

電子交換機

大阪大学工学部 喜田村善一

は し が き

電子交換機は従来の電磁機械的な自動電話交換機の機構部分をすべて電子化し、これにより装置の小型、軽量化、接続の迅速化をはかるとともに、経済的な電話交換施設を得ようとするのが目的である。この電子交換機の考えは昭和14年わが国において提唱せられたものであるが、戦時中ならびに戦後の混乱によりその研究は中絶状態にあつたのを、昭和25年来われわれの研究室においていち早くとり上げ、はじめに冷陰極放電管を、次いでトランジスタを用いて一応の成果をおさめた。ここでは主としてわれわれの行つた研究について述べることにする。

1. 電話交換の発達と電子交換への必然性

A.G. Bell によつて電話が発明されてから2年後の1878年米国 New Haven において電話の交換が実施され、これによつて電話事業は急速な普及発達をみるに至つた。当時は交換手の接続に頼る手動交換方式であつたが、1889年 A. B. Strowger によつて段々式の自動電話交換機が考案されて以来、次第に交換の機械化、自動化が進み、現在全世界90,278,300個の電話機中その82.2%までが自動化の勢いにある。その間自動交換方式にも種種の改良が加えられ、最近のクロスバ方式はその一つの頂点を形づくるものといえよう。これら市内電話機械の新增設に投ぜられる金額は、わが国の例をとれば自動改式および分局開始のみで年間150億円に達し、これに局舎費の45億円その他を加えれば莫大なものがあることが察せられる。

上に述べた段々式とクロスバ式はその接続制御方法において根本的な相異がある。すなわち前者は各段個々のスイッチが完全に独立したスイッチであつて、通話路の作成と選択制御の機能をあわせ有しているに対し、後者は通話のとおる部分はクロスバスイッチに受けもたせ、この動作を制御する部分はこれを切離し、いわゆるマーカにとりまとめ、各呼が共通に使用することにしてい

る。これにより段々式の選択機構が通話時間中も無為に束縛されている無駄を省き、設備を全体として経済的なものにしようとするもので、これを共通制御方式といい、特に大容量の交換機に適している。

これら機械的電話交換機に近年急激な進歩をみたエレクトロニクスの技術を取り入れようとするものが電子交換機である。すなわち機械的な動作に依存する継電器やスイッチの代りに、真空管、放電管、パラメトロン、トランジスタなどの電子装置を用い、これらの有する特徴を極度に発揮させ、電話交換の高効率安定化、経済化をはかろうとするものである。

電子装置のもつ特徴としてまずその動作の高速性があげられる。これにより交換（選択）時間の短縮も考えられるが、むしろ共通制御方式の制御部の瞬時的動作により、マーカの所要数を減少し得ることが重要で、これが電子交換第一のねらいである。

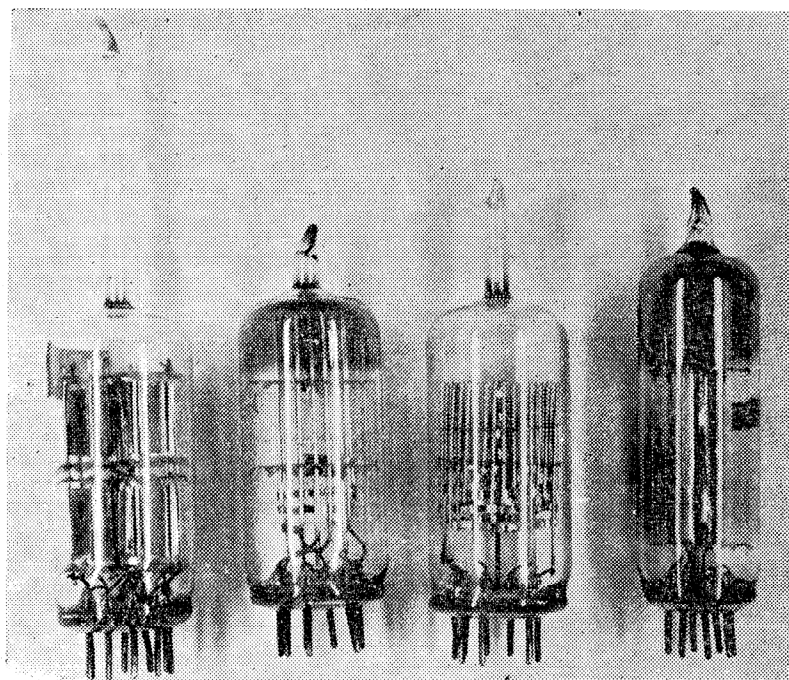
電子装置の第二の特徴は、一般に小型軽量であり消費電力の少いことである。現在の電話局舎や電源設備が膨大であることをみれば、電子交換の採用により得られる利点は自明であろう。さらに機械的動作によらず静的動作による電子装置は、故障は少く保守も容易で、寿命もパラメトロンや半導体を用いれば半永久的と考えられる。

