

自動給電システム用 サイクリック・デジタル情報伝送装置

Cyclic Digital Data Transmission Equipment for
Automatic Power Dispatching System

秋山 敬一郎* 小林 一彦**
Keiichirō Akiyama Kazuhiko Kobayashi

要 旨

電力の質的向上, 設備の総合的活用, 経済運用および系統の安定維持を目的とした高度の自動給電システムを高効率に実現するとともに, 円滑な系統運用を行なうためには, 大量の系統諸情報, 制御指令などを高速, 高信頼度かつ高効率に必要個所へ伝達することが不可欠の条件であり, さらに系統事故時の緊急制御を容易にするための事故情報優先伝送機能なども要求される。

本文は, 電力系統総合自動化の一環をなす給電運用の自動化に適合したかすかすの機能を具備し, 多目的な活用ができる情報伝送装置として, 今回, 東北電力株式会社で新たに採用されたサイクリック・デジタル情報伝送装置につき, その機能, 適用, 伝送方式, 装置構成などを述べたものである。

1. 結 言

東北電力株式会社においては, 電力の質的向上, 設備の総合的活用, 経済運用および事故時の速応的判断, 処理などを図り, 電力系統の安定維持, 信頼度の向上を推進するため, 制御用電子計算機を中核とした給電運用の総合自動化を鋭意推進中である。

本システムでは中央給電指令所(以下, 中給と略す)に電子計算機, データ交換装置が導入され, 主要発電所(以下, 電気所と略す)や地方給電指令所(以下, 地給と略す)からの系統諸情報を集中的に監視, 把(は)握するとともに, これらの情報に基づいて総合判断, 処理が行なわれ, 各電気所に対して最適運転指令が自動的に行なわれる。

したがって, このようなシステムを安定かつ円滑に運用するためには, 中給と主要電気所, 中給と地給相互間を有機的に結合する情報伝送系の整備が必要であり, このための情報伝送装置として, 従来のアナログ式テレメータあるいはスーパービジョン装置に比べ, 性能および信頼性が高くかつ経済性に富むサイクリック・デジタル情報伝送装置が採用されることになった。

本装置は, 給電運用の総合自動化に適合したかすかすの高度な機能を具備するとともに, 事故情報の優先伝送機能, データ交換装置との接続機能, 新たな2ルート伝送方式の採用などの新機軸を盛り込んだもので, さらに1,200ボート回線の使用により伝送の高速化を図り, 主要回路のIC化により信頼度の向上と小形, 経済化を図っている。

なお, 本装置は, すでに昭和45年3月より中給, 青森給電指令所, 八戸火力発電所など7個所に設置され, 今後, 東北電力株式会社の標準方式として, 一次系統そのほかの主要系統の情報伝送系に適用されることになるので, 以下にその主要点を述べる。

2. 自動給電システムと情報伝送装置

電力系統では, 時々刻々の負荷, 発電変動や, まれには電力設備の事故発生などがあり, このような種々の状態変化, 外乱などに即応して系統の安定運転, 保安および需要家への供給信頼度向上維持を図るためには, 系統周波数, 発電機出力電圧, 線路あるいはバンクの潮流, 貯水池, 調整池の水位および系統構成の状態などを給電指令機関で常に監視把握しておく必要がある。

一方, 給電運用の自動化は, 従来の単能的な計算制御装置による

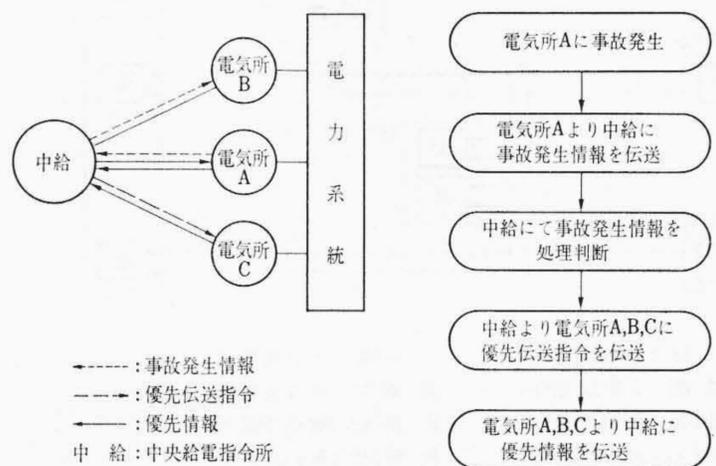


図1 システム事故時の情報伝送

個別自動化から, 制御用電子計算機を中核とした総合自動化へと移行しつつあり, しかも, 上位給電指令機関と下位給電指令機関などが高速情報伝送系で有機的に結合され, 主幹系統運用の自動化とともに下位系統まで含めた電力系統の一貫運用が行なわれようとしている。

