

東京急行電鉄株式会社

自由ヶ丘交換所電子交換装置の加入者交換機LSについて

Subscriber Switchboard LS of the Electronic Telephone Exchange
for Tokyo Electric Express Railway, Ltd's Jiyūgaoka Station

横田善介* 行友真一*
Zensuke Yokota Shin'ichi Yukitomo
堀芳顕* 蔦宗泰孝*
Yoshiaki Hori Hirotaka Tsutamune

内 容 梗 概

HITEX-3 システムのローカルステージに用いた交換機は PEF 20 号 A 電子交換機と称し、通話路にウェスタン形クロスバスイッチを用い、共通制御部分をダイオード 15,000 本、トランジスタ 2,400 本を用いて構成した容量 640 回線の加入者交換機である。

本機は半導体論理素子のもつ性能を回路的に発揮させるための論理設計技術の確立と、ON-LINE の条件下で使用するために必要な素子上の問題および回路的、方式的な問題について実用を通じて検討する目的で設計、製作された。

本文は、本機の概要と設計、製作、運用を通じて得られた経験について述べたものである。

1. 緒 言

PEF20号A電子交換機(HITEX-3 LS)は、日立のPBX用PC2形クロスバ交換機⁽¹⁾とほぼ同一の性能をもち、2段接続完全共通制御方式による容量640回線の交換機である。フレーム構成は収容回線数や、回線当たりの呼量の変動に応じて、その規模を容易に変更でき、最大約2,800 HCS程度の処理能力をもつ。

またナンバグループをもち番号付与には自由度がある。各装置は機能単位が購入単位となるよう設計され、増設のときの便利および局状による自由度が広くとれることなど前記クロスバ交換機の特長をそのまま受けつぎ、共通制御回路をトランジスタを用いた電子回路で構成したものである。

共通制御装置に用いた半導体素子は、近年急速に開発され、多くの論理素子のうちで、現在の段階で、交換機が要求する安全度、寿命その他の条件を満たし、実用の可能性があるものの一つである。ここに着目して基礎研究を重ねてきたが、素子上および回路上十分なものを作り得たので、実用交換機に採用した。

半導体論理素子はスイッチ速度がきわめて速く、電力消費、寿命の点ですぐれている。回路構成上、この性質を十分発揮させて素子の経済化をはかるために、時分割多重使用が望ましい。これに伴い論理設計上新方式を、加入者識別、トランク選択、識別、制御機能などに採用した。また共通多重化と障害の問題は不可分であり、障害時でも交換動作全体には支障ないようにするための考慮をほらい、万全を期すと同時に、障害の程度と内容を表示する遠方表示盤を備えている。また電子回路に必要な各種低電圧を、大電力トランジスタを用いたDC-DC変換器でDC48Vから発生させ、小形軽量の無停電電源とした。

2. 設 計 方 針

実用交換機であるから安定に動作することが必要である。設計に当たってはまずこの点に重点をおいた。

(1) 電子回路に使用する半導体素子の品種は十分検討しつくされた汎用品の中から選び、種別は通信機用を使用することにした。概要を第1表に示す。

(2) 論理はすべてダイオードゲートで行ない、時間規制、増幅

* 日立製作所戸塚工場

第1表 使用した半導体素子

	品 名	使 用 数	主 な 用 途
ダイオード	1N34A	15,000	アンドおよびオアゲート クランプおよびトリガ回路
トランジスタ	2SA15	2,000	フリップフロップ、インバータ
	2SA18	100	クロック発生回路
	2SB77	300	継電器駆動回路
	2SB83	3	電源回路

にトランジスタ式フリップフロップ回路を採用した。さほど論理速度を上げる必要はないので、クロック速度を20kcとし、トランジスタは飽和させて使用することにし、 $I_{co}+1,000\%$ 、増幅率 $\beta-75\%$ また、論理用ダイオードは順方向抵抗 $+3,000\%$ 逆方向 $+100\%$ まで安全に動作するようにした。