現在すでに機械的交換機があまねく行き渡り、その更新は一朝一夕には困難であろうが、将来電話交換機は電子化される運命にあることは明らかである。交換機と同じく計数型の機器である計算機が、手動交換にも対応すべきそろばんや手廻し計算機はさておき、自動計算機が継電器式などから直ちに電子式に移行したのと思ひあわせてもその大勢はうかがえるのではなからうか。

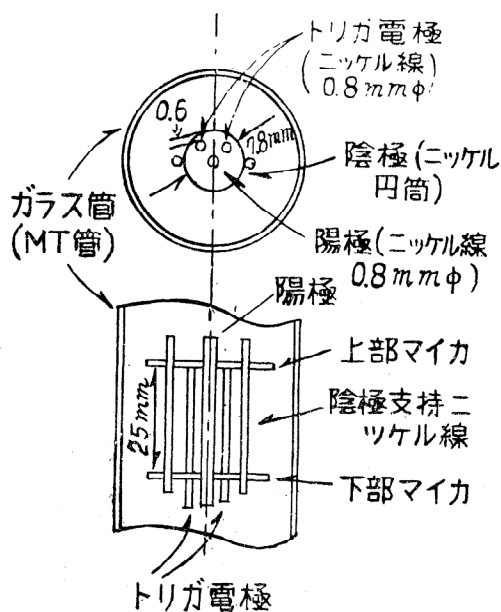
2. 通話路開閉装置

上述のことから察せられるように、電子交換としては制御部の電子化が第一で、通話路の方は機械的接点を残しておいても一応その目的を達成できる。これが半電子式とよばれるものであつて、現在電々公社通信研究所、日本電気、日立などで試作されているものはこれに属する。しかし半電子式によればやはり制御部の動作速度が制約せられ、またこの間のむすびつきにも難点があるの