また, 自動化の対象業務も自動周波数制御(AFC), 経済負荷配分制御(EDC)など, 主として経済運用を目的としたものから, 系統の信頼度監視, 事故予防制御, 事故波及未然防止および事故後自動復旧操作といった系統安定運用を目的としたものへと発展しつつある。このような異常時の緊急制御を行なうためには, 特定の事故情報を高速伝送するとともに, 系統運用上相互に密接な関連をもって運転されているほかの電気所からも主要な運転状態を高速伝送する必要がある。図1はこのような緊急時の情報伝送の一例を示したもので, 電気所Aに事故が発生した場合, 電気所B, Cへの事故波及を未然に防止するため, 中給では「事故発生」の情報をいち早く収集し, 電子計算機へ事故対策, 処理のための割り込みをかけるとともにAのほかにもB, Cへも優先情報の伝送を指令し, 事故状況, 運転状態などの情報を優先的に受けて, 緊急制御対策を総合的に判断し, 各電気所に最適制御指令を与える。

以上のように, 電力系統の拡大, 総合自動化の進展および系統運用の高度化などに伴い, 給電指令機関において判断処理すべき情報量は増大し, 必然的に主要発電所(あるいは集中制御所)と給電指令機関(中央あるいは二次系統制御所), 上位および下位給電指令機関相互間の系統諸情報も大量, 多様化(アナログ情報, デジタル情報, SV情報など)の傾向にあり, 従来のアナログ・テレメー

* 東北電力株式会社 給電部系統技術課

** 日立製作所大みか工場

タ装置, スーパービジョン装置などに代わって, 大量の情報を高速, 高信頼度かつ経済的に伝送可能なサイクリック・デジタル情報伝送装置が積極的に導入されるすう勢にある^{(1)~(3)}。

今回導入された装置のおもな特長は, 前述の事故・緊急情報の優先伝送機能のほか, 情報伝送装置とデータ交換装置との合理的な接続機能および伝送路と副搬送波変復調器とを2重化して2ルート伝送するための受信切換方式を新たに適用したことなどであり, 機能, 信頼度面で飛躍的な高度化が図られている。