(3) 共通制御装置は2台の独立同時運転とし、電子的切替装置を設けて選択閉塞を行なわせる。切替単位であるブロックの大きさは信頼性を考慮して定める。

(4) 増設や呼量の変動に容易に応じられること。

(5) 自局内番号付与には完全な自由度があること。

(6) DC-DC変換器を使用して直流48Vから無停電電源を得、障害の場合、自動的にエリミネータ電源に切り替える。

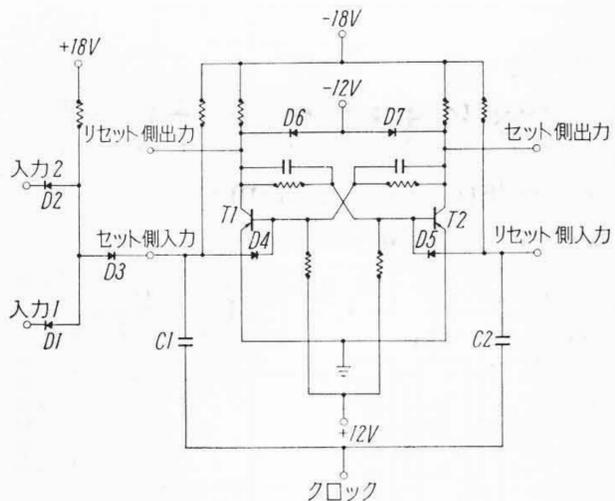
DC-DC変換器は、出力変動 $\pm 30\%$ まで許容し、小形化する。

(7) 大略次の容量を持つ。

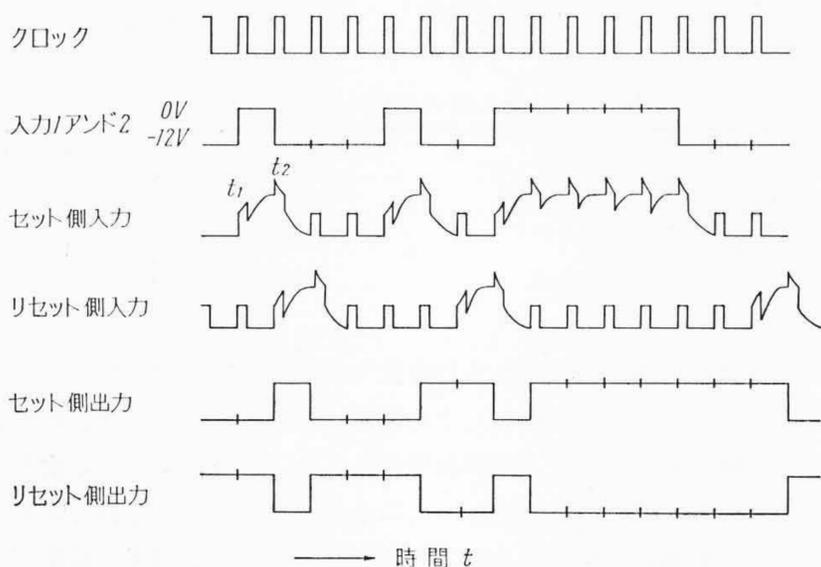
加入者容量	200/640	
マ	2	（ライン識別、マーカ、トランク識別各装置を含む。）
カ	6	
レジスタ	6	} 最大 120
自局内トランク	16	
ステージ間出トランク	14	
ステージ間入トランク	14	
ハウラトランク	1	
特殊トランク	1	
空番号トランク	1	
トーキートランク	5	(代表加入者扱)

3. 主 論 理 素 子

本交換機設計時にその時まで得られた資料および基礎実験結果から、最も安全確実と考えられた同期式スタティック・フリップ



第1図 同期式スタティック・フリップフロップ回路図



第2図 同期式スタティック・フリップフロップ動作図

ロップ回路を採用した。

フリップフロップの動作原理

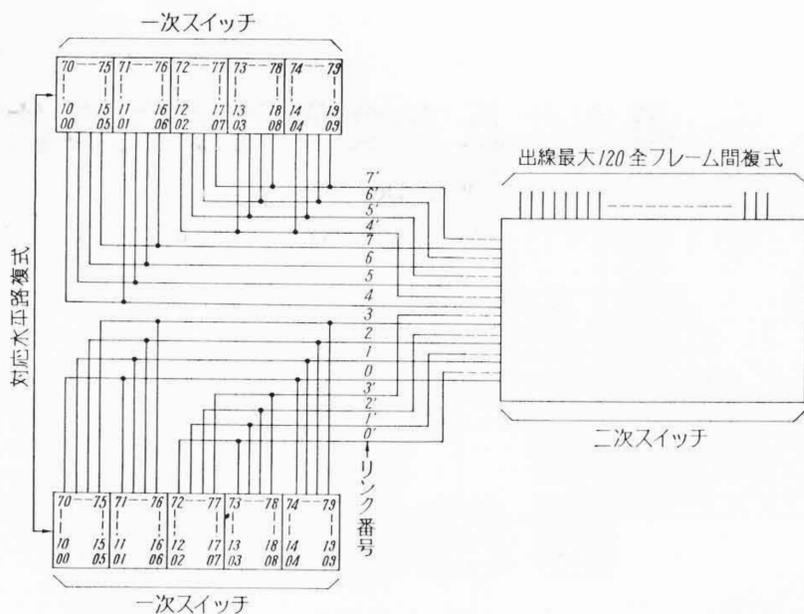
同期式スタティック・フリップフロップを第1図に示す。入力1と入力2とは、アンドゲートを構成してそこへは信号“1”に対応して0V、信号“0”に対応して-12Vが与えられる。今入力1および2から“1”信号が与えられると、+18Vから電流が流れ込んでコンデンサC1を充電する。この波形は第2図のセット側入力ようになる。1クロック期間中($t_1 < t < t_2$)にコンデンサC1は十分に充電するから次のクロックパルスでトランジスタT1のベース電圧が正方向に上げられT1はカットオフして、フリップフロップは反転する。セット側およびリセット側入力のいずれにも入力がない場合には、フリップフロップは前の状態をそのまま持続している。リセット側に入力が与えられると1クロック後、すなわち次のクロックでフリップフロップは反転し、もとの状態になる。

