

多周波データハイウェイシステム

Multifrequency Data Highway System

松本邦顕* 山田新一*
Kuniaki Matsumoto Shin'ichi Yamada

要 旨

化学、石油、鉄鋼などの各種プロセス工業や、エレベータ、クレーン、車両などの一般産業機器において、その信号伝送システムは年々大規模化し、かつ複雑化してきている。これらの膨大な情報を数少ない伝送路で多重化して伝送するために多周波データハイウェイシステムを開発した。

このシステムは、プロセスポイント（発信器や操作器など）を最大50点までまとめたステーション構成とし、各ステーション（最大50ステーションまで）は10本程度のデータ母線に接続され、中央の計算機（または単能制御装置）と結ばれる。このシステムの伝送方式は、アドレスに周波数信号を割当て、データをアナログ信号とデジタル信号の混成信号で伝送するハイブリッド方式である。

1. 緒 言

最近、化学、石油、鉄鋼などの各種プロセス工業における計装システムは、制御用計算機の積極的な導入によって大規模化と複雑化の傾向にある。また、エレベータ、クレーン、車両などの一般産業機器や、ビルのオートメーションなどの信号伝送システムにおいても同じ傾向にある。これらの大規模化する信号伝送システムに対して、従来のままの放射状伝送方式では、近い将来物理的にも経済的にもその限界に達する恐れが出てきた。

このような現状を打破するために、従来方式と異なる新しい信号伝送システムが各方面から熱望され、その開発が急務となった。すなわち、広い地域に散在する信号源や操作器などのプロセスポイントと、中央の計算機や制御装置を数少ない信号線で結ぶ多重化伝送計装システムの開発である。この新しい信号伝送システムに関しては、日立製作所、中央研究所の猪瀬氏らが、汎用性に富んだ計算機オリエンテッドの大規模、高速性の時分割多重式データハイウェイをすでに開発し、その内容を第25回ISA学会で発表して注目を集めた⁽⁵⁾。

ここで報告する信号伝送システムは計算機と単能制御装置との両機器に接続ができ、しかも従来からのアナログ式やデジタル式の発信器や操作器と両立性を持つ低価格の伝送システムで、高度化、多様化、複雑化にじゅうぶん対応できる信号伝送システムにすることをその開発方針とした。

新システムのシステム速度とシステム規模は、過去の学会誌や業界誌のデータをもとに決定された(2.2参照)また方式については、各端末ステーションの負担をできるだけ軽いものにし、正常時には集中制御方式によるシーケンシャルアクセス方式を、異常時にはプロセス側から優先割込み動作をかけるランダムアクセス方式を採用した。また制御信号に対する操作器の制御動作の確認は、そのアンサーバック機能によって行なう方式としている。以下にこの多周波データハイウェイシステムについて述べる。

2. 計装システムの新しい動き

2.1 信号伝送方式の分類

従来の1回線1信号による放射状伝送計装システムは、図1に示すようにそのプロセスポイント（計測点や制御点）の点数に等しい配線数を必要とした。このため最近のシステムの大形化は、プロセスポイントの増加とこれに伴う配線数および配線長の増大を招いてきた。この配線数の増大は、配線費と工事費の高騰を招くばかりで