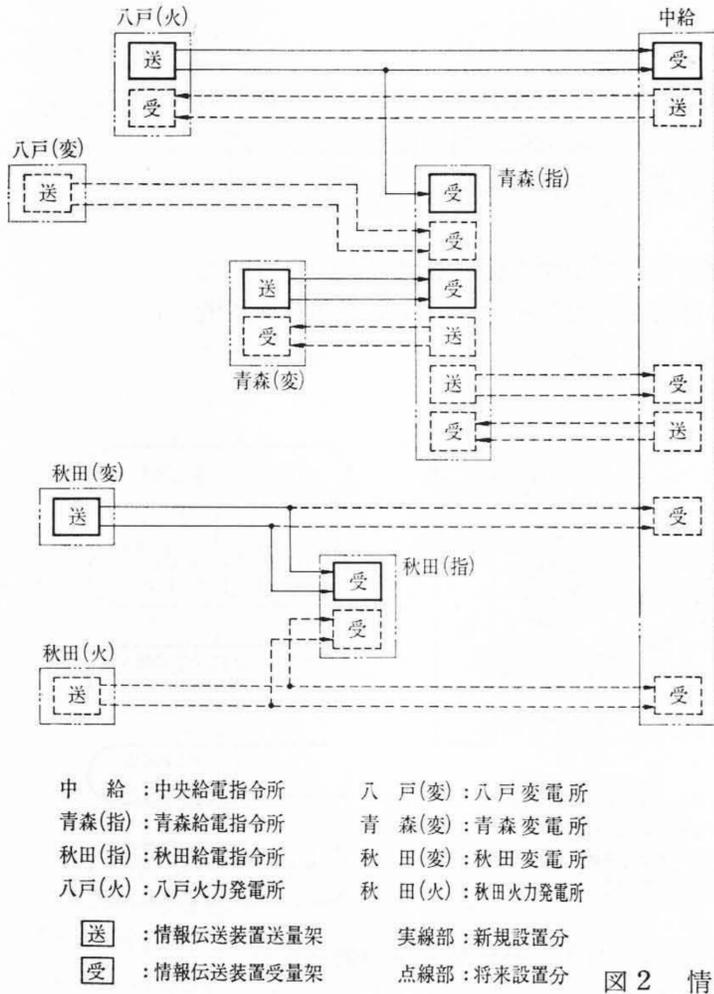


図2は東北電力株式会社の情報伝送系統の一例を示したものである。今回設置された装置は実線で示すように送量架3架と受量架4架であり, 八戸(火)より青森(指), 中給に至る系統, 青森(変)と青森(指)とを結ぶ系統, 秋田(変)と秋田(指)とを結ぶ系統の3系統を構成し, 伝送路にはマイクロ波搬送あるいは通信線搬送による1,200 ボー回線を使用し, 八戸(火)より青森(指)までの系統以外では2ルート伝送を実施している。

今回の装置により伝送される情報は表1に示すとおりである。これらの情報は, 当面は既設EDC, AFCおよび系統表示盤などに与えられているが, 近い将来, 秋田(火)から秋田(指)を経由して中給に至る系統, 青森(指)から中給への系統, 各系統の下り系統などが構成され, さらに中給において電子計算機 HITAC 7250, データ交換装置などの中央装置が設置された段階で本格的な自動給電システムの運用が開始されることになっている。

3. サイクリック・デジタル情報伝送装置

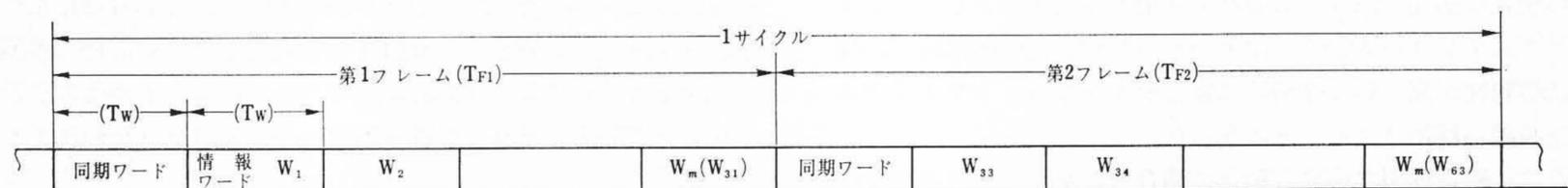
3.1 装置の方式

3.1.1 伝送方式

伝送信号のフォーマットすなわち符号構成は図3および図4に

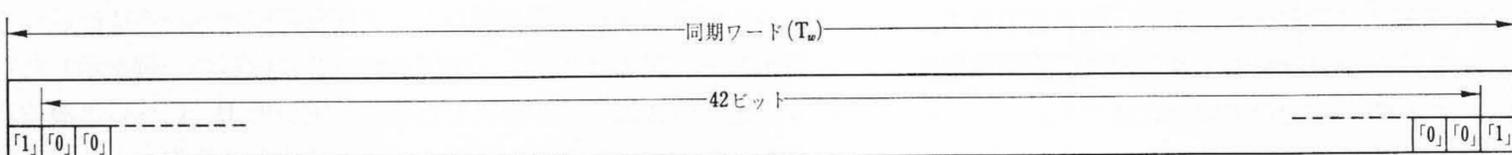
表1 伝送情報

伝送系統	伝送情報
八戸(火) → 青森(指) → 中給	発電機出力電力 × 3量
	発電機出力無効電力 × 3量
	SV (接点) 情報 × 24点
青森(変) → 青森(指)	送電線潮流電力 × 4量
	母線電圧 × 2量
	SV (接点) 情報 × 24点
	送電線潮流無効電力 × 1量
秋田(変) → 秋田(指)	主変圧器電力 × 1量
	主変圧器無効電力 × 1量
	母線電圧 × 2量
	SV (接点) 情報 × 24点
	送電線潮流電力 × 3量
	送電線潮流無効電力 × 1量