したがって論理はフリップフロップの中継を受けるごとに1クロックずつ遅れて完全に時間規制を受けながら進行する。このような素子は、論理回路を構成するのに比較的容易であり、大規模な回路を構成するに適しているといえる。出力分岐が多い時は、増幅器(時間遅れは生じない)を使用した。

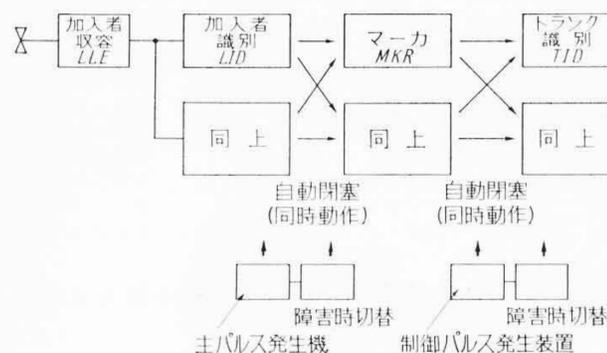
4. 方式概要

4.1 構成

加入者80回線を単位として1フレームとし、最大8フレーム実装できる。收容回線はフレーム単位の増減によって、容易に変更することができ、フレーム当たりの呼量変動には、フレーム当たりの收容数を変えることによって応ずることができる。第3図にフレームの構成を図示する。クロスバススイッチ2段接続で、6線式ウエスタ



第3図 PEF20号A電子交換機フレーム構成図



第4図 共通制御閉塞単位構成図

ン形クロスバススイッチをラインスイッチに80回線当たり2個使用し、トランクスイッチには、最大6個使用し、最大120トランクまでの間で、任意に選べる。

ライン側は水平路、トランク側は垂直路收容にし、16本のジャンクタで、ラインスイッチとトランクスイッチを結合した。スイッチの制御部分のうち番号翻訳回路および直接スイッチを駆動する部分を除いて電子化した。

4.2 障害に対する考慮

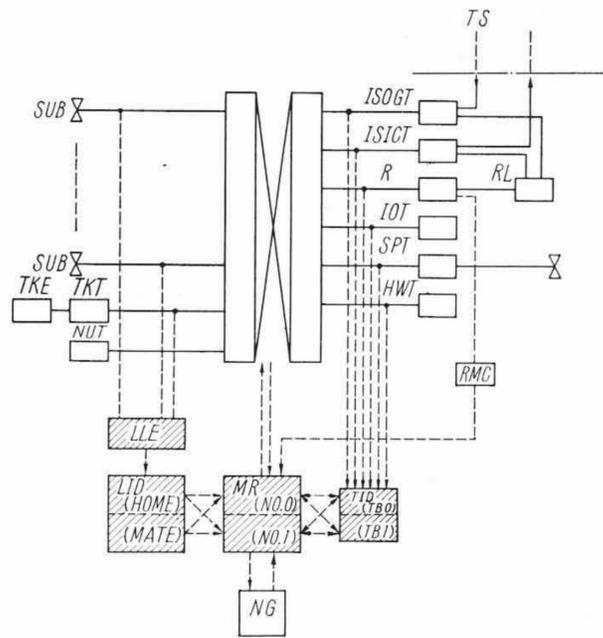
障害および保守点検のため、制御回路を第4図に示すようにいくつかの回路ブロックに分け、同一機能をもつ回路ブロックを二組ずつ設け、それらを電子回路による自動閉塞回路で結合し、任意の組み合わせで、二つの動作が同時に行なわれるようにした。平常は二つの接続動作が同時に独立に行なわれている。ある回路ブロックが障害になると、その回路ブロックは動作ラインからははずされるが、他の1台で、接続は支障なく行なわれ、その間に障害のあるブロックを修理することができる。

