い線で架の配線バスに接続される。

ブロックに採用しているブロックの形名と構成は、次のとおり



第1項 第2項 第3項

(大区分)(中区分)(小区分)

の7けたで表わされ、

大区分………ユニット・シャシの略称を英字2けたで表わす

中区分………構造用途などを表わし、英数字3けた

小区分………中区分ごとのランニングナンバー

により、機能、用途および構造を示すようになっている。

1/Nフレームユニットについては



(中区分) (小区分)

の5けたで表わされ、前記の大区分を省略した形になっている。こ

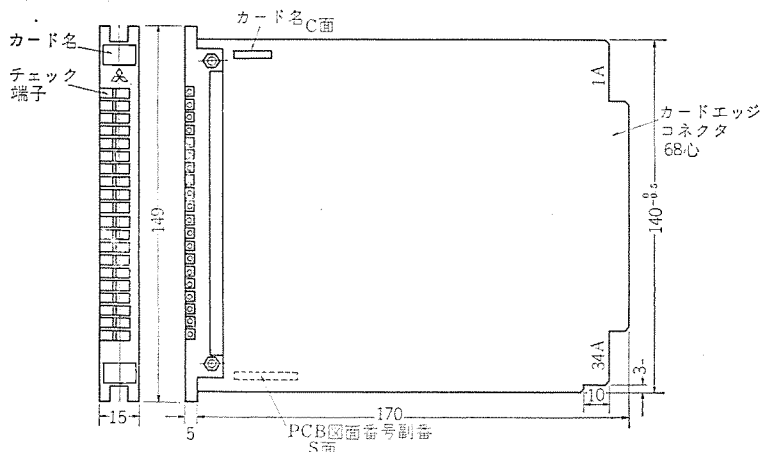


図 3.7 M 形カードユニット
Type M card unit.

の場合の中区分は機能略称を表わすようになっていて、たとえば、

P S C……………パラレル／シリアル 符号変換器

S P C……………シリアル／パラレル 符号変換器

A D C……………A/D変換器

等を表わすようになっている。

3.3 カード（レベル3）……………M 形カード

図 3.7 にカード 基本寸法・外観を示す。コネクタはカードエッジ 68 心を使用している。前面にはチェック端子 19 個とアース端子 1 個のターミナルブロック兼前面化粧パネルとして使用している。このカードに IC が最大 30 個積載可能である。

このカードのパターン作成は、PACS-2F プログラムによる自動設計・製図システムにより行なっている。この自動設計システムは非常に優秀なシステムであり、平均して 1 日 1 件、それも女子作業者と計算機で処理可能である。またバックパネルの自動設計も可能である。

図 3.7 はシングルサイズのカードであるが、これをダブルサイズ 280×170 とすることも可能である。これにより、一つの機能を 1 枚の PCB 上に実装可能となり、ブロック化のメリットをさらに増大することができる。

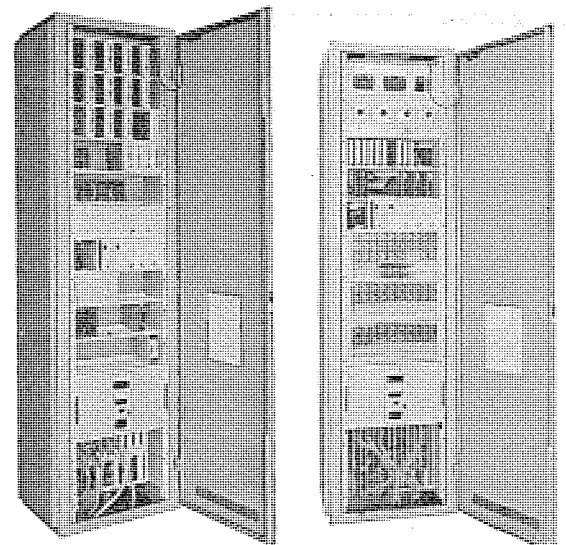


図 3.8 架実装
Bay assembly.

この場合に、ダブルサイズを導入して、部分的に実装が上るとしても、全体的に見たらどうか。あきがふえ、実装しにくくなりはいないか、または、取扱いが不便になりはいないか、試験保守がやりにくくないか、その他を総合的に考える必要がある。この件については現在検討中であり、稿を改めて、発表したい。

4. む す び

以上 M 形実装方式の概要を述べたが、標準化は、単に使用を制限したり、足かせ・手かせをすることではなく、より良いものを受け入れうる基盤を持った協調性のあるシステムを作り上げることではないかと思う。今後は、システムの多様化を満足させうる布線設計製作の自動化などを推進し、M 形実装方式を完成していく予定である。最後に、標準化に協力下さった通信機製作所 技管課諸氏に謝意を表す。

参 考 文 献

- (1) 加藤：自動製図，三菱電機技報，45，No. 10，1,327（昭 46）

名 称	登録番号	考 案 者	名 称	登録番号	考 案 者
ゴムパッキン	932199	加藤庸夫・柳下儀兵衛	車両用送風装置	934625	高橋 剛
線形イオン加速器用加速空洞体	933316	後藤正之・藤田彪太	信号系点検装置	934626	高田信治
温水器	934610	鶴谷嘉正	内燃機関の点火時期調整装置	934627	大西正義
食器洗滌機	934611	関根文男	空気冷却器	934628	大畑晃一
電気掃除機の消音装置	934612	加藤 悟・南日国伸	遅延引出し開閉の鎖錠装置	934629	久松章三・紅谷 宏
溶接変圧器	934613	{馬場利彦・越智紀明 田尻浩己・大賀隆文	遅延引き離し開閉器の鎖錠装置	934630	久松章三・紅谷 宏
冷温水器用供給装置	934614	岩崎善彦・飛田徹二	巻線形電動機の刷子引上げ装置	934631	加藤勝久
刷子保持装置	934615	入 江 厚	内燃機関点火装置	934632	三木隆雄
食器洗滌機	934616	吉川 浩・関根文男	多気筒内燃機関点火装置	934633	三木隆雄
継電器互鎖装置	934617	森本義則	記録計打点間隔調整装置	934634	岩 井 優
換気扇	934618	長瀬卯三郎	自動進角装置	934635	大西正義
電源回路	934619	近藤輝夫・鈴木康一	冷却器	934636	岩崎善彦
電気調理器の表示装置	934620	野畑昭夫・丹野正道	冷却器	934637	岩崎善彦
着火時期調整装置	934621	浅山嘉明	ディストリビュータ	934638	荒川利弘
コード吊り下げ形灯具	934622	{諏訪 寧・山崎 肇 保田智行	点火時期調整装置	934639	浅山嘉明
系統模擬照光盤	934623	楠 瀬 喬	点火時期調整装置	934640	三木隆雄・才田敏和
			内燃機関の点火装置	934641	高橋一智
			遠心式点火時期調整装置	934642	矢野悦治

お わ び

本誌 Vol.46 No.8の887ページ表3.1に誤りがあ
りましたので、次のとうり訂正いたします。

表3.1 現在のP-610系スピーカーの種類
Kind of present P-610 group speakers.

	P-610A	P-610AT	P-610AJ	P-610B	P-610M
特 長	BTS規格品 BTS-6121	BTS規 格品 トランス 付き (600Ω)	JIS規 格品	一般市販 用	ディファレンシャル スピーカー (2組のボイスコイル をもつ)
口 径	16cm	16cm	16cm	16cm	16cm
許 容 入 力	3 W	3 W	3 W	3 W	VC1, VC2, 1.5W 並列駆動3 W
公称インピー デ ン ス	16Ω	16Ω	16Ω	8 Ω	VC1, VC2, 16Ω 並列駆動8 Ω
再生周波数 帯 域	80~ 13,000Hz	80~ 13,000Hz	80~ 13,000Hz	80~ 13,000Hz	80~13,000Hz(並列)
定 格 出 力 音 圧 レベル	92dB/m	92dB/m	92dB/m	92dB/m	90dB/m(並列)
低 域 共 振 周 波 数	80Hz	80Hz	80Hz	80Hz	80Hz(並列)
有効振動半径	6.5cm	6.5cm	6.5cm	6.5cm	6.5cm
振 動 系 等 価 質 量	6.5g	6.5g	6.5g	6.5g	6.5g
振 動 系 の 等 価 的 な Q	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8(並列)
ボイスコイル 直 径	19.6mmφ	19.6mmφ	19.6mmφ	19.6mmφ	19.6mmφ
磁極空げき の磁束密度	11,000gauss	11,000 gauss	11,000 gauss	11,000 gauss	12,000gauss
総 磁 束	8.5×10 ⁴ maxwell	8.5×10 ⁴ maxwell	8.5×10 ⁴ maxwell	8.5×10 ⁴ maxwell	8.5×10 ⁴ maxwell
永 久 磁 石	MK-5S-DG 30φ-25	MK-5S-DG 30φ-25	MK-5S-DG 30φ-25	MK-5S-DG 30φ-25	MK-5S-DG 30φ-25
ボール材質	純鉄	純鉄	純鉄	純鉄	純鉄
総 重 量	0.75kg	0.75kg	0.75kg	0.75kg	0.75kg



特許と新案

ネットワーク給電線の接地検出装置

発明者 美濃順一・梅本隆司

この発明はネットワーク給電線の接地事故、特に高圧側接地事故を検出する装置に関するものである。

近年信頼度の高い給電方式として図に示すようなネットワーク給電方式が逐次採用されつつある。図中(1)は電源変圧器、(2)は変圧器シャ断器、(3)は母線、(4)はフィーダシャ断器、(5)はフィーダ、(6)は一次開閉器、(7)はネットワーク変圧器、(8)はネットワークプロテクタ、(9)はネットワークヒューズ、(10)はネットワーク母線、(11)は負荷への引込線である。

このネットワーク方式において、高圧側事故に対する保護は次のようになされる。まず高圧側に短絡事故 F_1 が発生した時には、フィーダシャ断器(4A)が過電流によりトリップする。もし失敗したら後備保護として変圧器シャ断器(2)がトリップする。高圧側のシャ断器がトリップするとネットワークプロテクタ(8A)が逆電流を検出して事故 F_1 は系統から除去される。もし(8A)がトリップに失敗したらヒューズ(9A)が溶断して後備保護する。

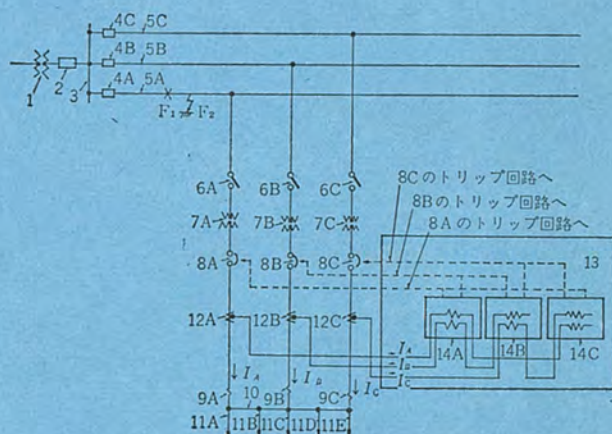
次に高圧側に接地事故 F_2 が発生した時には、フィーダシャ断器(4A)が地絡電流によりトリップする。もし失敗したら後備保護として変圧器シャ断器(2)がトリップする。(4A)の開放によりネットワーク変圧器(7A)には、二次側から逆励磁電流が流れるのでネットワークプロテクタ(8A)がトリップし事故 F_2 を系統から除去する。しかしこの接地事故 F_2 の場合にはもし(8A)がトリップに失敗しても通過電流が小さいためヒューズ(9A)が溶断せず F_2 を除去できない。しかし(8A)が閉路していると変圧器(7A)を介して一次フィーダ(5A)に電圧が誘起されることによって、事故点探索時に危険を伴う。

この発明はこの危険を除くべく高圧側接地事故に対してネットワークプロテクタの後備保護となり得る接地検出方式を提案するもので、接

地検出装置(13)を設けた。(12)はCT、(14)は二つの電流を比較する比較器である。健全時引込線(11)を通じて負荷へ供給される負荷電流の合計を I_L とすると、3回線の回路条件が著しければ、 $I_A = I_B = I_C = \frac{1}{3}I_L$ となるから、(14)はいずれも不動作である。

次に事故 F_2 が発生したとして全負荷電流を I_L 、(8A)を通して変圧器(7A)に流れる逆励磁電流を I_0 とすると $I_A = I_0$ 、 $I_B = I_C = \frac{1}{2}I_L$ となるから(14A)の入力は $\frac{1}{2}I_L - I_0$ 、(14B)の入力は0、(14C)の入力は $\frac{1}{2}I_L - I_0$ となる。したがって(14A)、(14C)がいずれも動作するが、この場合いずれも回路Aの電流が小さいことを示すから、この出力を利用してネットワークプロテクタ(8A)のみをトリップすることができる。

(特許第605791号)(太田記)



信号自動選択方式

発明者 奥村徹・竹垣弘

この発明は信号自動選択方式、特にタクシー無線を利用し、指令所において常に空車の所在位置と空車の番号を把握し、配車指令を遅滞なくおこなうとともに、配車指令を全車両に対してほぼ同様に指令することにより、タクシー無線の利用効率を高度に発揮するようにした信号自動選択方式を提供するものである。

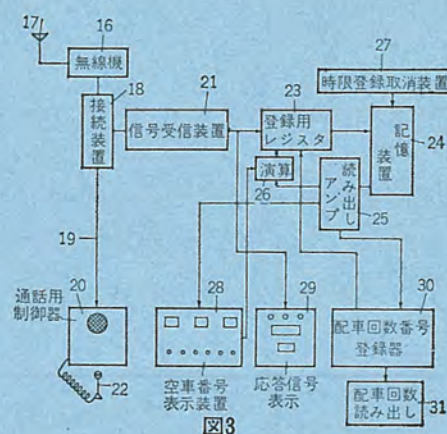
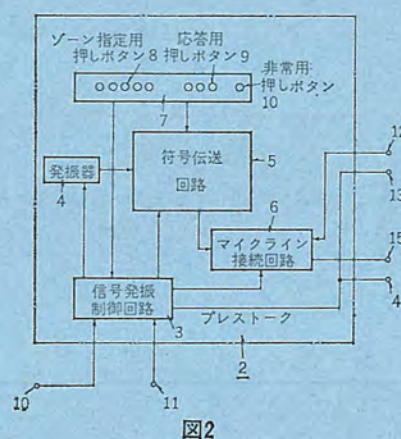
図1は、この考案の概略で、(1)は図3の指令装置が設置された指令所、 $M_1 \sim M_n$ は図2の発振装置が装着された移動局である。今ある移動局Mが料金メータスイッチを入れ、信号発振制御回路(3)

のゲートを開き、領域指定用押しボタン(8)を押すと、発振器(4)が駆動され、車番と領域をあらわす特定信号が約0.5秒間送出される。この特定信号は符号伝送回路(6)を通り、出力端子(15)から無線機へ送られ送信される。この送信された特定信号は指令所(1)の無線機(16)に受信され、接続装置(18)を介して信号受信装置(21)にはいり、ここでデジタル直列信号を並列符号に変換され、記憶装置(24)に車番と領域が記憶される。

また記憶装置には配車回数も記憶され、車番と領域は一定時間後

特許と新案

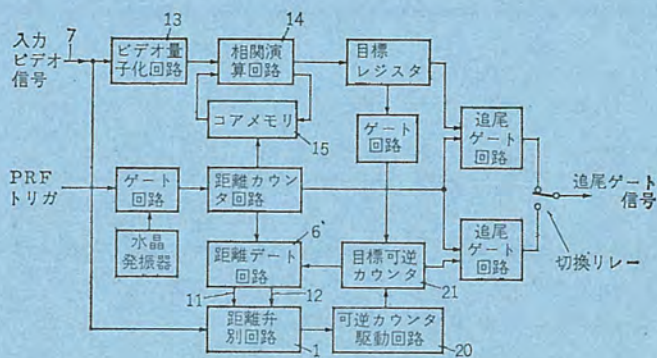
このようにこの発明は、移動加入局から指令所に特定信号を申告し、指令所ではこれを記憶装置に入れ、必要なときに随時記憶装置から読み出して必要な空車番号を送り出すようになされているため、指令所において常に空車の所在位置と車番とをは握することができる。しかも、全車に平等指令可能であり、タクシー無線利用効率を高度に発揮することができる。しかも、1回の空車時に1回だけ移動加入局から特定信号を送るようにすることにより、情報がほぼ確実に指令所に到達し、確実な指令ができる。また記憶装置に記憶された車番と領域を一定時間後に消滅させることにより、領域の変更電波等を移動加入局は送出する必要がなく、電波のふくそう(輻湊)を少なくすることができる。(特許第598374号)(阪本記)



發明者 山内信治

この発明によれば、距離をスイープして探索することなく、目標距離を検出するので、最初の補正に要する時間が必要でなく、ほとんど瞬時に検出でき、また構成にデジタル的な回路を多く採用することにより、全体の構成が小形となるばかりでなく、最近要求されることが多い目標諸元のデジタル伝送が容易である。

すなわちこの発明は図に示されるごとく、ビデオ信号(7)を振幅および距離について量子化する回路(13)と、この量子化された信号を全距離範囲にわたって、かつパルス繰返しごとのデータを順次に所定のパルス繰返し回数の幅にわたって記憶する記憶回路(15)と、この記憶されている信号よりどの距離に目標があるかを検出する演算回路(14)とで目標距離を検出し、角度追尾ゲートを発生させ、かつ目標と距離トリガとの差を距離誤差信号に比例した密度のパルスを発生する可逆カウンタ駆動回路(20)と、この駆動パルスで変化し、目標距離を指示する目標可逆カウンタ(21)と、この目標可逆カウンタ(21)からの距離トリガにより、距離別弁回路(1)へ進み信号(11)、遅れ信号(12)を発生する距離ゲート回路(6)から構成される距離フィードバック系に、上記演算回路(14)が得られた目標距離を与えて距離追尾を行ない、全体の系として目標の最初の補足を迅速に、かつ精度よく距離追尾を行なうようにしたものである。



関西電力(株)新曽根崎変電所納入機器

吉田 頼弘*・武智 盛明*・塩 見 実*
平河 宏之*・但田 昭司*・天池 則行*
出 畑 修二**・岡 田 明**

Electric Apparatus Delivered to Shinsonezaki Substation, Kansai Electric Power Co.

Itami Works Yorihiro YOSHIDA・Moriaki TAKECHI・Minoru SHIOMI
Hiroyuki HIRAKAWA・Shoji TADA・Noriyuki AMAIKE
Kobe Works Shuji DEBATA・Akira OKADA

To meet rapidly increasing power demands in the central part of Osaka city the Kansai Electric Power Co., has constructed Shinsonezaki Substation in the underground space of the Company's building at Dojima. This substation is designed to have a capacity of supplying electric power in answering the need of the district for a long time to come. A number of new techniques have been introduced to the installations for making effective utilization of a small site in the heart of the city and also for keeping harmony with the environment.

The greater part of the machines in the substation have been manufactured by Mitsubishi. This article is a brief report on the equipment.

1. ま え が き

関西電力(株)は、大阪市中心部の電力需要に対処するため、堂島関電ビル地下に新曽根崎変電所を建設した⁽¹⁾。

大阪市中心部の電力需要は、最近の大都市の電力需要と同様の傾向を示し、量・質ともに増大の傾向にある。これに対処するため、関西電力(株)では、500 kV 外輸系統上の大規模な 500 kV 変電所を拠点として、ここから 154 kV 放射状大容量送電線によって大阪市中心部へ大電力を導入することを計画している。

この一環として建設されたのが、新曽根崎変電所である。

この変電所は、大容量の 154 kV 電源を新生駒変電所より導入し、堂島・北浜地区のビジネスセンター街を中心とする地域の電力需要の増加と、超高層ビルの誕生等のビルの大形化に伴う需要単位の増大に対処するため、6.6 kV 配電に代わって 22 kV で配電する 154/22 kV の最終 900 MVA 大容量地下式変電所である。

この変電所には、最新鋭の技術が導入され、154 kV 側はガス絶縁開閉装置 (Gas Insulated Switchgear, GIS) を、22 kV 側は固体絶縁開閉装置 (Solid Insulated Switchgear, SIS) を採用し、信頼性の向上、変電所の縮小化、環境との調和が図られている。

この変電所設備機器の大部分を三菱電機(株)で製作し、納入したので、その概要を報告する。

2. 新曽根崎変電所の概要

新曽根崎変電所は、新生駒変電所から 154 kV で 2 回線受電 (将来 3 回線受電) して 22 kV に降圧し、堂島・北浜地区のビジネスセンター街に供給する変電所であり、昭和 45 年 12 月に着工し、47 年 6 月に一部運転開始し、47 年 8 月に完成した。

その設備概要を表 2. 1 に、単線結線を図 2. 1 に、平面配置を図 2. 2 に示す。

表 2. 1 新曽根崎変電所の設備概要
Outlines of Shinsonezaki substation.

	仕 様	当 初	最 終
出 力		200 MVA	900 MVA
負荷時タップ切替変圧器	三相 161~126/22 kV (21 tap) 100 MVA	2 台	3 台
	三相 161~126/22 kV (21 tap) 200 MVA		3 台
154 kV 送電線引出設備	SF ₆ ガス絶縁方式 しゃ断器なし (当初)	2 回線	4 回線
22 kV 送電線引出設備	固体絶縁方式 真空しゃ断器, 自動連結形 24 kV 600 A, 1,000 MVA	14 回線	108 回線
制 御 方 式	遠方監視制御方式 集中監視制御装置 (1:N 方式) を採用		

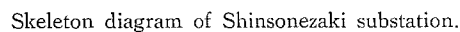
この変電所の設計にあたって、信頼性の向上、変電所の縮小化、環境の調和を図るために、かすかすの新技術が導入されたが、おもな特長はつぎのとおりである。

(1) 縮小形開閉装置 (154 kV 側はガス絶縁開閉装置, 22 kV 側は固体絶縁開閉装置) を全面的に採用し、建屋総容積で従来の約半分に縮小した。

(2) 大阪市中心部の重要負荷を供給する変電所であるため、300 MVA 単位の 3 分割化と、変圧器 3 バック 並列運転を可能にし、信頼性を向上させるとともに、事故波及範囲を極小にするようにした。

(3) 22 kV 側のしゃ断器のしゃ断容量は、一般に 1,000 MVA が上限とされているが、これを押えるために変圧器のインピーダンスに、自己容量ベースで 26 % という国内最高の高インピーダンスを採用し、また、将来の 200 MVA 変圧器は分割巻線を利用することにした。

(4) 変電所の制御監視は、同じ地下 1 階に併設する新曽根崎制御所から、1:N 方式集中監視制御装置で行ない、将来は小形電子計算機による制御も可能になるように考慮してある。



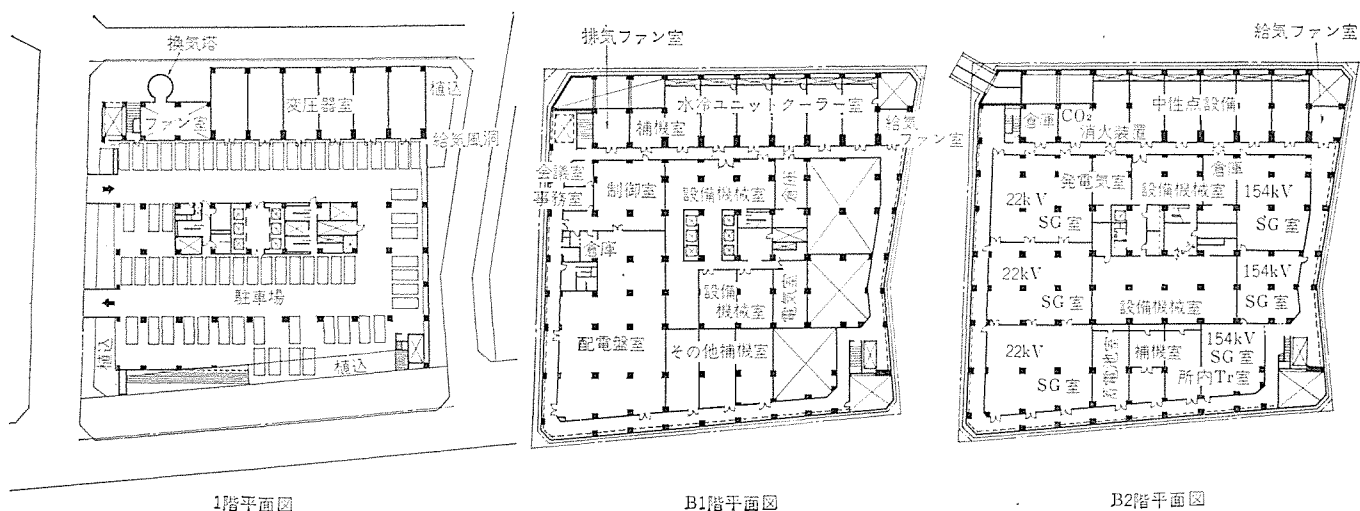


図 2.2 新曽根崎変電所平面配置 Plan of Shinsonnezaki substation.

3. 154 kV 開閉装置

3.1 154 kV ガス絶縁開閉装置の概要

今回納入した 154 kV ガス絶縁開閉装置は、昭和 44 年 10 月から約 1 年間にわたって、関西電力(株)新生駒変電所での実系統で長期実用試験⁽²⁾を行なって実用性と信頼性を確認したものに、経済性を加味し、さらにビルの地下変電所用としての特殊性を考慮して、相分



図 3.1 関西電力(株)新曽根崎変電所納め 154 kV ガス絶縁開閉装置
154 kV gas insulated switchgear installed at Shinsonnezaki substation of Kansai Electric Power Co.

離方式で製作した。

3.2 配置構成および定格

このガス絶縁開閉装置の外観を図 3.1 に、外形を図 3.2 に示す。

154 kV の電源は、新生駒変電所から大阪近郊の変電所まで架空線で導き、これより 2,000 mm² の OF ケーブルで大阪市内の地下をくぐって新曽根崎変電所まで導入し、GIS に接続されている。

154 kV GIS の構成は、図 3.3 の構造に示すように、受電用ケーブルヘッド、受電用断路器、変圧器接続用ケーブルヘッド、変圧器用断路器、コンデンサ形計器用変圧器、母線(将来、変圧器用断路器になる)、接地開閉器からなる。

今回納入した 2 ユニット間は、連絡接続されていないが、将来、3 回線受電になった場合に各ユニットにしゃ断器を設け、ユニット間はスター接続とし、そのスターの中心点から他変電所へ連絡線が引き出せる構造にしてある。

154 kV ガス絶縁開閉装置の定格は、表 3.1 のとおりである。

3.3 特長

今回製作した GIS は、GIS としての一般的特長以外に次のような特長を持っている。

(1) ビルの地下に据え付けるため、搬入通路・搬入口を考慮して相分離方式にして信頼性をあげるとともに、現地搬入・組立てを容易にした。

(2) 定格電流 1,500 A に対し、先に納入した関西電力(株)南大

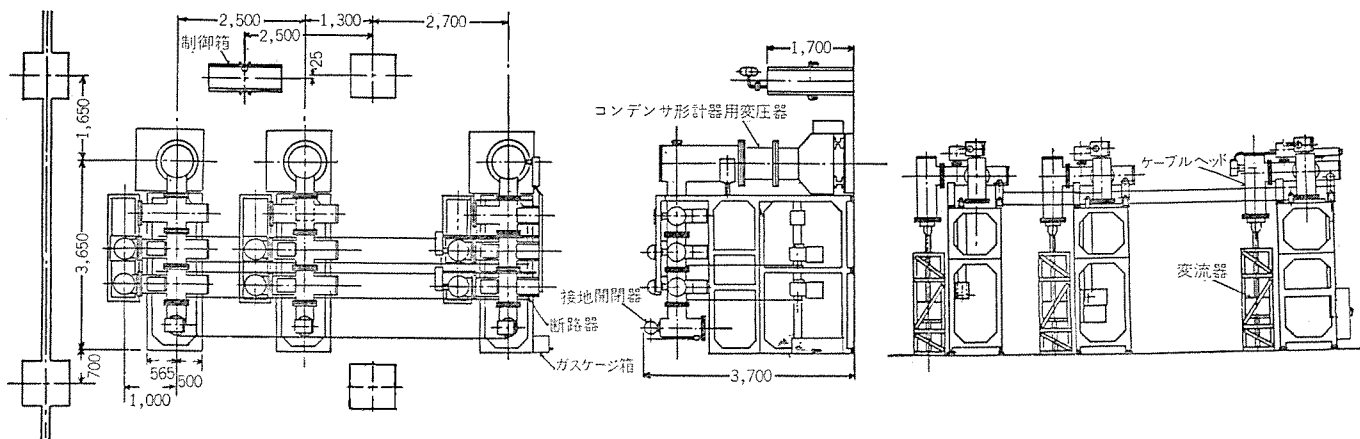


図 3.2 154 kV ガス絶縁開閉装置外形 (1L ユニット) Outline of 154 kV gas insulated switchgear.

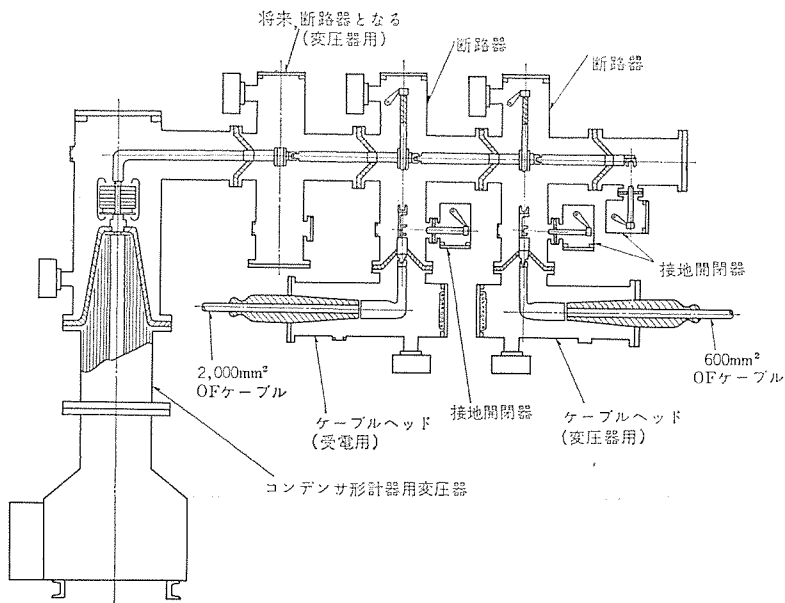


図 3.3 154kV ガス 絶縁開閉装置構造
Cross section of 154 kV gas insulated switchgear.

表 3.1 154kV ガス 絶縁開閉装置の定格
Ratings of 154 kV gas insulated switchgear.

G I S	定 格 電 圧	154 kV
	定 格 電 流	1,500 A
	定格短時間電流	32 kA
	定 格 周 波 数	60 Hz
	絶 縁 階 級	140 号
	定 格 ガ ス 圧	4 kg/cm ² g
断 路 器	形 式	3 極単投, 直線ブレード式ガス断路器
	定 格 電 圧	168 kV
	定 格 電 流	1,500 A
	操 作 方 式	空気操作
接 地 用 開 閉 器	形 式	3 極単投, 直線ブレード式ガス断路器
	定 格 電 圧	168 kV
	定格短時間電流	32 kA
	操 作 方 式	手動操作
コンデンサ形計器用変圧器	形 式	単相 GIS 直結, 油入同軸コンデンサ形
	定 格 電 圧	一 次
		154/√3 kV
		二 次
		110/√3 / 110/√3 V
		三 次
	定 格 負 担	110/3 V
		200/30/100 VA
		誤 差 階 級
		1.0/3 G 級
変 流 器	形 式	ケーブル貫通分銅鉄心形
	変 流 比	1,500-750/5 A
	定 格 負 担	100 VA
	誤 差 階 級	1.0 級

浜 S/S 向け 77 kV GIS の経験をもとに、一部磁気しゃ断した鋼製外被を使用して経済化を図った。

(3) 外部接続部および変圧器との接続は、OF ケーブルで行ない、GIS の特長の一つである縮小化を図った。

3.4 コンデンサ形 計器用変圧器

図 3.4 に外観を示す。このコンデンサ形計器用変圧器のコンデンサ素子は、高圧中心軸にアルミ はく(箔)と絶縁紙を交互に巻いて油浸処理を施してあるので、最外周は大地電位になり、接地タンクに収納されている。SF₆ ガスと油側との仕切りは、エポキシモールドのスペーサで行なうが、コンデンサはく(箔)端の配置を合理的に行なうと、スペーサの

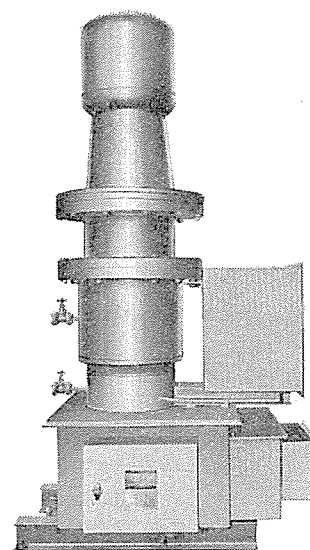


図 3.4 GY-14 形 コンデンサ形 計器用変圧器
Type GY-14 capacitive voltage transformers.

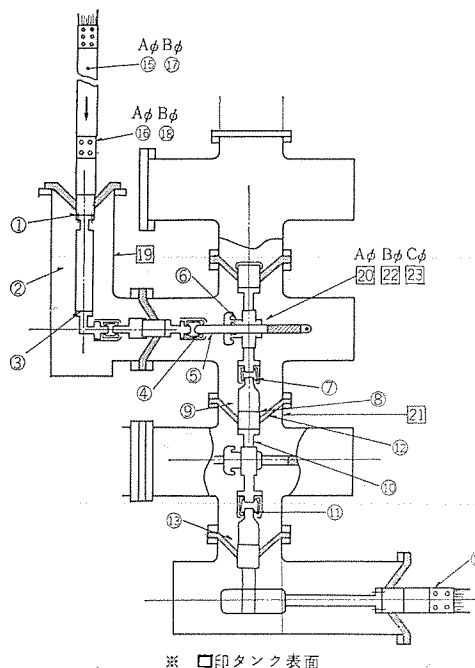


図 3.5 温度上昇試験測定点
Temperature rise measurement points.