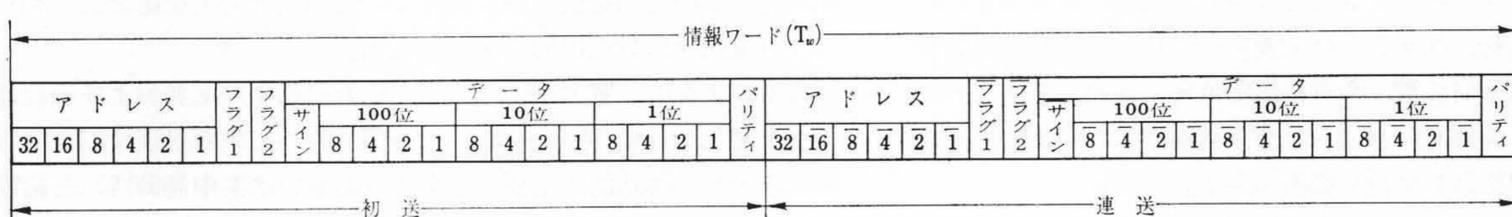


m : 情報ワード番号, m=1~31, 33~63 (半固定)
 m= 1~31 のとき : 1フレーム伝送; $T_{F1} = (1+m) \cdot T_w$
 m=33~63 のとき : 2フレーム伝送; ただし, 第2フレームは (m-32) ワード構成; $T_{F1} = 32 \cdot T_w$, $T_{F2} = (m-31) \cdot T_w$
 m=31 のとき, $T_{F1} = 7.04$ 秒 (200 ボー)
 2.35 秒 (600 ボー)
 1.17 秒 (1,200 ボー)

図3 サイクル構成とフレーム構成



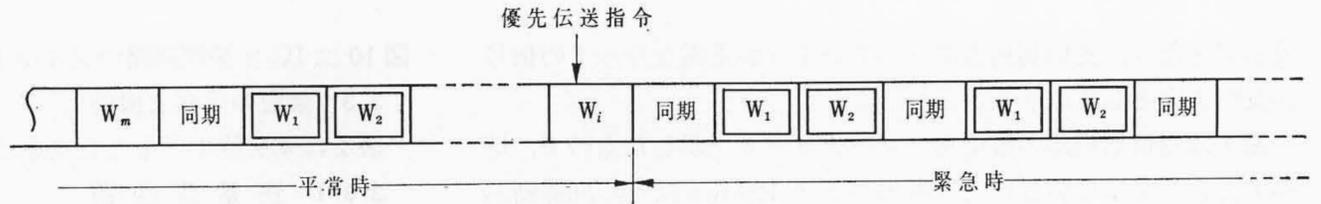
(イ) 同期ワード構成



(ロ) 情報ワード構成

$T_w = 220$ ms
 (200 ボー)
 73.3 ms
 (600 ボー)
 36.7 ms
 (1,200 ボー)
 「1」: マーク
 「0」: スペース
 パリティ: 初送奇数
 連送偶数

図4 ワード構成



- 注：1. 上図は第*i*番目ワード伝送時に優先伝送指令が与えられた場合を示す。
 2. 優先情報が2ワード(□ 内)の場合を示す。
 3. 平常時サイクルが*m*ワード($m \geq i \geq 3$)の場合を示す。

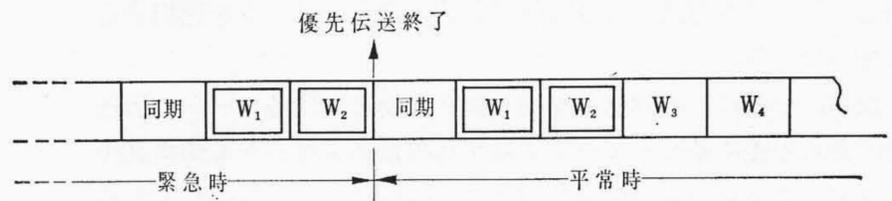


図5 フレーム短縮による優先伝送方式

示される。図3はサイクルとフレームを示したもので、1フレームにより最大31組の情報が伝送され、さらに情報が増大すれば2フレームが使用され、1サイクルにて最大62組の情報が伝送される。