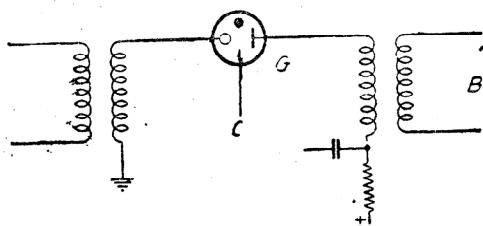
で、われわれは当初から全電子式の方法をとることとした。



第1図 試作放電管のいろいろ

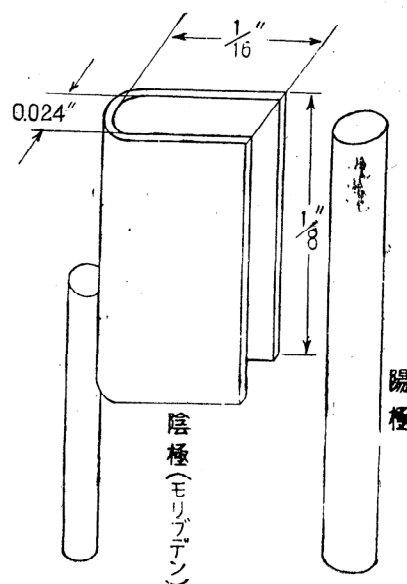


第2図 試作リレー放電管の構造



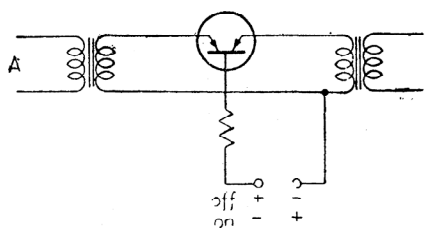
第3図 放電管による通話路

一般に通話路に用いる電子装置に対し要求される事項は、on, off (開閉) の特性が良好で、これを流れる通話電流に対する双方向の損失や雑音、歪ができるだけ少く、さらに一たん動作すれば通話中はその状態を保持するいわゆる自己保持いかえれば蓄積機能をもっていることが望ましい。冷陰極放電管は大体これらの条件を満足し、通話路に有効に使用し得るが、在来のは形状も大きくまた発振現象にもとづく雑音が甚しかつたので、われわれはその改良を試み小型安定な球を得ることに成功した。第1図(1)および第2図に試作した放電管を示す。これを第3図のように通話路に挿入、トリガ電極に加えるパルスにより放電管を導通状態に導く。機械的接点の場合と異なり、この on の場合も若干の抵抗をもつが、通話損失は放電電流 20mA のとき 1~2 db 程度で実用上あまり問題でない。なお米国で発表された第4図の凹み陰極をもつ放電管はむしろ負抵抗を示し通話路用として有望である。ただし寿命の点になお問題が残されている。

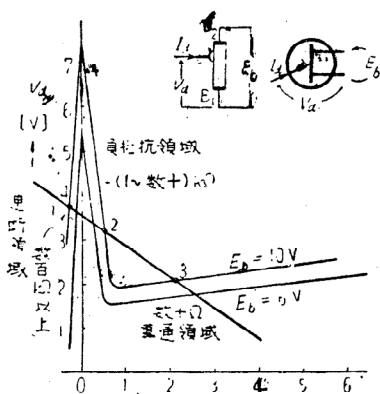


第4図 凹み陰極をもつ放電管 (初期のもの)

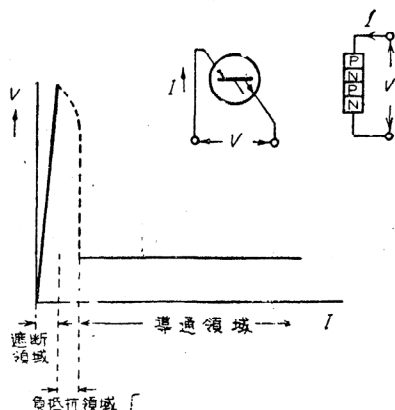
放電管はふつう電力消費がやや大で動作速度も十分でなく、放電特性が不安定である欠点をもつ。われわれはトランジスタが発明されるや、そのスイッチング素子としても最適であることを認め、直ちにこれを取り上げることとした。対称型トランジスタによる通話路の一例を第5図に示す。ベース電流を制御して



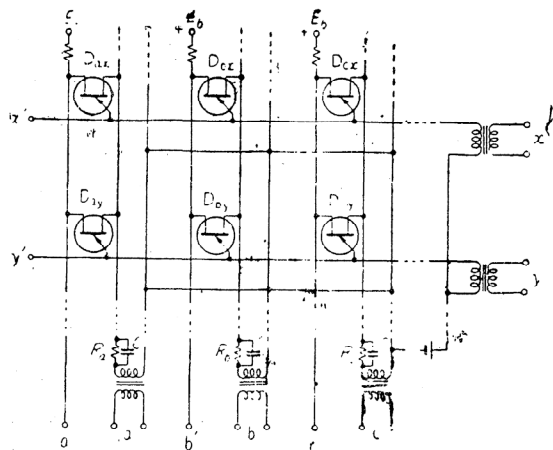
第5図 トランジスタによる通話路



第6図 試作ダブルベースダイオードの特性



第7図 PNPトランジスタの特性



第8図 ダブルベースダイオードによる通話路の構成

on 時 0.2~0.3db, off 時 90db 以上の特性が得られた。

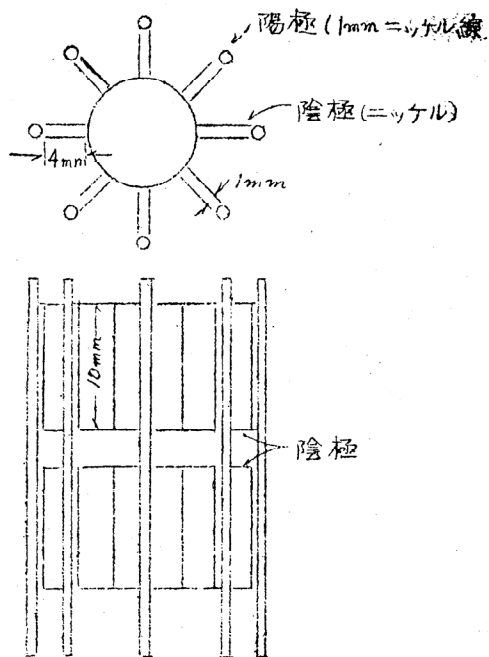
これは自己保持の機能をもたず、別のフリップフロップ回路などによりこれを保持する必要があるが、第6図のダブルベースダイオードはいわゆるN字特性を有し、二安定状態をもち得るため回路は非常にかんたん化される。これと類似の特性のものにPNPNトランジスタがある。これはPN接合における電子増倍(雪崩現象)を利用したもので、第7図のような特性をもち、インピーダンスは on 領域で 10Ω , off 領域で $100M\Omega$, スwitchング速度は $1\mu s$ あるいはそれ以下という優れた値を示す。最近3端子のものも発表され、最も有望なものの一つと考えられる。