沿面電位傾度を均一化できるので、SF₆ ガスの絶縁効果とあいまって、GIS 母線の SF₆ ガス 中に入り込む部分の寸法は縮小されている。コンデンサの油量調整装置(フィーディングタンク)は、SF₆ ガス 側(外観では頭部のシールドの中)に設けてあるので、コンデンサ内の油圧は常時 SF₆ ガスの圧力と同一になり、油・ガス 相互間の漏れの心配もない。下部の変成装置の油は、コンデンサ油とは仕切られており、専用の油量調整装置が別に取り付けられている。

したがって、コンデンサ素子自体の機械的強度、およびタンクへの取付構造も強固であるうえ、OF 式であるので、横倒し輸送が可能であり、狭いビル内の据付け場所にも容易に搬入することができた。

コンデンサは、いわゆる プッシングのコンデンサコーンを一部変形したもので、良好な絶縁性などで信頼度の高いことは、超々高圧級までの開発段階での試験結果、および当社の OT 形コンデンサプッシングの実

績にも表わされているが、今回の結果でもコロナフリーで信頼度の高いことが実証された。

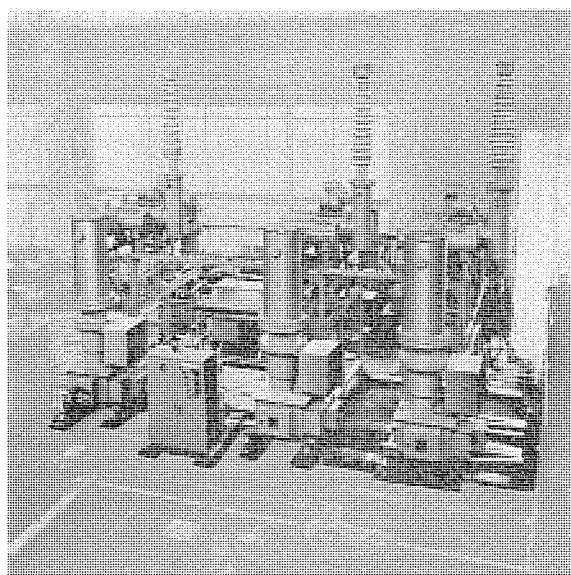


図 3.6 工場試験中の 154 kV ガス絶縁開閉装置
154 kV gas insulated switchgear testing in the factory.

表 3.2 温度上昇試験結果
Test results of temperature rise.

測定位置	測定位置名称	測定値 °C	上昇値 deg	規格 deg
1	ケーブルヘッド 接続部 (A相)	43	40	—
2	ケーブルヘッド ガス温 (A相)	44	36	—
3	ケーブルヘッド 接続部 (A相)	50	42	55
4	断 路 器 接続部 (A相)	42	34	55
5	断 路 器 導 体 (A相)	42	34	55
6	断 路 器 接続部 (A相)	33	25	55
7	断 路 器 接続部 (A相)	39	31	55
8	断 路 器 接続部 (A相)	36	28	55
9	断 路 器 ガス温 (A相)	35	27	—
10	断 路 器 接続部 (A相)	35	27	55
11	断 路 器 接続部 (A相)	38	30	55
12	断 路 器 スペーサ (A相)	32	24	50
13	断 路 器 ガス温 (A相)	32	24	—
14	短 絡 部	34	26	—
15	端子から 1 m の試験用導体 (A相)	49	41	30以上
16	試験用端子 (A相)	48	40	—
17	端子から 1 m の試験用導体 (B相)	45	37	30以上
18	試験用端子 (B相)	47	39	—
19	ケーブルヘッドタンク (A相)	36	28	70
20	断路器 タンク (A相)	32	24	70
21	断路器 タンク (A相)	36	28	70
22	断路器 タンク (B相)	31	23	70
23	断路器 タンク (C相)	31	23	70
24	周 囲 温 度	8	—	—

通 電 電 流 1,500 A (三相電源)
A 相 1,500 A
B 相 1,500 A
C 相 1,500 A

周 波 数 60 Hz
測 定 器 熱電対自動記録温度計
通 電 時 間 11.5 時間
ガ ス 圧 4 kg/cm²g

3.5 試 験

今回、154 kV GISの実用第1号機として納入し、しかも関西電力(株)との共同研究時に若干の改良を行なったので、その部分の検証を中心に形式試験に準ずる精密受入試験として、短時間電流試験・衝撃波耐電圧試験・コンデンサ形計器用変圧器の単体試験・温度試験・構造試験・開閉試験・商用周波耐電圧試験を関西電力(株)の立会いのもとに実施した。

図 3.5、表 3.2 に温度試験の結果を、図 3.6 に工場における組合せ試験の状態を示す。

コンデンサ形計器用変圧器(PD)には、二次側の継電器回路に短絡・地絡・断線などの故障があったときでも無用のしゃ断器トリップを防止するため、当社独自の方式による継電器誤動作防止回路を内蔵したので、3台のPDを使って三相回路を組んでこの実証試験を行なった結果、従来より使用されている比較継電器を使って、トリップ継電器を高速度でロックすることが可能であることを確認した。

4. 主変圧器および中性点機器

主変圧器は、第1期工事分として100 MVA 変圧器2台を納入した。154 kV 側の中性点には、140 kV 避雷器が主変圧器にじかづけられ、100 mm² の OF ケーブルによって50 MVA リアクトルが接続されている。

表 4.1 に主変圧器および中性点機器の定格を示す。

4.1 主変圧器

この変圧器は、22 kV 配電用変電所として初めて154 kV から直接22 kV にて降圧する方式が、採用されている点に特長があり、また、二次側短絡容量低減のため、全タップにおいて26%以上という

表 4.1 主変圧器および154 kV 中性点機器の定格
Ratings of main transformer and 154 kV neutral installation

主 変 圧 器 形 式	三相、屋内用、外鉄形 21 点負荷時電圧調整器付 送油水冷式、無圧密封式 100,000 kVA 一次 147 kV ± 14 kV 二次 22 kV 三次 内 蔵 周 波 数 イ ン ビ ー ダ ン ス 絶 縁 階 級 60 Hz 27.8% (定格タップ、定格容量基準) 一 次 140 号 二 次 20 号 中性点 100 号
中性点リアクトル 形 式 定 格 電 圧 定 格 電 容 量 絶 縁 階 級	单相、油入自動空心形 154/ $\sqrt{3}$ kV 50 MVA, 15 秒定格 中性点側 100 号 接 地 側 30 号
避 雷 器 形 式 定 格 電 圧 公 称 放 電 電 流	SF ₆ ガス消弧式 140 kV 10,000 A
G I S 定 格 電 圧 定 格 電 流 定 格 短 時 間 電 流 絶 縁 階 級 定 格 ガ ス 圧	154/ $\sqrt{3}$ kV 800 A 14 kA 100 号 4 kg/cm ² g
断 路 器 形 式 定 格 電 圧 定 格 電 流 操 作 方 式	車極単投、直線ブレード式ガス断路器 120 kV 800 A 空気操作

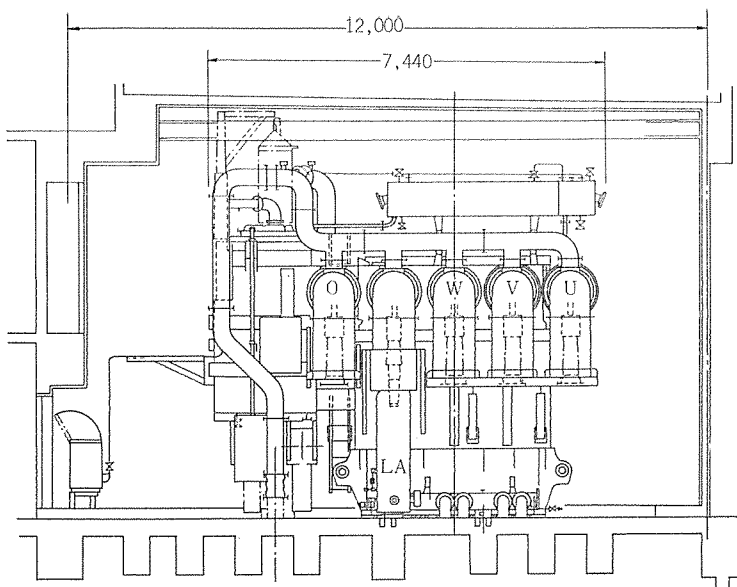


図 4.1 100 MVA, 147/22 kV 変圧器外形
Outline of the 100 MVA 147/22 kV transformer.

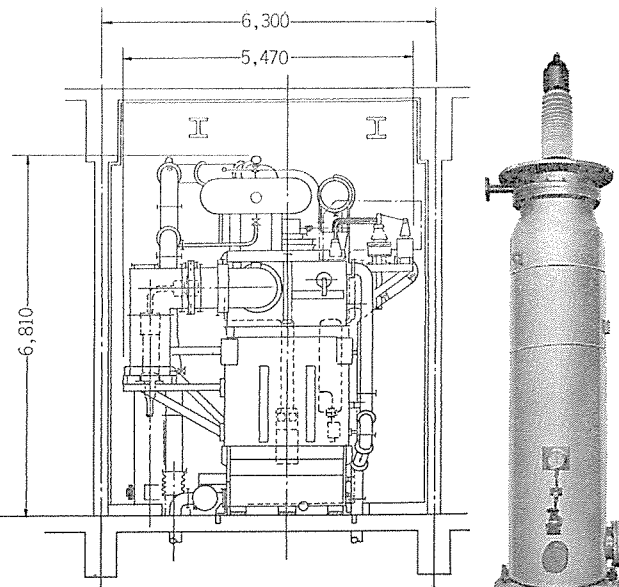


図 4.2 140 kV SV-FT 形避雷器
140 kV type SV-FT arrester.

きわめて高いインピーダンスが指定されている。このため、漂遊損の低下、構造物の磁気しゃへいには特に注意を払っている。

一次・二次側端子はケーブル直結式であるが、ビル内変電所で変圧器設置スペースの制約を受けるため、147 kV 側は、従来の油中貫通ブッシングに代わり、GIS 用スペーサと類似構造の仕切板形油中-油中貫通ブッシングを使用している。これは、エポキシ樹脂注型のコーン状仕切板に貫通導体を埋め込み、両端に電界は正用のシールドを設けたもので、変圧器設置スペースは、従来の油中貫通ブッシングと比べて 1 m 程度の短縮ができた。

冷却方式は、冷却塔方式の水冷式で、冷却水は直接循環式を採用しており、変圧器熱交換器には冷却塔との階高差による高い静水圧が加わるので、これに耐える構造にするとともに、冷却管を二重管構造にして絶縁油と冷却水が混入しないようにしている。冷却塔方式の水冷式変圧器では、最終冷却媒体は空気であるため、巻線の温度上限を湿球温度を基準にして 60°C とする考え方に基づき、冷却水基準では 55°C になっている。

4.2 中性点用避雷器

上記の主変圧器一次中性点には 140 kV 避雷器が接続されるが、中性点端子はケーブル直結式で、気中形避雷器では接続が困難であり、また、ビル内変電所で設置スペースの制約を受けるため、SF₆ガス消弧式の避雷器を変圧器に直結する構造にした。

変圧器に避雷器を直結する場合の技術上の問題としては、避雷器を金属容器に収納しなければならないこと、変圧器の振動に耐えられること、および変圧器油中に SF₆ガスが侵入しないような対策が必要であること等であるが、今回、これらの事項を解決して変圧器中性点じかけ用 SV-FT 形 140 kV 避雷器を完成した。この避雷器は、GIS 用避雷器と同様に、金属容器に収納した SF₆ガス消弧式避雷器である(図 4.2)。内部は、消弧と同一の SF₆ガスで絶縁し、直列ギャップ部と、高さを低減させるために並列配置された特性要素部とが、緩衝部を介して保持されている。

変圧器との接続部は、ブッシングで完全に分離されており、避雷器の高圧 SF₆ガスが変圧器との油中接続ケース側に侵入しないように考慮されている。また、避雷器は変圧器とは独立に基礎に固定され、変圧器との接続部には、バローズをそう入して変圧器の振動や熱膨張

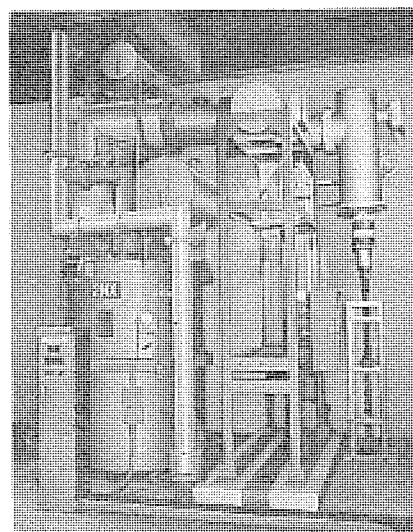


図 4.3 関西電力(株)新曽根崎変電所納め 154 kV 中性点リアクトルユニット GIS
GIS for 154 kV neutral reactor installed at Shinsonnezaki substation of the Kansai Electric Power Co.

による影響を最小限にとどめるように考慮されている。

この避雷器の特性は、先に GIS 用として完成された SV-FT 形避雷器と同一であり⁽³⁾、JEC-156 に対して十分な裕度と、良好な保護特性を有している。

4.3 154 kV 中性点リアクトルおよび開閉装置

この系統は、リアクトル接地方式であり、図 2.1 の単線結線図に示されるように、100 MVA 変圧器の 154 kV 中性点にリアクトルが接続されている。将来、200 MVA 変圧器が設置された時点で、100 MVA・200 MVA 変圧器は、1 台のリアクトル・抵抗の直列接地方式になる。154 kV 中性点リアクトルおよび開閉装置の外観を、図 4.3 に示す。当社は、現在まで中性点リアクトルを多数製作・納入したが、今回納入したものは、50 MVA という大容量であること、GIS と直結方式であるという特長を有している。

中性点リアクトルは、短時間定格であることから油入空心形構造を採用し、接地零相電流による磁束によって、タンクに局部過熱を起こさないようにタンク壁にシールド鉄心を取り付け、コイル近辺の材質等

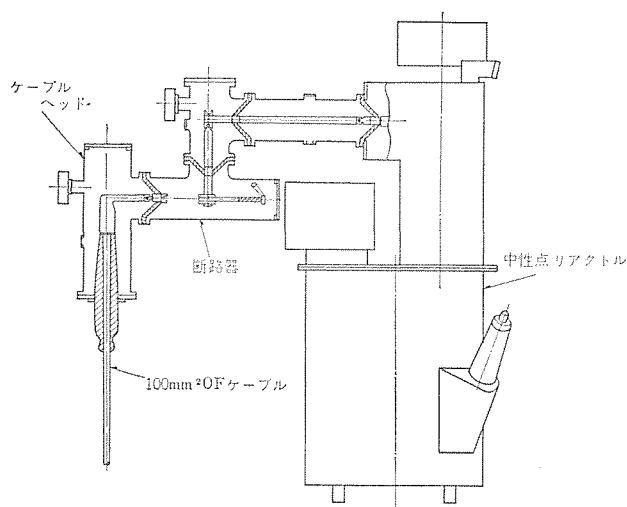


図 4.4 154 kV 中性点リアクトルユニット GIS 構造
Cross section of GIS for 154 kV neutral reactor.

に注意をはらっている。また、電磁力に対し、十分な機械的強度を有するように強固に締め付ける等の対策を施している。

据付け面積を縮小するため、154 kV 中性点用開閉装置もガス絶縁方式を採用し、図 4.4 の構造に示すように、中性点リアクトルと GIS を直結している。中性点リアクトルのタンク上部に油・ガスの仕切り部分を設けて GIS と直結し、GIS に断路器・ケーブルヘッドを設け、ケーブルヘッドから 100 MVA 変圧器の 154 kV 中性点へ、100 mm² の OF ケーブルで接続している。また、将来 200 MVA 変圧器が設置された時点で、断路器・ケーブルヘッドが接続可能な構造にしてある。

5. 22 kV 開閉装置

5.1 22 kV 固体絶縁開閉装置の概要

当社では、すでに東京電力(株)と共同で高信頼度で超小形の 22 kV 固体絶縁開閉装置(ミニクラッド)を開発し、実用化した⁽⁴⁾⁽⁵⁾、今回、22 kV 2,000 A 常用・予備二重母線方式の固体絶縁開閉装置を製作・納入した。

図 5.1 はその外観である。

この固体絶縁開閉装置は、次のような特長を持っている。

(1) 完全固体絶縁方式

母線からしゃ断器までの充電部は、すべて各種特性のすぐれたエポキシ樹脂および EPT ゴムの固体絶縁材料で囲み、その外表面に接地層を設けて小形化と安全化を図った。

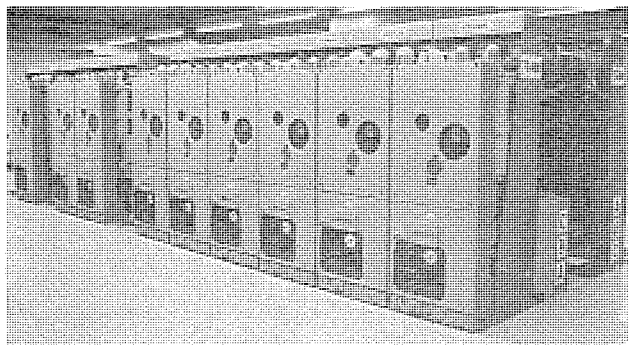


図 5.1 関西電力(株)新曽根崎変電所納め 22 kV 固体絶縁開閉装置

22 kV solid insulated switchgear installed at Shinsonozaki substation of the Kansai Electric Power Co.

(2) コンパクトな機器構成

真空しゃ断器の採用、水平引出形断路部による断路器の省略、専用の避雷器・計器用変圧器使用で、新しい絶縁方式の採用とあいまって機器構成が簡略になり、小形軽量になった。

(3) カートリッジ方式

しゃ断器・断路部で構成する可動側ユニットは、同定格のユニット間に完全な互換性のあるカートリッジシステムを形成しており、短時間で安全かつ容易に入れ換えを可能にしている。

さらに、今回の納入品は、常用・予備母線方式を採用し、無停電増設を可能にした。

母線を二重化するにあたり、新規に開発を行なった連絡母線部については、注型品単体の冷熱試験、部分放電試験等の基礎試験、組立状態における温度上昇試験、短時間電流試験および長期課電試験を行ない、すぐれた実用性を有することを確認した。

5.2 構成および定格

主回路結線は、図 2.1 に示すように、154/22 kV 100 MVA の主変圧器から $2 \times 1,600 \text{ mm}^2$ CV ケーブルで 22 kV 開閉装置へ導き、常用母線(図では A 母線)を経て各フィードより送り出される。予備母線側は、PT-LA を除いてしゃ断器はそう入されておらず、母線を切り換える折には、予備の主変二次用しゃ断器を予備母線側にそう入して両母線を連絡し、次に予備のき電線用しゃ断器を予備母線側にそう入して常用母線側のしゃ断器を切り離し、以後、順次母線切換えを行なうようにされている。したがって、主変二次用およびき電線用しゃ断器を 1 台ずつ予備に置けば、母線の無停電切換えができるので、増設または母線点検は各母線ごとに行なえるわけである。

この機器は、単母線方式の 22 kV 2,000 A 固体絶縁開閉装置のユニットを背中合せに配置し、ケーブル接続部分を連絡母線で結合して母

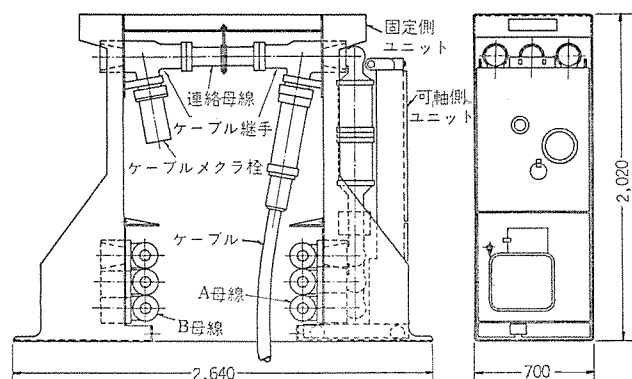


図 5.2 主変二次用・母線連絡用固体絶縁開閉装置外形
Outline of bank secondary or bus tie unit.

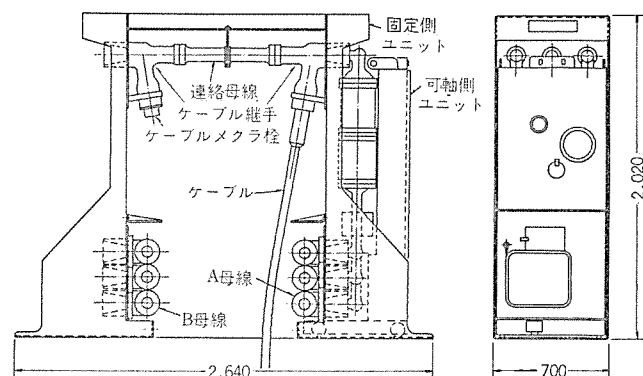


図 5.3 き(饋)電線用固体絶縁開閉装置外形
Outline of feeder unit.

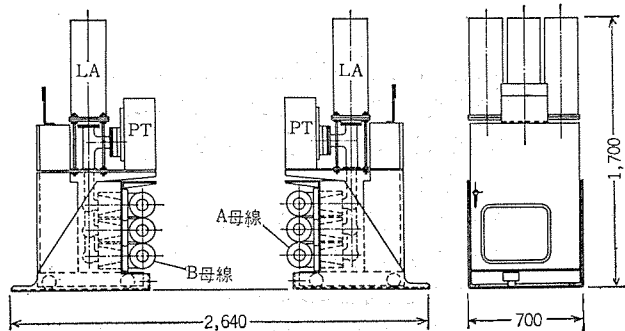


図 5.4 PT-LA 用 固体絶縁開閉装置外形
Outline for PT-LA unit.

表 5.1 固体絶縁開閉装置定格
Ratings of solid insulated switchgear.

	形 式	主 変 二 次 用	母 線 連 絡 用	き 電 線 用
		固体絶縁方式・引き出し断路方式	固体絶縁方式・引き出し断路方式	固体絶縁方式・引き出し断路方式
真 空 開 閉 機 器	定 格 電 圧	24 kV	24 kV	24 kV
	定 格 電 流	2,000 A	2,000 A	600 A
	定 格 周 波 数	60 Hz	60 Hz	60 Hz
	定格しゃ断容量	1,000 MVA	1,000 MVA	1,000 MVA
	定格投入電流	65.5 kA	65.5 kA	65.5 kA
	定格短時間電流	24.1 kA	24.1 kA	24.1 kA
	定格再起電圧	Ⅱ号・9 kHz	Ⅱ号・9 kHz	Ⅱ号・9 kHz
	定格しゃ断時間	5 サイクル	5 サイクル	5 サイクル
	投 入 時 間	0.1 秒	0.1 秒	0.1 秒
	絶 縁 階 級	20 B 号	20 B 号	20 B 号
変 流 機 器	動 作 責 務	甲 号	甲 号	甲 号
	操 作 方 式	電動機密勢ばね投入	電動機密勢ばね投入	電動機密勢ばね投入
	引 出 方 式	電動および手動	電動および手動	電動および手動
母 線 ・ 断 路 部	形 式	分割ブッシング形	分割ブッシング形	分割ブッシング形
	定 格 周 波 数	60 Hz	60 Hz	60 Hz
	変 流 比	2,000/5 A	2,000/5 A	600-300/5 A
	定 格 負 担	40 VA	40 VA	40 VA
	誤 差 階 級	1.0 級	1.0 級	1.0 級
	定格過電流定数	10以上	10以上	10以上
	定 格 耐 電 流	27,000 A	27,000 A	27,000 A
母 線 ・ 断 路 部	形 式	固体絶縁方式	固体絶縁方式	固体絶縁方式
	定 格 電 圧	23 kV	23 kV	23 kV
	定 格 電 流	2,000 A	2,000 A	2,000 A
	短 時 間 電 流	24.1 kA	24.1 kA	24.1 kA

PT-LA 用		
計 器 用 変 圧 器	形 名	EV-2 X
	定 格 一 次 電 圧	22,000/√3 V
	定 格 二 次 電 圧	110/√3 V
	定 格 三 次 電 圧	110/3 V
	定 格 二 次 負 担	200 VA
	定 格 三 次 負 担	200 VA
	階 級	1.0/3 G
	絶 縁 階 級	20 号 B
避 雷 器	定 格 周 波 数	60 Hz
	形 名	SV-WLA
	定 格 電 圧	28 kV
	公 称 放 電 電 流	10 kA
	特 別 動 作 責 務 容 量	25 μF
母 線 ・ 断 路 部	試 験 規 格	JEC-156
	形 式	固体絶縁方式
	定 格 電 圧	23 kV
	定 格 電 流	2,000 A
母 線 ・ 断 路 部	短 時 間 電 流	24.1 kA

線を二重化した方式で、主変二次（母連）用ユニット（図 5.2）、き電線用ユニット（図 5.3）、PT-LA ユニット（図 5.4）で構成されている。表 5.1 に各ユニットの定格を示す。

この構成を採るにあたって特に注意した点は、下部の主母線と、上部の連絡母線とはその方向が異なるため、現地据付け時に組立て精度を保持することがむずかしいということであった。そこで、固定側ユニットを配置して主母線を接続した後、連絡母線が接続できてある程度の組立て裕度を得られ、しかも高信頼性があるということから、すでに母線の接続で実績がある、ケーブル継手をエポキシ樹脂の注型品にし、連絡母線を可とう性のある EPT ゴムで製作し、それぞれをバット方式で圧着接続できるようにし、主回路導電部と絶縁部を接続後に外部より接続操作できる構造にした。このようにして連絡母線を直線的に接続でき、ケーブル接続時等の機械的ストレスは注型品が分担し、精度および熱的伸縮を可とう性のあるゴム母線で対処でき、しかもバット圧着接続であるために接続部の汚損について考慮する必要がない。

また、将来、単母線方式の運用を行なうような場合にも、きわめて容易に切り換えることができる。

5.3 試 験

可動部は、すでに種々の試験が実施され、また、実用化されたユニットであるが、二重母線方式の開閉装置にするために、固定側の連絡母線部を新規に開発・製作することになったので、この部分についての基礎試験、および装置として組み立てられた機器について行なった試験のうち、おもなものは次のとおりである。

(1) 注型品単体の冷熱試験

ケーブル継手注型品を 95°C と 5°C の高温・低温液中に 2 時間ずつ

表 5.2 温度上昇試験結果
Test results of temperature rise.

	測 定 個 所	相	2,000 A	600 A
1	上 断 路 部	A	40	19
		B	40	19
2	可 動 接 触 子	A	49	20
		B	50	22
3	固 定 接 触 子	A	38	23
		B	41	25
4	下 断 路 部	A	39	15
		B	41	16
5	ケーブル継手フィンガ	A	36	15
		B	36	16
6	ケーブル継手外被	A	16	7
		B	19	8
7	連絡母線フィンガ	A	38	17
		B	40	17
8	連絡母線外被	A	16	6
		B	17	6
9	ケーブル継手フィンガ	A	33	15
		B	33	16
10	ケーブル継手外被	A	17	7
		B	17	7
11	しゃ断器外被	A	34	11
		B	38	12
12	母 線 外 被	A	18	4
		B	22	6
13	C T 外 被	A	37	12
		B	37	13
14	前 と び ら	上	8.5	2
		下	3.5	—
	周 囲 温 度	—	15	10

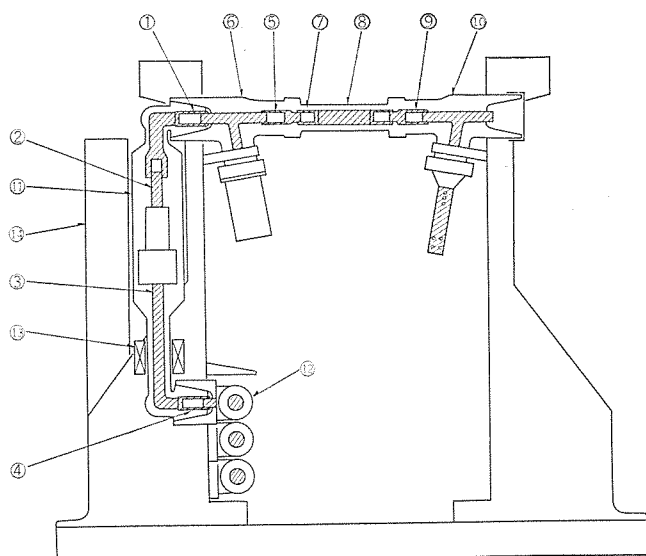
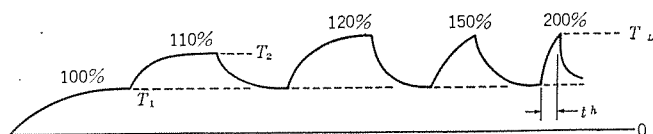


図 5.5 温度上昇試験測定点
Temperature rise measurement points.

表 5.3 過負荷温度上昇試験結果
Test results of temperature rise for over current rating.

定格電流を通電し、各部の温度が飽和してから、定格電流の110%・120%・150%・200%の電流を通電し、各部の測定点の温度が飽和温度に達するか、もしくは許容温度上昇に達するまでの時間を求めた。



(1) 2,000 A ユニット

温度上昇値 (°C)

測定箇所	通電時間	通電電流				
		2,000 A (100%)	2,200 A (110%)	2,400 A (120%)	3,000 A (150%)	4,000 A (200%)
2 可動接点 (B相)	12時間	50	55	55	55	55
11 シャ断器外被 (B相)	3時間	40	43	42	—	—
7 連絡母線フィンガ(B相)	42分	40	45	44	44	—
8 連絡母線外被 (B相)	6分	16	17	17	—	—
— 周囲温度 (°C)	2分	10	9	8	8	8

(2) 600 A ユニット

温度上昇値 (°C)

測定箇所	通電時間	通電電流				
		600 A (100%)	660 A (110%)	720 A (120%)	900 A (150%)	1,200 A (200%)
3 固定接点 (B相)	11時間	25	29	33	45	55
2 可動接点 (B相)	4時間	22	25	31	39	43
11 シャ断器外被 (B相)	4時間	10	13	17	20	18
7 連絡母線フィンガ(B相)	5時間	17	20	23	35	48
8 連絡母線外被 (B相)	1時間15分	6	7	9	14	13
— 周囲温度 (°C)		10	9	8	8	11

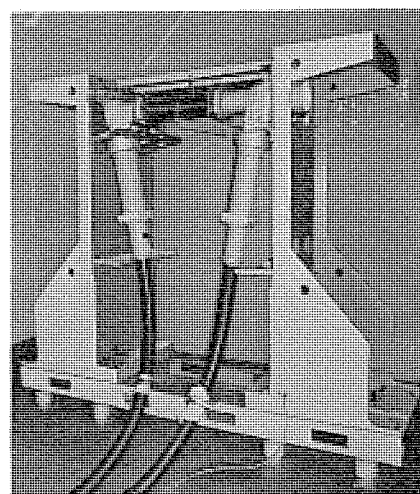


図 5.6 長期課電試験中の 22 kV 2,000 A 連絡母線部
Long duration test of 22 kV 2,000 A connection bus with voltage and current applied.

浸漬するサイクルを、5サイクル繰り返すヒートショック試験を実施し、その前後の特性変化を検証するため、衝撃耐電圧試験・商用周波耐電圧試験・部分放電試験を行なったが、クラックの発生・変形等はなく、耐電圧 36 kV までの部分放電の変化は見られなかった。また、冷熱試験後にフクシ試験を実施したが、浸入は見られなかった。

(2) 温度上昇試験

シャ断器を含めて主変二次用 (2,000 A 用) および電線用 (600 A) のユニットについて行なったが、表 5.2 のように良好であった。図 5.5 に測定位置を示す。また、110%・120%・150%・200% の過負荷電流試験を行ない、表 5.3 の結果を得た。

(3) 短時間電流試験

電線用ユニットを図 5.5 と同様の組立て状態にして、27 kA 2 秒の短時間電流試験を行ない、通電前後の接触抵抗の変化、接触部の異常のないことを確認した。

(4) 長期課電試験

新規開発の連絡母線部については、2,000 A 定格のユニットについて、図 5.6 の組立てで、24 kV (連続) 2,000 A (8 h 通電, 16 h 休止) の長期課電試験を行ない、耐電圧・誘電率・誘電正接・部分放電試験を実施し、信頼性を確認した。

6. 保護制御装置

GIS, SIS などのように電力機器が縮小化されるに伴い、保護制御装置の縮小化も要求される傾向にある。これにこたえて、このたび表 6.1 に示す仕様の静止形保護継電装置を製作した。その特長は、次のとおりである。

表 6.1 静止形保護継電器の仕様
Specification of protective relay.

	定 格	特 性	タ ッ プ	タ イ ム
過電流継電器	AC 5 A DC 12 V	段階限時特性	H: 20~80 A L: 4~12 A	HT: 0.1~1 秒 LT: 0.3~3 秒
地絡方向継電器	AC 110 V 1 A DC 12 V	単一方向特性	V ₀ : 5~25 V I ₀ : 0.25~1 A	T: 0.2~2 秒
再閉路継電器	DC 12 V	再閉路 1 回または 2 回切換え		

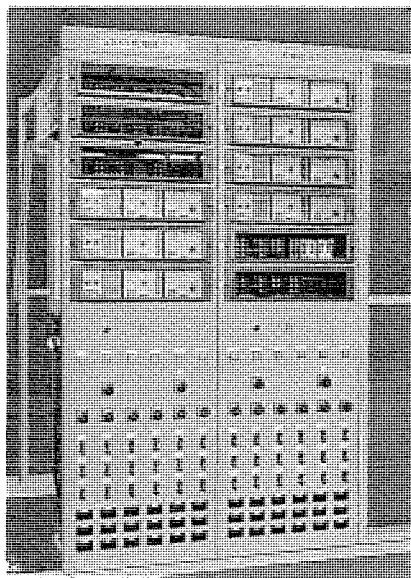


図 6.1 22 kV 保護継電器盤
Protective relaying panel for 22 kV line.