フレームは同期ワードと情報ワードとで構成され、各ワードの構成は図4に示すとおりである。同期ワードはフレームごとの同期を確実にするために伝送され、一般の情報と区別できるように特殊なパタンの符号としている。また情報ワードは22ビットを単位として反転2連送される。22ビットの内訳はアドレス6ビット、フラグ2ビット、サイン1ビット、データ12ビットおよびパリティ1ビットである。このうちフラグ1は数値情報については異常データの書込禁止用、SV情報については反転試験連絡用とし、またフラグ2は後述するように緊急情報の伝送に利用している。

本装置の同期方式としてはフレーム同期方式を採用し、さらにPLO(位相制御発振器)を応用したビット同期方式⁽²⁾⁽³⁾を併用している。その結果、受信符号に許容される符号ひずみは±40~45%にも達し、きわめて安定な同期特性が得られている。

また、誤り検定方式としては情報ワードごとにパリティチェックと反転2連送照合を併用しているため、見逃し誤り率は自動給電システムにおいて必要とされる $10^{-10} \sim 10^{-12}$ 程度はじゅうぶんに確保できると考えられる。

3.1.2 緊急情報の優先伝送方式

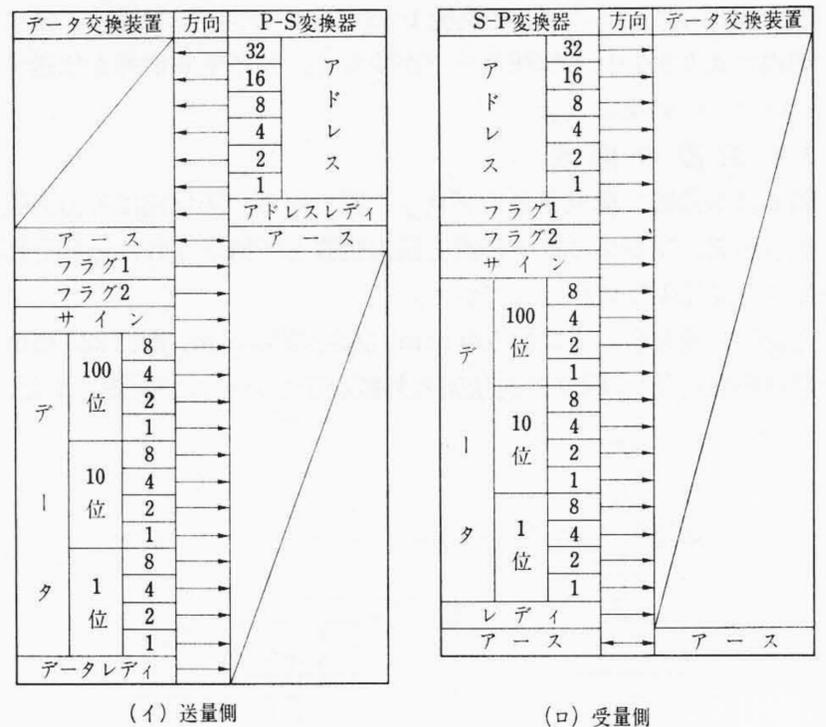
緊急情報としては図1に示したように事故発生情報、優先伝送指令および優先情報とがある。

事故発生情報と優先伝送指令とは緊急伝送を開始するための言葉ば伝送制御用情報で、それぞれ電気所あたり1ビットの情報であり、かつ、この情報の伝送時間として「サイクルオーダ」すなわち100ms程度という高速性が要求される。そこで事故発生情報および優先伝送指令はそれぞれ上り系統と下り系統のフラグ2を使用して伝送するようにした。フラグ2はすべての情報ワードに含まれるのでその伝達時間は1,200ボー伝送の場合に平均90ms程度となり、最悪でも110msである。

優先情報として扱われるSV情報についてもその伝達時間は緊急時には「サイクルオーダ」が要求されるが、平常時にはほかの情報と同等の速度で伝送してもよい。そこで図5に示すようなフレーム短縮方式により優先情報を伝送するようにした。すなわち優先情報は常時同期ワードの直後に伝送するようにしておき、緊急時に優先伝送指令が与えられるとフレームまたはサイクルを短縮して優先情報のみを短い周期で繰り返して伝送する。この場合、運用時の融通性を考慮して、優先情報数は0~6ワード、短縮フレームの繰り返し伝送回数は0~16サイクルの任意の数に設定可能としている。本方式により、優先情報が2ワードの場合、平常時のサイクル長のいかにかわらず緊急時の伝達時間は1,200ボー回線にて約120msに短縮される。