* 日立製作所日立研究所

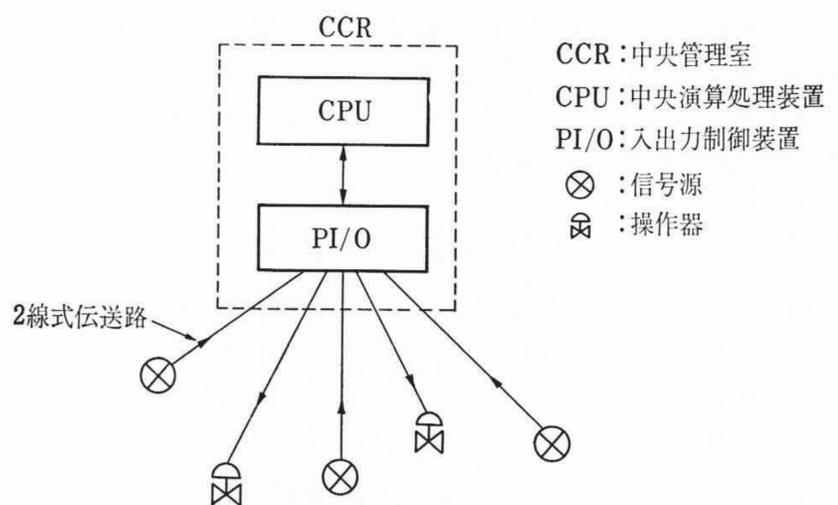


図1 放射状伝送計装システム (従来方式)

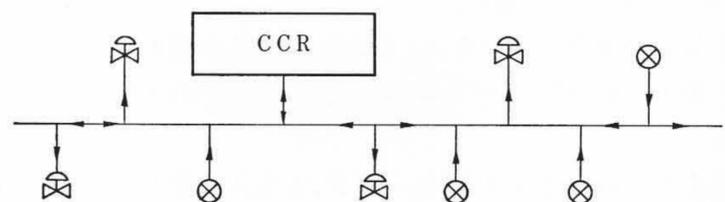


図2 多重化伝送計装システム

なく配線ミスおよび配線デバッグの困難さを助長し、この初歩的な物理的問題に対してでさえもその解決手段を失おうとしている。

この従来方式に代わる新しい信号伝送システムは、図2に示す多重化伝送計装システムである。この新しい伝送方式は、数少ないデータ母線に多くのプロセスデータを乗せ、中央の制御室と広い地域に散在しているプロセスポイントを結ぶ、多重化伝送システムである⁽¹⁾⁽²⁾。これを以下データハイウェイシステムと呼ぶことにする。

以上の2方式を通信工学的に表現すると、前者(従来方式)はポイントツウポイントシステムであり、後者(新方式)はマルチポイントシステムである。この両者をさらに分類すると次のようになる。

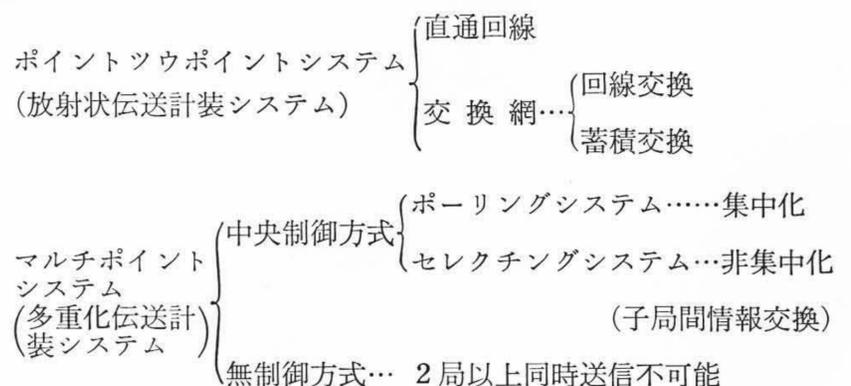


表1 本データハイウェイの適用分野

<ul style="list-style-type: none"> エレベータ, 車両などの交通システム ビルの空調およびオートメーションシステム クレーン, ベルトコンベヤなどの荷役システム 中規模以下の各種プラントのモニタおよび制御システム その他
--

上記の分類方法でマルチポイントシステムの中央制御方式というのは, 中央の制御装置が他の端末機器をシーケンシャルに制御するシーケンシャルアクセス方式であり, また無制御方式というのは端末機器から中央の制御装置へランダムに信号を送信するランダムアクセス方式である。

2.2 方式と規模の検討

新しい信号伝送システムの方式の決定は, 対象とするプロセスの規模とその用途や目的や許されうるコスト(設置および運転コスト)などによって決まる。また, そのほかに IC や LSI などの底辺技術の確立とそれを応用する伝送技術一般の技術的レベルによっても制限される。多重化伝送方式を大別すると次の二つの方式に分けられる⁽⁴⁾。