(1) 1面あたり6～8回線分の保護継電器を収納でき、従来の電磁形とくらべて約50～60%の縮小化ができた。

(2) 各要素ごとにユニット化され、着脱自由になっているので、点検が容易である。

(3) 常時監視回路およびフェイルセーフ回路を採用しているので、きわめて信頼度が高い。

(4) ケーブル系の間欠地絡事故の特異波形(針状波形)にも、確実に応動する。

(5) 横形ケースに収納されているので、外観はスマートで、体裁がよい。

なお、静止形保護継電器を使用した、22 kV 配電線用の保護継電器盤を図 6.1 に示す。

7. む す び

関西電力(株)新曽根崎変電所納入機器の概要について述べた。今回、変電所の建設にあたり、154 kV 側はガス絶縁開閉装置、22 kV 側は固体絶縁開閉装置が採用され、変電所の縮小化、信頼性の向上、省力化、環境の調和等の目的が達せられた。これが、今後の都心変電所建設の布石となれば幸いである。

最後に、この納入機器の採用にあたってご指導・ごべんたつをたまわった関西電力(株)の関係各位に深く感謝の意を表わす次第である。

参 考 文 献

- (1) 山下：日本電気協会第51回総会研究会講演論文
- (2) 山本，ほか：三菱電機技報 44, 1,119 (昭45)
- (3) 鎌田，ほか：三菱電機技報 44, 1,127 (昭45)
- (4) 剣持，永田，ほか：三菱電機技報 44, 1,051 (昭45)
- (5) 剣持，永田，ほか：三菱電機技報 46, 940 (昭47)

冷凍機サイクル内での異常反応について

草川 英昭*・榎本 順三*
島本 幸三**・時田 祐佐***

Extraordinary Reaction in Refrigerating Cycle

Central Research Laboratory Hideaki KUSAKAWA・Junzou ENOMOTO
Consumer Products Research Laboratory Kouzou SHIMAMOTO
Shizuoka Works Yusuke TOKIDA

Recently the hermetical sealed refrigerating compressor has become smaller in size, lighter in weight and higher in efficiency, while it has been operated in severe atmosphere. Troubles are liable to being produced on the compressor through the severe condition. As a result of analization, they are found attributable to the generation of sludge, degradation of insulating materials, reaction of refrigerating oil with refrigerant, and copper plating phenomena.

In this paper the sludge accumulated in the capillary tubes and around the exit valves is discussed. It is composed of resins, metallic salts of some organic acid, free carbons, metallic oxide and others. These components are generated from refrigerating oil and refrigerant, being accelerated by some contaminates. The accumulation rate of sludge is dependent on the temperature of refrigerant at the exit valves, kind of the detergency in refrigerant oil, metallic powders and metal surfaces. It is frequently accelerated by sludge itself.

1. ま え が き

最近の技術の進歩は、新しい材料や装置を生みだすとともに従来よりの機器についてはより小形・軽量化、より高性能化を要求するようになった。冷凍機用圧縮機についても、これを構成する材料がたとえば紙からポリエステルフィルムによる絶縁へ、絹巻き線から、エナメル線へとより余裕をもつものに置換され、その使用の温度範囲や運転圧力はますます大きくなる傾向がある。そうしてこの傾向は、使用材料の選択の基準や組立工程の管理をきびしくしなければならなくしてゆく。そうして問題の発生原因を部分的なものから総合的なものとしてゆくために、これの対策にも新たな観点から見る必要がある。

冷凍機の故障あるいは性能低下の原因となるものに電気系としてモータの焼損、接点不良、絶縁劣化があげられ、機械系として圧縮機シリンダの焼付き、シリンダの摩耗による圧力損失、圧縮弁の故障などがあげられる。これに対して冷媒循環系回路においては、冷媒循環系に存在または生成された固形分による循環回路の閉そく(塞)、冷凍機油の酸性度上昇による回路構成金属の腐食などがあげられる。これらの故障のうち電気系および機械系に関しては、絶縁材料、設計および工作技術の進歩により大きな問題はなくなっているが、冷媒循環系の場合には漸次解決されているとはいえ、完全密封で、しかも長期にわたる運転を保証しなければならなく、しかも経済的な理由から冷凍機油として複雑な鉱油の使用がさけられないことから、冷媒循環系における異常の発生が冷凍機の故障の大きな原因である。このため冷媒循環系の異常の原因となるものの検討が冷凍機の信頼性向上には不可欠なものであることがわかる。この異常としてもっとも大きいものにスラッジの発生があり、これは冷媒回路中で起る化学反応であるため、時間の経過とともにスラッジ量の増加となるため、スラッジ発生の原因解明と対策が必要となる。

われわれはスラッジ発生の原因解明の一環として、冷凍機油、絶縁

材料、構造材の金属などの材料面と、冷媒吐出温度、工作上異物として循環回路に残る可能性のある水・空気・金属粉などの影響を製作担当部門と組で調べ、それぞれに対処すべき方法を検討してきた。本報告においては、これらの実験をとおして明らかになったことをスラッジ生成の機構という立場より述べる。

2. 冷媒循環回路におけるスラッジの発生

冷凍機をある期間、各部での温度、圧力および電気特性を管理しながら運転し、運転停止後直ちに冷媒循環回路を分解したとき、条件の違いにより量の大小はあるがスラッジの付着が見られる。この付着の位置は毛細管壁と圧縮機の吐出弁の付近が主であり、このスラッジ付着の様子を図2.1に示す。毛細管壁に付着したスラッジはやや粘ちょう(稠)性を有した黒または黒褐色の物質の場合が多く、一方吐出弁付近に付着したスラッジは黒色または茶色をしており、弁基材に堅固に付着しており、これを基材から取り去ったものはさらさ

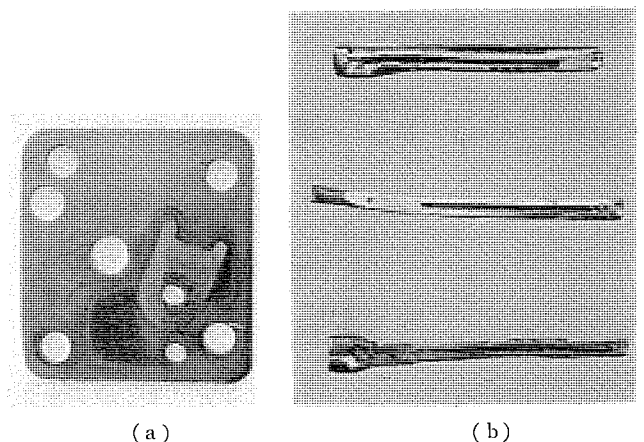


図 2.1 毛細管の内壁および吐出弁のまわりに付着したスラッジ
Sludges accumulated inside the capillary tube (a),
around the exit valve (b)

らした粉末の場合が多い。これらのスラッジは冷媒循環回路の抵抗を増大させ冷凍能力を低下させるとともに、遊離した固い固形物は機械的摩耗の原因、吐出弁の開閉にも影響を与えるものと考えられる。

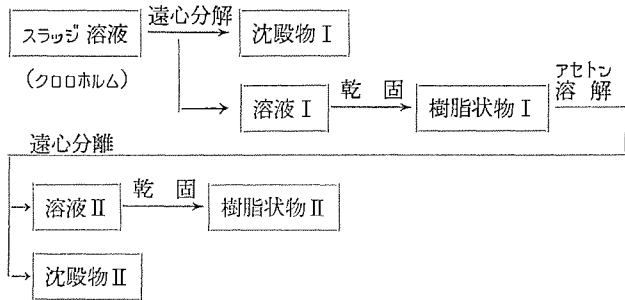
3. スラッジの分析

3.1 毛細管壁に付着したスラッジ

工作条件・冷媒吐出温度などを変えた実用冷凍機を用い、常温より高い温度で運転した後、これを解体、毛細管壁についたスラッジをつぎのような手順によって分離し、成分分析を行なった。



- 各部分に分解
- (1) ヤスリで切り込みを入れ5 cm ぐらゐに折る
 - (2) 毛細管のひょう(評)量
 - (3) クロロホルムにより抽出
 - (4) 毛細管のひょう量



- 沈殿物 I 赤外吸収, 発光分光
- 沈殿物 II 赤外吸収, 発光分光
- 樹脂状物 I 赤外吸収
- 樹脂状物 II 赤外吸収

クロロホルム洗浄によっては、毛細管(銅製)の金属光沢は完全には回復しない。しかし、残った付着物の量はごく微量である。このとき生成・付着したスラッジの量は、1 mg より数十mg までと条件によって変わる。図 3. 1 にクロロホルム洗浄液の写真を示した。これからクロロホルムに可溶な成分、沈殿する成分、クロロホルム中に浮遊する成分があり、また毛細管に付着した微量の不溶成分(金属光沢を回復しないことから)とに分けられることがわかる。このクロロホルム洗浄液も試験条件によって状態が異なり、沈殿する成分を欠くもの

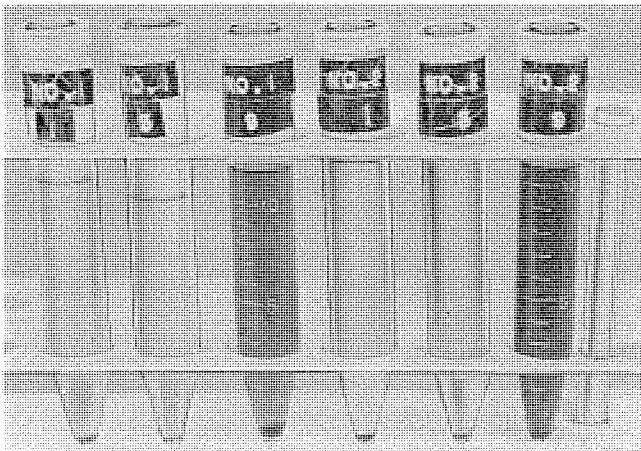


図 3. 1 クロロホルムで抽出されたスラッジ
Sludge extracted with chloroform

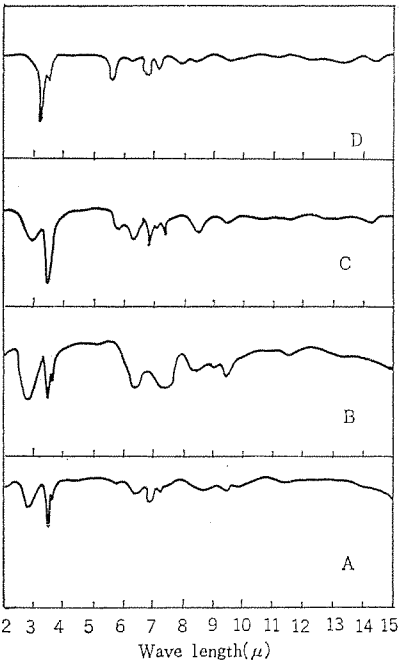
や、浮遊する成分をもたないものがあることがある。

沈殿物 I, II の赤外吸収, 発光分析, 樹脂状物 II (樹脂状物 I は、沈殿物 II と樹脂状物 II との混合であることが赤外吸収よりわかっている) の赤外吸収と各スペクトルを測定して表 3. 1 と、図 3. 2 との結果をえた。この結果より凝縮部毛細管に付着する樹脂状のスラッジは、

- (1) 冷凍機油の酸化縮合物(主成分)
- (2) 有機酸の金属塩(金属石ケン)
- (3) 金属酸化物

表 3. 1 スラッジ各成分の分析結果
Analytical results of the sludge.

	沈 殿 物 I	沈 殿 物 II	樹 脂 状 物 II
発 光 分 析	Cu, Fe (主) Si, Mg, Al, Pb	Cu, Fe (主) Si, Mg, Al, Pb	—
赤 外 吸 収 ス ペ ク ト ル	2.9(μ) OHν 3.4~3.5 CHν 5.8 C=Oν 6.3 COOν 6.8~7.3 CH ₂ δ COOν CO ₃ ν 8~10 C-Oν M-Oν	2.9(μ) OHν 3.4~3.5 CHν 5.8 C=Oν 6.3 COOν 6.8~7.3 CH ₂ δ COOν CO ₃ ν 8~10 C-Oν M-Oν	3.4~3.5 CHν 5.8 C=Oν 6.8~7.3 CH ₂ δ C-Oν
成 分	(RCOO) ₂ M で表わされる有機酸の金属塩(金属石ケン)を主成分とし、この他に金属酸化物、MCO ₃ M(HCO ₃) ₂ で表わされる炭酸塩、重炭酸塩などを含むと考えられる	3.4μ 付近および 5.8μ の吸収帯が強いことを除き、ほとんど沈殿物 I と同じである。このことからこれも有機酸の金属塩が主成分であり、他にエステル化合物(冷凍機油の酸化縮合物)が含まれる。沈殿物 I との違いはエステル化合物の量的な差のほか金属石ケンについた有機酸の違いと考える	樹脂状物 II は 5.8μ のカルボニル基と 8~10μ の吸収帯よりエステル化合物であることを知り冷凍機油の酸化縮合物が考えられる



- A: 未処理
- B: 沈殿物 I
- C: 沈殿物 II
- D: 樹脂状物 II

図 3. 2 スラッジの IR スペクトルの一例
IR spectro of the sludge.

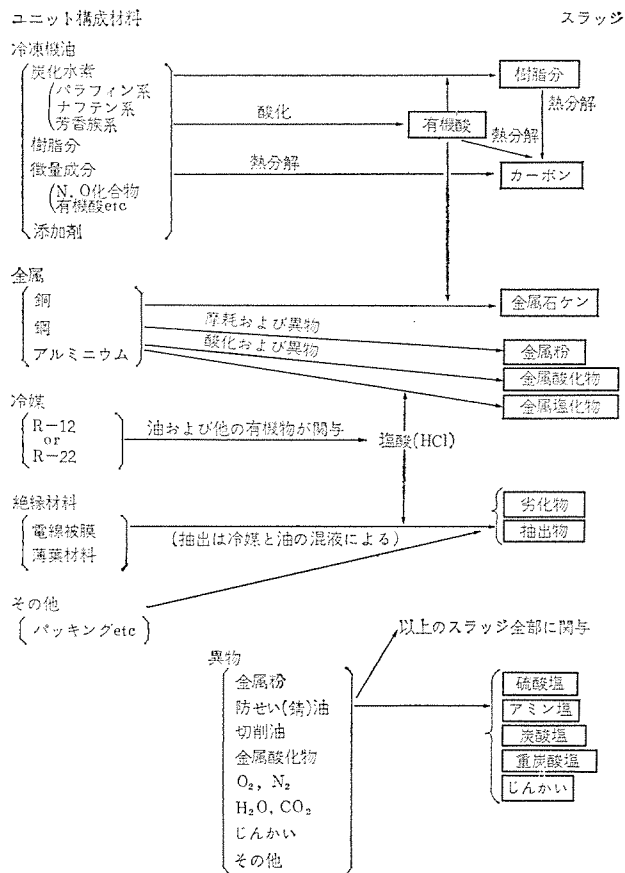


図 5.1 密封形冷凍機における スラッジの成分と生成機構
Relation between ingredients of sludge and generating mechanism in refrigerator.

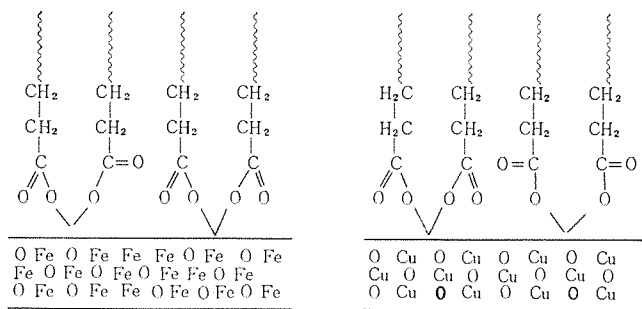


図 5.2 金属の酸化皮膜に化学吸着した有機酸
Organic acid absorbed chemically on a metal oxide film.

5.1 有機酸の生成

使用前の冷凍機油の酸価は非常に小さく 10^{-3} のオーダーであるが、仮りに使用冷凍機油を 1 kg とすると数十 mg の有機酸が存在することになる(有機酸の形態および分子量が不明のため、酸価から正確に求めることはできないが概算でそのぐらいになると考える)。

次に生成される有機酸であるが、試験後の冷凍機油の酸価は、試験前の酸価に比べ試験条件により差はあるがわずかなりとも上昇している。このことはユニット中には微量なりとも酸素が存在し、先に記したような酸化反応が進行しているものと考えられる。この酸化反応にあたって、流動パラフィン、n-ドデカン(パラフィン系)、デカリン(ナフテン系)、パラシメン(芳香族系)、ターフェニル(多環芳香族炭化水素)につき下記条件で酸化させた場合の酸価の比較を表 5.1 に記す。

酸化条件1 図 5.3 (a) のような装置で空気を吹き込みながら行なう。

温度 120°C 時間 24 h

表 5.1 冷凍機油中の各モデル化合物の酸化
Oxidation of model compounds in refrigerating oil.

	酸 価	
	酸 化 条 件 I	酸 化 条 件 II
流動パラフィン	0.042	0.18
n-ドデカン	0.106	0.25
デカリン	0.47	1.67
テトラリン	0.87	0.031
P-シメン	0.65	0.21
ターフェニル	0.031	0.074

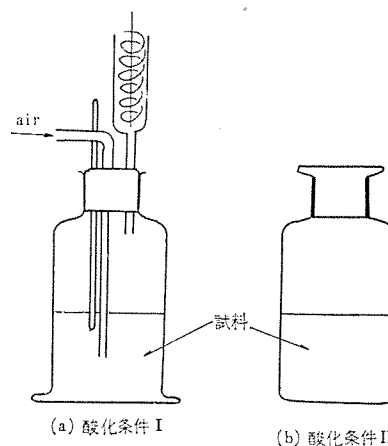


図 5.3 酸化安定度測定装置
Testing apparatus for stabilization of oxidation.

酸化条件2 図 5.3 (b) のような密封容器で行なう。

温度 100°C 時間 24 日

この表から酸素が多量に存在する場合はテトラリン、P-シメン、デカリン、流動パラフィン、n-ドデカン、ターフェニルの順に酸化安定性がよくなるが、酸素が限られた少量の場合は、デカリンが非常に悪くなり、テトラリンが最も安定性がよくなる。このことはさらに検討しなければならないが、冷凍機油の酸化安定性を論ずる場合、酸素の量、あるいはその状態、そして各成分の形態を考慮する必要があり、芳香族含有量の酸化安定性に対し、最適量があるとともに単にカラムクロマトや環分析の結果から酸化安定性が決められないことがうかがえる。

5.2 有機酸塩の生成

銅板上で冷凍機油、あるいはそのモデル物質を空気中で加熱させると有機酸とその銅塩が生成され、またその銅板の表面につき多重反射赤外スペクトルを測定すると、図 5.4 に示されるようなスペクトルが得られ、有機酸の銅塩の存在が認められる。このことにつき G. W. Poling⁽²⁾ も油の成分につき、モデル物質を使い、多重反射赤外スペクトル法で銅板上に金属石ケン、あるいは修酸銅が生成されることを説明している。われわれの実験からは、いずれも正確には有機酸の銅塩のみしか検出できなかったが、Poling は長時間になるにつれ修酸銅が増加すること、O₂ のない CO₂ ふんい気においても Cu⁺⁺ 石ケンの生成されること、ナフテン成分のデカリンにおいては硝酸銅が生成されること、そして絶縁油において重炭酸塩が生成されることなどを述べているが、このことはわれわれのスラッジの発生とその分析で硝酸塩・重炭酸塩・炭酸塩と思われるものも検出されることがあるので、その可能性は十分あると考える。

次に金属石ケンの生成機構を考察するに、潤滑剤の作用において、

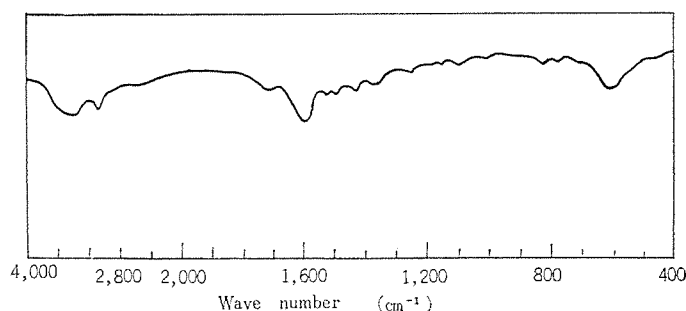
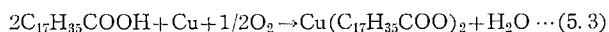
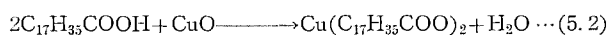
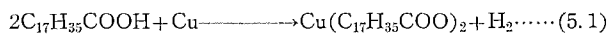


図 5.4 100°C で空気の飽和された冷凍機油に浸された銅板の反射赤外スペクトル
Reflection spectra of copper exposed to refrigerating oil at 100°C air.

油性剤としてステアリン酸などの有機酸を加えたときの有機酸の金属表面での挙動を、図 5.2 で示されるようにカルボキシートの金属への化学吸着で説明されており、またこのような化学吸着は白金や金のような金属ではおこらず(白金や金の場合は物理吸着)、銅・鉄・亜鉛・ガドミウムのような金属でおこるとされている⁽³⁾。しかるに銅・鉄などの金属表面上に有機酸がある条件で存在すると、次のような反応式で金属石ケンが生成されるものと考えられ、この三つの反応式のうち (5.2)、(5.3) の反応が (5.1) の反応より、より起こりやすいことは D. C. Walker⁽⁴⁾ らによって実験的にもエネルギー的にも実証されている。

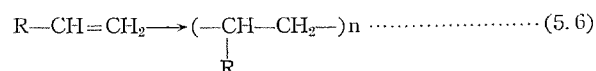
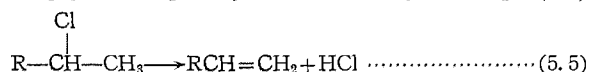
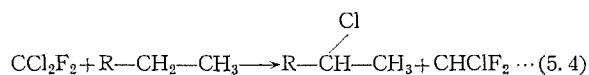


この反応条件についての定量的なデータ(温度・圧力・濃度の変化)はまだはっきりしていないが、比較的低温で銅板上に Cu^{++} 石ケンが形成されることから、有機酸が存在すればかなり穏やかな条件で吸着反応するものと考えられる。このようにして生成された有機酸塩(金属石ケン)は、金属にそのまま吸着したままで存在する場合もあるが、その量が増加すると脱吸着を起こし、フロン油の混合溶媒に洗い流され、毛細管の方へ行き、毛細管での溶媒の流速あるいは溶解度の差により、有機酸塩が残るのではないと思われる。このことは先に述べたように毛細管のスラッジがクロロホルムで洗い落され、その中に有機酸塩が存在することからうかがえる。

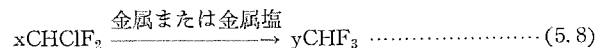
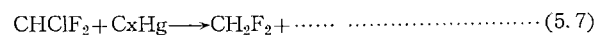
5.3 樹脂分の生成と吸着

樹脂分についても元の油に含有していたものと、ユニット運転中に生成されるものとがある。前者は新油をカラムクロマト分析を試みることによって樹脂分が検出されること、後者については試験後の油が新油に比べ、樹脂分が多くなることからうかがえ、その生成課程については前に述べた酸化反応によるものと、フロンと油の反応によるものがある。酸化反応を受けた場合、有機酸・アルデヒド・ケトン・オキシ酸などを経て樹脂分(縮合・重合による)が生成されるのであるが、樹脂分は有機酸・アルデヒド・ケトン・オキシ酸などが油溶性であるため、そのまま沈積してくることはないのに対し溶けにくいために沈積しやすい。次に、フロンと油の反応であるが、Spauschus らによって次のような機構で反応するものとされている⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

フロン-12 の場合



フロン-22 の場合



このうちフロン-12 の場合はかなり低温で起こるとされている。実際フロン-12 と冷凍機油をガラスチューブ中に金属片とともに封じ試験を行なった場合、冷凍機油の種類により違うが 150°C、1 週間程度でかなり変色するのが見られる。フロン-22 の場合はフロン-12 に比べ安定であり、分解反応を起こすには高いエネルギー(高温、長期間)を要する。実機の試験においてもフロン-12 の場合にはフロン-22 が試験後のガス分析から検出されることがあることから、上記の反応が起こっているものと考えねばならない。しかしスラッジとの関係についてはガラスチューブテストでは沈積物が見られないこと、実機のスラッジの樹脂状物がエステル成分が主であることなどから、上記の式 (5.6) で表わされているような重合物については、たとえ生成されてもフロン油混合溶媒に溶解し、スラッジとして沈積する可能性は小さいと考えられる。しかしこのような反応が進行すると塩化水素など腐食性のガスが生成されるので、できるだけ進行しないようにしなければならない。

5.4 カーボンの生成

有機物がカーボン化されるには非常に高いエネルギーを必要とされるが、冷凍機ユニット中では吐出弁、およびしゅう(摺)動部などで有機酸・樹脂分などの分解で起こるものと考えられる。

5.5 その他のスラッジの生成

組立工程中、冷凍回路にたびたびいろいろな種類の少量の異物が残されることがある。これらの異物は銅・鉄・アルミのチップ・酸化銅・酸化鉄・塩化銅・塩化鉄・防せい剤・切削油、その他いろいろなじんかい(塵芥)などの可能性が考えられるが、これらのうちにはスラッジの中にそのままの形で見られる場合もあり、またこれらの異物のあるものは摩耗や化学的反応(油・フロン・絶縁材料など)の関与するもの、あるいは触媒的役割を果たすものなどがあり、スラッジ成分を複雑化している。たとえば塩化銅は摩耗や化学的障害に発展するし、防せい剤や切削油それに冷凍機油に含まれる添加剤には、有機酸塩やアミン塩などの有機性物質を含む場合が多いので、これらは有機物・無機物を腐食したり、化学反応の触媒的役割を果たしたりする。これらの異物のスラッジに与える影響は、冷凍ユニット組立時の部品の清浄度によって、運転後のスラッジ量が違うことから可能性の十分あることがうかがえる。

このほかスラッジの生成の原因として絶縁物の劣化、あるいはフロン油混合溶媒によるその抽出物などが考えられるが、試験後の絶縁材料につき機械特性(強度・伸び)・化学変化(IR・重量変化)などを測定しても試験前の値とさほど変わらないことから、使用絶縁材料が、耐熱・耐冷媒性をよく吟味されたものであれば、よほど過酷な条件にしないかぎりスラッジ成分に至らないと考える。

6. む す び

冷凍機ユニット中に発生し付着するスラッジについて、その成分、および生成機構につき述べたが、ユニット構成材料のうちスラッジの成分と最も関係あるものは冷凍機油であることがわかる。スラッジの生成原因としてはユニット各部での温度、冷凍機油の成分形態、異物

の成分と量などがあげられる。またスラッジが毛細管など冷媒循環回路に沈積付着する要因としては、被付着金属表面の状態、冷媒の循環状態(油との混合比、速度など)、冷凍機油の洗浄性、冷媒循環回路の状態、それにスラッジ成分の量などがあげられる。このように冷媒循環回路にスラッジが生成付着する過程として多くの要素が含まれるので、実機による試験においても複雑性をきたしている。今後実機の試験においては再現性および精度をあげるとともに、実機に近い状態でのフロン油系における金属表面上での現象、さらにガラスチューブテスト、その他の単体テストによる基礎的データを蓄積することによって、スラッジの問題もよりはっきりと解明してくるものと考えられる。最後に本文をまとめるにあたりご協力をいただいた関係各位に深く感謝いたします。(昭和47-4-3受付)

参 考 文 献

- (1) H. H. Zuidema : Chem. Rev., 38, 197 (1946)
- (2) G. W. Poling : J. Electrochem. Soc., 117, 520 (1970)
- (3) F. P. Bowden and A. C. Moore : Trans. Faraday Soc., 47, 900 (1951)
- (4) D. C. Walker and H. E. Rief : Am. Chem. Soc., 294 (1964)
- (5) H. O. Spauschus and G. C. Doderer : ASHRAE J., Feb., 65 (1961)
- (6) H. O. Spauschus and G. C. Doderer : ASHRAE J., Oct., 54 (1964)
- (7) 村川：金属表面化学と潤滑剤，潤滑 14, 195 (昭44)
- (8) 貴志：酸化安定性と熱安定性，潤滑 12, 257 (昭42)
- (9) 玉井：工業化学雑誌，71. 1,341 (昭43)
- (10) ASHRAE : Guide and Data Book System (1970)

Sr_{0.73}Ba_{0.27}Nb₂O₆ 単結晶の電気光学効果による光偏向

池尾 寛文*・武藤 勝俊*・栗津 健三*

Electro-Optic Light Beam Deflection with Sr_{0.73}Ba_{0.27}Nb₂O₆ Single Crystal

Central Research Laboratory Hirofumi IKEO・Katsutoshi MUTÔ・Kenzo AWAZU

The linear electro-optic coefficient of ferroelectric Sr_{0.73}Ba_{0.27}Nb₂O₆ (SBN) is larger than those of any other well-behaved crystals. The colorless SBN crystal was grown by using the Czochralski technique. An isosceles prism was made of the crystal for the study of electro-optic light beam deflection with it at 6,328 Å. In this paper are described the crystal growth technique and some physical properties of crystal obtained.

1. ま え が き

最近レーザ光の応用を目的として、レーザ発振素子・変調・てい倍・記憶・偏向等の基礎技術の開発が盛んに行なわれている。現在の技術段階では、実用化にはいまだ遠しの観があるが今後の発展により、光通信・情報処理など有望な応用分野への発展が期待される。今回基礎技術の一つとして光偏向技術を取りあげた。光の偏向制御に関して種々の方法が提案されているが、現在のところ決定的なものはいみだせない段階である。大別すると次の三つがある。

(1) 鏡またはプリズムを機械的に振動させることにより、その反射射を利用

(2) 媒質の屈折率、あるいは光路長をかえる

(a) 超音波による屈折・回折の現象を利用

(b) 電気光学効果を利用

(c) 干渉を利用

(d) 吸収端のシフトを利用

(3) 複屈折現象を利用

それぞれ長所・短所があるが、ここでは電気光学効果による光偏向を取り上げる。電気光学効果による光偏向器用に要求される材料特性は、次のようである⁽¹⁾。

1) 電気光学効果が大きいこと、2) 光の吸収係数が小さいこと、3) 比抵抗が大きいこと、4) 誘電率・誘電体損失が小さいこと、5) 屈折率および電気光学係数の温度係数が小さいこと、6) 光損傷が小さいこと、7) 動作電圧が小さいこと。等が要求される。

われわれは偏向器用結晶として、現在知られている物質のうちで、一次電気光学係数の最も大きい、Sr_xBa_(1-x)Nb₂O₆ ($x=0.25\sim0.75$) に着目し、この結晶の作成を試み、物理的な諸性質と、He-Ne レーザ光 (6328 μ) を用いた偏向特性について述べる。

2. Sr_xBa_(1-x)Nb₂O₆ 単結晶

強誘電体単結晶 Sr_xBa_(1-x)Nb₂O₆ は、A. A. Ballman⁽²⁾ が初めて、回転引き上げ法による結晶作成に成功した。P. V. Lenzo, E. G. Spencer⁽³⁾ らは Electro optic coefficient・誘電率・屈折率について、E. L. Venturini⁽⁴⁾ は屈折率の波長・温度依存性・弾性光学的性質、A. M. Glass⁽⁵⁾ は pyroelectric および電気的性質について、J. R. Carruthers, M. G. Grasso⁽⁶⁾ らは相図の作成 P. B. Jamieson⁽⁷⁾,

表 2.1 Sr_xBa_(1-x)Nb₂O₆ 結晶の物理的性質
Physical properties of Sr_xBa_(1-x)Nb₂O₆ crystal.

x	n_o	n_e	T_c	ϵ_{33} (25°C, 15MHz)	r 係数: $x=0.75$
0.75	2.3117	2.2987	60°C	3,400	$r_{33}=1.34\times10^{-9}$ m/V
0.50	2.3123	2.2734	130°C	450	$r_{13}=6.67\times10^{-10}$ m/V
0.25	2.3144	2.2596	200°C	118	$r_{51}=4.2\times10^{-11}$ m/V

格子定数 $x=0.75$: $a=12.430$ Å
 $c=3.941$ Å

M. H. Francombe⁽⁸⁾ は結晶構造に関して、詳細な研究を行なっている。この結晶は、タングステンブロンズ構造をもち、室温で4回対称、点群 4 mm に属し、一軸性負結晶である。おもな物理的性質を文献値から引用し、表 2.1 に示す。

2.1 単結晶作成条件

この結晶は、回転引き上げ法により作成する。加熱方式としては 450 kHz, 10 kW の高周波誘導加熱炉を用い、温度の検出は、Pt-PtRh 13% 熱電対で行なった。(温度制御の精度は $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 以下) 結晶作成条件は、引き上げ速度 5~8 mm/h, 回転速度 40~120 rpm, ふん囲気は、N₂, N₂ と O₂ の混合、O₂ と空気中である。作成に用いた原料は表 2.2 のとおりである。ルツボとして4種類を使用した(①Pt/Rh 合金ルツボ, ②Ir ルツボ, ③外側を Ir, 内側を Pt の二重ルツボ, ④Pt ルツボ)。①の時 yellow, ②では, dark amber, ③では pale amber, ④では colorless の結晶が得られた。発光分光分析・固体質量分析を行ない、不純物を調べた結果、Pt/Rh 合金ルツボを使用した場合、Rh が蒸発して、融液の中に溶けこむために yellow の結晶になり、Ir ルツボでは、1 ppm 程度の Ir が存在すると、dark amber となる。検出限界である 0.5 ppm 以下でも pale amber になるようである。Pt の場合には、融液はなんら影響は受けず、無色透明な結晶を作成することができた。J. C. Brice⁽⁹⁾ も同じように、肉厚の Pt ルツボ (1.5 mm) を使用することにより、colorless な結晶を作成している。以上の結果をまとめると表 2.3 のようになる。各種のルツボを使って作成した結晶の分光透過率を測定したところ、図 2.1 のように Rh と Ir を比べると吸収の形が異なっているのがわかる。図 2.2 は、現在の最適条件のもとに作成した colorless の結晶である。

2.2 単結晶の物理的諸性質

Sr_xBa_(1-x)Nb₂O₆ 結晶は、 $x=0.75\sim0.25$ の範囲で、テトラゴナルタングステンブロンズ構造をとる。 x が 0.75 をこえると、SrNb₂O₆ が分離す

表 2.2 原料および結晶に含まれる不純物
Impurities in materials and crystals.