制御装置はライン識別ユニット(LID)、マーカ(M)、トランク識別ユニット(TID)から構成され、ライン識別ユニットは、全回線を取り扱い得る能力をもつものが2台、トランク識別ユニットは、60トランクを收容できる装置2台からなっている。

4.3 接続動作

第5図にPEF20号A電子交換機の中継方式の概略を図示する(電子回路はハッチングの部分)。

加入者が受話器を上げると発呼表示がライン收容装置LLEに与えられる。LLEは電子装置で加入者の状態を時間的に直列に読みだして、ライン識別ユニットLIDに与える。LIDは、多くの発呼加入者のうちから唯一人を選出してその信号をマーカMに与える。マーカはトランク識別ユニットTIDを起動しこれと共同でダイヤル音接続の場合はあきレジスタRを選択し、加入者からクロスバススイッチを経てレジスタに至るあき接続路を捜して接続を完成する。接続



- | | | | |
|-------|------------|-------|-------------|
| — | 通 話 線 | | 制 御 線 |
| SUB | 加入者電話機 | LUT | 空番号トランク |
| ISOGT | ステージ間出トランク | RL | レジスタリンク |
| ISICT | ステージ間入トランク | LLE | ライン収容装置 |
| R | レジスタ | LID | ライン識別ユニット |
| IOT | 自局内トランク | M | 共通制御装置(マーカ) |
| SPT | 特殊トランク | TID | トランク識別ユニット |
| HWT | ハウラトランク | NG | ナンバグループ |
| TKE | トーキー装置 | RMC | レジスタマーカコネクタ |
| TKT | トーキートランク | | |

第 5 図 PE F20号 A 電子交換機中継方式図

の完成をチェックした後、LID, M, TID は復旧しレジスタおよび通話路はそのまま残り、レジスタから加入者にダイヤル音が送られる。これと同時にレジスタリンクを経て ISICT からトールステージへ接続され、トールレジスタにも同時に接続される。

第 1 数字計数後自局内呼であれば、トールステージが切りはなされ、全 4 数字がレジスタに計数蓄積される。するとレジスタは RMC を経て再びマーカを起動し、マーカはナンバグループ NG によってダイヤルされた番号を被呼者収容位置に翻訳し、被呼者の空塞を試験した後自局内トランクを選択して、接続を行なう。

まず、自局内トランク—通話路スイッチ—被呼加入者間の接続を行ない、次に、発呼加入者—通話路スイッチ—レジスタの経路をそのまま自局内トランクに接続替えをしてレジスタを切りはなし、自局内接続を完成する。

このほか、特別に 3 数字のダイヤルですむ特殊番号接続、あらかじめ行なわれた録音を、ダイヤルするだけでいつでも聞けるトーキートランク接続、受話器はずしを長く続けると送られる警告、すなわちハウラトランク接続などの動作を行なうが、機能は、ほぼ PC 2 形クロスバ交換機と同一である。