- ① 全デジタル方式
- ② ハイブリッド方式

全デジタル方式はアドレス信号にコード信号を, アナログのデータ信号にはデジタル変換を行ない, アドレス信号およびデータ信号を全デジタル信号で伝送する方式である。この方式のものについては, モニタを主体とした MODEM 速度の低速度のものと, 制御まで含む 100 k bit/s 以上の高速度のものに分かれ, とくに後者に対しては, 猪瀬氏らの発表があり⁽⁵⁾, 計算機システムの発展とともにその将来性が注目されている。

一方ハイブリッド方式は, アドレス信号についてはデジタル信号で伝送し, データ信号については, 計測データのアナログ信号をそのまま伝送する温度モニタのような比較的小規模なシステムに由来は限定されていた。しかしリモートステーションを単純化することができ, 1点あたりのコストが安価であるなど経済的にすぐれた面もあるので, われわれはハイブリッド方式の長所を生かし, さらに大きな対象システムへの適用を行なってみた。すなわちアドレス信号としては周波数を使用し, 取り扱う入力信号としては, 熱電対などの低 mV 電圧信号, 各種信号源からの電流信号などのアナログ信号とコード信号, 接点信号, パルス幅信号などのデジタル信号を使用した。

対象とするシステムとしては表1に示すような中規模以下のプロセスプラントや一般産業機器の適用を考える。これらのシステムにデータハイウェイを導入する場合, その入出力点数とシステム速度が問題になってくる。ここに石油工業における DDC システムの入出力点数の一例を示すと表2⁽⁶⁾および表3⁽⁷⁾になる。これらの資料はいずれも入出力点数が1,000点以下であるが, これらのシステムをさらに拡張してもじゅうぶん対応できるだけの規模にしておく必要があり, その入出力点数の規模を最大2,500点と決定した。

システム速度については, データハイウェイのアクセスタイム(必要とするアドレスを送出してから, 対応するデータを受信するまでの時間)とプロセスのデータ率(単位時間に発生するデータ数)から決定される。アクセスタイムはケーブルの伝播(でんぱ)時間と信号のパルス幅およびリモートステーションの動作時間によって決まってくる。またデータ率はプロセスの入出力点数とサンプリング周期によって決まる。表4は代表的なサンプリング周期を⁽⁷⁾⁽⁸⁾示したものである。表3, 表4を参考にしてこのデータ率を算出する

表2 石油工業における DDC の入出力点数の一例⁽⁶⁾

	燃料油精製装置	潤滑油製造装置	芳香族製造装置
アナログ入力	280	200	230
アナログ出力	140	110	130
デジタル入力	—	40	100
デジタル出力	—	50	60
計	420点	400点	520点

表3 ICI社のソーダ灰プラントにおける DDC システム⁽⁷⁾

入出力点数	項目	点数	項目	点数	
入力	温度	102点	出力	ソレノイド弁駆動信号	178点
	流量	39点		警報用信号	1点
	液面	15点		サイレン用信号	1点
	圧力	38点		プロッタ用アナログ信号	1点
	CO ₂	4点			
	PH	4点			
	バルブポジション	89点			
計		291点	計		181点

表4 サンプリング周期の選定例⁽⁷⁾⁽⁸⁾

	Guidelines (s)	その他 (s)	蒸留塔の場合 (s)
流量	1	0.1~1.5	4~8
圧力	5	1~5	
液面	5	10~20	8~20
温度	20	5~20	8
成分	20	10~80	

と, 中規模以下のプロセス制御では500点/sのシステム速度でじゅうぶんである。しかし, エチレンプラントやその他高速性を要求されるプロセス制御においてはこのシステム速度では不じゅうぶんであると思われる。

伝送距離については, システムのアクセスタイムとケーブルの減衰特性によって上限が決まってくる。すなわち, アドレス信号の周波数と使用するケーブルの特性からその最大を1 km とした。