これらの各素子をたとえばクロスバスイッチの接点のように多数空間的にマトリクス状に配列し、その適当なものを開閉して所要の入、出線間の接続を行うのである。ダブルベースダイオードによるその構成の一例を第8図に示す。ただしこの方式によると入、出線数の積の多数の素子を必要とし、容量の増加とともに不経済になるので、時分割通信におけるように一つの共通線を時間的に分割し、両端の入線と出線を同一時域に同期させることにより接続を完成しようとする試みもある。この方式によれば入、出線数の和の素子で制御し得るわけで、現在英国および東大で研究が進められ、その発展が期待される。

3. 制御装置

加入者の呼の請求に応じ、発呼および被呼加入者ならびに中間の空いている中継線を見出してこれらをマークし、両加入者間の通話路の設定を制御する部分である。前述のようにこれは呼の開始および終了時にごく短時間だけ動作し、あとは釈放されて他の呼に応じうる態勢をとっている。

これに用いる電子装置としてやはりわれわれは最初冷陰極管をとり上げ、トリガ電極2個を有する第2図のリレー放電管および特殊の放電管の試作を行つた。現在各社で製作市販されているデカトロンもわれわれの研究室で最初にダイヤルパルスを計数する目的で作つたものである。当時既に35kc/sまでのパルスに追従し得た。第1図(2)および(3)はこれを小型化し、さらに低電源電圧で動作し得るよう改良を行つたものである。第9図はわれわれがクロスバ管と称しているものの構造図で、2組の陰極と8個の陽極をもち、これらがマトリクス状に配列され、適当な陰陽極間に電圧を与えることによりその交点のみ放電するようにしたものである。陰極として凹み陰極を用いた結果プラズマは所要の電極間のみ集中し、隣接の電極への漏洩は数千分の1程度であつた。第1図(4)にその写真を示す。



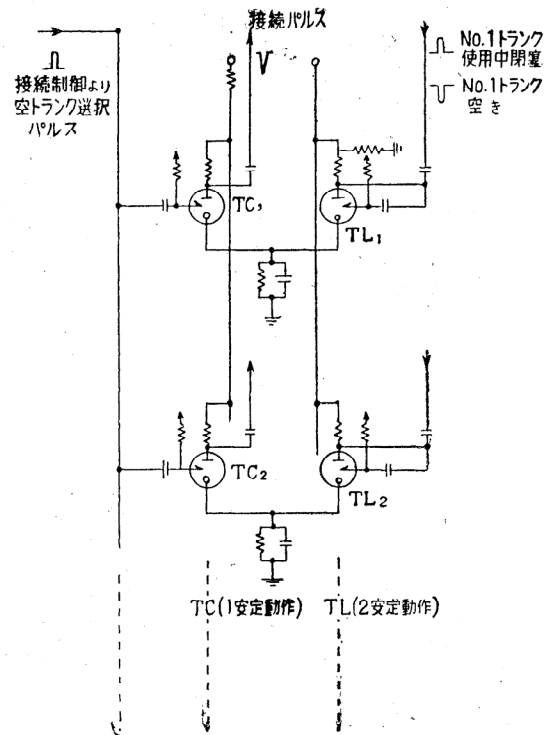
第9図 クロスバ管の構造

スイッチング用トランジスタとしては2個の明確に識別し得る状態をもつものであればよく、まず点接触型のものが注目された。これは周知のように1個で二安定動作を行わせることができ、その速度も早い、構造上特性が不安定で、われわれもこれを用いることを断念せざるを得なかった。接合型トランジスタは真空管と同じく2個組合わせることによりフリップフロップ回路を構成することができる。これは安定で感度もよく、回路が対称的のため任意の極性のパルスにより任意の極性の出力を得ることができ非常に便利で、われわれもこれを用いて電子交換機を組立てることとした。一般にスイッチング用には I_{co} ならびに飽和状態における抵抗が小さく、 α_{CB} が適当に大きいこと、立上り、立下り時間の短いことが必要であるが、現在各社で製作されている接合型トランジスタはラジオ用が主であつて十分その要求を満たしていない。今後この方面の開発、特に遮断特性が良好で高電圧大電力に適するシリコントランジスタの製作の促進が望まれる。電子計算機の場合と同じく電子交換機も、将来はこれら半導体システムのいわゆる固体エレクトロニクスによるものが最終の形態になるであろう。