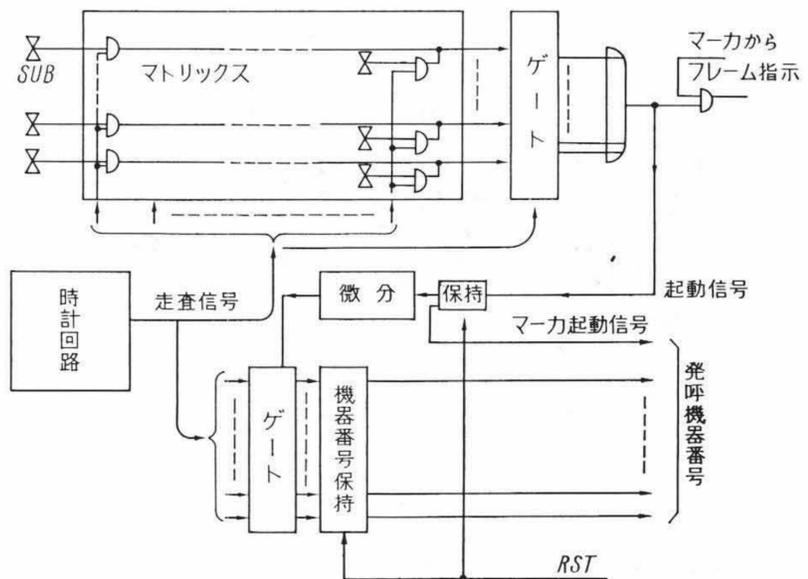
5. 制 御 回 路

この程度の小形交換機では高速動作の必要性はあまりないので、前述のように安定度を重視して、論理速度をクロック 20 kc とし、極力少ない基本回路、すなわち、ダイオードゲート、同期式スタティック・フリップフロップ、増幅器、継電器、変換器の 5 種の組み合わせで、すべての論理回路を構成し、単純化と、保守の容易性をねらった。

5.1 ライン収容装置、ライン識別ユニット (LLE, LID)

電話加入者が、受話器を上げた場合、共通制御装置はこれを検出して、必要な処置をとる必要があり、また着信すべき加入者の話中を検出する必要がある。第 6 図は本交換機に使用した走査方式によって検出を行なう回路である。

時計回路は加入者を時間的に走査するための時間パルスを生ず



第 6 図 走査法によるライン識別回路

第 2 表 加入者の状態を表わすコード

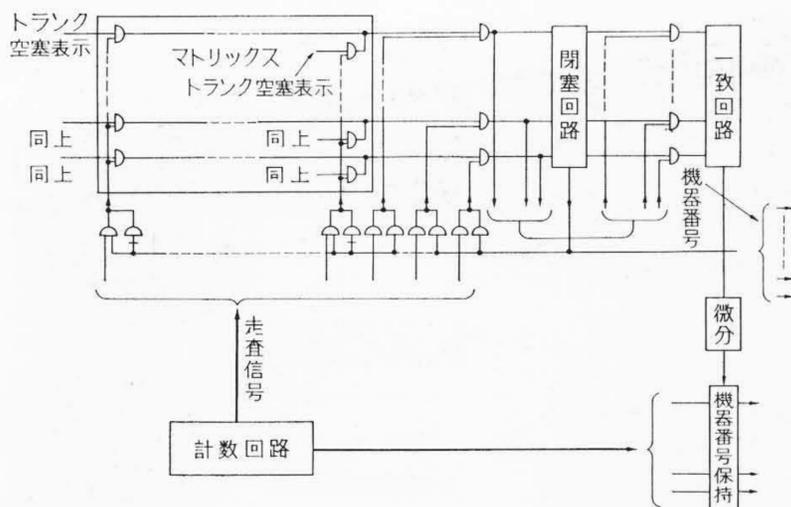
	あ	き	発	呼	通	話	ロックアウト中
L	0		1		1		0
CO	0		0		1		1

る。電話加入者の状態をあらわす信号を受ける 2 入力アンドゲートをマトリックス状に配列し、その縦軸にそって一つの入力を結びあわせ、縦の群に対応する時間信号を与える。さらにゲートの出力を横軸にそって結びあわせると、ここからは縦軸の走査された時刻に対応して縦軸群が順次読み出される。ここでゲート回路を縦軸群内の時間を横軸群に対応して細分するような時間パルスで切りわけると「起動信号」線上には、加入者の状態が順次読み出される。最初に到来した信号を保持して、マーカを起動する一方微分回路をへた信号で時計回路がその時刻に出す信号をゲートし、その状態を機器番号保持回路に記憶させる。時刻を記憶することは、その時刻に走査されていた加入者番号を記憶したことである。そこでこのコードを発呼加入者番号としてマーカに送出するのである。加入者の状態を示すコードは、第 2 表のように L と CO の組み合わせで示される。したがって、マトリックスは、L および CO に対応するものを、フレーム単位として設けてある。

発呼検出だけでなく、この装置を使ってマーカは加入者試験も行なう。その際は、着信するフレームにマーカからゲート信号を送り、そのフレームに対するマトリックスから走査信号を受け入れて試験し、走査時間を短縮してある。

5.2 トランク識別ユニット (TID)

被識別信号をマトリックス状に配列し、縦軸、横軸にそっての結線は加入者走査方式の場合と同様であるが、識別に要する時間を短縮する目的で群ごとに走査する点が違っている。最初閉塞回路に信号の記憶がないときはマトリックスの縦軸に、全部同時に信号が与えられ、全被識別信号が横軸にあらわれる。ここで横軸に対応する群を時間パルスを用いて走査し、信号の得られた横軸群の番号一つを閉塞回路に記憶し、その信号を一致回路に与える。次にマトリックスの縦軸をいっせいにゲートしていた信号をとめる。するとマトリックスの縦軸は時間パルスで走査されるようになる。横軸からは縦軸群ごとに被識別信号が読み出されるが、前に閉塞回路が定めた横軸群に属する所望の被識別信号を含んだ縦軸群が走査されたとき一致回路から出力が得られる。この時刻の時計回路の状態を機器番号保持回路に記憶すれば、縦軸群が定まる。閉塞回路の記憶している横軸群と合わせて識別は終了する。所要時間は