原 料	Nb ₂ O ₅		SrCO ₃		BaCO ₃		結 晶	
メーカ	国産品A	外国品	国産品B	外国品	国産品C	外国品	国産品	外国品
純 度 (公称)	95% UP	99.98% UP	95% UP	99.98% UP	99.5% UP	99.98% UP		
Ag		/		/		/	±'	±
Cu	/	+		+	±	±	+~+±	+
Ca	+±	+		tr.	/	tr.	+±	+
Sn		/		/			+	tr.
Mo		+		/	/			tr.
Al	≡	+		+	+		+	+
Ni		+		/			+	+
Fe	+±	+		+~+±	+		+	+~+±
Si	≡以下	±		+	+		+~+±	+
Mg	+±	±		+	±'		+	±
Pb		tr.		/				tr.
Mn		/		±				/
Ta	+±	+±		/				tr.

感度記号 ±: 0.0001% 前後 tr.: 痕跡程度
+: 0.001% 前後 ' : よりやや多い
+±: 0.01% 前後 / : 検出せず
≡: 0.1% 前後

表 2.3 種々のルツボより得られる結晶内の不純物
Ir, Rh, Pt impurities in crystals obtained from different kind of crucibles.

分析不純物 ルツボ	Rh*	Ir**	Pt**	結 晶 の 色
Pt/Rh 合金	10~100 ppm	N. D.	N. D.	yellow
Ir	N. D.	1 ppm	N. D.	dark amber
Ir+Pt	N. D.	N. D.	N. D.	pale amber
Pt	N. D.	N. D.	N. D.	colorless

N. D.: 検出されず *: 発光分光分析 **: 固体質量分析

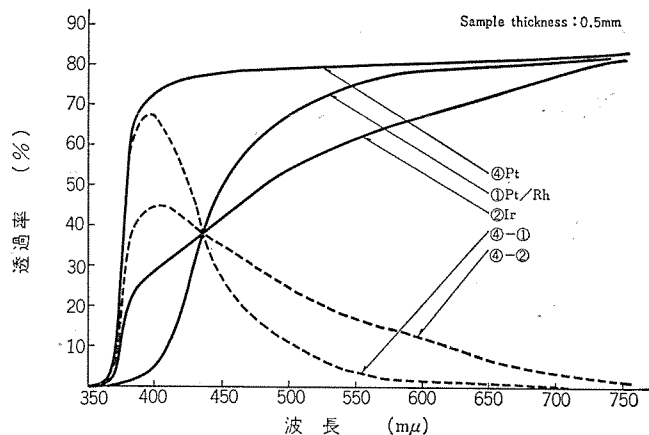


図 2.1 種々のルツボを使って作成した結晶(0.5mm)の分光透過率

Transmittance of crystals (0.5 mm thick) obtained from different kind of crucibles.

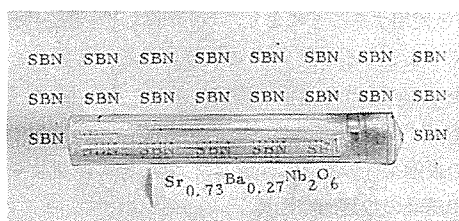


図 2.2 チョクラスキー法によって作成した結晶
Sr_{0.73}Ba_{0.27}Nb₂O₆ crystal grown by Czochralski technique.



図 2.3 偏光顕微鏡で観察した層状構造
Striation of the crystal observed by the polarizing microscope.



図 2.4 C面のエッチング像 (HF, HNO₃ 混液)
Etching pattern of C-plane etched by a solution mixed HF with HNO₃.

るので、われわれは $x=0.73$ の組成をえらんだ。

結晶の成長方向 (001) に平行な断面を偏光顕微鏡で観察すると、(001) に垂直な方向にしま(縞)模様があらわれる。この層状構造は、普通 BNN などにおいて見られるストリーションに関係したものであると思われる。これについて、J. C. Brice⁽⁹⁾、阪本⁽¹⁰⁾ らも報告している。

HF:HNO₃=1:1 の混液でエッチングすると、図 2.4 のようなジラミッド状の明確なエッチング像が観察できる。この結晶は、正方晶形であり、C軸には、4回の対称性をもつことから明らかである。

誘電率は、室温 (25°C)、1 kHz で約 8,700 であり、誘電異常が観察される温度 (キュリー温度 T_c) は図 2.5 から約 52°C である。図 2.6 にヒステリシスループの時間変化、図 2.7 にヒステリシスループの温度変化を示す。図 2.6 より抗電場は、1 kV・cm⁻¹ と非常に小さく、残留分極 P_r は、24°C で 6 μc・cm⁻² であることがわかった。ヒステリシスループの温度変化の図 2.7 より強誘電性の相転移が明らかである。

3. 電気光学効果による光偏向

3.1 偏向原理⁽¹¹⁾

結晶の光学的性質は、屈折率が円体により記述され、この円体の式は、

$$\frac{x_1^2}{n_1^2} + \frac{x_2^2}{n_2^2} + \frac{x_3^2}{n_3^2} = 1 \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

で与えられる。

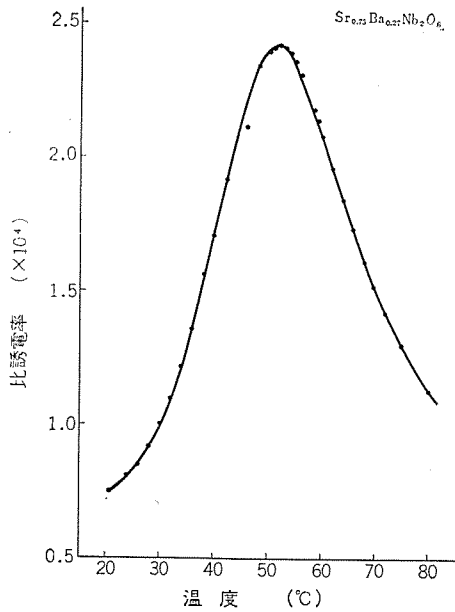


図 2.5 1 kHz での比誘電率の温度依存性
Temperature dependence on relative permittivity measured at 1 kHz along the polar axis.

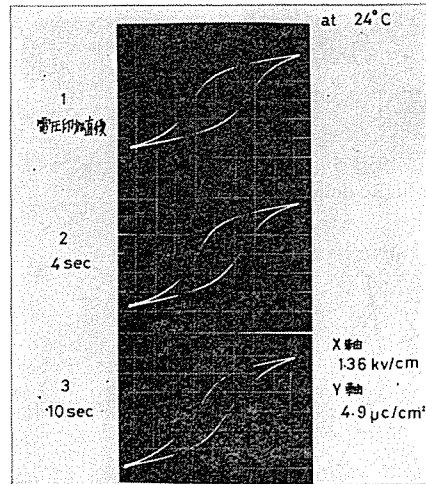


図 2.6 ヒステリシスループの時間変化
Time dependence on hysteresis loops.

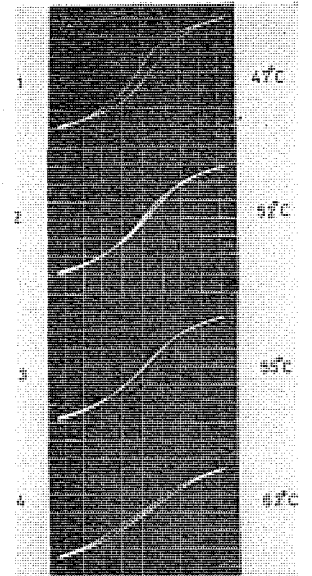


図 2.7 ヒステリシスループの温度変化
Temperature dependence on hysteresis loops.

ここに n_1, n_2, n_3 : 主屈折率
 x_1, x_2, x_3 : 回転だ円体の主軸

$n_1 = n_2 = n_3$ ならば、光学的に等方な結晶、 $n_1 = n_2 \neq n_3$ のとき 1 軸性結晶、 $n_1 \neq n_2 \neq n_3$ のとき 2 軸性結晶という。ここで用いる結晶 $\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x\text{Nb}_2\text{O}_6$ は、1 軸性負結晶 ($n_1 = n_2 \neq n_3$, $n_1 > n_3$) であり、対称軸を Z 軸に選ぶと $n_1 = n_2 \equiv n_o$, $n_3 \equiv n_e$ となり、それぞれ常光線屈折率・異常光線屈折率と呼ぶ。電圧を結晶に印加し、Pockels 効果のみを考えると、屈折率の一般方程式は、

$$\sum_{i,j,k} \left(\frac{1}{n_{i,j}^2} + r_{i,j,k} E_k \right) x_i x_j = 1 \quad (3.2)$$

になる。indices は 1 ~ 3 である。 $r_{i,j,k}$ は、一次電気光学テンソル成分であり、27 個の成分からなる 3 階テンソルである。簡単のために $i=j$ なら、 $i, j \equiv i$, $i \neq j$ なら、 $1, 1 \equiv 1, 2, 2 \equiv 2, 3, 3 \equiv 3, 2, 3 \equiv 4, 1, 3 \equiv 5, 1, 2 \equiv 6$ とすると、6 行 3 列のマトリクス ($r_{m,k}$) で示される。

正方晶形点群 4 mm の結晶では、

$$(r_{m,k}) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & r_{13} \\ 0 & 0 & r_{13} \\ 0 & 0 & r_{33} \\ 0 & r_{42} & 0 \\ r_{42} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (3.3)$$

となる。

Z 軸方向に電圧を加えると、式 (3.2) は、

$$\left(\frac{1}{n_1^2} + r_{13} E_3 \right) (x_1^2 + x_2^2) + \left(\frac{1}{n_3^2} + r_{33} E_3 \right) x_3^2 = 1 \quad (3.4)$$

となる。ここで $n_1 = n_o$, $n_3 = n_e$, $E_3 = E$ とすると式 (3.4) は、

$$\left(\frac{1}{n_o^2} + r_{13} E \right) (x_1^2 + x_2^2) + \left(\frac{1}{n_e^2} + r_{33} E \right) x_3^2 = 1 \quad (3.5)$$

となる。

今、 r_{33} について考えると、 $r_{33} E$ の効果は x_3 軸に沿って偏光した光波に対する屈折率を変化させ、それは、 n_e から $n_e + \Delta n_e$ になる。式 (3.5) より

$$\frac{1}{(n_e + \Delta n_e)^2} = \frac{1}{n_e^2} + r_{33} E \quad (3.6)$$

Δn_e は、 n_e に比べ小さいことから、

$$\Delta n_e = -\frac{n_e^3 r_{33} E}{2} \quad (3.7)$$

となる。プリズムの頂角を α とし、光を最小偏向角に入れると、

$$n_e \sin \frac{\alpha}{2} = n \sin \frac{1}{2}(\delta + \alpha) \quad (3.8)$$

ここに δ : 最小偏向角

n : プリズムのまわりの媒体の屈折率

式 (3.8) を微分し、 $\Delta \delta = \theta$ とおけば偏向角 θ は、

$$\theta = \frac{2 \sin \frac{\alpha}{2}}{\sqrt{n^2 - n_e^2 \sin^2 \left(\frac{\alpha}{2} \right)}} \Delta n_e \quad (3.9)$$

となる。

ここで $\alpha = 30^\circ$, $n = 1$ (空気) とすると式 (3.9) は、

$$\theta \approx 0.643 \Delta n_e \quad (3.10)$$

n_e , r_{33} の値は表 2.1 より引用し、偏向角 θ の単位として mrad, 電界 E を $\text{kV} \cdot \text{cm}^{-1}$ で表わすと、

$$\theta \approx 0.52 E \quad (3.11)$$

となる。

3.2 測定方法

$\text{Sr}_x\text{Ba}_{(1-x)}\text{Nb}_2\text{O}_6$ 結晶を用いた光偏向を行なうとき最も大きい偏向角は、 r_{33} 係数を使った時である。それは、 r_{33} 係数が、他の二つの独立な係数 $r_{13}(=r_{23})$, $r_{42}(=r_{51})$ よりずっと大きいからである。図 3.1 は、結晶を頂角 30° の二等辺プリズムにカットし、光学的に研磨したものである。C 軸からのずれ $\frac{1}{100}^\circ$ 以内、電極面の平行度 $10''$ 、光が入射し、出射する二面の面精度は $\frac{\lambda}{10}$ である。電極は銀ペーストを塗布し、空气中で乾燥したものである。絶縁油の中での実験は、プリズムと相似のガラス容器の中でプリズムを相似の位置に置き、偏向に対して絶縁油の影響を無視しうる状態で行なった。温度の検出は、アルメルロメル熱電対で行なった。光源は、TEM₀₀ 単一モードの

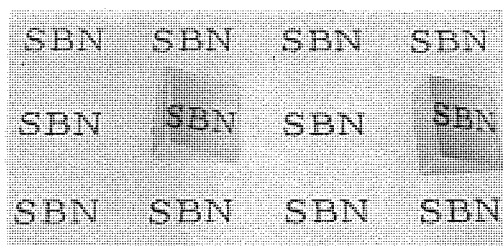


図 3.1 偏向に用いた 30°二等辺プリズム
Isosceles prisms employed for light deflection
(prism apex angle is 30°)

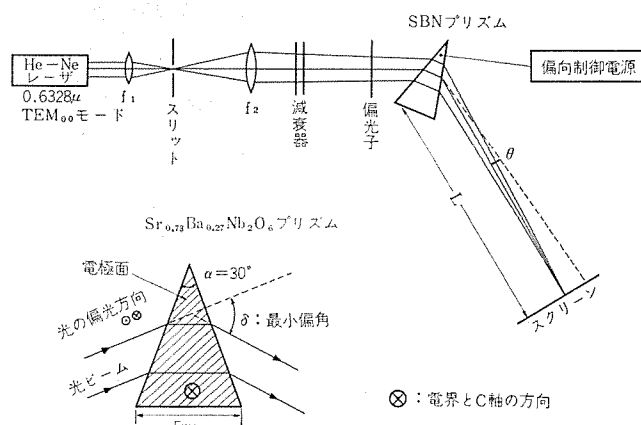


図 3.2 偏向度測定装置のブロックダイアグラム
Experimental setup of light beam deflection.

0.6328 μ , He-Ne レーザを用いた。偏向度測定装置のブロックダイアグラムを図 3.2 に示す。

二つの凸(凸)レンズ f_1 , f_2 で光ビームを拡大し、アテネータで光源の強度を調節し、ポラライザーに通し、その偏光方向をプリズムの C 軸に平行にする。プリズムは、光ビームに対し最小偏向角に位置させ、ビームの焦点位置にスクリーンを置き、レンズで拡大し、マイクロメータで移動距離を測定する。マイクロメータの最小読み取り目盛は、1 μ である。

3.3 直流電界の偏向角 θ (空気中と絶縁油中)

直流電圧をかけ、偏向角 θ を測定すると、図 3.3 のようになる。図の番号に従った順序で測定を行なった。式 (3.11) による θ の計算値は、点線である。得られた偏向角は、期待されるように大きい⁽¹²⁾が、電界が 2 $\text{kV} \cdot \text{cm}^{-1}$ をこえると、電界 E に比例せず飽和する現象が見られる⁽¹¹⁾⁽¹⁰⁾。この現象は光損傷のためではないかと推測しているが、その原因を明らかにするには、今後の研究を待たねばならない。電界の極性を逆転すると、式 (3.11) より θ の符号は、マイナスになり、マイナス方向に偏向するはずであるが、0.5 $\text{kV} \cdot \text{cm}^{-1}$ をこえると、偏向の方向は、元にもどる。これは、図 2.7 のヒステリシスループからわかるように、他の強誘電体、 LiNbO_3 , LiTaO_3 などと比較すると、抗電場 (E_C) が非常に小さいために、自発分極 P_s の極性が容易に逆転し、そのために r_{33} 係数の極性も反転する。その結果 θ はプラスになり、偏向はほとんど一方向のみになる。得られた偏向角は、5.75 $\text{kV} \cdot \text{cm}^{-1}$ で 2.1 mrad であった。

空気中では、電界が 6 $\text{kV} \cdot \text{cm}^{-1}$ をこえると、結晶の表面に沿った絶縁破壊を生じ、結晶にクラックが入ることが多い。そこで絶縁油 (信越化学 KF・54 シリコン) の中にプリズムを浸し、さらに高電界での実験を行なった。図 3.4 は各温度 (22~35°C) での偏向角と電界の関係を示す。絶縁油に浸しても空気中とほぼ同じ大きさの偏向角が得られたが、絶縁油を入れるガラス容器のために、少し散乱が生じた。

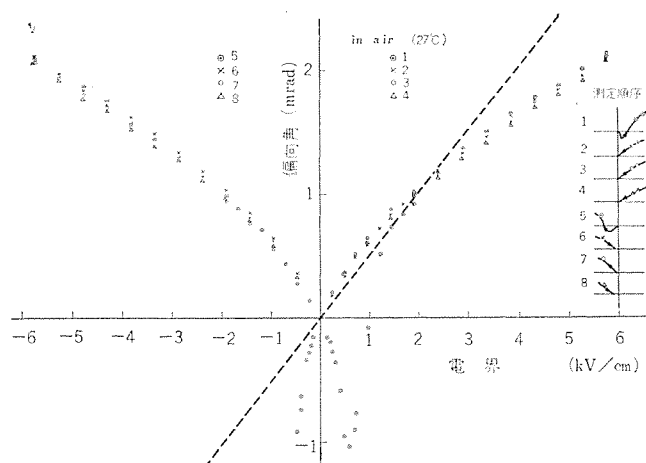


図 3.3 偏向角と電界の関係
Deflection angle as a function of applied D. C. electric field

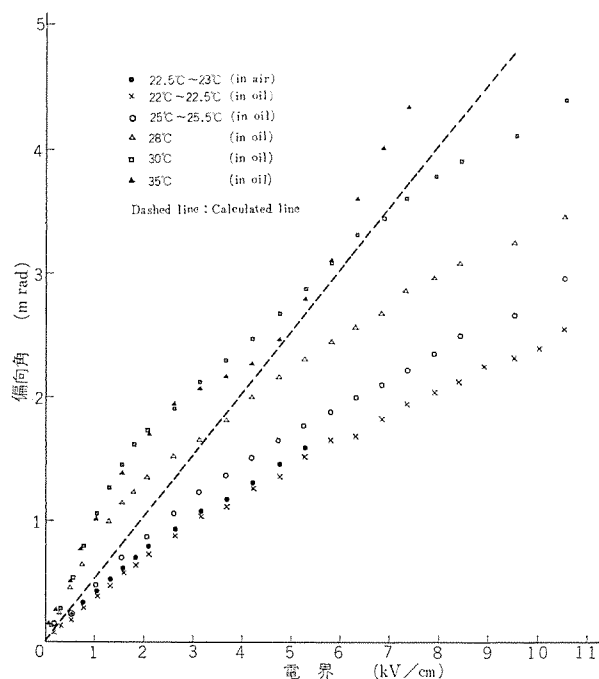


図 3.4 偏向角の温度依存性
Temperature dependence on deflection angle (in air and oil).

偏向の温度依存性は大きく、28°C をこえると計算値よりもかなり大きい θ が得られる。これは、式 (3.7) から屈折率変化 Δn_e は、 n_e の三乗に比例し、 n_e は温度に依存して大きくなることから明らかである。空気中と同じように高電界になると飽和現象がおこり、スポットのひずみが大きくなる。35°C 以上になると、かなりの高電界まで計算値をうまわる偏向角が得られるが、スポットのひずみが大きく、時間とともにゆらぐ。この温度になると自発分極のドメインの変化が大きく、安定なくなるためであろう。30°C のとき 10.5 $\text{kV} \cdot \text{cm}^{-1}$ の電界で 4.4 mrad の偏向角を得た。

3.4 スポットの位置と直流電界

図 3.5 は、空気中において、 $f_1=100 \text{ mm}$, $f_2=250 \text{ mm}$ のレンズを用い、 $L=131 \text{ cm}$ に焦点を結ばせた時、室温 28°C で実際のスポットの移動とスポット形状の電界依存性を示すものである。1 はポーリングしていない結晶に初めて電圧を印加した時の状態を示す。500 V をこえると、急速にスポットが移動するのは、これまで分極の向きが、一定していなくて、この電圧でマルチドメインが、単分域に移行す

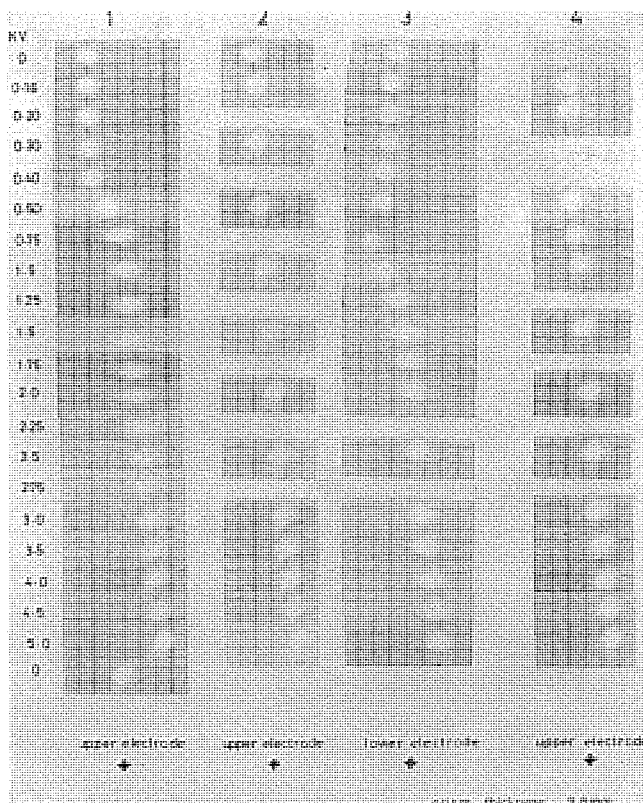


図 3.5 電界とスポットの位置 ($f_1=100$ mm, $f_2=250$ mm).
Positions of spots in different electric fields.

るためである。電圧を 0 に戻してもスポットは元の位置よりずれるのは、電圧印加前後でドメイン構造が変化しているためである。2 は、電圧の極性は同じで、再び電圧を印加した時のスポットの動く様子を示す。3 は、電圧の極性を逆転した時の状態であり、偏向角は、750 V までマイナス方向、この電圧以上になるとプラス方向になる。4 は、極性を逆転（1, 2 と同方向）し、電圧印加のサイクルを一回行なわせたあと、再び電圧を印加した時のスポットの移動である。図から明らかなように 2 と 4 は、全く同じスポットの移動距離を示し、逆転させたことによる影響はない。1, 2, 3, 4 を通じてビームのひずみが顕著に表われていないが、これは光ビームの口径が約 2 mm と小さいためである。しかし 3 kV 以上になると光ビームの強度が減少しビーム径が広がる傾向をしめす。1 の時は、ポーリングを行っていない結晶に電圧を印加したので、500 V～750 V で単分域化が進むにつれ、ビーム形状が横に広がり、約 4 kV で単分域化が終了しているのではないと思われる。

図 3.6 は図 3.5 の場合より、プリズムに対する光ビームの入射光径を大きくとり、回折によるビームの広がりを抑え、スクリーン上でのスポットサイズを絞った時、スポット形状の電圧依存性を調べたものである。いずれも各電圧に設定したのち、2 分おいてスポットの形状が安定した時に撮影を行なった。用いたレンズの焦点距離は、 $f_1=70$ mm $f_2=250$ mm, L は 140 cm にとった。1 ではほとんど電圧によるスポットのひずみは観察されない。2 は 1 と電圧の極性を逆転させた場合であり、1 kV 以上になると、スポットの形状が徐々に変わっていく。これは分極が反転し、単分域化が進んでいることを表わす。しかし電圧を解放してもスポットはひずんだままである。3 は 2 と同じ極性で再び電圧を印加した時の状態を示す。電圧を増すと、さらにビームは縦方向にのびる。4 は 3 と電圧の極性を逆転させた時の状態である。この電圧をこえたと再びスポットは、ドメイン構造の変化と

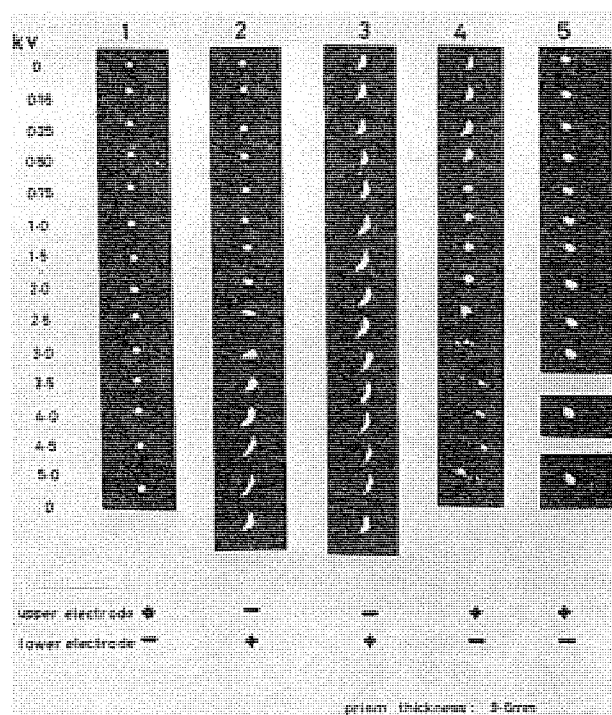


図 3.6 スポットのひずみと電界 ($f_1=70$ mm, $f_2=250$ mm)
Spot distortion in the electric field.

ともに大きくかわる。5 は 4 と電圧の極性を等しくして再び電圧を印加した時の状態を示し、スポット形状は、ほぼ正常にもどって 1 と同じ状態になる。しかし 1 に比較して 4 は、電圧に依存するスポットのひずみが大きく、1 の場合とは少し異なったドメイン構造に変化していると思われる。特に 3 と 5 はいずれも自発分極の向きを逆転させたあと、再び電圧印加した状態であるにもかかわらず、ビーム形状に大きな違いがある。この原因は今のところ不明である。

3.5 交流 (60 Hz) を用いたときの偏向

この場合、3.3 節で述べた直流電界の時と同程度の偏向角が得られる。3.3 節で述べたように直流電圧の極性を逆転してもほとんど一方のみの偏向しか得られないように、交流でも同様の現象になる。交流の場合、スポットの原点位置がシフトするが、これは誘電体損失による温度上昇と考える。

3.6 交流に直流電界をバイアスしたときの偏向

3.3 節、3.4 節で明らかにしたように、直流または、交流を用いると偏向は、ほとんど一方向（プラス側）にしか得ることができない。この欠点をなくするには、抗電場以上の直流電圧 E_D をバイアスし、 E_D 以下の交流電圧 E_A を印加すれば（分極の反転を抑え、交流電圧を印加する）両方向に偏向する。このように行なえば、誘電体損失による熱発生が緩和され、原点のシフトは生じなかった。

3.7 組み合わせプリズムを用いた偏向

三個のプリズム ($t=9.5, 9.6, 8.75$ mm) を用い、空気中で二個組み合わせさせた時 ($t=9.5, 9.6$ mm)、三個組み合わせさせた時の偏向角を測定した。厚さが違うために三個組み合わせさせた時、同じ電圧に対して 3.5 倍になった。最高 4.5 kV において 6.5 mrad の偏向角が得られた。

3.8 解像度

焦点面上における分解能は、最大偏向角と回折による光ビームの広がり角 β によって決まる。それは、

$$N_R = \frac{\phi_m}{\beta} \dots \dots \dots (3.12)$$

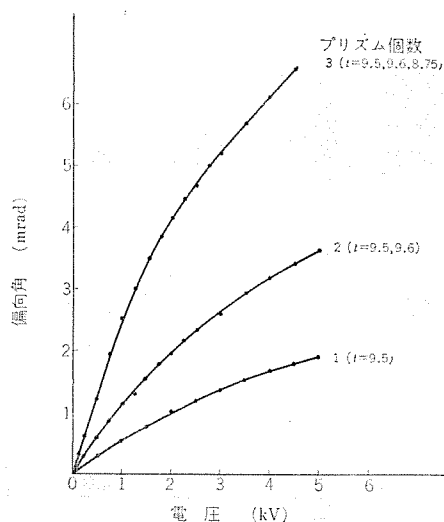


図 3.7 組み合わせプリズムによる偏向角と電圧の関係
Dependence of the deflection angle observed by arranged prisms on the applied voltage.

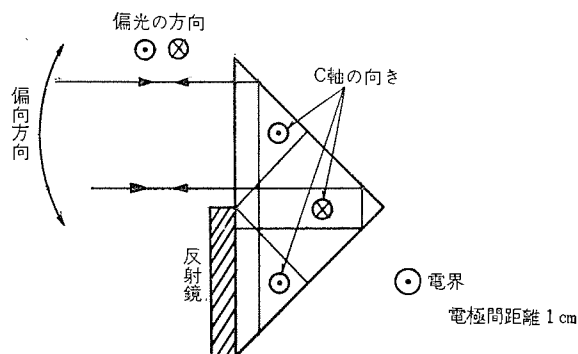


図 3.8 $\text{Sr}_{0.75}\text{Ba}_{0.25}\text{Nb}_2\text{O}_8$ 多重反射プリズム偏向器
The multiple reflection deflector made from $\text{Sr}_{0.75}\text{Ba}_{0.25}\text{Nb}_2\text{O}_8$ single crystal.

ここに Φ_m : 最大偏向角
 β : 回折によるビームの広がり角
$$\beta = \frac{K\lambda}{D} \quad \dots\dots\dots (3.13)$$
ここに K : ガウス分布ビームの時, 1.27
 λ : 波長
 D : 光ビーム径

偏向器の出口で、光ビームが制限されぬよう考慮して N_R の極大値を計算すると (1)(13),

$$\frac{N_R}{W} = \frac{\Phi_m}{K\lambda} \left(1 - \frac{\Phi_m}{n_e}\right) \dots\dots\dots (3.14)$$

となる。ここに W はプリズムの口径である。

図 3.8 のような組み合わせプリズム偏向器 (実際には、分極の向きがそろってしまうために、各プリズムを離さなければならない) では、偏向角 ϕ は、 $\phi = 16\Delta n_e$ 、式 (3.7) より、 $E = 10 \text{ kV} \cdot \text{cm}^{-1}$ の時、 Δn_e を計算すると、 $\Delta n_e = 8.15 \times 10^{-3}$ 、 ϕ は 0.13 mrad となり、 10 mm のプリズムの口径を全部利用できるとすると、式 (3.14) から $N_R/W = 1,600$ スポット/cm となる。

今回の実験では、用いたビーム径は約 3.5 mm であるので式 (3.13) より、 $\beta = 0.23 \text{ mrad}$ となる。 $5 \text{ kV} \cdot \text{cm}^{-1}$ の時、図 3.3 の理論曲線より偏向角は 2.6 mrad 、よって 11 点の分解能となる。実際には、 27°C において得られる偏向角は、 1.9 mrad であるので、約 8 点となる。実際に写真上で識別できるスポット数は、図 3.9 のように 5

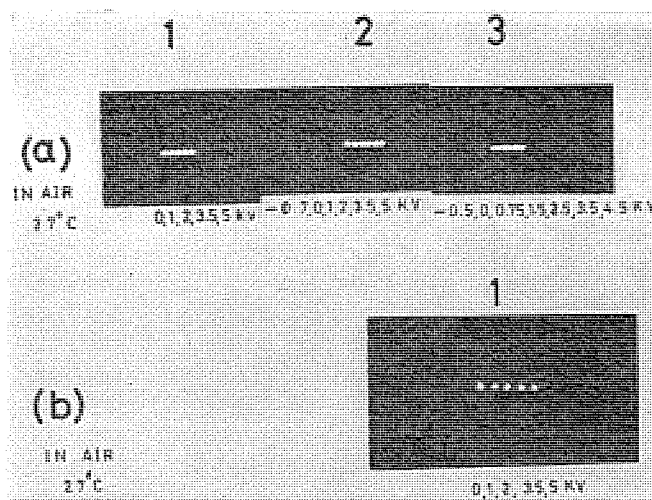


図 3.9 直流電界での解像度
Resolvable spots (at D. C. electric field).

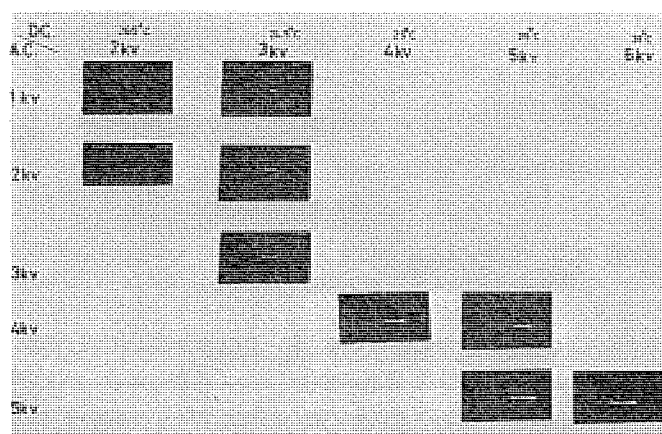


図 3.10 D. C. バイアスをかけた時の交流偏向
Deflection by A. C. electric field on D. C. bias.