3.1.3 データ交換装置との接続方式

情報伝送系と制御用計算機とを結合するための結合装置として



(イ) 送量側

(ロ) 受量側

図6 データ交換装置とのインターフェイス

は、従来プロセス入出力装置が使用されているが、系統運用総合自動化システムにおいて中央の電算機に集中する情報量が多くなると、プロセス入出力装置および情報伝送系の入出力装置あるいは接続線が大規模になり、さらに情報量の増減に伴う増設改造が困難である。

そこで今回は結合装置としてデータ交換装置を導入することになり、これに伴って情報伝送装置はデータ交換装置との接続を可能にした。両装置間における情報の受け渡しはワードごとに並列符号の形態で共通の接続線を介して時分割的に行なわれ、並列符号のインターフェイスは図6に示すとおりである。したがって情報伝送装置とデータ交換装置とは、個々の入出力装置を介することなく、全情報に共通の接続線で結合され、そのインターフェイスは情報の種類のいかにかわらず同一であるので情報量の変更にも容易に対処できる。

3.1.4 2ルート伝送方式

2ルート伝送方式には、伝送システム全体を2重化する方式、共通部すなわち伝送路と送受両端局の共通回路までを2重化する方式あるいは伝送路と副搬送波変復調器とを2重化する方式などがあるが、前2者は経済性の観点からは必ずしも有利とは言えず、一方、伝送システムの信頼度はひとえに伝送路の特性に依存すると言っても過言ではない。したがって本装置では伝送路と変復調器を2重系として2ルート伝送を行ない、その他の回路に対しては予備プリント板を用意して万全を期している。

本装置の送量側においては常時2組の変調器を介して互いに独立な2ルートの伝送路に全く同じ信号を送出している。この場合2ルートは現用予備の区別なく同等に扱われる。受量側では2ルート伝送された信号が2組の復調器により復調されて直列パルス

表2 装置の仕様

項目	仕様	
情報伝送方式	時分割多重デジタル・サイクリック伝送方式	
伝送容量	最大 62 量	
同期方式	フレーム同期, PLOビット同期併用方式	
符号方式	サイクル構成	1フレームまたは2フレーム
	フレーム構成	最大 31 情報ワード構成 (半固定)
	情報ワード構成	44 ビット構成 (22 ビットの2連送) 22 ビットの内訳 (アドレス 6 ビット) (フラグ 2 ビット) (サイン 1 ビット) (データ 12 ビット)
	数値表現形式	2進化10進3けた (12 ビット)+サイン (1 ビット)
	符号形式	NRZ (Non Return to Zero) 等長符号
誤り検定方式	パリティチェック, 反転2連送照合併用方式	
優先伝送方式	フレーム短縮方式	
変調方式	副搬送波 FM 変調方式 変調速度 (200 ポー または 600 ポー または 1,200 ポー)	
受信符号ひずみマージン	±35% 以上	
情報伝達時間	31 情報ワードにつき 200 ポーにて 7.04 秒 1,200 ポーにて 1.17 秒	
論理回路方式	IC 化スタティック方式	
使用条件	0~40℃, 40~85% RH	

表3 入力装置の仕様

回路名称	仕様
A-D 変換器	1. 入力電圧: -5~0~+5 VDC 2. 入力インピーダンス: 1MΩ 以上 3. 出力符号: 2進化10進3けたおよびサイン (負入力で「1」) 4. 変換精度: ±0.2% ±1 LSB 5. その他: 自己精度チェック機能付
前置増幅器	1. 入力電圧: mV 直流電圧 2. 入力インピーダンス: 1MΩ 以上 3. 出力電圧: -5~0~+5 VDC (標準) 4. 精度: ±0.3% (注) mV 入力時のみ使用
SV 送信回路	1. 入力条件: 無電圧 a 接点または直流電圧 2. 出力符号: 12 ビット (1点/ビットとして 12 点を1ワードに対応させる) およびフラグ1 (反転試験連絡用) 3. 瞬間変化検出機能: オン-オフ-オン, オフ-オン-オフともに 40 ms 以上 4. その他: 反転試験機能付