第7図 ト ラ ン ク 識 別 回 路

$$\text{走査方式の所要時間} \times \frac{m+n}{mn}$$

m = 縦軸群の数

n = 横軸群の数

mn = 全被識別信号数 $m, n \geq 2$

となる。群の数が多ければ $m+n/mn$ は1より小さくなり所要時間は走査方式に比して短縮される。使用素子数は走査方式に比べそれほど多くない。

5.3 マーカ (M)

マーカは CF8 クロスバ架1架に2台実装し、ライン選択、レジスタ、トランク選択、レジスタに情報転送あるいは受入、被呼加入者番号転送あるいは受入、ナンバグループを用いて被呼者番号翻訳、被呼者話中試験、ジャンクタ選択などを行なってクロスバスイッチを制御する。この2台は先に述べたように、同時に二つの呼を独立に処理 (2 at a time operation) するよう設計され、電子回路の併列動作の実験を行なうとともに障害に対しての安全性が考慮されている。

ライン選択

発呼加入者が受話器を上げるとライン識別ユニットから2台のマーカに同時に起動がかかるが、マーカに閉塞回路を設けておいて、どちらのマーカが動作するかを決定する。閉塞回路は着信接続側からの要求を同時に閉塞する機能を持つ呼を扱うことにきまったマーカでは、発呼加入者の表示をライン識別ユニットから受けとり、これでライン選択機能は終了する。

トランク選択

マーカは、起動された時に接続種別 (ダイヤル音接続、自局内接続、出入接続、空番号接続、ハウラ接続) を受ける。この信号のうちどれであるかをトランク識別ユニットに送る。その信号によってトランク選択に当たって、該当する種別に属するすべてのあきトランクから、必要なものを選択する。すべてのトランクはトランクブロック (2群)、トランクグループ (6群)、トランクプレファレンス (10群) 計3群のナンバで分類されている。

マーカは選択に先立ち、トランクブロックのうちのいずれを使用するかをあらかじめ決定してトランク識別ユニットを起動するが、たまたますでにそのブロックが他のマーカによって使用されていると 6.5~13 ms 後に、他のトランクブロックに切り替える。トランクブロックは指定によって定まるが、トランクグループ選択は、トランク選択のところで述べた順序によって動作し決定される。

トランクプレファレンスの選択はマーカ回路で時刻を記憶することで行なわれる。マーカがあらかじめ指定したトランクブロッ

クの中に、所望するあきトランクがない場合も考えられる。そのときはやはり 6.5~13 ms 経過してからトランクブロックを切り替えさらに 6.5~13 ms 経過して切り替え後のトランクブロックにもあきトランクがなければ全話中と判定する。

ジャンクタ選択

1フレームには16本のジャンクタが含まれる。これを8本ずつ二つのジャンクタグループに分け、さらに各ジャンクタグループの8本をジャンクタプレファレンス、0, 1, 2, …, 7に分割する。第3図に示すように発呼加入者が決定すると、その加入者から接続し得るジャンクタグループは定まる。マーカ内に加入者コードからジャンクタグループに変換する翻訳回路を持つ。ジャンクタグループが決定するとコネクタ継電器が動作して決定されたジャンクタグループに属する8本のジャンクタをマーカに引き込む。

マーカ内では電子回路にて構成されるジャンクタプレファレンス選択回路に8本のリードを接続し、このうちからあきを表示するもの一つを選出する。

被呼者話中試験

被呼者の空塞をマーカで知るためには、いろいろな方式がある。本装置では、調べようとする電話加入者を時分割的に走査して、空塞を調べる方式を用いている。

加入者に時刻を割当てて空塞に対応する信号を時間的に1本の導体上に読み出す。調べようとする加入者に対応する時刻にライン識別ユニットから送られて来るこの信号を読み取ればあきか話中かを判定することができる。

接続動作

接続に必要な情報を集めたうえでマーカは接続に必要な指示をスイッチに与える。電子回路で得られた結果に従って継電器を動作させ、スイッチを駆動する。電子回路から継電器回路へ信号を転送する場合の変換器にはトランジスタ増幅器を用いて、リードリレーを駆動し、その接点によってワイヤスプリングリレーを駆動する。接続ができたことにより、マーカは各種の試験を行なう。