2.3 多周波データハイウェイ方式の目標仕様

多周波データハイウェイシステムは, 各デバイスのアドレスにそれぞれ固有の周波数(ステーションアドレス周波数とポイントアドレス周波数)を割当て, このアドレス周波数信号でもって中央の計算機(または制御装置)とフィールドに散在する各プロセスポイントとの相互の同期をとる。

以下に目標とした多周波データハイウェイシステムの仕様を示す。

(a) ステーション規模

- ステーション数: 最大50ステーション/ライン
- ポイント数: 最大50ポイント/ステーション
- 数: 最大2,500ポイント/システム
- (各点はステーション内で最大50点までビルディングブロック化を可能にする)

(b) データ構成およびデータ保証

- アドレス: ステーションアドレスラインとポイントアドレスラインに分けてそれぞれのアドレス周波数を乗せこの信号の組合せでポイントを指定する。

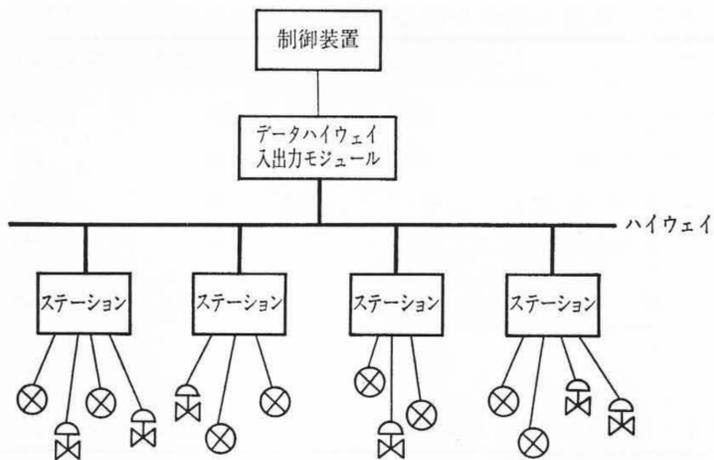


図3 多周波データハイウェイシステム

データ: アナログ信号はアナログラインで, デジタル信号はデジタルライン (パラレル伝送) でそれぞれ伝送される。

保証: デジタル信号に対してはパリティラインを別に張る。また制御信号に対しては各操作機器について制御動作のアンサーバック信号をとる。

- (c) システム速度
最大 500 点/s
- (d) 伝送方式と伝送線路の条件
伝送方式: 二線式半二重伝送方式
伝送線: ツイストペア線または安価な同軸ケーブル
伝送長: 最大 1 km
- (e) コンピュータとの結合
単能制御装置を通しコンピュータと結合することが可能である。
- (f) プロセスモニタリング条件
アナログ信号: アナログ信号の時分割多重伝送 (4~20 mA)
デジタル信号: 接点入力またはバイナリ入力
- (g) プロセスコントロール条件
アナログ信号: 電流出力 (4~20mA) または電圧出力 (1~5V)
デジタル信号: レジスタ出力または接点出力

3. 多周波データハイウェイシステムの構成

3.1 システムの構成

多周波データハイウェイシステムの構成は図3に示すように制御装置, データハイウェイ入出力モジュール, ハイウェイラインおよびリモートステーションから成る。また制御装置を通して計算機との結合も可能である。データハイウェイ入出力モジュールは図4に示すようにアドレス入出力選択モジュールとデータ入出力モジュールから成り, 計算機や制御装置内で取り扱われる信号とハイウェイおよびリモートステーション内で取り扱われる信号を統一するために, 信号変換およびレベル変換を行なう信号変換装置である。

ステーション内の構成は, 図5に示すようにステーションアドレス送受信モジュール, ポイントアドレスおよびデータ送信モジュール, ポイントアドレスおよびデータ受信モジュールの三つの独立した機能を持つ要素から構成されている。また, プロセスポイントのアドレス周波数による呼出しは, 図6に示すようにステーションアドレス周波数とポイントアドレス周波数のアンド条件で指定される。