の表示ランプと設定スイッチにより, 装置を停止せずにオンラインの保守点検を容易に行なえるようにしている。

3.3.2 受量側装置

受信装置は FM 復調器, S-P 変換器, 試験回路あるいは受信切換器などよりなる。受信された変調信号は復調器により直列信号に変換され, 受信切換器を経て S-P 変換器に与えられる。復調器の仕様は表4に示すとおりである。

S-P 変換器では同期制御, 誤り検定, 直並変換などが行なわれ, その出力は情報ごとに並列符号の形式で出力装置に与えられる。

試験回路は送量側とほぼ同様の機能を有し, 任意の情報について受信中のデータの監視と任意のデータの設定が可能である。

出力装置は D-A 変換器, SV 受信回路およびアドレスデコーダなどから構成される。S-P 変換器出力のうちのアドレス符号はアドレスデコーダに与えられ, その出力に従って各情報は所定の D-A 変換器あるいは SV 受信回路に分配される。表5は出力装置

表4 FM 変復調器の仕様

項目	仕様
中心周波数 および偏移幅	200 ポー: 800 Hz より 400 Hz 間隔で 2,800 Hz まで 6 CH 偏移幅 ±100 Hz 600 ポー: 1,200 Hz ±200 Hz 1,200 ポー: 1,700 Hz ±400 Hz
副搬送波 入出力条件	送受信レベル: 変調器 -18±5 dBm 復調器 -10±5 dBm インピーダンス: 600 Ω ±20%
直流入出力条件	電圧レベル: マーク -8±2 V スペース +8±2 V インピーダンス: 3.5±0.5 kΩ
許容 S/N 比	受信フィルタ出力にて 25 dB 以上
符号ひずみ	±15% 以下 (装置自体によるひずみ)
回線断検出レベル	設定受信レベルより 15 dB 低下

表5 出力装置の仕様

回路名称	仕様
D-A 変換器 (電流形)	1. 入力符号: 2進化10進3けたおよびサイン (「1」にて負出力) 2. 出力電流: -10~0~+10 mA DC 3. 負荷抵抗: 1kΩ 以下 4. 変換精度: ±0.3% 5. 接地方式: 非接地, 相互絶縁
SV 受信回路	1. 入力符号: 12 ビット (1点1ビット) およびフラグ1 (反転試験連絡用) 2. 出力条件: 表示用接点 (2灯表示用) 中継用接点 (フリッカレス) 各1組1点

の仕様を示したものである。

なお, D-A 変換器は通常複数組使用されるが, それぞれの負荷の片端が別々に接地されていると関連するアナログ装置間に多点接地が生じて循環電流が流れ, このため誤差が増大する恐れがある。それゆえ, 本装置の D-A 変換器では出力回路を非接地絶縁式とし, アナログ要素ごとの1点接地を可能にしている。

4. 結 言

以上, 東北電力株式会社において自動給電システム用として採用されたサイクリック・デジタル情報伝送装置の概要について述べた。

本装置は昭和45年3月より中央給電指令所など7個所に納入され, 好調に運転中である。東北電力株式会社では, 現在, 電力系統総合自動化ビジョンの上に立って, 二次系統, 集中制御所と協調のとれた, 一次系を主体とする給電運用の総合自動化を推進中であり, 本装置はこれら自動化システムの主要情報伝送系に広く適用される予定である。

本装置の開発により, 系統運用に必要な大量, 多目的な情報の高速, 高信頼度かつ高効率な伝送が可能となり, さらに, 情報伝送装置と電子計算機との有機的な結合をも容易にし, 系統の自動操作も考慮したより高度な自動給電システムの構成が可能となった。

なお今後, 中央給電指令所, 地方給電指令所あるいはそのほかの電気所の相互間においてメッセージ情報の伝送が必要となるが, 本装置を使用してその伝送を行ない, いっそう, 情報伝送の効率化を図ることになっている。

終わりに臨み, 本装置の開発に際して多大のご協力をいただいた関係各位に深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) 電気学会通信専門委員会: 電気学会技術報告 (I部) 第91号 (昭44-8)
- (2) 岩田, 小林: 日立評論 51, 811 (昭44-9)
- (3) 谷中, 中野, 小林: 日立評論 52, 205 (昭45-3)