点あるいは 6 点である。絶縁油の中で、 $10 \text{ kV} \cdot \text{cm}^{-1}$ まで電圧を印加すると、 5.1 mrad の偏向角であるので 22 点のスポットが得られるが、 $25 \sim 26^\circ\text{C}$ で実際に得られた偏向角は 2.8 mrad であるから、12 スポットになる。写真にて識別できるスポットは、8 ないし 9 点であった。プリズムを二個ならべた時図 3.9 の (b) は、(a) に比べ、スポット間の間隔は約 2 倍になっている。図 3.10 は、交流 (60 Hz) に直流電圧をバイアスさせた時の偏向の状態を表す。この場合、原点に対し左右対称に偏向しないのは、高電界においては、偏向角が飽和する現象があるからである。

4. む す び

SBN 結晶を作成し、その物理的諸性質 (屈折率・誘電率・キュリー温度・抗電場・ r 係数) およびプリズムによる偏向性能を測定した。

実際に偏向させたところでは、結晶の光学的均一性 (主として、ひずみ・ストリーション) にばらつきがあること、直流バイアスを印加しなければ、一方向のみの偏向しか得られないこと。偏向の温度依存性が大いことなどが明確になった。これらの現象のうち原因の判明しない点もあるが、今後の研究において明らかにする予定である。

この研究を進めるに当たり、種々有益なご教示をいただきました東京大学工学部、青木昌治教授・多田邦雄助教授・村井徹氏に深謝いたします。

(昭和 47-4-12 受付)

参 考 文 献

- (1) 多田ほか : private communication
- (2) A. A. Ballman, H. Brown : J. cryst. Growth, 1, 311(1967)
- (3) P. V. Lenzo, E. G. Spencer and A. A. Ballman : Appl. Phys. Letters, 11, No. 1, 23 (1967)
- (4) E. L. Venturini, E. G. Spencer, P. V. Lenzo and A. A. Ballman : J. appl. Phys., 39, 343 (1968)
- (5) A. M. Glass : J. appl. Phys., 40, No. 12, 4,699 (1969)
- (6) J. R. Carruthers, M. Grasso : J. Electrochem. Soc. Solid State Science, 117, No. 11, 1,426 (1970)
- (7) P. B. Jamieson, S. C. Abrahams et al : J. Chem. Phys., 48, No. 11, 5,048 (1968)
- (8) M. H. Francombe : Acta cryst., 13, 131 (1960)
- (9) J. C. Brice, O. F. Hill et al : J. cryst. Growth, 10, 133 (1971)
- (10) 金谷, 阪本, 矢崎 : 昭 44 秋応物学会 学術講演会予稿, 10 a -G-1
- (11) I. P. Kaminow, E. H. Turner : Proc. IEEE, 54, No. 10, 1,374 (1966)
- (12) 多田, 村井, 青木 : 昭 47 電子通信学会 全国大会予稿
- (13) T. C. Lee, J. David Zook : IEEE Quantum Electronics, QE-4, No. 7, 442 (1968)

多種少量生産を対象とした自動鑄造ライン

田中 敬一*・外山 隆*・干場 俊昌*

Automation of Small and Job-lot Production Processes of Iron Castings

Nagoya Works Keiichi TANAKA・Takashi TOYAMA・Toshimasa HOSHIBA

Mechanization and automation of casting is relatively easy and effective in case of quantity production, so devices for these purposes have been developed and put into practice for many years. By this practice Mitsubishi has gained much effect in the mass production of small motors. However, in small and job-lot production, various restrictions come in and hamper economical operation of the devices. After all hand work is mostly applied to the production. The work in Mitsubishi involves relatively many types but small quantity production. How to rationalize the processes was a problem imposed to the engineers. The Company has been taking pains in the study on automatic casting with an objective of small and job-lot production and has borne fruits of the rationalization by combining new molding lines provided with automatic pattern exchanging arrangements, centralized control system of low frequency induction furnaces. The report is made on the outlines of the development.

1. ま え が き

鑄造作業の機械化、自動化は大量生産の場合には比較的早くから開発され、実用化されて多大の効果をあげている。当所の場合も小形電動機の量産部品はシェルモールド法の採用と機械化により、合理化、省力化の効果をあげている。

一方多種少量生産については種々の制約から自動化が困難であり、相変わらず人手を主体にした労働集約作業が行なわれているのが現状である。

当所の主要生産機種である電動機は、需要者が必ずしも最終使用者だけでなく、むしろ各種機械の製造者であり、しかもそれが最終製品でないものも多く、客先の要求する仕様も用途によってまちまちである。とくに構造部品である鋳物の形状において種々のものが要求される。したがって標準品のほかに多種類の特殊品があってどちらかといえば、多種少量生産形態のものが多。これらの多種少量生産をいかに合理化するかが課題であった。

そこで数年前より多種少量生産を対象とした自動鑄造システムを検討してきたが、その成果として旭工場の自動鑄造設備が完成したのでその概要を報告する。

2. 対象とする製品

表 2. 1 に新設備の対象とする製品の内容を示す。電動機部品のほか昇降機・冷凍機・電気加工機等の部品も含まれ、約 310 種の模型を使用している。

表 2. 1 製品の内容
Specification of products.

(1) 対象製品	電動機部品、昇降機部品、放電および電解加工機部品、冷凍機部品 約 310 種類
(2) 生産ロット	15 個/月～2,000 個/月
(3) 製品単重	1.1 kg～110 kg
(4) 材質	FC 15, FC 20, FC 25, FC 30

3. 新システムの特徴

3. 1 模型交換の自動化

多種少量生産の自動化を考える場合、一番問題になるのはひんぱんな模型交換によるロスタイムの発生である。自動ラインを設置した各社の実状を調査してみると、これまでの設備が大量生産を対象としてきたため型交換に対する配慮がなく、型交換のたびに 15～30 min のラインストップを行っており、当所のように 1 日に十数回の型交換を行なう必要があると、機械のか動率が著しく低下してしまう。このため自動化の前提として型交換の自動化、しかも造型サイクル内でのクイックチェンジが必要である。

そこで型交換方式の研究を種々行なったが、結論として 8 ステーショントランスファ方式の造型機の構想を得るにいたり、型交換自動化の実用化に成功した。

3. 2 新しい造型方式の採用

電動機部品の造型においては、

(1) フレーム円筒状であり、鋳型が深くなると同時に中子を使わないので島も深く、造型時の型抜きが困難である。また深い鋳型のかた(堅)面の硬度を上げるため、ジョルトおよびスクイズを効果的に行なわねばならない。

(2) 全閉外扇形ではフィンがあるので型抜きがとくにむずかしく、砂の充てん性とともにより強さも必要であり、砂の性質に特別な配慮が必要である。

(3) 小形電動機では美麗な鋳膚が要求される。

(4) 専用機で加工されるので、きびしい寸法精度と品質の均一性が要求される。

これらに対し、従来はシェルモールドによる量産品を除いては主として山砂を用い、手動のジョルトアンドスクイズマシンとコンベヤを組合せて生産を行ってきたが、山砂は充てん性がよく、鋳膚も良好であるが、強度がないためフィンや島を成型するのに押上げ板や吊り環を用いていた。また強度のある合成砂を用いた場合は従来の造型機によるジョルトとスクイズではその効果が乏しく、むらのある鋳型しか得られなかった。

それゆえ今回の計画では合成砂を用い、高圧造型法を採用した。高圧造型では従来の2~3kg/cm²の圧力にくらべ、10kg/cm²以上の高圧力でスクイズするので、高強度、高密度で均一な鋳型が得られ、寸法精度が高く、鋳膚のよい引け巣など欠陥の少ない鋳物を作ることができる。さらに当時国内で一般に見られる高圧造型機では高圧スクイズのみであったが、当所のような製品の場合、実験の結果、フィン間の砂の充てん性、フレームの鋳型のかた(堅)面の硬度を上げるためジョルトの併用が必要であるとの結論に達し、計画当時の国内ではあまり例のなかったジョルト付き高圧スクイズ方式を採用した。また深い島を容易に離型するため、反転ドロー方式を採用することとした。

3.3 EDPによる工程計画

300種以上の製品を対象とし、これらは材質および単重が異なっている。造型機は3種類の模型の組合せで、これらが順次造型されるシステムなので、工程計画の立案にあたっては次の要素を考慮に入れなければならない。

- (1) 3種類の材質が同一になる組合せ。
- (2) 3種類の平均溶湯所要量が炉の出湯能力にマッチすること。
- (3) 客先要求納期とスケジュールとの調和。
- (4) 外注中子のリードタイムと負荷調整。
- (5) 短納期割込み品に対する考慮。

これらを手作業で行なった場合は、ばく大な時間を必要とするので、工程計画および中子やはつり仕上げ作業の外注への発注業務も含めて、コンピュータによりこれを処理させている。図3.1にプロセスフローチャートを示す。

3.4 多材質、溶湯所要量の変動に対応する溶解設備

造型工程において3種類の型を組合わせても溶湯所要量の変動はさけられず、操業中材質チェンジも造型に合わせた的確に行なわなければならない。このためフレキシビリティのある溶解設備が必要である。この点から3基の低周波誘導炉の交互出湯方式を採用した。すなわち低周波炉は成分調整および湯温のコントロールが容易であり、保温

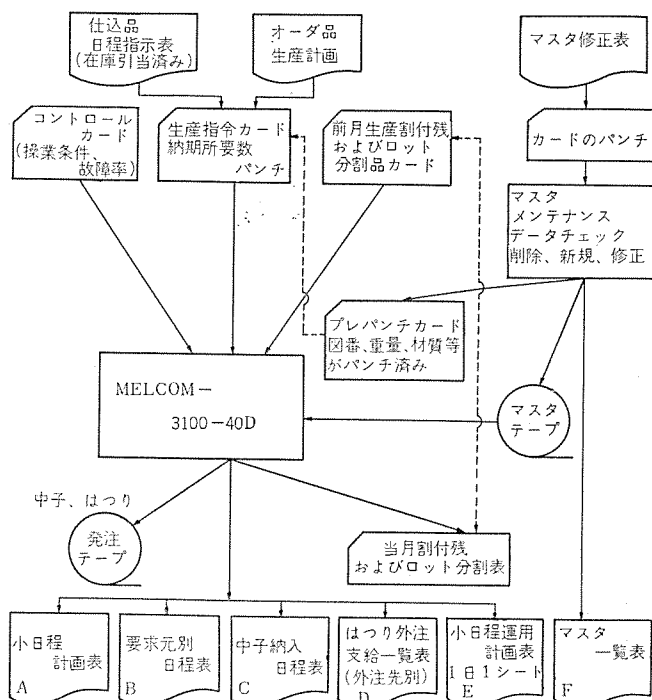


図 3.1 プロセスフローチャート
Process flow chart.

もできるので造型ラインに合わせて柔軟性のある操業ができる。このほか低周波炉はスクラップ使用による材料費の低減、キューラにくらべ騒音、ばい煙、有害ガスの発生がないので公害防止性の点でもメリットを有する。

従来低周波炉による鋳鉄溶解では、主として高強度鋳鉄ないしは合金鋳鉄が対象とされており、電動機のような薄肉鋳物に使われるFC-15ではチル等の不良発生の懸念があったが、数年前より種々実験を重ねて十分キューラに代わり得ることを確認したので、このライン対応として全面的に低周波炉を採用した。

3.5 悪作業環境からの脱皮

鋳物工場といえば、まず熱とほこりの悪環境と重労働が連想されるほどで、鋳物工場に人が集まらない最大の原因になっていた。したがってだれでも喜んで働けるような環境を作り、鋳物工場のイメージチェンジを図るため、次のような考慮をした。

- (1) 鋳物1トンを作るのに溶解材料を46~134トン、砂材料を70~310トン運搬するといわれるが、重量物の運搬はすべて機械化した。
- (2) 溶解炉では粉じん(塵)、騒音、有害ガスの発生源であったキューラに換え、低周波炉を採用したので、煙の発生はほとんどなく、高熱からも解放されて静かな作業環境となっている。
- (3) 熱と粉じんの発生個所を局所に集中し、集じん装置で捕集している。
- (4) 鋳型から取出した鋳物は冷却ハンガーコンベヤでただちに屋外へ運び、3時間冷却後ふたたび屋内に運んで後処理を行なっている。
- (5) 砂処理では空気輸送により新砂や粘結剤の搬送を行ない、粉じんの発生源を屋外に分離した。
- (6) 建屋内はルーフファンにより十分な換気を行なうとともに、作業者の周辺に冷風を送ってふい気を改善している。

4. 主な設備と操業法

4.1 溶解

図4.1に溶解作業場のレイアウトを示す。図4.2は低周波誘導炉、図4.3は集中制御室である。

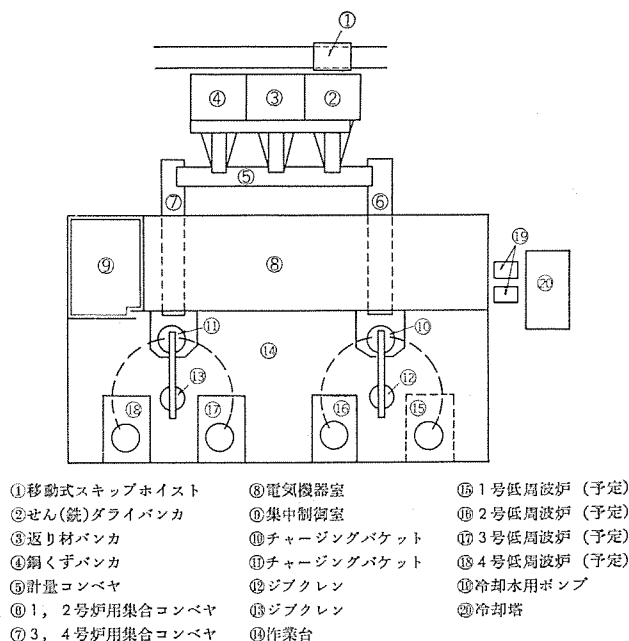


図 4.1 溶解作業場レイアウト
Layout of melting equipment.

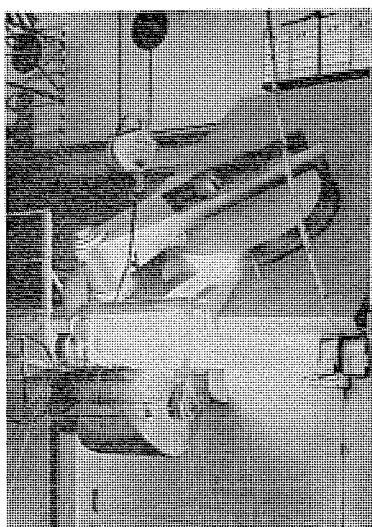


図 4.2 低周波誘導炉
Low frequency induction furnace.

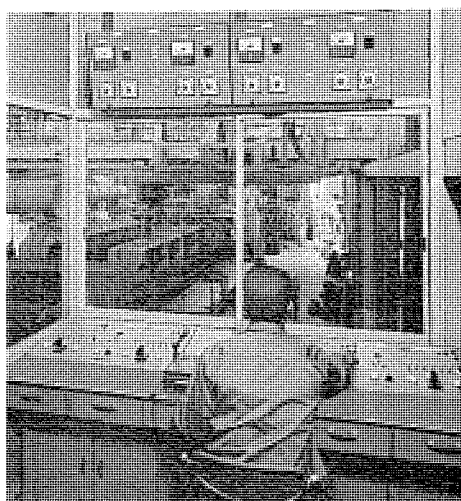


図 4.3 低周波炉集中制御室
Control center of low frequency furnaces.

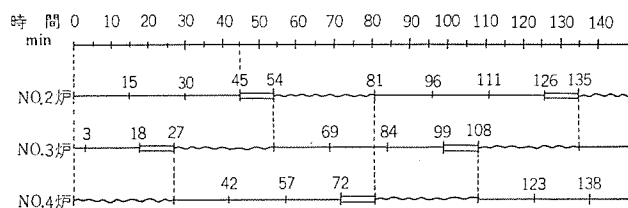
炉は 8t 低周波炉 3 基より成り、操業は集中制御装置により行なわれ、あらかじめ組まれたプログラムにより自動運転を行なうことができる。炉前作業者は制御室からの指示により、サンプリング、成分調整用の添加剤の投入、スラグ除去、測温、出湯作業を行なえばよい。成分チェックは CE メータとシリコンメータにより迅速に行なうが、チル試験片も参考にしている。データは集中制御室に集められ、ノモグラフにより直ちに加炭剤、合金鉄の添加量が決定され、炉前作業者に指示される。

出湯は 3 炉交互に行なうが、炉の 1/3 を出湯し、その間に他の 2 炉で溶解が行なわれている。出湯が終わると 2/3 の残湯に材料をチャージして溶解が再開される。1 炉が出湯を完了した時点では次の炉が出湯できる状態になっており、連続的に出湯を行なうことが可能である。図 4.4 に溶解のサイクルを示す。

地金の運搬、配合、装入は材料供給装置によりすべて自動的に行なわれている。装入サイクルは 3 分まで可能である。地金は電気鋼板くず、銑ダライ、返り材で、せん(銑)鉄はまったく使用していない。

4.2 造型設備

造型機は 8 ステーショントランスファ方式で、3 種類 6 パターンが三つのシャトルと三つの送り装置によりトランスファされながら造型される。図 4.5 にその概略を示す。図 4.6 はタイムテーブル、表 4.1 は造型



1. 条件
- (1) 出湯量 2,400kg
 - (2) 残湯量 5,600kg
 - (3) チャージング量 800kg/回 × 3回
 - (4) 溶解時間 15min/800kg・1,520℃
 - (5) OFF TIME 9min
 - (6) 出湯時間 27min (3炉による連続出湯形式)
 - (7) 材料供給時間 最大3min/サイクル

2. 記号
- 溶解
 - OFF TIME
 - 出湯

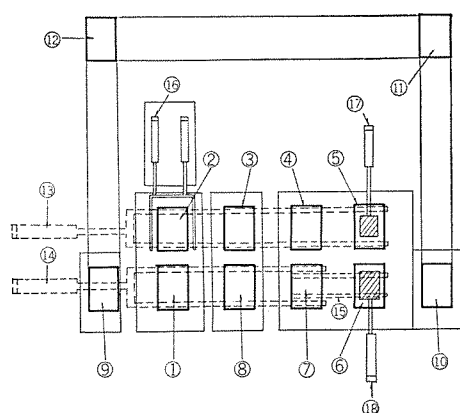
3. 出湯能力

$$2.4t \times 3 \times \frac{60}{81} \approx 5.3t/h$$

4. 炉の利用率

$$\frac{45min}{81min} \times 100 \approx 55.6\%$$

図 4.4 溶解操業サイクル
Operation cycles of furnaces.



- | | |
|----------------------|------------|
| ①第1ステーション (わく合わせ) | ⑩第10ステーション |
| ②第2ステーション (砂入れ、ジョルト) | ⑪第11ステーション |
| ③第3ステーション (スクイズ) | ⑫第12ステーション |
| ④第4ステーション (砂かき) | ⑬第1シャトル |
| ⑤第5ステーション (返転機) | ⑭第2シャトル |
| ⑥第6ステーション (型抜き) | ⑮第3シャトル |
| ⑦第7ステーション (反転機) | ⑯第1送り |
| ⑧第8ステーション (模型点検) | ⑰第2送り |
| ⑨第9ステーション | ⑱第3送り |

図 4.5 8ステーション自動造型機
Layout of 8-stations automatic moulding machine.

機の仕様である。

型の交換は次のようにして行なう。3種類の模型は、それぞれ所要個数にプリセットされたカウンタによりカウントされ所要個数が铸造完了すると、その信号により第 6 ステーションから第 10 ステーションを経て外部へとり出される。一方、第 9 ステーションに待機していた新しい型が第 1 ステーションへ送りこまれる。3種類の型も連続的に交換することもできるので、材質が変わる場合でも問題ない。次に使用する型は第 9 ステーションと第 11 ステーションとの間にセットしておけばよい。図 4.7 にその状態を示す。

造型機の制御は、型自動交換も含めて無接点リレーを用いたシーケンスコントロールを採用している。

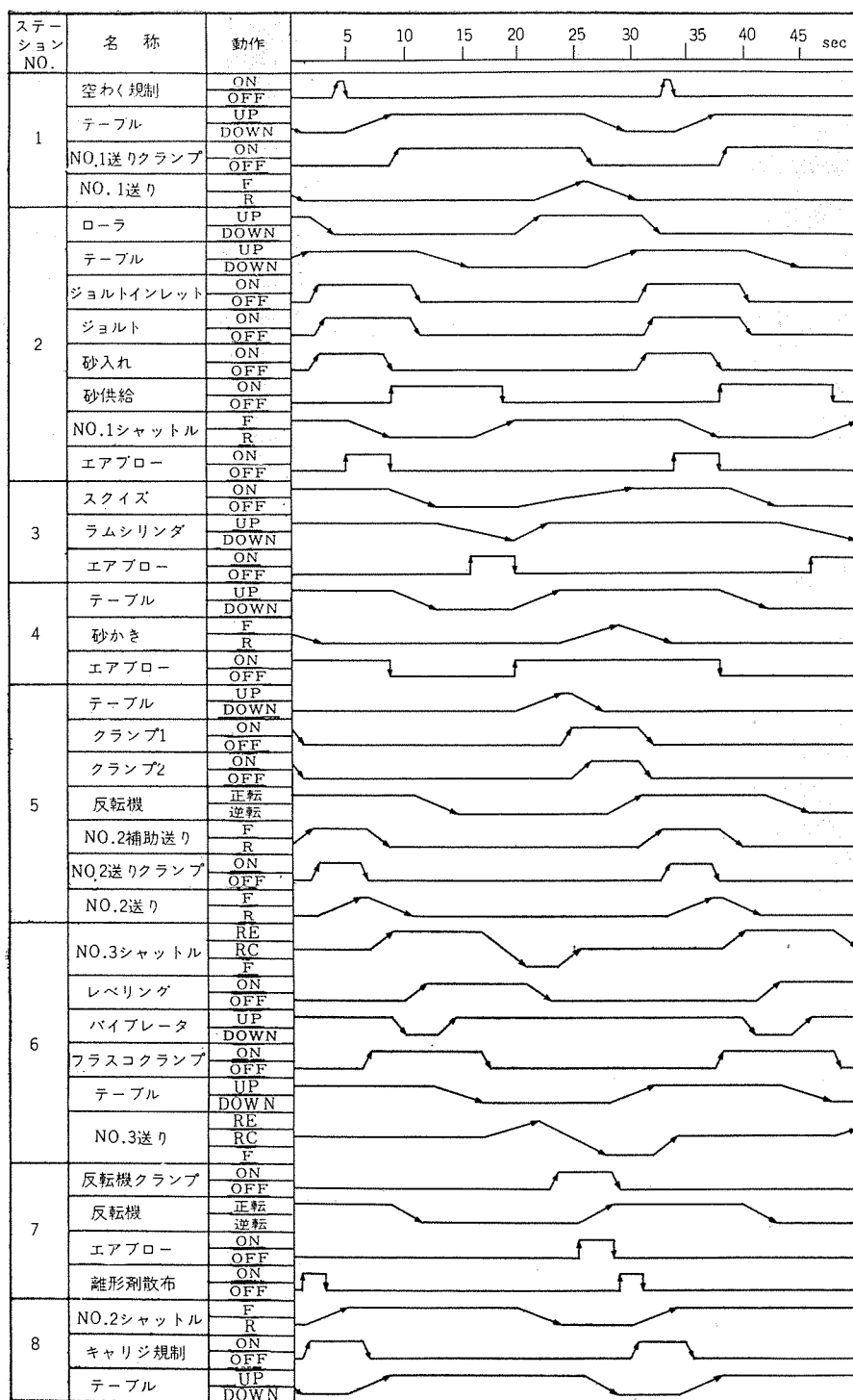


図 4.6 造型機のタイムテーブル
Time table of moulding machine.

造型された型は鋳型硬度 95 以上を示し、ジョルトと高圧スクイズの効果が出ている。このように鋳型の強度が大きいと注湯時の湯の圧力や鋳鉄の黒鉛化による膨張に起因する鋳型の変形がなく、寸法の正確な鋳物が得られ、またいわゆる張り気がないため引け不良も著しく減少する。表 4.2 は同じ模型を用い、スクイズ圧力を変化させた場合の製品重量の変化の例を示したもので、スクイズ圧力が低いと張り気で重量が増すことがわかる。

鋳型は中子そう入後、型合わせを行ない注湯する。注湯後冷却された鋳型は砂と鋳造品がパンチアウトされ、シェークアウトマシンで砂がふるい分けられる。製品はハンガーコンベヤに積込まれ、冷却されながら後処理工程へ運ばれる。空枠は内面および端面掃除機により清掃さ

表 4.1 8 ステーション自動造型機の仕様
Specifications of 8 station automatic moulding machine.

(1) 鋳わくサイズ	800×700×315/315
(2) 造 型 速 度	60 型/h
(3) ジョルト容量	1,500 kg
(4) スクイズ圧力	最大10kg/cm ² , セグメントロッド方式
(5) 型 抜 き	反転ドロー
(6) 制 御	無接点リレーによるシーケンス制御

表 4.2 スクイズ圧力と製品重量の変化
Relation between squeeze pressure and weight of casting.

スクイズ圧力	フ レ ー ム	ブ ラ ケ ッ ト
4 kg/cm ²	41.60 kg	23.70 kg
10 kg/cm ²	40.13 kg	22.84 kg

表 4.3 ユニットサンドの性質
Properties of unit sands.

(1) 圧縮強さ	1.3~1.7 kg/cm ²
(2) 通 気 度	120~140
(3) 水 分	2.8~3.5%

れ、ふたたび造型機へ供給される。

4.3 砂処理設備

砂は生型合成砂のユニットサンドであるが、要求される特性として、

- (1) 深い島を中子なしで造型するため十分な強度を持つこと。
- (2) 特にフィンのある製品の場合、充てん性がよくスクイズすると粘さが出る。また表面安定性のよいこと。
- (3) 鋳膚をよくするため砂の細かさ。
- (4) モータフレームでは砂の崩壊性。
- (5) その他通気性など。

がある。これらの特性を満足する砂を得るため種々テストを重ねた結果、骨材としては粒形がよく、100 ムッシュビークの比較的細かい浜砂を使用し、粘結剤としては低水分で強度が出、崩壊性もよい Ca 系ペントナイトを用いている。しかしこのペントナイトは耐熱性に問題があり、すくわ

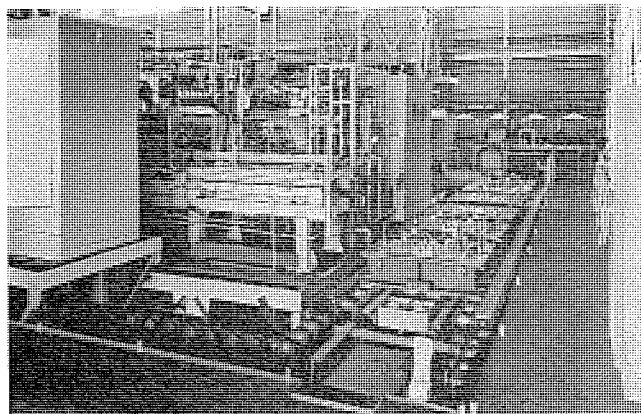


図 4.7 パターンチェンジ装置付き自動造型機
Pattern circulation.

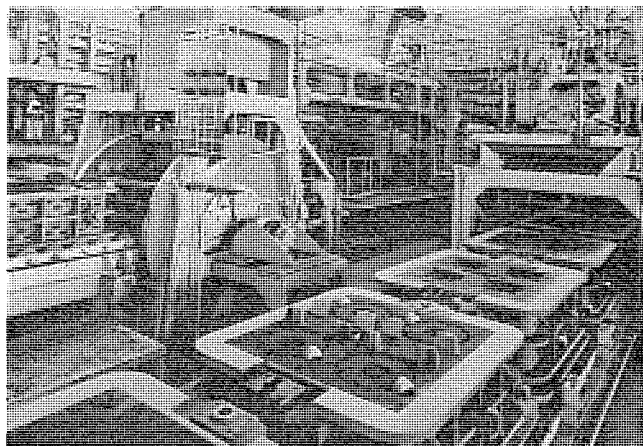


図 4.8 自動造型ライン
Automatic moulding plant.

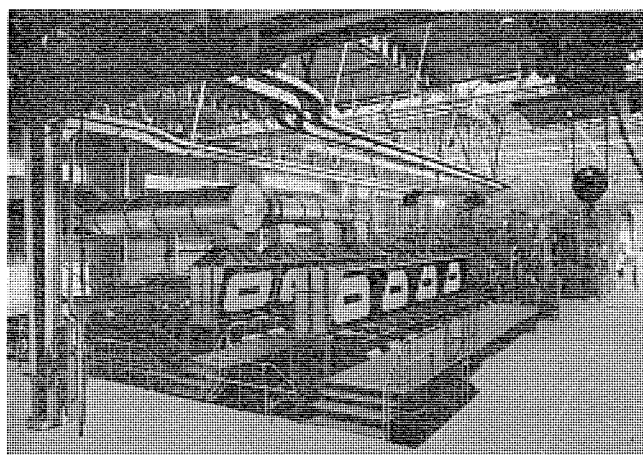


図 4.9 注湯ライン
Pouring area.

れ不良等が出やすいので、クッション剤としてでんぶんを添加している。

表 4.3 に砂の性質の 1 例を示す。砂の性質は製品の形状、重量等により変化させているが、従来の砂よりかなり高強度の砂となっている。

砂処理設備はモータ容量 75 kW のサンドミル 2 台を中心として構成されており、ユニットサンドの場合、砂の温度が上ると型抜きしにくくなり、また造型後砂型のエッジがぼろつくなど不良の原因となるの

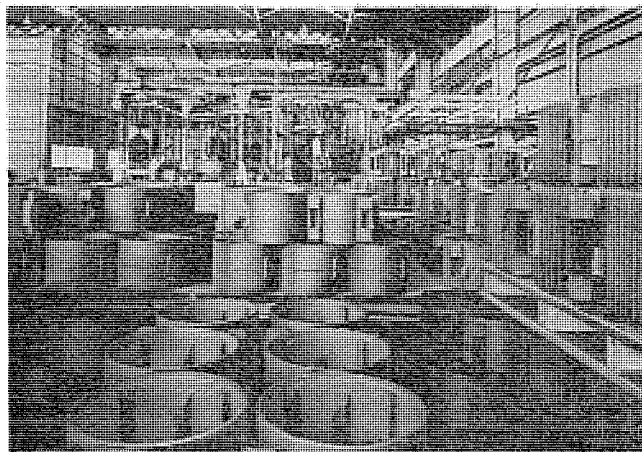


図 4.10 製品とハンガーブラスト
Products (motor frames) and shot blasting machine.

で、とくに砂の冷却を考慮して設計した。回収砂の温度としては 7 月の測定で $33^{\circ}\pm 6^{\circ}\text{C}$ (気温 26°C) 程度となっている。

4.4 後処理設備

製品が種々雑多であり、次々と変わって運ばれてくるためと、フィンなど割れやすい形状のものが多く、自動化がむずかしくなっている。設備としては熱からの開放に重点をおき、シェークアウトから出た赤熱状態の铸件は、冷却ハンガーコンベヤにより屋外で 3 時間冷却されたのちコアナックアウト式ショットハンガーブラストにて砂落としされる。铸張りはずり作業は外注に出している。

5. む す び

以上、多種少量生産の合理化を目指して設置した自動模型交換装置付き自動造型ラインと低周波誘導炉を組合せた設備について紹介した。自動模型交換装置により多種少量生産でも造型ラインのか動率を確保でき、ほぼその目標を達成した。しかし多種少量生産なのがゆえに自動化が困難であり、合理化のおくれた作業がまだ残っている。それは中子製作であり、後処理作業である。中子製作は、現在行なわれている各種製作方式では主型以上に自動化が困難であり、一方、砂落としやはずり仕上げなど後処理作業においてはさまざまな形状、仕上げ内容に対して現状では人海戦術に頼らざるを得ない状態である。今後多種少量生産の合理化を完成させていくためには、これらの課題と取り組んでいく必要があるものと考えている。

電力系統計算機制御装置 (MELPAC-500 システム)

長町 恒資*・寺田 眞*・中川 秀人*・矢野 恒雄*
山田 郁夫**・辻 俊彦**

Computer Control System for Electric Power Enterprise
(MELPAC-500 System)

Kobe Works Hisashi NAGAMACHI・Makoto TERADA・Hideto NAKAGAWA・Tsuneo YANO
Head Office Ikuo YAMADA・Toshihiko TSUJI

Regarding the latest electric power enterprise the scale has enormously enlarged and the operation has turned to high degree so much that introduction of power system control is considered necessary from the viewpoint of overall management. Mitsubishi has worked out and put to practice for these year electric power system control equipment (MELPAC Series) through the technique of wired logic. Now the Company has made a further step for the betterment of the equipment by employing mini computer as universal sequence controller, which performs every function of MELPAC Series. The new development is called electric power system computer controller (MELPAC-500), the outlines being introduced herein.

1. ま え が き

電力系統制御装置として、従来実用化されてきた MELPAC シリーズに代わり、最近発達の著しいミニコンピュータを使用した電力系統計算機制御装置 (MELPAC-500 システム) を開発したのでその概要を紹介する。

2. MELPAC-500 システム開発の背景

電力系統は、近年大規模化の一途をたどっているが、需要家へ高品質の電力を間断なく供給すること、大規模系統を経済的かつ安全に運用することが同時に要求され、従来の機器単位の制御から系統全体をシステム的地見地に立って制御することが必要となってきた。すなわち、系統を構成する各種給電所・変電所・発電所・送電網を一体化し、システム的地見地から運用制御する部分と、これらを分化させ個別に運用制御する部分との協調のとれたシステム、いわゆる総合系統運用制御システムが必要となってきたわけである。

従来、当社の製作してきた電力系統制御装置 (MELPAC シリーズ) は、後者に相当する機能をもつ専用機 (ワイードロジック装置) である。その概要を表 2.1 に表す。

最近の系統制御装置は、

- (1) 系統の大形化複雑化に対処する制御の高性能化、高信頼度化に対処できること。
- (2) 系統の発展により影響を受けない高効率の設備投資であること。
- (3) 系統操作要員削減に伴う運転・保守・点検・省力化に対処できること。
- (4) 建屋縮小のためのコンパクト化に利すること。

を満足する方向へ発展しつつあり、従来の専用機を必要に応じ並列的に設置してゆくことに若干問題があるように思われる。そこで従来の装置のもつ機能をそのままに実行でき、かつ上記の要求を満足する装置として、ミニコンピュータを応用することが考えられる。

以上の観点から、前述の個別運用制御する部分を分担するものとして変電所を中心として設置される電力系統計算機制御装置 (MEL

表 2.1 電力系統制御装置 MELPAC シリーズ 一覧
List of electric power system control MELPAC series.