ラインとステーションの結合はトランス結合で, 図7に示す並列

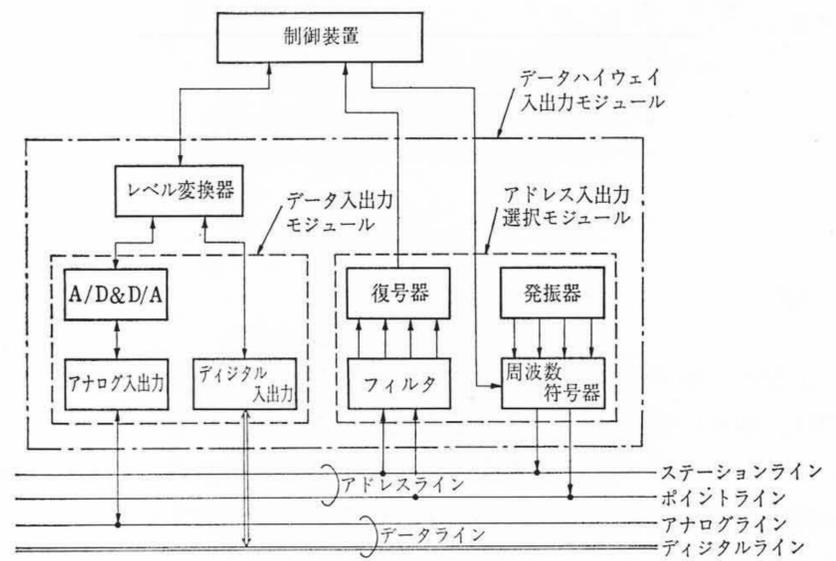


図4 データハイウェイ入出力モジュール

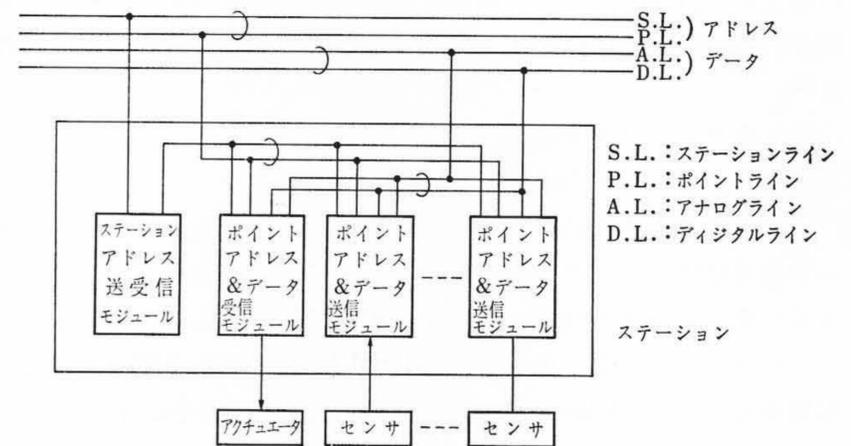


図5 ステーション内のモジュール構成

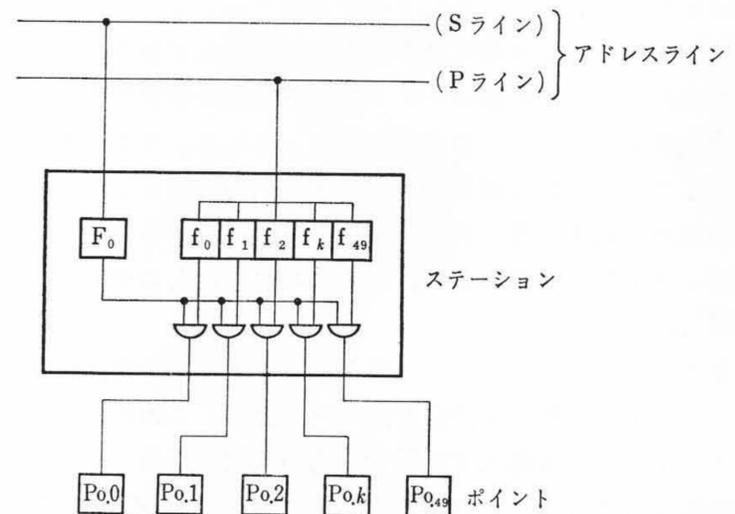


図6 アドレス周波数によるプロセスポイントの指定

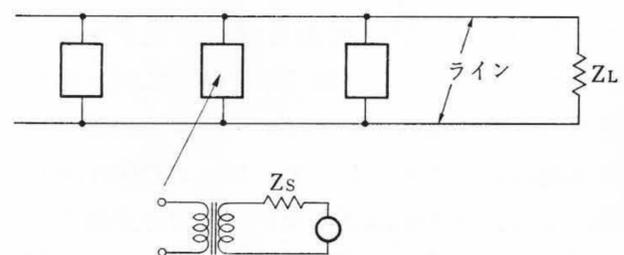


図7 並列形トランス結合

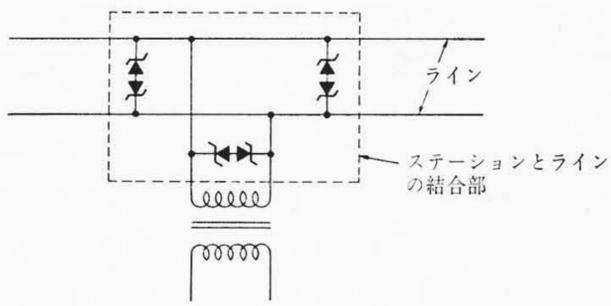


図8 ツェナーダイオードによる安全対策

形トランス接続とした。この方式はハイウェイラインとステーションを直流的に切り離すことができ、しかも安価である。またラインに起きたサージ電圧に対しては図8に示すツェナーダイオードで吸収するようにしている。

3.1.1 データハイウェイ入出力モジュールの構成

多周波データハイウェイ入出力モジュールは、図4に示したように、アドレス信号をやり取りするアドレス入出力選択モジュールとデータ信号をやり取りするデータ入出力モジュールから成っている。アドレス入出力選択モジュールは、制御装置（または計算機）からのデバイスアドレスのデジタル信号をステーションアドレス周波数信号とポイントアドレス周波数信号の二つの周波数信号に変換して、それぞれの周波数信号をステーションアドレスラインとポイントアドレスラインに送信する信号変換装置である。