- (1) トランク側クロスバスイッチ (2次スイッチ) 保持継電器動作確認
- (2) ライン側クロスバスイッチ (1次スイッチ) 保持電磁石動作確認
- (3) クロスバスイッチの接点が閉じたことの確認

その他レジスタ、トランクなどの動作が、すべて正常に行なわれているとの確認を行ない復旧する。

6. 電源装置

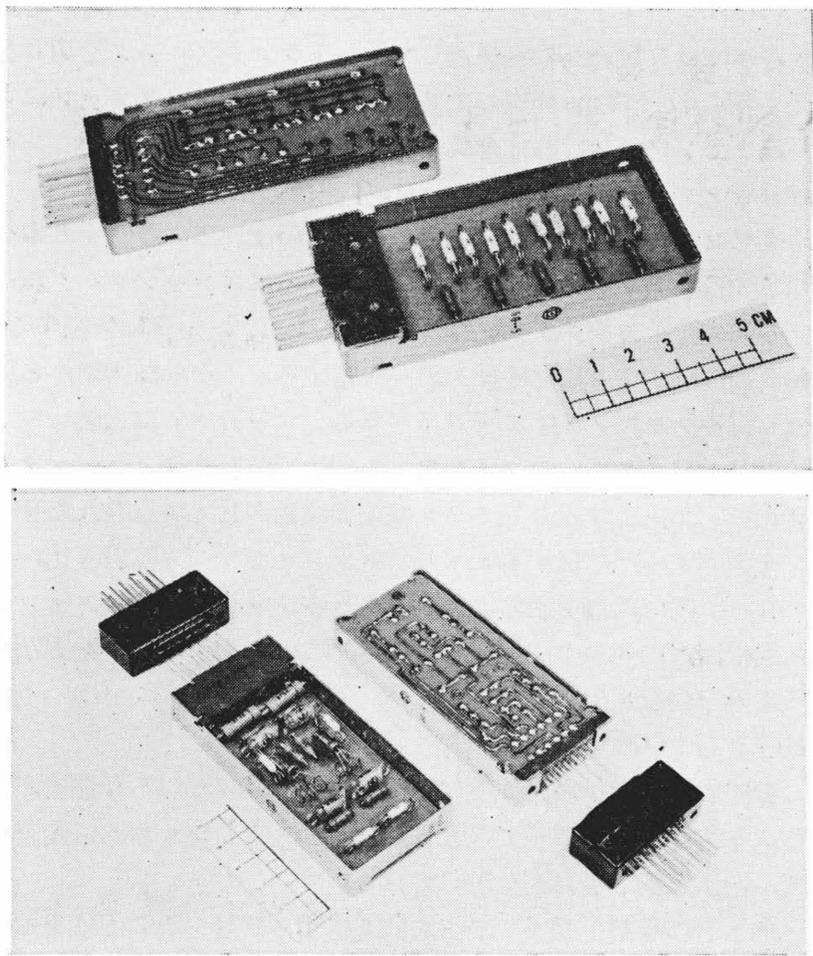
トランジスタDC-DC変換器を用いて継電器回路に必要な DC 48V から無停電電源を得ている。変換器に苛酷な要求をすると、容積、重量が増大するので、仕様をゆるめ、きわめて単純な回路で小形大電力化し、一方電子回路は ±30% 以上の変動に対して十分余裕度のある設計とした。DC-DC変換器1台はクロスバ架に実装できる 150×150×900 mm の大きさで、各種の電圧 (+18 V, +2 V, -6 V, -12 V) を持ち、合計約 200 W の出力を出す。本装置では、余裕をとり常用に4台使用した。