装 置 名	略 称	概 要
変電所自動復旧装置	SAR	変電所に停電事故が発生した場合に、所定のプログラムによって、まず事故の状況を正確には握し、それに最適な復旧を自動的に行なう装置
系統安定装置	SEC	電力系統において需給バランスが著しく不均衡になった場合、高速で適切な電源制限、負荷制限を行ない、電力の需給バランスを保って、電力系統の運転を安定化する装置
火力系統分離装置	SSA	周波数が異常に低下した場合に、分離系統の需給アンバランスがいちばん少なくなる地点で系統分離を行ない、同時に、分離後の需給のアンバランスにより分離系統の局地火力が脱落するのを防ぐために、分離系統内で必要な負荷制限を行ない同時に需給のバランスをとる装置
負荷演算制御装置	LSA	事故時、自家系統の需給のバランスを演算し、できるだけ少ない負荷制限で重要負荷に安定した電力を供給し、常時は受電電力が契約電力を超過しないようにデマンド制御を行なう装置。
電圧無効電力制御装置	AVQC	変電所母線電圧と変圧器バンクを通過する無効電力が所定の範囲内におさまるように、変圧器のタップおよび調相設備 (スタティックコンデンサ、シャントリアクトル) を制御する装置
自動監視装置	SAM	リレー・しゃ断器など各種機器の動作を時刻順に記録することにより、その波及状態、処理過程、事故原因の解析などに使用される装置
日報作成	MELDAC	ディジタル アナログパルス計測および記録機能をコンパクトにまとめた日報作成装置

PAC-500 システム) を開発した。MELPAC-500 システム はすでに火力発電プラント、鉄鋼プラント等で多くの実績を有する制御用計算機を導入し、下記の条件を満足させるよう考慮し開発した。

- (1) 従来の専用装置ではできない複合化を行なうこと。
- (2) 従来の専用装置のら列により生ずる重複を省き、小形化を図ること。
- (3) 従来の専用装置以上に機能設定等の変更が自由であること。
- (4) 従来の系統制御装置 (MELPAC シリーズ) がもつ特長はその

まま備えること。

すなわち、a) 高信頼性 b) 高拡張性 c) 保守運転容易

d) 自動給電システムと結合容易等の特長を有すること。

(5) 従来の電力用制御保護装置と同様な構造で設置場所、設置方法に特別な制限がないこと。

(6) コンピュータの導入に関し、使用者側では複雑なプログラミング作業を行なう必要のないこと。

三菱電力系統計算機制御装置 (MELPAC-500 システム) は、

(1) 小形高性能制御用計算機 (MELCOM-350-5F 略称 M-5F) を中心とする計算機システムおよびインタフェースから成るハードウェア (MELPAC-500 システム)

(2) 上記システム制御運用するソフトウェア (SPAC-システム) とから成る。以下にその概要を紹介する。

3. MELPAC-500 システムのハードウェア

本システムのハードウェアは、すでにプロセス制御用として実績のある MELCOM-350 シリーズの一系列である MELCOM-350-5F 形制御用計算機システムを中核としている。これに、MELCOM-350 シリーズの経験を生かして整備された周辺機器と、従来の電力系統制御装置 MELPAC シリーズ (専用機) の製作経験を基に設計したインタフェースとを組合せたものである。その構成を図 3.1 に示す。その概略仕様を表 3.1 に示す。

入出力変換装置およびサージ吸収回路は、PT 回路、CT 回路、しゃ断器、断路器等の系統状態を適当なレベルの信号に変換して、計

表 3.1 MELPAC-500 システム 概略仕様
Specification of MELPAC-500 system.

構 成	(1) MELCOM 350-5F 制御用計算機システム (a) 中央演算処理装置および主記憶装置 1 式 (b) プロセス入出力装置 (含制御装置) 1 式 (c) 周辺機器 (含制御装置) 1 式
	(2) インタフェース部 (a) 入出力変換装置 1 式 (b) サージ吸収回路 1 式
定 格	(1) 入 力 (a) PT : 110 V (b) CT : 5 A (または 1 A) (c) DC : 110 V 0.1 A 開閉可能無電圧接点
	(2) 出 力 (a) DC : 110 V 0.5 A 開閉可能接点 (b) DC : 12 V 3 k Ω オープンコレクタ
格	(3) 電 源 (a) AC : 100 V 50 Hz/60 Hz 無停電 ($\pm 10\%$) 約 5 kVA 以下 (b) DC : 110 V ($-20\% \sim +30\%$) (c) DC : 48 V $\dagger$ ($\pm 10\%$) $\dagger$ $\dagger$ 特殊
構 造	(1) 筐 (a) 銅板製垂直自立形 キュービクルタイプ (b) 幅 700 mm $\times$ 高さ 2,300 mm $\pm$ 110 mm $\times$ 奥行 600 mm
	(2) 周辺機器 別表による
絶 縁 耐 力	(1) 入力部、出力部、電源部外部接続端子一括 アース間 AC 2,000 V 商用周波 1 分間
	(2) 電路一括 $\rightarrow$ ケース間 500 V メガで 5 M Ω 以上

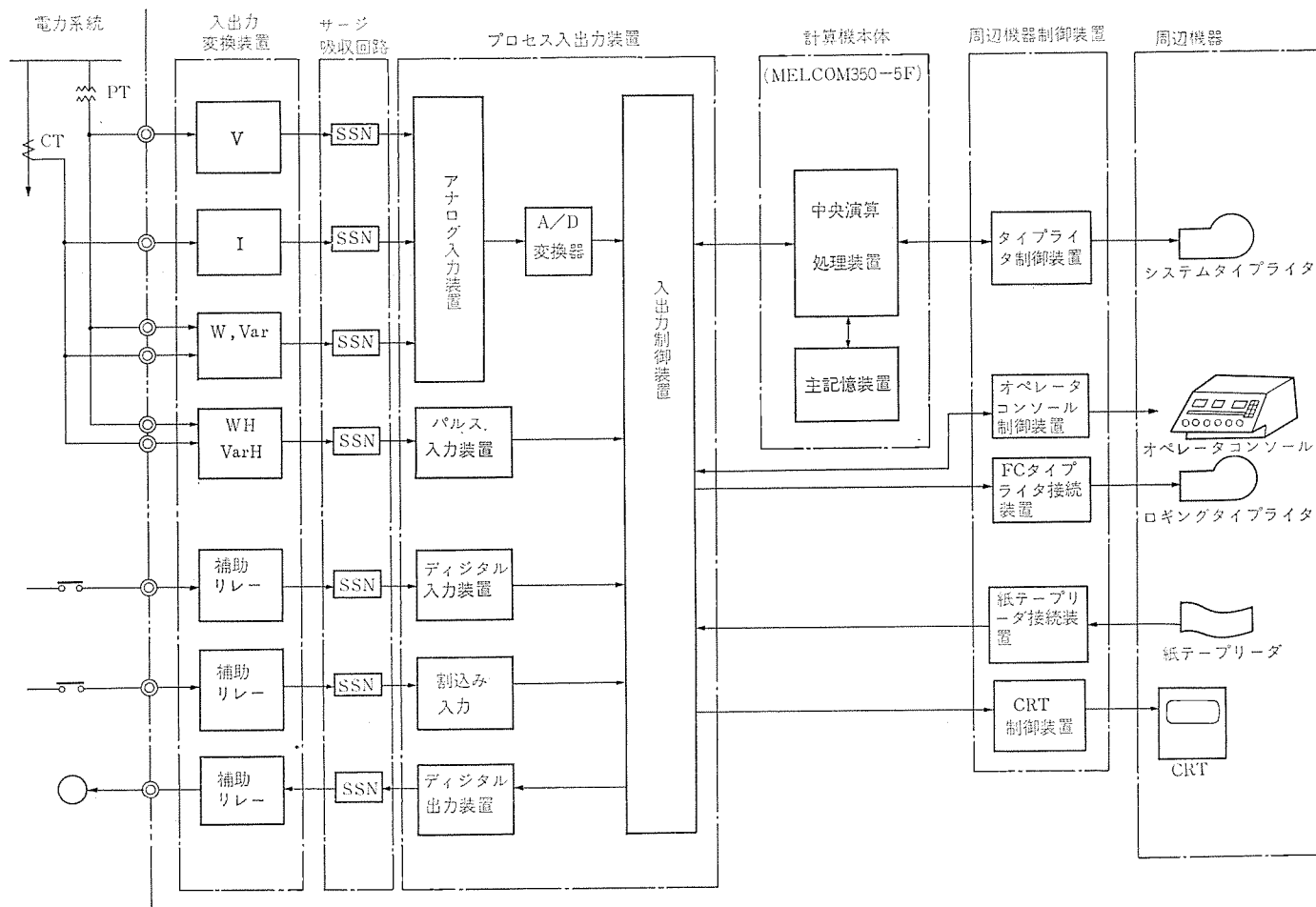


図 3.1 MELPAC-500 システムのハードウェア構成
Hardware of MELPAC-500 system.

表 3.2 MELPAC-500 システム用 M-5 F 計算機 システム の仕様
Specification of M-5 F computer for MELPAC-500 system.

(1) 主記憶装置		メモリの種類 プレーテッドワイヤメモリ	
語長		16 ビット+パリティビット	
容量		4 K/8 K/16 K/24 K/32 K 語	
サイクルタイム		0.5 μ s	
メモリ保護		あり プログラムコントロール可能 (オプション)	
(2) 中央演算処理装置			
ロジック		TTL IC	
演算		2 進並列, 負数は 2 の補数表現	
加算時間 (単一語長)		2 μ s	
乗除算		ソフトウェア	
浮動小数点演算		ソフトウェア	
命令形式		単一アドレス	
命令の数		33	
インデックス修飾		あり インデックスカウンタ 16 個	
番地方式		相対アドレッシング 間接アドレッシング 直接アドレッシング (スクラッチパッド 256 語)	
割込みレベル		72 レベル 72 点	
禁止可能, 禁止不能の 2 種類あり			
内部割込みライン		24 点	
外部割込みライン		48 点 (標準 24 点, オプション 24 点)	
インタラプト付加ユニットを増設することにより最大 216 点まで拡張可能			
実時間時計		電源割込みまたは水晶発振器 (オプション)	
(3) 電源, 環境条件			
電源		AC 100 V $\pm$ 10 V 50/60 $\pm$ 1 Hz	
電源異常対策		電源異常検出 (一次側 AC 停電, 二次側 DC 異常)	
許容周囲温度		0~50°C	
相対湿度		10~90 %	
(4) オプション			
乗算		10 μ s	
除算		10 μ s	
自動復帰		電源異常復帰後の電源自動復帰およびプログラム再スタート	
遠隔パネル		ワンプッシュスタート, ストップ, アラームクリア, 電源アラームリセット, シーケンサオン/オフをオペ コンなど遠隔より操作可能 表示 (RUN, STOP, EWT, POWER)	
(5) プロセス入出力装置			
(a) アナログ入力			
入力点数		最大 2,048 点 512 点/グループ 4 グループ/制御装置	
拡張単位		16 点	
A/D 変換		積分形	
変換速度		30 点 $\times$ グループ数/秒 (60 Hz) 25 点 $\times$ グループ数/秒 (50 Hz)	
入力レンジ		8 レンジ (10, 20, 50, 100, 200, 500, 1,000, 2,000) mVX (1, 1.25, 2.5)	
(b) デジタル入力 (接点入力, レベル入力)			
入力点数		最大 1,024 点	
入力速度		15 μ s/16 点	
拡張単位		32 点	
入力種類		接点 オン "1" オフ "0" 接点にかかる電圧, 電流 17 V, 10 mA 電圧レベル 0~1.5 V "0" 2.4~12 V "1" ソースインピーダンス 80 Ω ~6 k Ω	
(c) デジタル出力 (接点出力)			
出力点数		最大 512 点	
出力速度		5 ms/16 点, 50~200 ms/16 点 プログラム切換え	
拡張単位		16 点	
出力方式		マルチビット, ラッチング, モーメンタリ	
接点容量		100 V A, 150 V, 1 A	
(d) デジタル出力 (レベル出力)			
出力点数		最大 512 点	
出力速度		15 μ s/16 点	
拡張単位		32 点	
出力方式		マルチビット, ラッチングオープンコレクタ 40 V 200 mA 450 mW 最高	
(e) アナログ出力			
種類		RD 形 8 ビット 1 k Ω 以下の負荷に対し 4~20 mA	
出力点数		最大 32 点	
出力速度		5 ms/点	
拡張単位		2 点	
(f) バルス入力			
入力点数		最大 128 点 (バルス出力との合計で)	
拡張単位		16 点	
入力種類		接点 17 V 10 mA "0" 0~1.5 V	
(g) バルス出力		出力点数 最大 128 点 (バルス入力との合計で)	
拡張単位		8 点	
出力種類		バルス幅出力, バルス列出力 (80, 40, 20, 10 ms) 正方向, 負方リレー接点 (100 V A, 150 V, 1 A)	
分解能		10 ms	
(6) 周辺装置			
(a) システムタイプライタ 1 台			
印字速度		20 字/秒 英字, 数字, 片仮名	
紙テープリーダ速度		20 字/秒	
紙テープパンチ速度		20 字/秒	
ビット		10 秒/インチ	
最大字数		120 字/行	
キーボード入力		可能	
(b) 紙テープリーダ 1 台			
読取り速度		200 字/秒	
(c) 紙テープパンチ 1 台			
さん孔速度		60 字/秒あるいは 120 字/秒	
(d) FC タイプライタ 最大 4 台			
印字速度		15 字/秒	
ビット		10 字/インチ, 12 字/インチ	
最大印字数		130 字/行, 156 字/行	
キーボード入力		可能	
(e) DR タイプライタ 最大 4 台			
印字速度		20 字/秒	
ビット		10 字/インチ	
最大印字数		120 字/行	
キーボード入力		可能	
(f) カードリーダ 1 台			
読取り速度		300 枚/分	
ホッパ容量		1,000 枚	
スタッカ容量		1,000 枚	
(g) カードパンチ 1 台			
さん孔速度		10 枚/分	
ホッパ容量		500 枚	
スタッカ容量		500 枚	
(h) ラインプリンタ 1 台			
印字速度		240/120 (カナ文字付き) 行/分	
印字幅		136 字/行	
文字の種類		50/100 (カナ文字付き)	
紙送り時間		20 ms/行	
印字間隔		縦方向 10 字/インチ, 横方向 6 字/インチ	
(i) キャラクタディスプレイ 最大 3 台			
機能		文字表示およびキーボード入力	
表示文字の種類		英字, 数字, カナ文字	
表示容量		640 字 (40 字 $\times$ 16 字)	
メモリ		IC メモリ	
文字コード		JIS-C-6220 および ISO (カナ文字入り)	
ブラウン管の大きさ		13 インチ (160 mm $\times$ 200 mm)	
カラー		7 色のカラー表示	
(7) 補助記憶装置			
(a) 補助記憶装置 A			
種類		磁気ドラム	
平均アクセスタイム		16.7 ms (60 Hz) 20 ms (50 Hz)	
転送速度		15 K 語/秒 (60 Hz), 12.5 K 語/秒 (50 Hz)	
容量		32 K 語/台	
台数		最大 4 台/制御装置	
データチェック		パリティチェック+ビットカウントチェック	
(b) 補助記憶装置 B			
種類		磁気ドラム	
平均アクセスタイム		8.4 ms (60 Hz), 10 ms (50 Hz)	
転送速度		61.44 K 語/秒 (60 Hz), 51.20 K 語/秒 (50 Hz)	
容量		256 K 語/台, 128 K 語/台, 64 K 語/台	
台数		最大 1 台/制御装置	
データチェック		パリティチェック+ビットカウントチェック	
(8) データ通信装置			
(a) データ転送装置			
機能		計算機間のデータ転送に使用	
転送幅		8 ビット並列	
転送速度		接点 100 B/秒 電圧レベル 10 KB/秒	
チェック		パリティ, 再送機能有	
(b) 通信付加装置			
機能		通信回線を介して他の計算機, 端末装置とのデータ伝送を行なう	
チャネル数		1 回線	
通信方式		半二重通信方式	
コード		ISO	
通信速度		200 B, 1,200 B	

算機システムのプロセス入出力装置に加える。プロセス入出力装置は、入力装置を経て信号を得、入出力制御装置により計算機本体と信号を交換する。

計算機本体はCPUおよびメモリから成るが、特にMELCOM-350-5F形制御用計算機システム(M-5Fシステム)では、プレーテッドワイヤメモリの採用による高速化IC大幅採用による高信頼度化が従来と大幅に異なる改良点である。

周辺機器は、システムタイプライタ、紙テープリーダパンチャ、FCタイプライタ、CRT、高速紙テープリーダ等が用意され、それぞれ制御装置を介して本体または入出力装置と接続可能である。計算機システムの仕様を表3.2に示す。

上述の各部分を、従来の電力盤と同様な構造の盤に収納している。その外観を図3.2に示す。盤構成の考え方を表3.3に示す。

表3.3に示すとおり、本システムの盤構成は機能別、信号レベル別に盤が別となるよう構成しており、入出力変換器盤(またはオペ

ータコンソール)よりサージ吸収盤、さらにIO盤、IOC盤、CPU盤と処理される信号のレベルが低くされていき、試験、取扱いが容易なようにしてある。

CPU盤はシステムタイプライタ(コンソールタイプライタ)を接続して計算機と直接対話できるようにしており、IOC盤は入出力制御、周辺機器制御を一括して行なっている。この2面はシステム規模に関係なく共通な部分となっている。IO盤(IOユニット盤)は入出力処理回路をアナログ入力、デジタル入力等各種信号別にユニットとして収めたカードフレーム(IOユニット)を実装しており、入出力の種類、点数に応じて種々自由な構成が採用できる。その例を表3.4に示す。

サージ吸収盤(SSN盤)は、入出力変換器とIO盤との間にあってサージ吸収過大信号制限を行なうもので、IOユニットに対応した構成である。この例を表3.5に示す。入出力変換器盤は電力系統の諸量(I, V, W, VAR, PF, F等)を適当な大きさにレベル変換した入力として得る変換器電力系統機器(CB, LS, TRタップ)を制御するに適当な大きさの信号を出力できるRy等を収納する部分であって、ここで電力系統と計算機を絶縁する機能をもたせている。したがってここに用いられる変換器数は、電力系統用として適当な定格耐量を有するものとしている。変換器の定格の一例を表3.6に示す。

以上述べてきたところから明らかなように、本システムハードウェアはCPU盤、IOC盤を除き、装置が適用される系統の規模に応じて伸縮可能なビルディングブロック構造を採用しており、装置納入後の増設に対してもきわめて対処しやすい。

また、本システムは従来の電力系統制御装置MELPACシリーズと同様、通常の電力盤と同一の考え方で扱えるような電力向けの設計となっている。

表 3.4 MELPAC-500 システム 用 IO ユニットカードフレーム 一覧
List of IO unit card frame for MELPAC-500 system.

形 名	入出力種類	最大点数 (1フレームあたり)	最小点数 (1フレームあたり)	備 考
SAI-501-CR	アナログ入力	64	16	
SDI-501-CR	接点入力	256	32	
SDI-502-CR	レベル入力	128	32	
SDO-501-CR	接点出力	128	16	
SDO-502-CR	レベル出力	128	32	
SIT-501-CR	割込み入力	128	16	
SPI-501-CR	パルス入力	16	2	
SPO-501-CR	パルス出力	64	8	
SAO-501-CR	アナログ出力	16	2	

表 3.5 MELPAC-500 システム 用 サージ吸収回路カードフレーム 一覧
List of surge absorber circuit card frames for MELPAC-500 system.

形 名	入出力種類	最大点数 (1フレームあたり)	最小点数 (1フレームあたり)	備 考
SSN-5AI-CF	アナログ入力	128	8	
SSN-5DI-CF	接点入力	128	8	
SSN-5LI-CF	レベル入力	128	8	
SSN-5IT-CF	割込み入力	128	8	
SSN-5PI-CF	パルス入力	32	8	
SSN-5DO-CF	接点出力	128	8	
SSN-5LO-CF	レベル出力	128	8	
SSN-5AO-CF	アナログ出力	64	8	
SSN-5PO-CF	パルス出力	128	8	

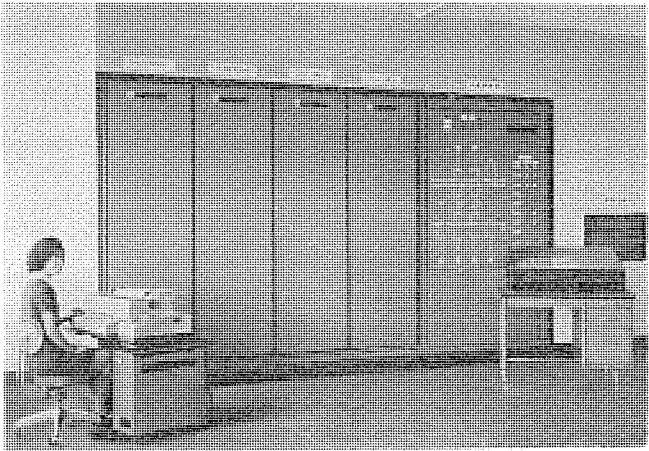


図 3.2 MELPAC-500 システムの外観
MELPAC-500 system.

表 3.6 MELPAC-500 システム 用変換器例
Example of converter for MELPAC-500 system.

	形 名	定 格 入 力	定 格 出 力	精 度	定 格 負 担 VA	原 理	
電 流	T-50-AA	AC 5 A	5 V	± 1 %	2 以下 (5 A)	整流方式	
電 圧	T-50-AV	AC 150 V	5 V	± 1 %	2 以下 (110 V)	整流方式	
周 波 数	T-100-F	AC 110 V 50 Hz または 60 Hz	5 V	± 0.15 Hz	4.0 以下	充放電式	amp 付き
位 相 角	T-100-PF	AC 110 V 5 A ± 60°	5 V	± 4°	PT 1.5 以下 CT 2 以下	波形クリップ式	amp 付き
三相電力	T-150-W	AC 110 V 5 A 1,000 W	5 V	± 1 %	PT 2 以下 CT 2 以下	オール発電器式 2 電力計法	amp 付き
三相無効電力	T-150-VAR	AC 110 V 5 A ± 1,000 VAR	5 V	± 1 %	PT 2 以下 CT 3 以下	オール発電器式 3 電力計法	amp 付き
単相電力	ZP-1	AC 110 V 5 A	1 mA 3.5 kΩ	± 1 %	PT 2 以下 CT 2 以下	リング変調器式 和と差の 2 乗差 し引き方式	

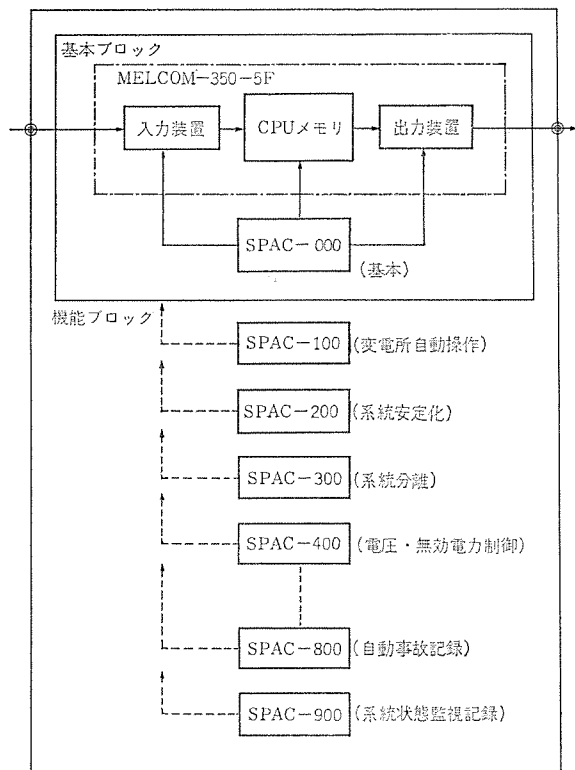


図 3.3 MELPAC-500 システムの概略構成
Software block diagram of MELPAC-500 system.

4. MELPAC-500 システムのソフトウェア (SPAC システム)

以上述べてきたハードウェアを効率よく動作させ、電力系統制御の諸機能を正確かつ迅速に実行せしめるためのソフトウェアを特に開発しているが、本システムのソフトウェアを特に SPAC (Software Package for Automatic Control) システムと称している。

ソフトウェアを中心にながめた MELPAC-500 システムの概略構成を図 4.1 に示す。図 4.1 において 1 点鎖線内は、いわゆるハードウェアシステムであるが、これに基本プログラムブロック (SPAC-000) を組合

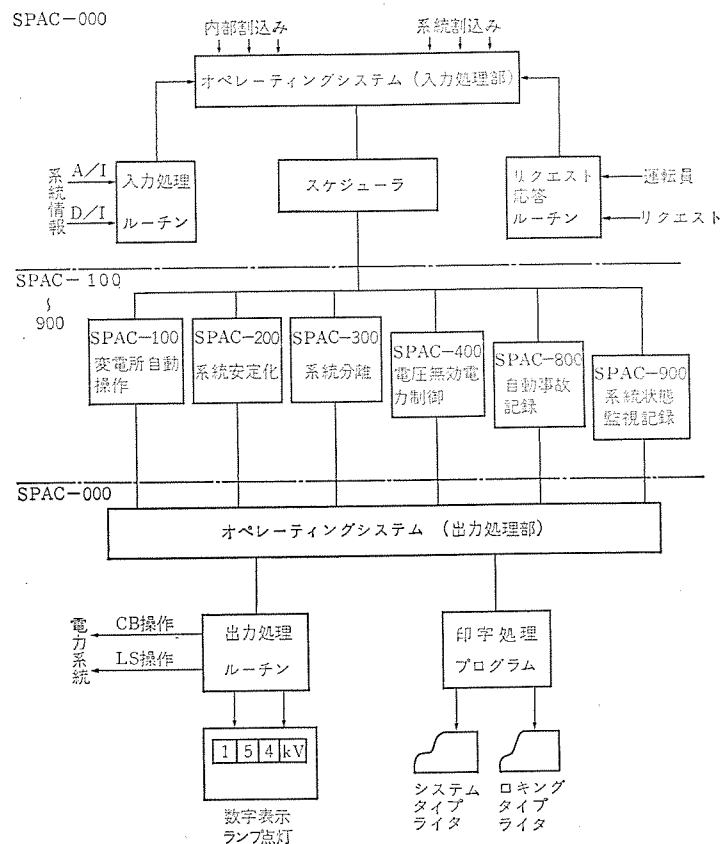


図 4.1 SPAC シリーズの構成
Block diagram of SPAC series.

表 4.1 SPAC シリーズ一覧
List of SPAC series.

シ リ ーズ	機 能	内 容
SPAC-000	基 本	1. オペレーティングシステムプログラムの実行と制御 割込み受け付け 入出力機器の制御 各種エラー処理 2. 系統情報の読込み 3. 割込み処理 リレー動作 運転員からのリクエスト
SPAC-100	変電所自動操作	1. 平常時機器操作 2. 事故時復旧操作
SPAC-200	系 統 安 定 化	1. 電 源 制 限 2. 負 荷 制 限
SPAC-300	系 統 分 離	1. 系 統 分 離 2. 負 荷 制 限
SPAC-400	電圧無効電力制御	1. ユニット AQC 2. ブロック AQC
SPAC-800	自動事故記録	1. リレー, CB, LS の動作 2. 事故前後状態量記録
SPAC-900	系統状態監視記録	1. 系統状態量の表示 2. 系統状態量の上下限監視 3. 日 報 作 成

せたものを本システムの基本ブロックと称している。このブロックに電力系統制御装置 (MELPAC シリーズ) 専用機の各機能に対応する各機能ブロック (SPAC-100~SPAC-900) を組合せ、両者の組合せによりシステム全体を構成する。

この場合 SPAC-100~900 の各機能ブロックは、それぞれ独立に追加あるいは削除ができ、この追加削除により基本ブロックが影響されないように構成してある。すなわちソフトウェアも各種機能ブロックの

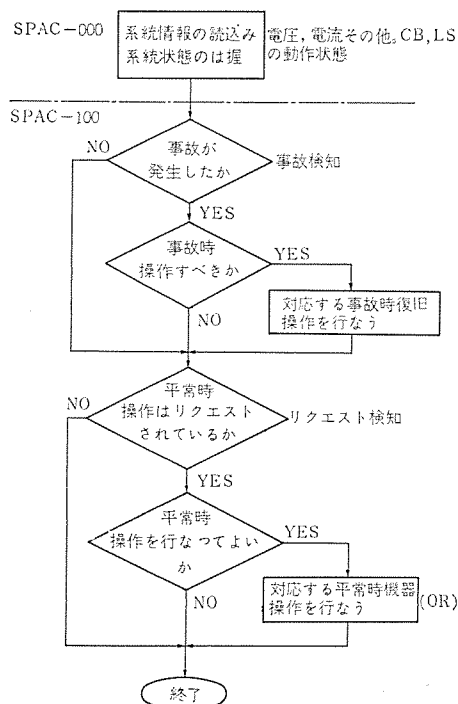


図 4.2 SPAC-100 の概略 シーケンス
General flow-chart of SPAC-100.

積重ねによってできあがるビルディングブロック構成となっている。その機能一覧を表 4.1 に示す。

4.1 SPAC-000 基本ブロック

SPAC シリーズの構成をより具体的に表わしたものを図 4.1 に示す。

入力処理部としては、SPAC-000 の中に系統の電圧・電流しゃ断器の開閉等の系統情報・系統事故等の系統割込み、運転員からのリクエストあるいは計算機内部に発生する諸状態を告げる内部割込みを受付ける入力処理ルーチン・リクエスト応答ルーチン・オペレーティングシステム入力処理部があり、ここで整えられた各種入力情報をスケジューラ（周期制御）を経由して以下の機能プログラムに伝えるようになっている。

次に各機能プログラムで実行された結果は、オペレーティングシステム出力処理部を経由して出力処理ルーチンにより CB、LS の制御、または状態の表示のための出力信号として外部へ伝えられ、あるいは印字処理プログラムを経由してシステムタイプ、あるいはロギングタイプへ印字される。

このように基本プログラムブロック（SPAC-000）において、各機能ブロックが動作するための必要な制御と各種入力制御をすべて行ない、各機能ブロックは目的の機能を実行するのみという明確なブロック区分としている。

SPAC-100～900 は、上述の SPAC-000 で整えられた入力と実行命令により動作し、各機能を実行し出力を SPAC-000 にふたたび与えるのであるが、以下 SPAC-100～900 の各機能を説明する。

4.2 SPAC-100（変電所自動操作機能）

変電所の平常時操作と事故時操作を行なうものである。

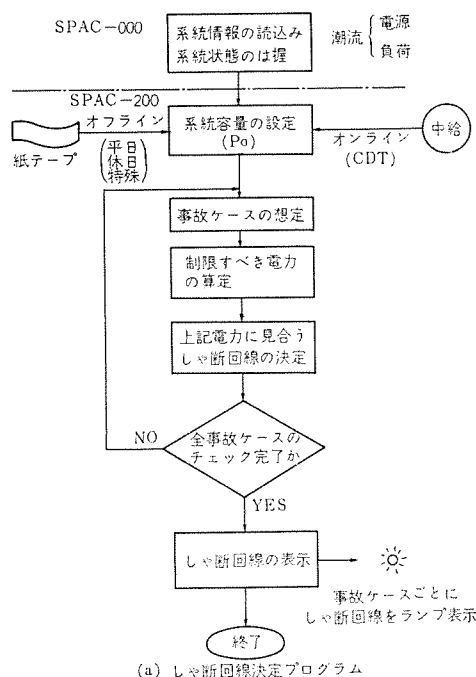
（1）機能

（a）平常時機器操作

回線の起動、停止操作

母線の停止、復旧操作

母線の切換操作



（a）しゃ断回線決定プログラム

（b）事故時復旧操作

全停発生後の受電線、バンクおよび負荷線しゃ断
電源復旧
負荷復旧
低速度再閉路
地絡試開放復旧

（2）概略シーケンス 本機能の概略シーケンスを図 4.2 に示す

4.3 SPAC-200（系統安定化機能）

系統に重大事故が発生した場合、瞬時に電力のバランスを取り、系統を安定に運用する機能である。

（1）機能

（a）電源制限

（b）負荷制限

電源脱流量、負荷脱流量より必要制限量を設定条件を基に算定し、制限すべき回線を決定する機能である。

（2）概略シーケンス 本機能の概略シーケンスを図 4.3 に示す。

4.4 SPAC-800（自動事故記録機能）

系統に変化が発生した場合、CB、LS、Ry 等のデジタル情報を自動的に記録するものである。

（1）機能

（a）保護リレーの動作記録

（b）しゃ断器、断路器の動作記録

（c）事故前後の系統状態量の記録

（2）概略シーケンス

本機能の概略シーケンスを図 4.4 に示す。

4.5 SPAC-900（系統状態監視記録機能）

系統状態を監視し定時記録する機能である。

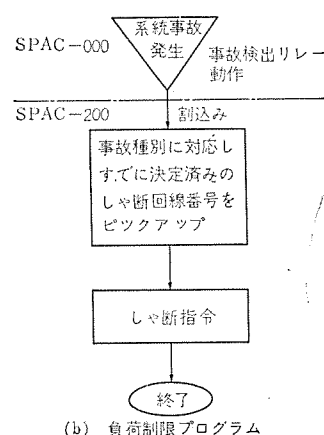
（1）機能

（a）系統状態量の表示

系統状態量（電圧・電流・有効電力・無効電力など）を数値表示管に表示する。

（b）系統状態量の上下限監視

系統状態量を上下限監視し、上下限に達しておれば印字し、警報



（b）負荷制限プログラム

図 4.3 SPAC-200 の概略
シーケンス
General flow-chart of
SPAC-200

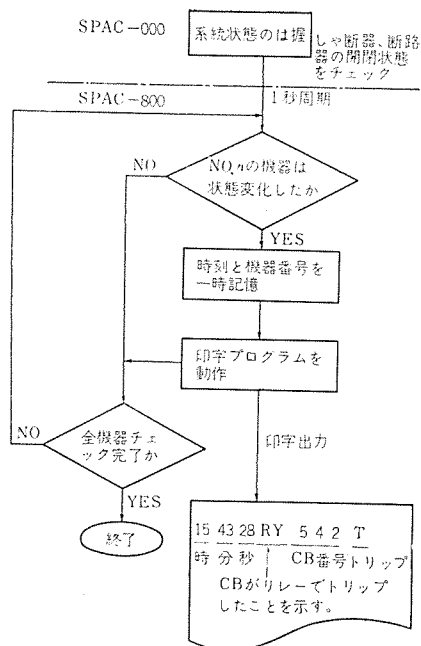


図 4.4 SPAC-800 の概略 シーケンス
General flow chart of SPAC-800.