また、このモジュールは、ステーション側から送られてくるステーションアドレス周波数信号とポイントアドレス周波数信号を、あらかじめ定められたデジタル信号に変換して計算機内に取り込む信号変換装置でもある。すなわち、このアドレス入出力選択モジュールは、中央の制御装置と端末のステーションの間において、制御装置内のデジタルアドレス信号とステーション側のアドレス周波数信号との相互の信号選択および信号変換を行なうアドレス選択モジュールである。

データ入出力モジュールは、端末のステーションに接続されているプロセスポイントからの計測データを受信したり、制御装置から制御信号を送信したりする送受信モジュールである。

3.1.2 ステーションの構成

多周波データハイウェイシステムのリモートステーションには、図3に示したように発信器、操作器のほか、モータ、各種リレー、表示ランプ、警報器などが接続される。これらの機器は、1ステーション最大50点まで接続される。

データハイウェイを構成するうえで特に望まれることは、データハイウェイと各ステーションが容易に接続され、しかも各ステーションにおいてはそれぞれのプロセスポイントが簡単に接続され、増設時のビルディングブロック化と保全が容易に行なえることなどである。

これらの諸条件を満足するためにシステムを幾つかのステーションに分割し、各プロセスポイントをステーションアドレスとポイントアドレスの二つのアドレス周波数の組合せによって指定する。この方式の利点としては、ステーションとポイントをそれぞれ独立のものとして取り扱うためハード的にもソフト的にもその構成が比較的楽になる点である。また、ステーションとポイントを機能的に分けることにより、そのアドレスの割当て周波数を少なくすることができ、与えられた周波数帯域を有効に使うことができる。