常に出力電圧を監視し、障害の場合は、自動的に予備電源 (エリミネータ) に切り替える。

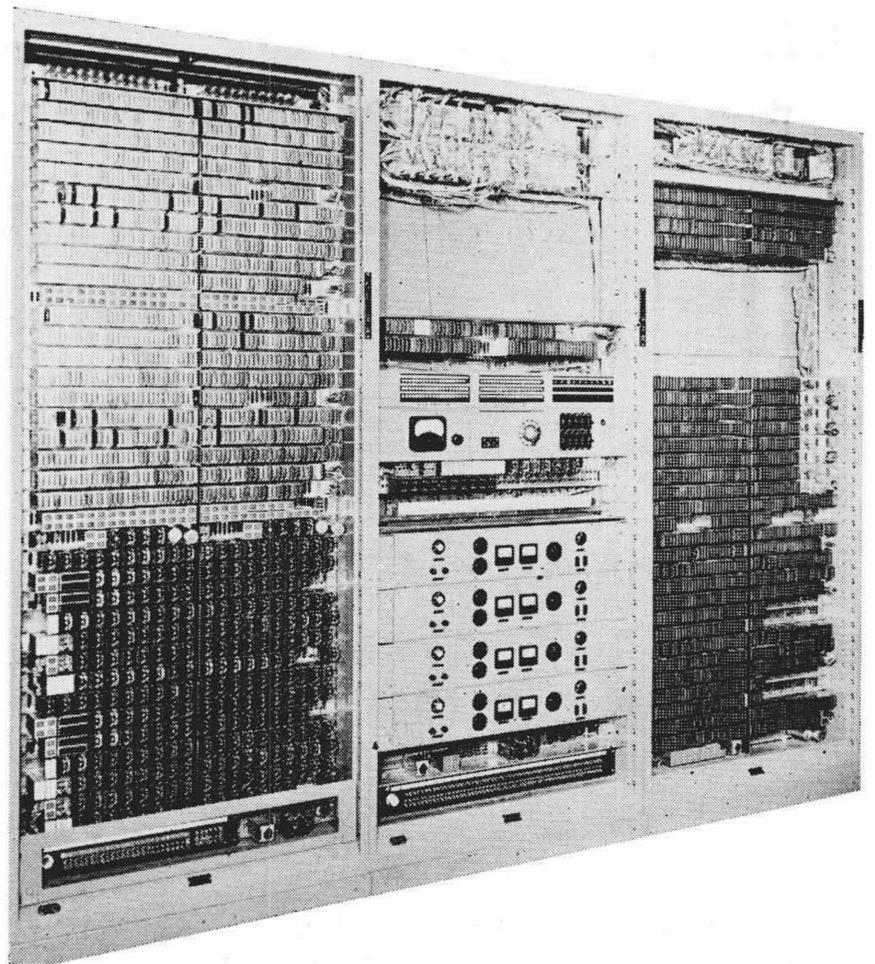
7. 実装、外觀

クロスバ機器と共存するため、電子部品はすべて第8図に示すように ER-1 形電子ユニットとしクロスバ架およびクロスバ鉄板に取り付け可能なように考慮し設計した。

電子式共通制御装置は電源も含めて第9図に示すように3架に収



第 8 図 ER-1 形 電 子 ユ ニ ッ ト



左からマーカ架，付帯装置架，マーカ起動架

第 9 図 共 通 制 御 装 置 (3 架)

めた。

共通制御装置 (3架)

- ライン識別ユニット (フレーム対応部分×8, 共通部分×2) トランク識別ユニット, 制御パルス発生装置 (×2) を実装し, マーカに接続判断させるに必要な情報をととのえる。
- マーカ電子部分 (×2) マーカ継電器部分 (×2) を実装し, マーカ起動架から受けた情報により, 接続に必要な判断を行ない継電器を中継してクロスバスイッチを動作させる。またナンバグループを制御するための継電器群を持つ。
- 電子ユニットに電源を供給するための DC-DC 変換器とトランク試験装置, 統計用度数計, 各種監視ランプ, 電けんなどを実装し, 装置の動作を総合的に監視できるようにしてある。

このほかスイッチ架, トランク架, レジスタ架, ナンバグループ架から構成される。

8. 運 転 状 況

1961年10月29日開局, サービスに入り以後無事故で24時間運転を続けている。初期実装加入者数200で呼数は異常に多い開局日をのぞいてレジスタ呼5,000, 自局内呼1,700, 出接続呼1,100, 入接続呼900で安定しており満足な結果が得られている。

9. 結 言

HITEX-3 システムのローカルステージとして, 開局してまもないが, 運転状況は十分満足できるものであり半導体素子による実用交換機の可能性を実証することができた。

実用に伴う問題点を認識することができ, 幾多の経験を得ることができたのは幸いであった。

さらに今後, 特に

- (1) 長年月にわたる信頼度の検討
- (2) 中継, 制御方式の検討
- (3) 障害記録検出方法
- (4) 雑音による誤動作に対するより安定経済的な補償方法などの問題をさらに一段と研究して行きたい。

本交換機の実用に関して終始ご協力を賜った東京急行電鉄株式会社および日立製作所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) 中村, 山下, 成沢, 塚田: 日立評論第42巻第7号