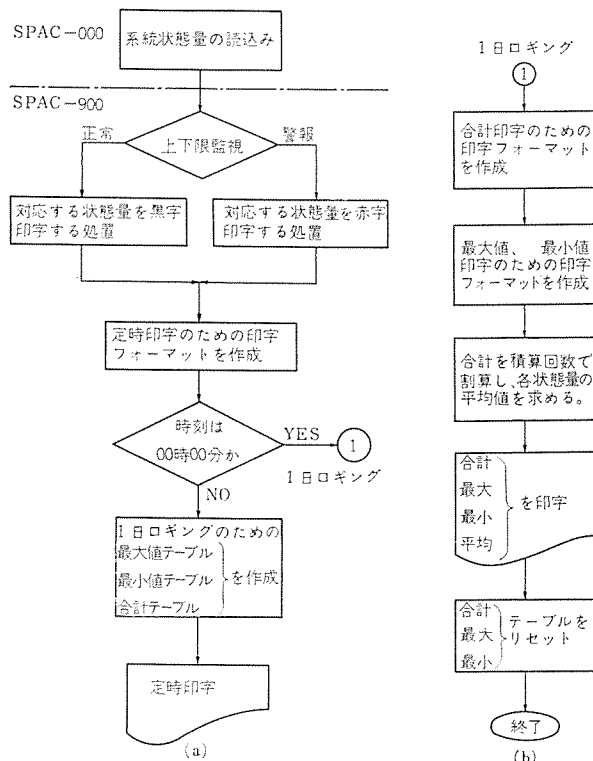


図 4.5 日報作成プログラムの概略 シーケンス
General flow-chart of data logging program.

表 4.2 簡易 ロジック言語 (一部)
Simplified logic language. (a part)

言 語	内 容
AND $X_1, X_2, \dots$	メモリ $X_1, X_2, \dots$ の内容の論理積
OR $X_1, X_2, \dots$	メモリ $X_1, X_2, \dots$ の内容の論理和
NOT X	メモリ X の内容の否定
MS X	レジスタの内容が1ならメモリ X をセット
MR X	レジスタの内容が1ならメモリ X をリセット
SET X	レジスタの内容をメモリ X にセット
TIME T	時間遅れ T
OUTPUT S	レジスタの内容が1なら信号線 S へ出力

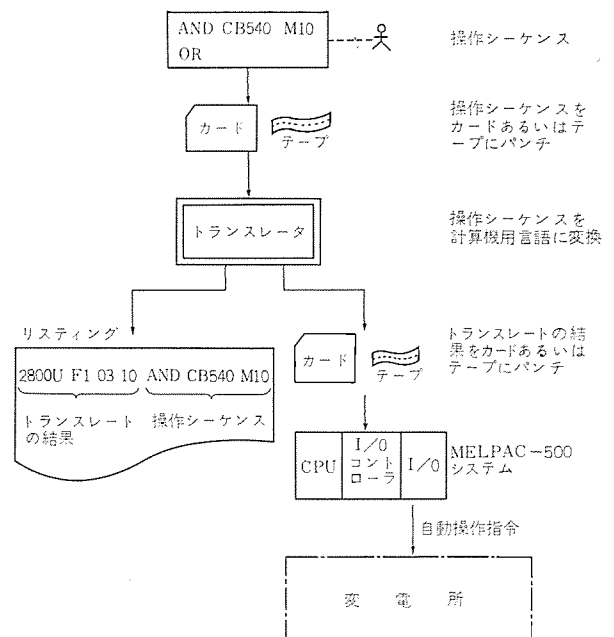


図 4.6 操作シーケンスの組立て
Process of changing operation sequence.

運転員に知らせる。

(c) 日報作成

定時に系統状態量を記録し、1日1回合計、最大・最小・平均等を記録する。

(2) 概略 シーケンス

本機能のうち、日報作成の概略 シーケンス を図 4.5 に示す。

4.6 自動操作用ロジック言語とトランスレータ

変電所自動操作機能 (SPAC-100) の主要部をしめる操作 シーケンス は、ロジック 言語により従来の単機能の考え方で簡単に組立てることができ、今回本システム用の簡易 ロジック 言語およびこれを解釈し、計算機用語に変換する トランスレータ を開発した。

ロジック 言語の1例を表 4.2 に示す。ロジック 言語を用いた操作 シーケンス の組立ての手順は、次のとおりである。

(a) 操作 シーケンス を ロジック 言語を用いて記述する。

(b) 操作 シーケンス を カード、あるいはテープにパンチする。

(c) カードあるいはテープをトランスレータに通す。

(d) 変換結果をタイプライタに印字し、同時にカードあるいはテープにパンチする。

(e) (d)で得たカードあるいはテープを計算機に入力し、SPAC-100の機能を実行する。

この模様を図示したものが図 4.6 である。

この ロジック 言語を用いれば、プログラミング知識なしに操作 シーケンス の作成変更が可能となり、専用機と同様手軽に取扱うことができる。

5. MELPAC-500 システムの特長

以上述べてきた MELPAC-500 システム の特長をまとめると下記のようになる。

(1) 拡張性・融通性

ハードウェアのみならず、ソフトウェアにおいてもプログラムのビルディングブロック化がなされており、機能の追加変更を他機能と独立に行なえる。

また、プログラムをパッケージ化しているため可変部分と基本部分とが明確にされており、可変部分の手直しによる設定変更が容易である。

(2) 信頼性

計算機システムのハードウェア面からパリティチェック・WD・Tチェック・温度監視がなされているほか、ソフトウェア面から下記のようなチェックがなされている。

- (a) 入力の数回照合
- (b) プログラムの数回実行
- (c) プログラムの2重化
- (d) 基本プログラムによる動作チェック（不正命令、不正アドレス）

(3) 経済性

機能の複合化によりトータルコスト低減、盤面数の減少（約1/2）が期待できる。

(4) 耐サージ性

電力向けのインタフェース設計により、サージ強い。

6. MELPAC システムの発展

以上、MELPAC-500 システムの開発成果を説明したが、ミニコンピュータを応用し期待される分野についてその動向をみたい。

6.1 データ交換システム (Data Exchanger)

これまでの計算機は複雑な系統の計算、系統操作、系統の監視と運転日誌の作成などに用いられてきた。近年これらの機能を実現する場合、

取り扱う情報はまことに多種、多量となり、また情報、伝送装置もSV（スーパービジョン）・ATM（アナログテレメータ）・DTM（デジタルテレメータ）・CDT（サイクリックデータトランスミッタ）と多種に及び、必要な情報をいかに適確に迅速にはくするかが大きな問題となっている。

このような状況のもと、いかなる伝送装置とも簡単に結合でき、いかなる種類の情報も適確にキャッチし処理し得る装置として注目されるのがデータ交換システム（Data Exchanger, DX）である。

(1) 機能

データ交換装置に要求される機能は下記のとおりである。

- (a) データの集配と再編成
- (b) フォーマット、スケールの変換
- (c) 伝送速度の変換
- (d) データ処理（合計、平均、最大、最小の演算、上下限監視、データロギングなど）

(2) インタフェース

情報伝送装置とDXの中央演算部とを接続するインタフェースとしては2案があるが、(a)案が有力である。

(a) ミニコンピュータが標準として持つプロセス入出力装置を利用する方式

(b) マルチプレクサチャネルを用いて、サイクリスチル的に情報を送受する方式

(a)案のブロックダイアグラムを図6.1に示し、情報伝送装置がCDTである場合について動作を説明する。データ交換の機能は、インター

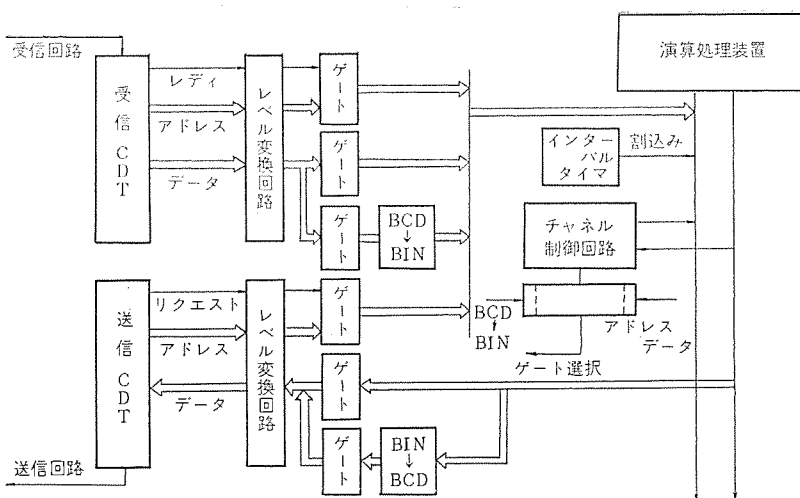


図 6.1 データ交換概略ブロック線図
Block diagram of data exchanger.

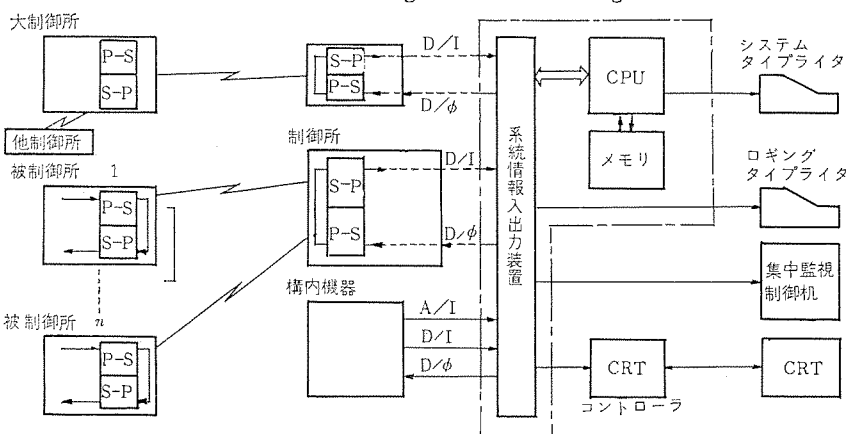


図 6.2 (1:n) 集中監視制御システムブロック線図
Block diagram of 1:n supervisory control system.

バルタイマからの割込みにより起動される。一度起動されれば、全国線のデータレディの有無をチェックし、データレディビットが立っているデータのみダイレクト命令により読み込み、BCD TO BIN 変換が必要なのはこれを行ないメモリに記憶する。

この方式を用いれば、1回の割込みで全データをチェックすることができ、割込み処理のオーバーヘッドタイムを最小にすることができる。インターバルタイマの割込み周期は、回線の伝送速度により決定すべきであるが、たとえば1,200ボー回線を考えた場合、1データのレディ時間は約35msであるから割込み周期は、17ms前後が適当である。

6.2 1:n 集中監視制御システム

従来、1:1 遠方監視制御装置により自動化・省力化がされてきたが、大規模な集中監視制御がぜひとも必要となり信頼度の向上と経済性から(1:n)方式が注目されてきている。

(1) 機能

(a) 1組の監視制御装置で、最大20個所の被制御所を監視制御することが可能である。

制御項目 70項目/SS

監視項目 90項目/SS

計測項目 10項目/SS

(b) 重要情報を営業所へ自動的に転送する。

(c) 機器動作の記録、上下限監視記録、定時記録、停電復旧、上位制御所とのデータ交換

(2) システム構成

図 6.2 に示すようなものが考えられる。

制御所は常時周期的に被制御所 $1 \sim n$ をスキャンし、何か報告すべき事項はないか質問していく。被制御所 i に報告すべき事項がなければ i から制御所へ「報告なし」(END マーク) が返送され、スキャンは直ちに $i + 1$ へ移行する。 $i + 1$ で報告すべき事項があれば、必要な情報がアドレスと共にシリアルに制御所へ送られる。制御所で S-P 変換が完了しデータが整えられると、計算機に割込みがかかり、データの読み込みとアドレスに対応するメモリへの記憶が行なわれることにより一連の動作が完了する。

7. む す び

以上、ミニコンピュータを使用した電力系統制御装置 MELPAC-500 システムについて略述した本システムの開発にあたり、種々ご検討ご協力をいただいた関係各位に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 仁田, ほか: 三菱電機技報, 46, No. 2 (昭 47)
- (2) 寺田, 仁科, 矢野: 三菱電機技報, 45, No. 9 (昭 46)
- (3) 寺田, 山田, 辻, 中川: 電気学会関西支部連大 (昭 46)
- (4) 山田, 辻: システムと制御, 16, No. 3 (昭 47)

超音波探触子

河野 勝美*・丸田 紳一*・朝鳥喜久雄*

Probes of Ultrasonic Flaw Detectors

Kamakura Works

Katsumi KOHNO・Shinichi MARUTA・Kikuo ASAGARASU

Ultrasonic flaw detectors for non-destructive test of metallic structure has made remarkable advance recently. Because of their harmless operation to human bodies and a much wider range of tests than X-ray setups, their application is rapidly increasing. In particular, the latest advent of high performance ultrasonic flaw detectors has given an impetus of diffusion with rapid speed through their improved ability in detection. It is anticipated the non-destructive test will predominate over other practice with these new developments.

This article describes the outcome in the development of a new model probe that is the principal part of the apparatus referred to.

1. ま え が き

近年、あらゆる分野で人や物に対する安全性が重視されるようになり、この動向に沿って非破壊検査も大きく進展してきた。なかでも超音波による非破壊検査は、その検査分野の広さと低い検査コストおよび取扱いの安全性から、装置の進歩とあいまって、改めて見直されてきた。

超音波探傷器は昭和24年ごろから実用段階に入っていた。にもかかわらず、それが放射線による非破壊検査の補助的な役割でしかなかった大きな理由は、検査結果の分析がむずかしく、また記録性に欠け、それまでの放射線フィルムとの視覚による判定との対応がつきにくかったためによるものである。しかし、二十数年来の検査データの蓄積と関係技術の発展とによって、最近では、超音波探傷による欠陥判定の規格なども数多く制定され、加えて機動性に豊み、人体に無害であること、および検査結果がすぐ見られることなどから、現在では材料、部品および製品の品質管理や商取引の手段として、幅広く使われるようになってきた。

超音波探傷法では、探傷器がすぐれているだけではなく、探触子もすぐれたものでなければ、欠陥検出度の高い、しかも能率よい検査を実施することはできない。被検査物に応じて探触子を選定することは、検査能率、感度の向上に直接関係するため、きわめて重要なことであり、その性能および取扱い法をあらかじめ知っておくことは、探触子の選定と欠陥判定に際して非常に有利である。今回は先に本紙で発表されたFD-180, 210, 160シリーズの高性能探傷器用として、開発された各種の新形探触子の仕様および取扱いについて紹介する。

2. 新形探触子の一般的特長

探触子は、可逆的な電気―音響変換を行なうトランスジューサであり、これにより、超音波探傷器送信部から供給される電気エネルギーを超音波エネルギーに変換して、被検査物の内部へ超音波を送る。また、被検査物からの超音波エネルギーを電気信号に変換して、超音波探傷器受信部に供給するために使用される。新形探触子は被検査物の大きさ、材料の減衰量、検出したい欠陥などにより選択されるものが約100種類にもなっている。

新形探触子には、従来に見られない次の特長を有している。

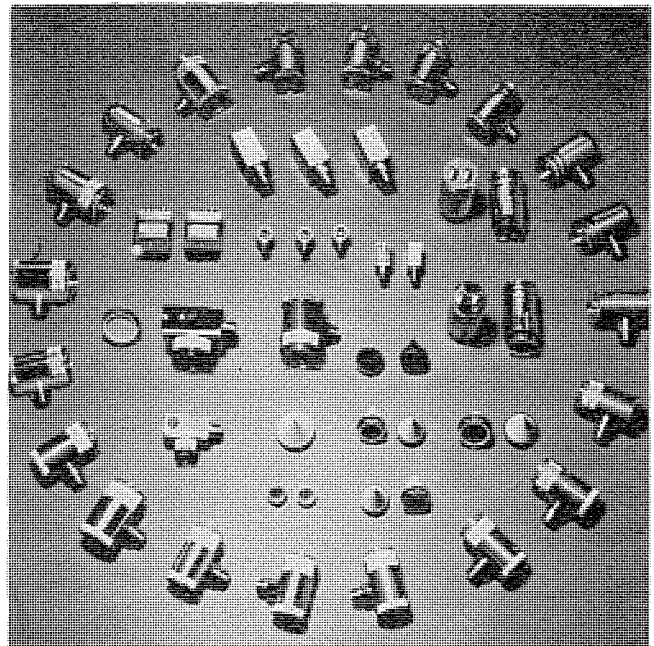


図 2.1 新形探触子
New model probes.

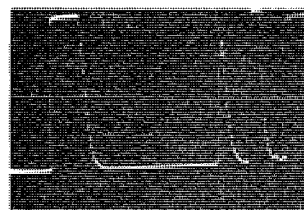


図 2.2 従来の探触子による探傷図形 (探傷器: FD-150)

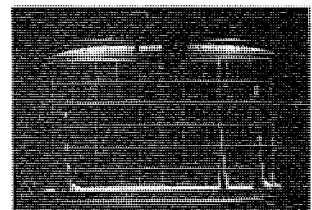


図 2.3 新形探触子による探傷図形 (探傷器: FD-180)

Pattern used for usual probe. Pattern used for new model probe.

(1) 探触子の送信方式は、探傷器からの高出力パルスをマッチングボックスで高周波減衰振動に変換し、探触子に加える方式をとっている。

(2) マッチング回路および探触子は、それぞれ感度と分解能の最適バランス条件に合わせている。

(3) TH形マッチング回路の採用により高感度となり、ケーブル長がかなり変わってもあまり大きな感度変化は見られない。

表 3.1 探傷方式の概要
Outlines of ultrasonic testing.

探 傷 方 式	代表的な探傷図形	用 途	
垂直探触子	 (FILM NO. "S")	超音波ビームを垂直入射する探触子。探傷図形がみやすいため、最も多く使用される。一般探傷用。	
斜角探触子	 (FILM NO. "215")	超音波ビーム(横波)を斜め入射する探触子。検査する場所に直接接触できない被検査物などに使用する。鋼材溶接部、車軸クラック探傷用。	
分割探触子	 (FILM NO. "7")	送受信を分割した探触子で、表面波付近の欠陥を検出するのに有効である。一般探傷用。	

(4) ダンパは熱硬化性樹脂に各種の物質を混入して、探触子にもっとも適した超音波材料の合成により作られており、従来、用いられていた布入ベークライトダンパなどの素材を流用したものよりも、すぐれた超音波物性を持ち、また耐久性もよいため、ダンパのバックエコーや接着不良による送信パルスが乱れなどが起こりにくい。

(5) 振動子は寄生振動の発生を少なくするように、特殊なカットを施してある。

(6) 探触子は握りやすくするため、探傷ケーブル接続接せん(栓)座は原則として側面付けとしている。

(7) 探触子の種類が豊富で、探傷方法に適合した探触子を使用できる。このため、従来の探傷図形に比較して新形探触子による探傷図形は、図 2.3 のようにシャープに観測される。また、今まで探傷不可能であった材質や表面近くの欠陥なども明確に検査することもできるようになり、超音波探傷法が広く使用されるようになった一因を作っている。

3. 新形探触子の種類および選定基準

新形探触子には垂直・斜角・分割・水浸・表面波・可変角・局部水浸などがあり、また専用探触子として特殊な探触子もある。その使用に際しては、それぞれ探傷方法に応じて選定する。通常の探傷には垂直・斜角・分割があれば十分である。表 3.1 に、この3種の検査方式および用途をまとめた。

一般に小さな欠陥を検出するには高い周波数を用いるのがよいが、組織の荒い材質や減衰の大きい材質などでは、超音波減衰が大きくなり組織で反射する林状エコーも発生するため、周波数を下げて使用しなければならない。表 3.2 に各種の被検査物質の選定基準の一例を示した。探傷精度を上げるためには、表 3.2 の周波数範囲のうちなるべく高い周波数で探傷するのがよいが、10 MHz になる

表 3.2 探傷方式および周波数の選定基準
Selection standard of testing method and frequency.

	被 検 査 物	周波数 (MHz)	探 傷 方 式
鉄 鋼	大形鍛鋼材	2~5	垂直法
	小形鍛鋼材	3~10	垂直法
	車軸など長尺物	1~3	垂直法
	パイプ、砂傷	2~5	垂直法
	ゴースト	2~10	垂直法
	白 点	3~5	垂直法
	大形鋳鋼材	0.1~3	垂直法 透過法
	小形鋳鋼材	2~5	垂直法
	鋳 鉄	0.4~1	垂直法 透過法
	鋼材溶接部	2~5	斜角法
非 鉄	鋼材表面傷	2~3	表面波法
	鋼板ラミネーション	2~5	垂直法 斜角法
	アルミニウム イングット	2~5	垂直法
非 金 属	軽合金押出鍛造材	3~10	垂直法
	銅合金	0.4~3	垂直法 透過法
	核燃料棒など特殊小物	5~15	垂直法 透過法
特 殊	タイヤ	1 以下	透過法
	陶器、ガラス	1~2	垂直法
	異種金属接合状況検査	2~5	垂直法 透過法
製品検査	減衰度による材質判定	1.5~10	垂直法 透過法
	溶接部など疲労傷	1~5	斜角法
	機械部品疲労傷	3~10	垂直法
	一般回転軸の傷	1.5~5	垂直法
	車軸クラック	1.5~5	垂直法 斜角法

と接触の影響が大きくなり、探傷図形が不安定になりやすいので注意する必要がある。

4. 探触子の形名表示

探触子は表 4.1 に基づき形名を表示している。

PC	5	Q	10	N		G
1	2	3	4	5	6	7

表 4.1 形名表示の仕様
Specification of model designation.

表示の 順 序	内 容	種 別
1	探触子の形態	PS: マッチング回路を内蔵しない探触子 (TH に接続) TH: 探傷筒 (マッチング回路) PC: マッチング回路を内蔵した探触子
2	周波数	単位 (MHz)
3	振動子材料	水晶: Q セラミック: Z
4	振動子の大きさ	円板: 直径 単位 (mm) 角板: 長さ×幅 2 分割りの場合は分割後の寸法 (例 20 φ 半円→20/2)
5	形 式	垂直: N 斜角: A 分割: ND 水浸: I 表面波: S 可変角: VA 局部水浸: WC
6	屈折角	斜角探触子のみ記入 単位 (度)
7	接せん(栓)座の種類	M: MLM ケーブルに接続する場合 G: MSG ケーブルに接続する場合

5. 新形探触子の基礎構造および基礎性能

探触子は探傷方法に応じて種々のものがあり、それぞれの構造は違っているが、基礎構造はほとんど同じで、これが感度および分解能を決定する。探触子の基礎的構造は、図 5.1 に示すように

- 振動子
- ダンパ
- マッチング 回路

によって構成されている。構成そのものは従来のものと違いはないが、構成部分の個々について、以下述べるような改良がなされているため、性能が従来のものに比較して著しく向上している。

5.1 振動子

振動子には各種の材料があるが、現在、新形探触子に使用している振動子は、水晶とジルコン酸チタン酸鉛磁器の2種である。他の材料は、特性の安定性および入手市場に問題があり、標準探触子には使用していない。ジルコン酸チタン酸鉛磁器は、水晶に比較して約30 dB程度感度が高いが、誘電率が低く、したがって電気的インピーダンスが極端に小さくなるため、十分な電気的整合がとれず、実際の使用状態での感度増加は20 dB程度になる。振動子は、厚み振動と同時に寄生振動も発生し、これを少なくするため、特殊なカットをほどこしてS/N比を改善している。図5.2に従来の探触子の図形、図5.3に新形探触子の図形を示した。ところで、振動子は機械的なQが $10^3 \sim 10^6$ と高いため、電気信号に忠実な超音波信号を発生することができない。これは電気信号での短時間内に減衰する振動波形を振動子に加えた場合、発生する超音波振動が非常に長い時間にわたり振動を続けるためであり、普通は短時間に減衰する超音波振動を得るため、次に述べるダンパを付加して使用する。

5.2 ダンパ

ダンパは、与えられた電気信号に忠実な超音波信号を発生させるように、振動子の余分な振動エネルギーを吸収するものである。理想的には、電気信号と全く同一な超音波信号を発生できることが望ましい。したがって機械的Qはできるかぎり小さな値(1程度)にすることが必要となるが、そうすると超音波信号の出力も低下する。このため感度・分解能の量的バランス条件を考慮しなければならない。

5.2.1 探触子の感度・分解能のバランス条件

探触子の分解能を高めるためには、探触子の機械的Qを低くすることが必要であり、これらの関係が次式によって求められること

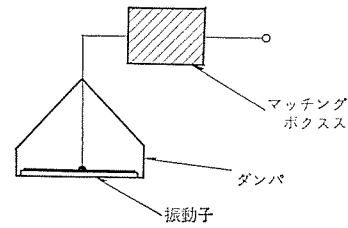


図 5.1 探触子の基礎構造
Fundamental construction of new model probe.

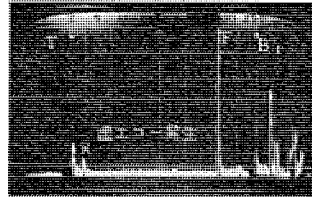


図 5.2 旧形探触子の探傷図形
Pattern used for usual probe.

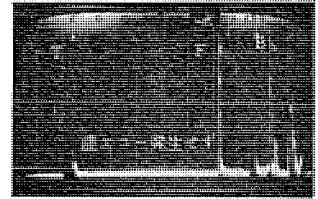


図 5.3 新形探触子の探傷図形
Pattern used for new model probe.

が判明した。

$$Z_{20} = \frac{(Z_0)^2}{Z_2} \dots \dots \dots (5.1)$$

$$Q_m = \frac{\pi \cdot Z_0}{2(Z_1 + Z_{20})} \dots \dots \dots (5.2)$$

$$G_m = \frac{Z_{20}}{Z_1} \dots \dots \dots (5.3)$$

ただし、 Q_m : 振動子の機械的Q

G_m : 音響エネルギーの放出比

Z_0 : 振動子の音響インピーダンス

Z_1 : ダンパの音響インピーダンス

Z_2 : 被検査物の音響インピーダンス

Z_{20} : 被検査物のみかけ上の音響インピーダンス

Z_1 の値を大きくすることによって、 Q_m が低下するが同時に感度も低下する。最適バランス条件は $G_m=1$ であり、 G_m が1より小さくなると感度は急に低下する。現在、超音波探傷で最も多く実施されている水晶振動子で鋼を探傷する場合を考えると、 $Z_1=15.2$ 、 $Z_2=45.0$ であるから、この場合の最適バランス条件は、 $Q_m=2.3$ となる。実際には、周波数によって多少非線形となり、実験的には、周波数1~10 MHzで $Q_m=1.8 \sim 2.78$ の間の各値をとることがわかった。このため、適正な Q_m が得られるように音響インピーダンスを調整できるダンパが必要となる。従来は、ダンパに布入ベークライトを使用していたため、 Q_m が固定されてしまい、バランス条件を十分満足しなかった。新形探触子で開発したダンパ材料は、あるプラスチックに各種の物質を混入した材料によって作られており、混入物質の配合により音響インピーダンスを変化させ、適正な Q_m が得られるようになっている。表5.1に以上の比較を示した。

5.2.2 減衰

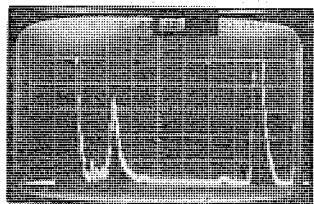
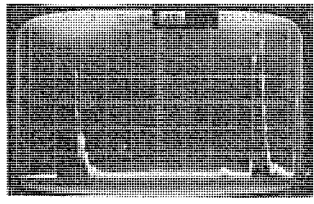
ダンパのもう一つの重要な性質として、超音波減衰がある。ダンパに吸収した振動子の余分な振動エネルギーが、ダンパ内で反射して再び振動子に戻らぬように、ダンパ材は十分に大きな減衰量をもたなければならない。ダンパの超音波減衰は、周波数と比例関係にあり、その減衰率 α の関係式は下式で表わされる。

$$\alpha = \frac{W}{F \cdot l} \text{ (dB/MHz} \cdot \text{cm)} \dots \dots \dots (5.4)$$

表 5.1 ダンパ材音響物性の比較
Comparison of acoustic quality of dampers.

	ダンパの材質	ダンパの音響インピーダンス ($10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$)	Q_m
従 来	布入ベークライト	3.63	2.69
新 形	特殊プラスチック材料	2.6~7.9	1.8~3.05

表 5.2 虚エコーの発生状態 (1 Q 25 N の場合の測定例)
Ghost echo of probe.

	減衰率 dB/MHz・cm	探傷面からわずかに離れた場合の波形
旧 形	4.4	 虚エコー発生
新 形	5.05~15	 虚エコー発生せず

ただし、 W : 減衰量 (dB)

F : 周波数 (MHz)

l : 超音波通過距離 (cm)

布入ベークライトダンパは α の値が小さく、周波数が 2 MHz 以下になると減衰量が小さくなり、ダンパのバックエコーが発生する。したがって従来の探触子に高性能化された探傷器に振動子を接続すると、送信パルス付近に虚エコーが現われ、探傷図形の観測のさまたげとなる。新形ダンパは、減衰率が大きいいためこのような心配はなく、その比較は表 5.2 に示すように明白である。

5.2.3 ダンパの形状

ダンパは通常円錐形にしている。これはみかけ上の減衰量を上げるのに効果がある。

ダンパ頭部の角度 θ は、小さいほどみかけ上の減衰量が増加するが、ダンパの高さ l も高くなるため、探触子が大形となる。新形探触子の θ は、効率のよい 60 度付近にしている。60 度付近にした場合、頭部が平面のときよりも約 15 dB 程度減衰量は増加する。

5.2.4 接 着

ダンパは、以上の音響インピーダンス・超音波減衰のほか、振動子との接着性、耐熱、耐衝撃性などの耐久性を同時に備えていなければならない。特に接着性については重要で、従来の布入ベークライトダンパでは、接着剤の音響インピーダンスが布入ベークライトよりも低いため、3 MHz 以上の高い周波数では音響結合が十分とれず、ダンパの効果を出しにくかった。新形探触子では、理想的な音響結合ができ、しかも $-10 \sim +60^\circ\text{C}$ の温度変化にも耐えうる。

5.3 マッチング回路

マッチング回路は、探傷器から送られてくる高出力パルスを、探触子の中心周波数と同一周波数の減衰振動波形に換え、同時に、探傷器と探触子の電気的インピーダンスをマッチングさせるような機能を有する

よう、設計されている。このため電気的エネルギーが能率よく伝達され、したがって感度も 20 dB 程度高い位置に保持される。減衰振動波形は、感度・分解能の最適バランス条件を満足するように、マッチング回路を実験的に $Q=3$ に合わせている。このマッチング方式は各種あるが、新形探触子に用いている方式は、従来のものに比較し、周波数の安定性がよく、探傷ケーブルの長さが多少変わっても、あまり感度は変化しないのが特長である。

探傷ケーブルの長さが変わった場合、標準ケーブルとの長さの比を C とすると

$$C = \frac{(l_0 + \Delta l)}{l_0} \quad (5.5)$$

ただし、 l_0 : 標準探傷ケーブル (m)

Δl : 探傷ケーブルの変化分 (m)、ただし、 $l_0 > \Delta l$ であること

発生周波数 f は

$$f = f_0 \sqrt{\frac{C+1}{2}} \quad (5.6)$$

ただし、 f_0 : 中心周波数 (MHz)

ところで周波数が変わると検出感度も低下し、その値 G は下式で表わされる。

$$g = \varepsilon^{-\frac{1}{2} [1.6654 Q_F (\frac{f}{f_0} - 1)]^2} \quad (5.7)$$

$$G = -20 \log_{10} g \quad (5.8)$$

ただし、 Q_F : 振動回路の Q

ε : 自然対数の底

表 5.3 に一例として探傷ケーブルを標準探傷ケーブルの 2 倍の長さにした場合、従来のものとどのような差異があるかを示した。

このように新形マッチング回路を使用すると、感度の変化は比較的小さく、周波数の安定性は十分あることがわかる。

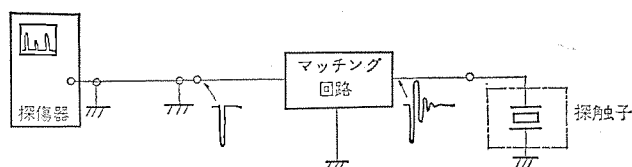


図 5.4 マッチング回路の波形変換
Signal transform of matching circuit.

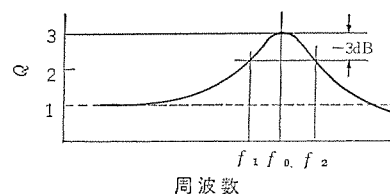


図 5.5 減衰振動波形の周波数分布
Frequency distribution of decay oscillation.

表 5.3 ケーブル長が変化した場合の感度変化の一例
Sensitivity at various cable lengths.