3.2 データの送受信

中央の制御装置（または計算機）と各リモートステーションの信号の授受は制御装置側のデータハイウェイ入出力モジュールと各ス

テーション内の送受信モジュールによって行なわれる。

この制御方式は中央制御方式であり、正常時には中央の制御装置が各リモートステーションを制御するいわゆるシーケンシャルアクセス方式であるが、プラントやプロセスに事故が発生しプロセスの状態が急激に変化したような異常時には、リモートステーション側から中央の制御装置へこの時のプロセスの異常データを、そのデバイスアドレスとともに優先割込みの方法で送信する。

3.2.1 送信回路の構成原理

リモートステーション内の送信回路の原理図は図9に示すとおりである。制御装置からのプロセスポイントの呼び出しは、そのポイントが接続されているステーションアドレスとそのポイントアドレスの二つのアドレス周波数信号によって指定される。しかし、ここでは簡単のためこれらのアドレス周波数を一つの信号と考え、1アドレス信号で各ポイントが呼び出されると仮定する。またデータについてもアナログデータとデジタルデータの2種類の信号があるが、簡単のためデータ信号も一つの信号と考えて以下の送信動作を説明する。

まず制御装置の指令により任意の端末機器のプロセスデータを計測する場合を考える。この場合制御装置内のアドレス信号は、図4に示すデータハイウェイ入出力モジュールのアドレス選択モジュールによって対応するアドレス周波数信号に変換され、ハイウェイのアドレスラインに送り出される。

ステーション側ではこのアドレス周波数信号をトランスを介して受け、受信フィルタで自局のものであるかどうかを判別する。もしこのアドレス信号が自局のものであれば、この信号はフィルタを通過しアンプで増幅され整流回路に送られる。ここで周波数信号は直流信号に変換され波形整形されて微分回路に送られる。ここで微分されたパルス信号は次の単安定回路の入力となり、あらかじめ定められた時定数時間τだけのパルス信号を出す。このパルス信号は同時に二つの要素のゲートを開く。一つは周波数変調回路の変調ゲートを開き、このステーションのアドレス周波数をアンプ、送信フィルタ、トランスを介してハイウェイのアドレスライン上に送り出す。他の一つは、電子スイッチのゲートをτ時間開いてこの時のプロセスデータをデータライン上に送り出す。

このようにして制御装置から呼び出された端末機器は、この時

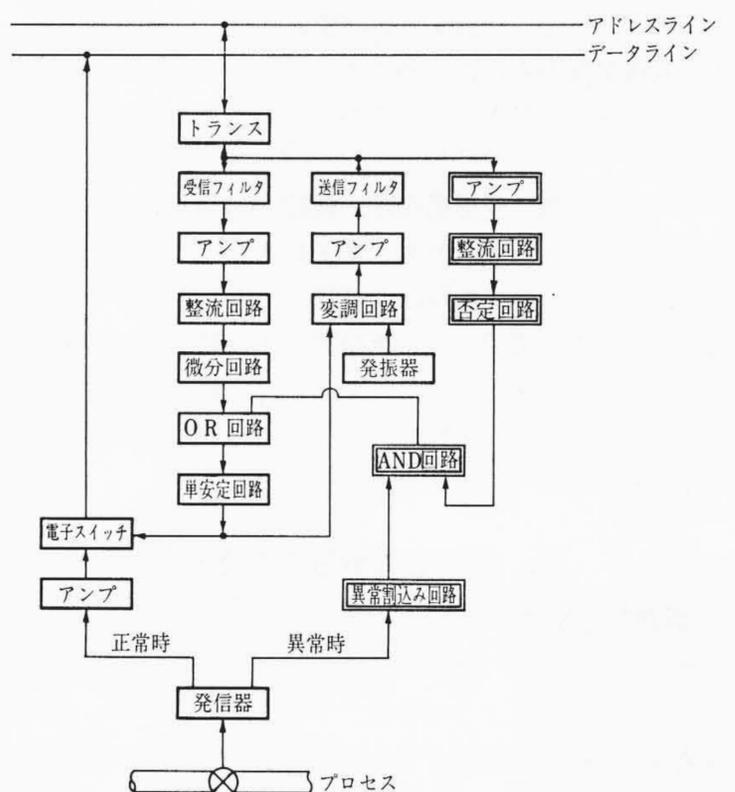


図9 送信回路の構成 (原理図)