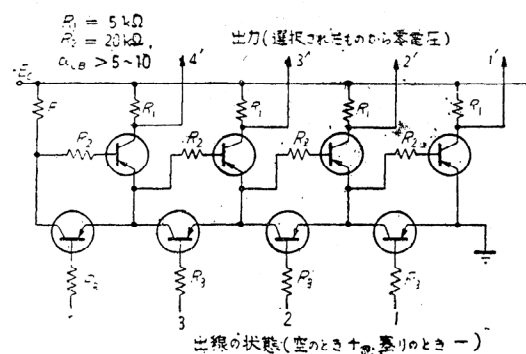
以上の電子スイッチ素子を用い、“and”、“or”、“not”、遅延などの基本回路を構成、論理設計に従つてこれらを多数組合わせて制御回路を得ることができる。

計算機の場合と同様その制御の方法に並列型と直列型とがある。特に交換機の場合入力となる加入者数が大となるため、情報検出部などに時分割の適用が考えられる。一般に並列型の制御を行う場合共通制御部と個々の

被制御部とを結合するためのコンネクタが大きなものになるので、ある程度以上の容量の場合にはこのような部分にも時分割方式の考え方をとり入れることが有利である。われわれの交換機は小容量のため並列型を採用したが、制御回路の例として放電管およびトランジスタによる空線選択回路を第10、11図に示す。これは出線の空いている状態を調べ、その内の一つを選択する機能をもつ。トランジスタの場合は出線に固定した優先順位をつけてある。



第10図 空線選択回路 (放電管)



第11図 空線選択回路 (トランジスタ)

4. 蓄積装置

電子交換機においても各種の情報を一時的または半永久的に蓄える装置が必要で、その活用により制御回路を大いに簡略化することができる。加入者や中継線の空き塞がりの状態、ダイヤルパルス情報の蓄積はその一例である。

生産と技術

現在種々の形式の蓄積素子の検討が行われているが、これらを比較する基準として記憶容量、動作速度、駆動の難易その他が挙げられる。記憶容量はもちろん大であることが望ましいが、情報読みとり、書きこみの難易とも関係し、いわゆる近接回路にも考慮を払わなければならない。つまり記憶容量の増大とともに比例的に近接回路も複雑化し増大するような形式の蓄積装置は好ましくない。蓄積装置の動作の高速化は主として装置としての構成と、主として素子自体に関係するものとの2つに分けて考えられる。前者はいわゆる近接時間でこれが比較的短時間、たとえば交換機回路の動作時間とほぼ等しいものを任意近接蓄積装置とよぶ。後者は素子に近接してから素子の情報を認識するまでの時間で、2値状態を区別するための種々の手段に本質的なものに関係し、い

ゆる素子のスイッチ時間に依存するものである。駆動の点については当然素子の消費電力を小さくし、また低電圧、低電流で動作するものが望まれる。情報保持の点から蓄積装置は無電源保持形式と消滅形式とに分けられる。特に交換機のように入力となる情報が不特定であるものにおいてはその保持にエネルギーを要しない前者の形式が要求される。読みとりには破壊的と非破壊的とがある。前者は蓄積された情報を読みとつた後にその情報内容が保持されないもの、後者はその内容が変化を受けないものである。交換機の場合は前者で間にある場合も多い。