($C=2$ $Q=3$ の場合)

	ケーブル長の比 C	中心周波数の変化 MHz	感 度 の 変 化 G	
			計算値 dB	実測値 dB
旧 形	2	$1.414 f_0$	-18.5	—
新 形	2	$1.225 f_0$	-5.5	5.0

6. 垂直探触子

6.1 構成

これには、通常的水晶探触子と、高感度用としてジルコン酸チタン酸鉛磁器振動子を使用したセラミック探触子の2種類がある。

水晶探触子は、10φ用を除いたほかは、PS探触子をTH探傷筒に組込んで使用する方式をとっている。10φ用水晶探触子とセラミック探触子は、マッチング回路が組込んであるためTH探傷筒は必要ない。

6.2 性能

垂直探触子の標準性能を表6.1に示す。表中、基準感度は探触子性能測定用FD-180における感度である。遠距離分解能はNDISによる表示である。図6.3は感度分布のヒストグラムの一例である。

図6.4に距離感度特性の一例を示す。

6.3 取扱い

使用法は従来と特に変わりなく、探触子はその損耗度に応じて適時交換することが必要である。

水晶探触子で、磁器などの非導電性材料を探傷する場合、アースキャップを振動子面に取付ければ、探傷可能となる。セラミック探触子は

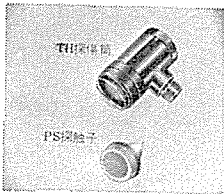


図 6.1 水晶探触子 (20φ用)
Quartz type normal probe (20φ).



図 6.2 水晶探触子 (10φ用)
Quartz type normal probe (10φ).

表 6.1 垂直探触子の諸性能
Performance of normal probe.

形 名	感 度 特 性		分 解 能		音 場 特 性 (計 算)	
	感度測定試験片	感 度 dB	薄板分 解 能 mm	遠距離 分解能 dB	指向角 度	近 距 離 音 場 限 界 mm
PS TH-1 Q 25 N-M	STBⅢ V 15-5.6	34±3	12	Y≥30	16	26.7
PS TH-2 Q 20 N-M	STBⅢ V 15-2.8	33±4	8	X≥30	10	34.2
PS TH-3 Q 20 N-M	STBⅢ V 15-1.4	30±5	6	X≥30	6.6	51.3
PS TH-5 Q 20 N-M	STBⅢ V 15-1	31±5	4	X≥30	4.0	85.5

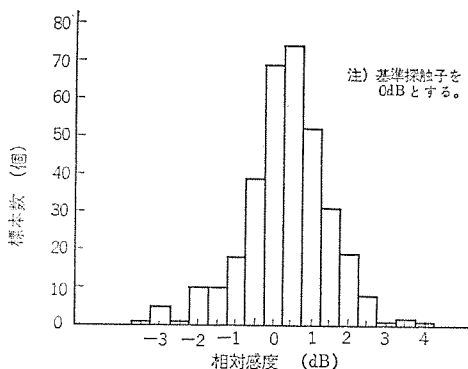


図 6.3 PS-2 Q 20 N の感度分布のヒストグラム
Histogram of sensitivity distribution (by PS-2 Q 20 N).

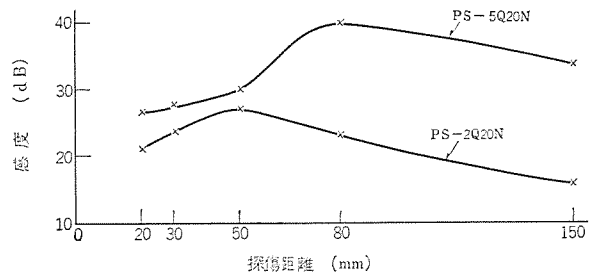


図 6.4 垂直探触子の距離感度特性 (STBⅢ V 15-1
PE:1 の実測値)

Distance sensitivity characteristics of normal probes.

表 6.2 表面あらしの影響 (探触子: 5Q 20 N)
Influence of testing surface roughness.

接触媒質	表面あらし	保護膜なし	保護膜付き
グリセリン	▽▽	-10 dB	+5 dB
	▽	-16 dB	+3.5 dB
マシ ン 油	▽▽	-17 dB	+2 dB
	▽	-26 dB	-2 dB

振動子面をゴム保護膜でおおっているが、これは電極保護のためばかりでなく次の理由によるものである。すなわち、同一欠陥でも探傷面が荒くなると欠陥エコーは下がるため、小さな欠陥として誤判定しやすくなる。しかし、ゴム保護膜の使用により感度は多少下がるが、表6.2に示すように探傷面の影響が少なくなるため、誤判定の心配はなくなる。したがってセラミック探触子の使用に際しては、ゴム保護膜を装着して使用することが望ましい。セラミック振動子の電極は、硬質メッキを施してあるので、ゴム保護膜をはずして使用しても、あまり電極を痛めないようになっているが、探傷面の荒い被検査物を長時間にわたって検査するのは、探触子損耗の上からあまり望ましいことではない。

7. 斜角探触子

7.1 構成および性能

斜角探触子は、横波を斜めに入射して、縦割れ欠陥などを探傷するのに使用され、その構造は図7.1に示す。

横波の発生には、縦波のモード変換を利用しており、屈折角 θ は、アクリルアタッチメントの入射角 i によってコントロールする。この関係はスネルの法則から次の関係が成り立つ。

$$\frac{C_1}{\sin i} = \frac{C_2}{\sin \theta} \quad (7.1)$$

ただし、 C_1 : アクリルの縦波音速 (m/s)

C_2 : 鋼の横波音速 (m/s)

i : 入射角 (度)

θ : 屈折角 (度)

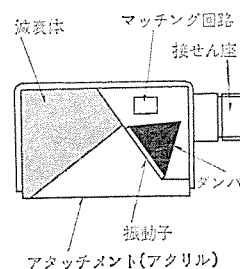


図 7.1 斜角探触子の構造
Construction of angle probe.

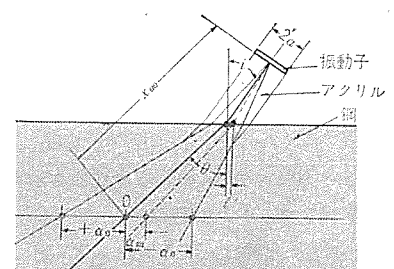


図 7.2 超音波ビームの屈折
Refraction of ultrasonic beam.

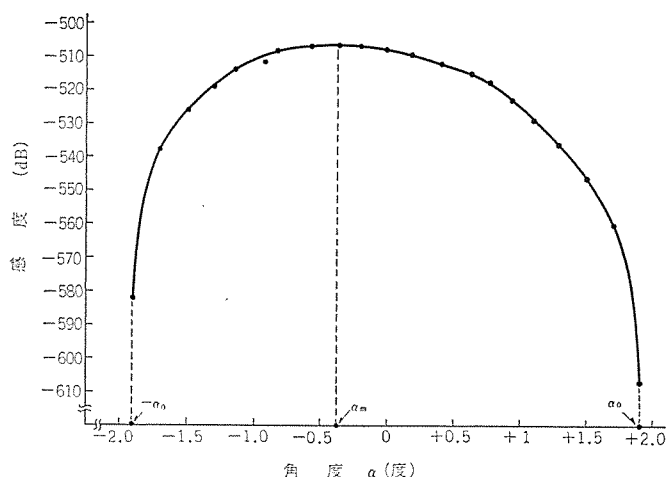


図 7.3 斜角探触子の指向特性 (PC-5 Z 20×20 A 45-M)
Directivity of angle probe.

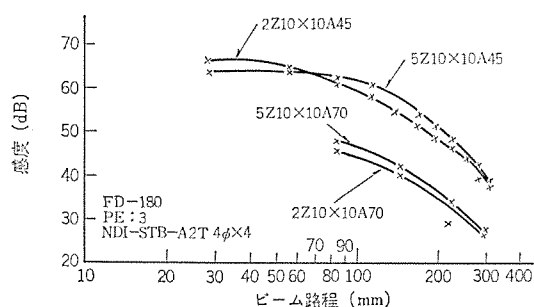


図 7.4 斜角探触子の距離感度特性
Distance sensitivity characteristic curves of angle probes.

表 7.1 斜角探触子の性能
Performance of angle probes.

形 名	A 2 感度 dB	分 解 能 dB	不 感 帯 mm	屈 折 角 (度)
PC-2 Z 10×10 A 45-G	53±4	30 以上	35 以下	45±1
PC-5 Z 10×10 A 45-G	44±4	30 以上	10 以下	45±1
PC-2 Z 10×10 A 70-G	34±4	30 以上	35 以下	70±2
PC-5 Z 10×10 A 70-G	26±4	30 以上	10 以下	70±2

図 7.3 に示すように入射角は、実際にはアクリルアタッチメントの超音波減衰により補正を要し、超音波の入射点も幾何学上の入射点より多少ずれる。

これらを考慮した場合のアクリル中の遠距離音場における $-\alpha_0$ から $+\alpha_0$ の指向角内の感度分布 $\psi(\alpha)$ は次式によって与えられる。

$$\psi(\alpha) = \left[20 \log_{10} 2 \left| \sin \frac{\pi a^2}{2x\lambda} \right| \cdot \left\{ \frac{2J_1(y)}{y} \right\}^2 \right] - \frac{2fzx}{\cos \alpha} \text{ (dB)} \quad \dots\dots\dots (7.2)$$

$$x = \frac{x_{a0}}{1 \pm \frac{\tan \alpha}{\tan \left(\frac{\pi}{2} - \theta \right)}} \quad \dots\dots\dots (7.3)$$

$$y = \frac{2\pi a}{\lambda} \sin \alpha \quad \dots\dots\dots (7.4)$$

ここで、 f : 周波数

λ : 波長 (mm)

a : 振動子の半径 (mm)

θ : 屈折角 (rad)

α : 指向角度 (rad)

z : アクリルの減衰率 (dB/MHz・mm)

J_1 : ベッセル関数

x_{a0} : 遠距離音場における任意の距離 (mm)

図 7.3 に計算結果の一例を示す。

ここから屈折角 θ (度) にするための入射角 i (度) は、次式によって与えられる。

$$i = \sin^{-1} [0.842 \sin (\theta + \alpha_m)] \text{ (度)} \quad \dots\dots\dots (7.5)$$

ただし、 α_m : 最大感度のずれ角度 (度)

また、入射点の移動距離 l' は、

$$l' = \frac{\alpha_m a}{\alpha_0 \cos i} \text{ (mm)}$$

ただし、 α_0 : 第一零指向角 (度)

以上のことから、振動子直径・周波数・屈折角が大きくなるほど、屈折角および入射点の移動は大きくなっていく。したがってミニアチュア斜角探触子のほうが比較的そのずれは小さい。新形探触子はこれらをすべて補正しており、その性能は表 7.1 に示すとおりである。図 7.4 に距離特性曲線の一例を示した。

7.2 取扱い

探傷に際しては、人工欠陥を用いて図 7.4 のような距離特性をあらかじめ測定しておく、欠陥判定に非常に便利である。斜角探触子は、摩耗しても、その部分に市販のアクリル板を張り付けることで再度使用できるが、過度の張り換えは、屈折角度を狂わす原因となるため注意を要する。

また、探査スケール、ABD ルールなどの併用により、欠陥の位置深さを簡単に読むことができ、検査能率も向上する。

8. 分割探触子

分割形探触子は、表面直下 1~50 mm 付近の探傷をするのに最

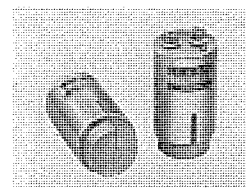


図 8.1 分割形探触子
Double crystal probe.

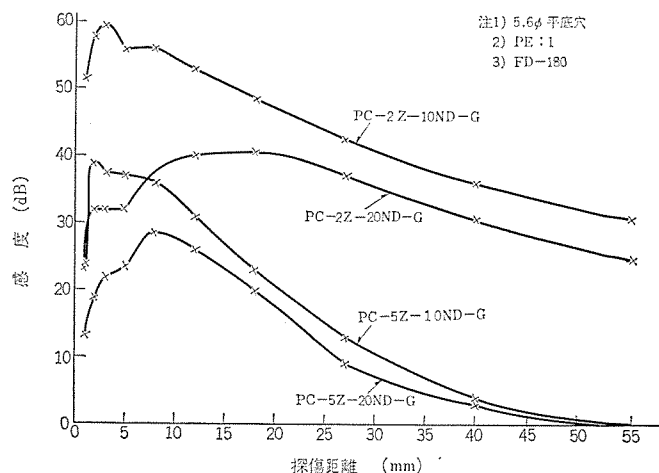


図 8.2 分割探触子の距離感度特性
Distance sensitivity characteristic curves of double crystal probes.

も適した探触子で、垂直探触子よりも接触の影響が少なく、比較的複雑な形状の被検査物でも探傷できるため、最近、その需要が増加している。

特に新形探触子は、表面エコーが実用感度で見えないため(表 3. 1 参照)、表面付近の S/N 比がきわめてよいのが大きな特長である。また、距離感度特性も垂直探触子よりも複雑でないため、欠陥の判定がしやすい。図 8. 2 にその特性曲線を示した。

分割形探触子の種類は角形と丸形とがあり、丸形では 20φ 用と 10φ 用がある。それぞれ被検査物に合わせて使用する。

複雑な部分の探傷には、アタッチメントを加工して探傷することができる。また、新形探触子は高温度の被検査物の探傷もでき、+300℃ 付近まで探傷可能である。ただし、+150℃ を越える場合は、接触時間を 3 秒程度にして冷却しながら使用することが望ましい。

9. その他の新形探触子

水浸、表面波などの探触子の仕様詳細は今回割愛し、簡単にその用途を述べるにとどめる。

9. 1 水浸探触子

おもに自動探傷用として使用する。探傷面の荒さによる影響が除かれ、探触子のガイドメカニズムを制御することによって、探傷条件がいろいろ変えることができるため精密探傷が可能となる。

9. 2 表面波探触子

斜角探触子では、探傷不可能である極薄板や表面傷などの探傷に使用する。

9. 3 可変角探触子

入射角度を変えることによって起きるモード変換を利用して、板

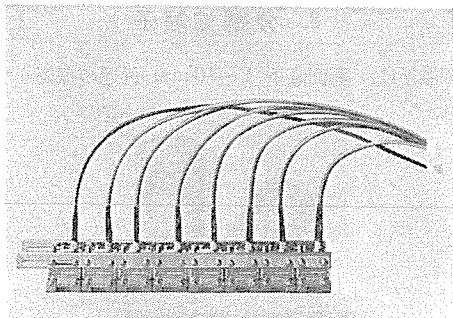


図 9. 1 タンデム探触子
Tandem probe

波や棒波を発生させ極薄板や細い鋼棒などの探傷を行なう。

9. 4 局部水浸探触子

垂直探触子と水浸探触子の両方の特長を兼ね備えたような探触子で、水筒をつけている。この探触子は探傷面の面荒さの影響が小さく、厚鋼板の 2 枚割れや、クラッド鋼の接着検査に使用されている例が多い。

9. 5 特殊探触子

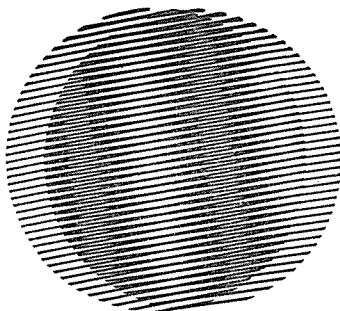
被検査物の中には、以上述べた探触子でも探傷できない欠陥を含んでいるものがある。このような場合には、その被検査物またはその欠陥専用の探触子を設計製作し、検査に供さなければならない。今日まで、顧客の要望によって、数多くの特殊探触子を設計製作してきたが、最近の例としては、図 9. 1 に示すような探触子を数個組合せたタンデム式探触子があげられる。この探触子は 8 個の探傷ユニットで構成されており、欠陥を多重探傷するものである。このような探触子は、方向性をもつ欠陥の検出に対して有効であり、厚板溶接部のクラックの検査に使用され、今後の応用面の拡大が期待されている。この探触子の詳細については、別の機会に報告したい。

10. む す び

超音波探傷法は、その安全性・経済性で他の非破壊検査方法に類を見ない利点をもっている。したがって、顧客側の認識とあいまって、近い将来この分野での主流になるものと期待されている。今回報告した探触子は、すでに、FD-160、FD-210、FD-180 形などの新形超音波探傷器とともに数多く使用されており、好評を得ている。しかしさらに広範な検査を可能にするべく、ソフトウェアのいっそうの拡充を計っている。

超音波探傷法では、探触子を通じて、被検査物内部の欠陥を探知するものであるから、探触子の諸性能を高めることはきわめて重要な事柄である。しかし欠陥の情報には、欠陥の形状、寸法、被検査物の音響特性、および探触子の音場特性などが累積されてくる。このような諸特性を含んだ欠陥情報のなかから欠陥の形状、寸法など、欠陥だけの情報を引き出すためには、これらの諸特性を明らかにしてゆくことが重要である。

今後の課題としては、上述の諸特性を、欠陥判定の過程にフィードバックすることや、欠陥の情報をより客観的に表示する探傷方式の開発などがあげられる。(昭和 47-6-16 受付)



新製品紹介

新形 N/C 今秋発売

三菱電機では、このほど新形演算回路の発明（特許申請中）と新形サーボ方式の開発および大幅な LSI・MSI の採用によって、高性能・低価格（当社従来比 30 % 以上のコストダウン）N/C の開発に成功し、本年 11 月ごろから「はん用旋盤用 N/C」および「中小形機用位置決め直線切削 N/C」の 2 機種を発売する。

旋盤用 MELDAS-5100

従来の旋盤用 MELDAS-5230 L は大形機を主としていたが、今回発表した MELDAS-5100 は、はん用旋盤を対象として切削性能の向上、プログラムが簡単で使いやすいこと、そしてはん用旋盤にマッチした低価格に重点をおいて開発したもので、新形補間回路の発明と LSI および MSI の採用によって IC 素子を従来のものに比べて半減させた。

また新 SCRサーボ増幅器の採用などによって性能・価格・安定性の点で画期的な N/C である。

■ 特 長

- (1) 精度および面精度がすぐれている。
- (2) 切削送り速度が 5 μ 指令で 4.8 m/分と早い。
- (3) 推力が大きい。
- (4) ねじ切り精度がよい。
- (5) 自動原点復帰が高速、高精度である。
- (6) 円弧、時ねじ、手動データ入力のプログラムが簡単である。

位置決め直線切削用 MELDAS-4100

MELDAS-4100 は、多極 ブラッシュレス レジスタを用いたクローズドループ式電気サーボを標準とし、等加減速パターンおよびソフトサーボを採用して、非常に安定かつ高精度で 45° 切削も可能、しかも低価格という点を重点に開発した。

また、新駆動方式の開発により直流サーボ駆動増幅器を小形安価にすることに成功、本体に 1.5 kW 駆動増幅器が 2 台収容されている。

■ 特 長

- (1) スローアップ、スローダウンなどが加減速方式なのできわめてスムーズでロス時間が短い。
- (2) 固定サイクルによりプログラムが簡単になる。
- (3) 使いやすい機能
 - (a) フルスイッチで、テープ呼び出しもできる手動データ入力
 - (b) 高速、高精度の自動原点復帰
 - (c) ± 100 mm の補正ができる工具位置補正
 - (d) 高精度で広範囲の指定ができる送り速度とオーバーライド

[鎌倉製作所]

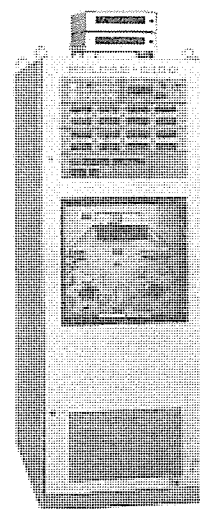


図 1 MELDAS-5100

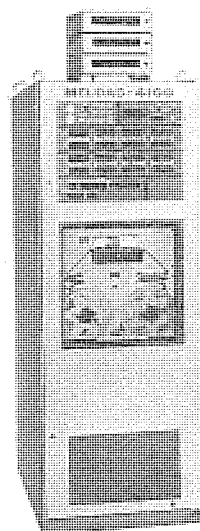


図 2 MELDAS-4100

新製品紹介

安全性と使いやすさを重視した電子レンジ新発売

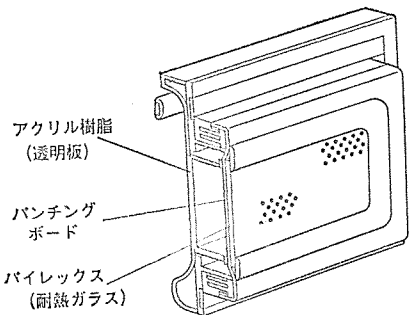
三菱電機ではこのたび安全性を高め、より使いやすく設計した RR-607 形電子レンジを 8 月 21 日から全国いっせいに発売した。

当社では今まで静岡製作所で電子レンジを担当していたが、本年 4 月から電子ジャー炊飯器をはじめ ジューサーミキサー、トースター、魚焼器、電気ポット等厨房関連商品を生産している群馬製作所で担当することになり、今までの厨房関連商品の経験を生かして、より良い電子レンジの開発に取り組んでいましたが、従来の家庭用および業務用電子レンジに加えて普及価格の RR-607 形電子レンジを発売し機種系列の多様化を図った。

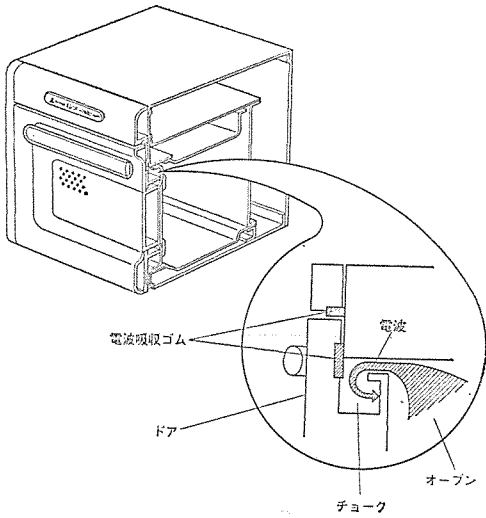
■ RR-607 形電子レンジの特長

- (1) 安全で見やすい三重シールファインド
扉内側に耐熱性のある バイレックス 扉の内部機構は電波漏れを防ぐパンチングボード 扉外側に透明な アクリル樹脂で密封した安全で見やすい三重シールファインド。
従来の機種はパンチングボード 1 枚だったが、この三重シールファインドによりいっそう安全性を高めた。
- (2) 特許申請中のダイヤチョーク方式
ドアの部分に迷路を作り電波のエネルギーを閉じ込めて消滅させる三菱独自のダイヤチョーク方式。
そのうえ電波吸収ゴムがついているので電波の漏れる心配はなく安心して使える。
- (3) 独特のドア安全スイッチやマグネロン（電波発振管）の過熱を防ぐマグネロンサーモおよびオープン の過熱を防ぐオープンサーモを新たに組み込むなど安全性には細心の注意をはらっている。
- (4) 使いやすい設計
 - (a) 大きなオープン
長さ 360 mm 幅 255 mm 高さ 223 mm 20,471 cm³ の大きなオープン。大きな食器や背の高い食品も楽々とし入れできる。
 - (b) 電源スイッチ連動タイマー
タイマーをセットすると同時に電源スイッチも入り、タイマーが切れると電源スイッチも切れる。いちいち電源スイッチを切ったかどうか気を使う必要がなくオートカットするので切り忘れがない。
 - (c) 操作は簡単
タイマーを合わせてクックスイッチを押すだけで誰でも操作できる。
調理(加熱)が始まるとクックランプがつき、終るとチャイムになってクックランプが消えて調理が終了したことを知らせる。
 - (d) 使いやすい前開きドア
料理のできあがりなどをみるとき、ドアの上ののせてみるができる。
 - (e) 600 W の高出力（ハイパワー）
調理時間が短くてすむ。
 - (f) 便利なクックネットつき
焼魚やとんかつなどを調理するときクックネットを利用すれば水っぽくならない。
しかも多少こげ目をつけられるので、やきとりやてり焼などにも便利。

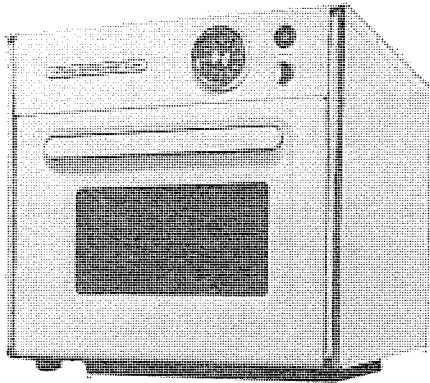
[群馬製作所]



ドア部分断面図



ダイヤチョーク構造図



RR-607 形電子レンジ

■ 仕様（愛称 ダイヤック）

形 名		RR-607 形
電 源	電 圧	単相 100 V
	周 波 数	50/60 Hz (タイマー 12/10 分)
	所要電力	1.2 kW (12 A)
マイク ロ波	出 力	600 W
	周 波 数	2,450 MHz
寸 法	外 形	高さ 445 mm 幅 450 mm 奥行 464 mm
	オープン	高さ 223 mm 幅 360 mm 奥行 255 mm
重 量		36 kg
価 格		89,800 円

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2番3号(三菱電機ビル) (電) 100 (電) 東京 (03) 218局2111番

大阪営業所	大阪府北区梅田町8番地(西阪神ビル)	(電) 530	(電) 大阪 (06) 343局1231番
名古屋営業所	名古屋市中村区広井町3丁目88番地(大名古屋ビル)	(電) 450	(電) 名古屋 (052) 565局3111番
静岡出張所	静岡市伝馬町16の3番地(明治生命静岡支社)	(電) 420	(電) 静岡 (0542) 54局4681番
福岡営業所	福岡市中央区天神2丁目12番1号(天神ビル)	(電) 810	(電) 福岡 (092) 72局2111番
長崎出張所	長崎市丸尾町7番8号(長崎底曳会館)	(電) 852	(電) 長崎 (0958) 61局6101番
札幌営業所	札幌市中央区北2条西4丁目1番地(北海道ビル)	(電) 060-91	(電) 札幌 (011) 261局9111番
仙台営業所	仙台市大町1丁目1番30号(新仙台ビル)	(電) 980	(電) 仙台 (0222) 21局1211番
富山営業所	富山市桜木町1番29号	(電) 930	(電) 富山 (0764) 31局8211番
広島営業所	広島市中町7番32号(日本生命ビル)	(電) 730	(電) 広島 (0822) 47局5111番
岡山出張所	岡山市駅前町1丁目9番地(明治生命館)	(電) 700	(電) 岡山 (0862) 25局5171番
高松営業所	高松市鶴屋町2番1号	(電) 760	(電) 高松 (0878) 51局0001番
新潟営業所	新潟市東大通1丁目2番地23号(北陸ビル)	(電) 950	(電) 新潟 (0252) 45局2151番
東京商品営業所	東京都千代田区丸の内2丁目2番3号(三菱電機ビル)	(電) 100	(電) 東京 (03) 218局2111番
関東商品営業所	与野市上落合後原842番地	(電) 338	(電) 与野 (0488) 33局3181番
大阪商品営業所	大阪府北区堂島北町8番地の1	(電) 530	(電) 大阪 (06) 344局1231番
名古屋商品営業所	名古屋市中村区広井町3丁目88番地(大名古屋ビル)	(電) 450	(電) 名古屋 (052) 565局3111番
機器静岡営業所	静岡市小島2丁目1番22号	(電) 420	(電) 静岡 (0542) 82局2061番
機器浜松営業所	浜松市上西町42の5	(電) 430	(電) 浜松 (0534) 63局6121番
福岡商品営業所	福岡市中央区天神2丁目12番1号(天神ビル)	(電) 810	(電) 福岡 (092) 72局2111番
札幌商品営業所	札幌市中央区北2条西4丁目1番地(北海道ビル)	(電) 060-91	(電) 札幌 (011) 261局9111番
仙台商品営業所	仙台市大町1丁目1番30号(新仙台ビル)	(電) 980	(電) 仙台 (0222) 21局1211番
北陸商品営業所	金沢市小坂町西97番地	(電) 920	(電) 金沢 (0762) 52局1151番
広島商品営業所	広島市中町7番32号(日本生命ビル)	(電) 730	(電) 広島 (0822) 47局5111番
高松商品営業所	高松市鶴屋町2番1号	(電) 760	(電) 高松 (0878) 51局0001番
東京機器営業所	東京都港区北青山1丁目2番3号(青山ビル)	(電) 107	(電) 東京 (03) 404局0336番
大阪機器営業所	大阪府北区堂島北町8番地の1	(電) 530	(電) 大阪 (06) 344局1231番
中央研究所	尼崎市南清水字中野80番地	(電) 661	(電) 大阪 (06) 491局8021番
生産技術研究所	尼崎市南清水字中野80番地	(電) 661	(電) 大阪 (06) 491局8021番
商品研究所	鎌倉市大船2丁目14番40号	(電) 247	(電) 鎌倉 (0467) 46局6111番
神戸製作所	神戸市兵庫区和田崎町3丁目10番地の1	(電) 652	(電) 神戸 (078) 67局5041番
伊丹製作所	尼崎市南清水字中野80番地	(電) 661	(電) 大阪 (06) 491局8021番
三田工場	三田市三輪町父々部85番地	(電) 669-13	(電) 三田 (07956) 4371番
赤穂工場	赤穂市天和651番地	(電) 678-02	(電) 赤穂 (07914) 3局2221番
長崎製作所	長崎市丸尾町6番14号	(電) 850-91	(電) 長崎 (0958) 61局6211番
稲沢製作所	稲沢市菱町1番地	(電) 492	(電) 稲沢 (0587) 32局8111番
和歌山製作所	和歌山市岡町91番地	(電) 640-91	(電) 和歌山 (0734) 36局2111番
鎌倉製作所	鎌倉市上町屋325番地	(電) 247	(電) 鎌倉 (0467) 44局1111番
通信機製作所	尼崎市南清水字中野80番地	(電) 661	(電) 大阪 (06) 491局8021番
北伊丹製作所	伊丹市瑞原4丁目1番地	(電) 664	(電) 伊丹 (0727) 82局5131番
熊本第一工場	熊本市竜田町弓削720番地	(電) 862	(電) 熊本 (0963) 62局7211番
熊本第二工場	熊本県菊池郡西合志町御代志997	(電) 861-11	(電) 熊本 (09624) 2局0151番
名古屋製作所	名古屋市中区矢田町18丁目1番地	(電) 4619	(電) 名古屋 (052) 721局2111番
旭工場	尾張旭市下井町下井	(電) 488	(電) 尾張旭 (05615) 3局5101番
福岡製作所	福岡市今宿青木690番地	(電) 819-01	(電) 福岡今宿 (09295) 6局0431番
福山製作所	福山市緑町1番8号	(電) 720	(電) 福山 (0849) 21局3211番
相模製作所	相模原市宮下1丁目1番57号	(電) 229	(電) 相模原 (0427) 72局5131番
姫路製作所	姫路市千代田町840番地	(電) 670	(電) 姫路 (0792) 23局1251番
静岡製作所	静岡市小島3丁目18番1号	(電) 420	(電) 静岡 (0542) 85局1111番
中津川製作所	中津川市駒場町1番3号	(電) 508	(電) 中津川 (05736) 6局2111番
大船製作所	鎌倉市大船5丁目1番1号	(電) 247	(電) 鎌倉 (0467) 46局6111番
郡山製作所	郡山市栄町2番25号	(電) 963	(電) 郡山 (0249) 32局1220番
群馬製作所	群馬県新田郡尾島町大字岩松800番地	(電) 370-04	(電) 尾島 (02765) 2局1111番
藤岡工場	藤岡市本郷字別所1173番地	(電) 375	(電) 藤岡 (02742) 2局1185番
京都製作所	京都府乙訓郡長岡町大字馬場小字園所1番地	(電) 617	(電) 京都 (075) 921局4111番
長野工場	長野市大字南長池字村前	(電) 380	(電) 長野 (0262) 27局1101番
札幌営業所	札幌市中央区北2条東12丁目98番地	(電) 050	(電) 札幌 (011) 231局5544番
札幌工場			

研 究 開 発 特 集

《特集論文》

- 超高速列車磁気浮上方式の研究
- オゾンによる染色排水処理
- レーザレーダによる排煙流の観測と SO₂ 濃度の測定
- 珪素鋼板の磁気ひずみの変圧器騒音への影響
- 発電機端部の固定子巻線に働く電磁力
- プラズマディスプレイ
- 水晶腕時計用 CMOS IC
- ZnO 薄膜超音波トランスジューサの試作
- GaAs 気相エピタキシャル結晶
- 低真空形電子ビーム溶接機用プラズマ電子銃

- 省力化, 自動化機器へのミニコンの導入

- 電着絶縁方式 MEDIS の開発

- 塗装におけるリン酸塩処理の再評価

《普通論文》

- 大容量バーヒータ
- 金属材料の冷却水による腐食
- 絶縁油の低温における交流破壊電圧におよぼす水分の影響
- 電子計算機によるプリント配線板の完全自動化検査システム
- 原子吸光分析法の応用

三 菱 電 機 技 報 編 集 委 員 会

委員長	正 木 茂 雄	常任委員	湊 武 雄
副委員長	神 崎 邇	"	武 藤 正
常任委員	石 川 理 一	"	吉 松 誠 一
"	上 田 重 夫	委 員	北 垣 成 一
"	宇 佐 見 重 夫	"	武 田 忠 夫
"	北 川 和 人	"	田 附 和 夫
"	古 賀 亨	"	中 尾 致 一
"	塚 本 信 雄	"	南 日 達 郎
"	福 家 章	"	林 昇 寿
"	堀 謙 二 郎	"	待 鳥 正
"	牧 野 六 彦		

(以上 50 音順)

昭和 47 年 9 月 22 日印刷 昭和 47 年 9 月 25 日発行「禁無断転載」定価 1 部 金 200 円(送料別)

編集兼発行人

東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号

正 木 茂 雄

印刷所

東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 12 番地
(郵便番号 162)

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 12 番地

高 橋 武 夫

発行所

東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号 (郵便番号 100)

三菱電機株式会社内

「三菱電機技報社」

(電話) (03) 218 局 2323 番

発売元

東京都千代田区神田錦町 3 丁目 1 番地 (郵便番号 101)

株式会社 オーム社書店

(電話) (03) 291 局 0912 番 振替口座 東京 20018 番