とアンサーバック信号のインターバルは、単安定回路の時定数時間 τ によって与えられる。

5. 結 言

多重化伝送方式による新しい計装システムを開発するため、多周波データハイウェイシステムを検討した。このデータハイウェイシステムでは、配線費と工事費のコストの低減を図り、あわせて工期の短縮と配線デバッグを容易なものにした。ハイウェイシステムが適用されるシステム規模は広範囲にわたっているが、すでに開発されたデータハイウェイシステムは⁽⁵⁾、大規模で高速性を要求するシステムに適しているのに対し、この多周波データハイウェイシステムは、中規模システムをその対象としている。このシステムは適用分野が広く、ハイブリッド方式を採用することによって従来からの計測機器や制御機器との両立性を持っている。また、システム全体の信頼性を上げるためにアンサーバック方式を採用した。ハード面においては、システムをステーション構成にし、プロセスポイントをビルディングブロック式に組み立てるモジュール方式とし、システムの増設を容易なものにした。

このような多重化伝送計装システムは、多方面にわたってその適

用が考えられ、今後の計装システムの新しい方向として急激な発展が期待される。

参 考 文 献

- (1) A. T. Keefe ほか 2 名: "Data highway for process-controlled plant" PROC. IEE, Vol. 114, No. 12. 1977/1986 (1967)
- (2) J. B. Connell ほか 2 名: "No. 1 ESS Bus System" BSTJ, No. 43 Sep. 2021/2054 (1964)
- (3) "Building Control Network Uses 2-Wire Transmission" Control Engineering, June 46 (1970)
- (4) Richard, L. Aronson: "Line-Sharing Systems for Plant Monitoring Add Control" Control Engineering Jan. 57/76 (1971)
- (5) F. Inose, K. Takasugi: M. HIROSHIMA "A Data Highway System for Digital Computer Control", Instrumentation Technology, Vol. 18, No. 1 63/67 (1971)
- (6) 宇和川澄ほか 3 名: "石油工業における DDC" 計測と制御 Vol. 8, No. 12 96/105 (1969)
- (7) 桑田龍一: "DDC システムの開発現況と将来" オートメーション Vol. 11, No. 1 69/78 (1966)
- (8) 山下直ほか 1 名: "デジタルプロセス制御" コロナ社 p. 150 (1969)

Vol. 53 日 立 評 論 No. 10

目 次

■ 論 文

- 電気車の微分差帰還方式再粘着制御装置 ADDF の開発
- 圧縮機用自動弁の最近の動向
- 最近の大形分塊圧延設備
- 中国電力株式会社玉島火力発電所納計算機制御システム
- 大容量重油燃焼ボイラにおける振動燃焼
- 電力系統における製鉄所変動負荷の予知制御
- I C 化 制 御 装 置
- 多環炭化水素系絶縁油入 75°C rire 変圧器の開発
- 圧力タンクを用いた給水装置のユニット化

- 管路気中送電線路用絶縁スパーサのフラッシュオーバー特性

■ 高層住宅用エレベータ特集

- 高層住宅におけるエレベータ計画
- 高層住宅用エレベータの高速化
——日立サイリストロニック DB 制御エレベータ——
- 住宅ビルにおけるエレベータ工事の合理化
- 一般住宅ビル用日立“ハイドロ-4”の開発
- 住宅用エレベータの保全性と信頼性の向上

発行所 日 立 評 論 社 東京都千代田区丸の内一丁目 5 番 1 号
郵便番号 100
取次店 株式会社 オーム社書店 東京都千代田区神田錦町 3 丁目 1 番地
郵便番号 101
振替口座 東京 20018 番