以上のような諸観点から現在までに発表または開発されつつある蓄積装置についてその得失を表にしたものが第1表である。

第1表 蓄積装置のいろいろ

蓄 積 装 置	記憶容量	動作速度	近 接 時 間	駆動の難易	情 報 保 持 [#]	情報読みとり ^{##}	確 実 性
記 憶 管	大	高 速	任 意 近 接	かなりの電圧を必要とする	保 持	非 破 壊	やや不安定
音 響 遅 延 線 路	〃	低 速	非任意近接	電気音響変換器要	消 滅	再生を要す直列型	安 定
電 磁 〃 〃	小	高 速	〃	容 易	〃	〃	〃
磁 気 テ ー プ	大	低 速	〃	〃	保 持	非 破 壊	〃
磁 気 ド ラ ム	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
角 形 ヒ ス テ リ シ ス 強 磁 性 体 磁 心	〃	高 速	任 意 近 接	比較的大電流を要す	〃	非破壊にも使える	〃
角 形 ヒ ス テ リ シ ス 強 誘 電 体	〃	〃	〃	容易 小電力	〃	〃	〃
電 子 回 路 たとえばフリップフロップ	小	〃	〃	容 易	消 滅	〃	〃
放 電 管	〃	中程度	〃	特性のパラツキのためかなり難	〃	〃	素子不安定
螢光物質その他化学物質	〃	—	—	—	—	〃	—

電源消滅の場合にも情報が保持されるものと、消滅するものの別。

情報内容を讀とつた場合にその素子の情報が破壊されるかどうかの別。

最近の情報蓄積装置の傾向は高速化、機能の複雑化したがって大容量の蓄積、回路素子の固体部品化などにあると考えて評価すると、結局角形ヒステリシスを有する強磁性体、強誘電体を用いた蓄積装置が有望ではなかろうか。はじめに述べたように電子交換方式においては主

として電話機に関係する低速動作の部分と、交換機の接続動作などの高速動作の部分を含むことになり、蓄積の問題は必然であつて、廉価な大容量の蓄積装置の出現に期待するところが大きい。

5. 電話機

現在の電話機はもちろん機械的交換機に適するような設計になっている。従つてこれをそのまま電子交換に用いると種々の点で不都合を来すことがある。ここではわれわれの研究室で試みた二三の対策をあげるにとどめる。

呼出装置についていえば、現在の交流ベルを動かせるにはかなりの電力を電話局から送らねばならず、一般的に小電力しか扱えない電子装置をとおすことに無理がある。われわれは16 c/s で変調された低レベルの音声周波電流を局から送出、電話機中に挿入したトランジスタによりこれを増巾検波してベルを鳴らすこととした。しかし将来はベルを用いずスピーカ類似の電気音響変成器を用いたトーンリング形式になると思われる。

ダイヤルも低速で電子交換用として時代遅れの感がある。われわれは電話機中にトランジスタによる発振回路を数個設け、押ボタンによりその発振周波数を選択、数個の音声周波交流を送出し、交換機側の検出回路をとおしてこれを制御する方式を提案した。これによれば操作もかなり高速に簡便であつて、直流断続パルスのような高電圧を扱う要がなく局装置もかんたんになる。しかし取扱いの便利さからいえば、手動式時代のように送話器に対し相手番号を読みあげるだけで、局の選択装置がその番号を識別し得るようにした方が勝れている。音声の分析の研究の進歩とともにこの方法も可能となることであろう。

局から直流を供給する必要のある現在の炭素送話器も検討の余地が残されている。

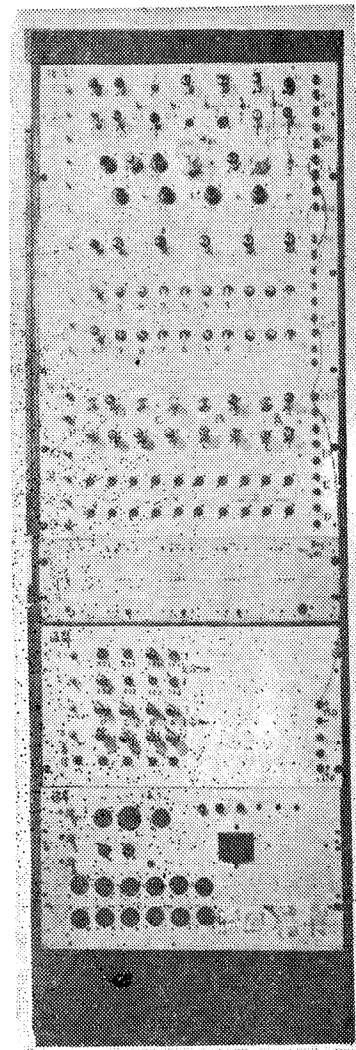
6. 全電子交換機の試作

われわれの研究室においては電子交換機の可能性を検討する目的で、冷陰極放電管およびトランジスタを用いてそれぞれ全電子交換機を試作したが、いずれも良好に動作することが確かめられた。これらはわが国においては最初のものである。

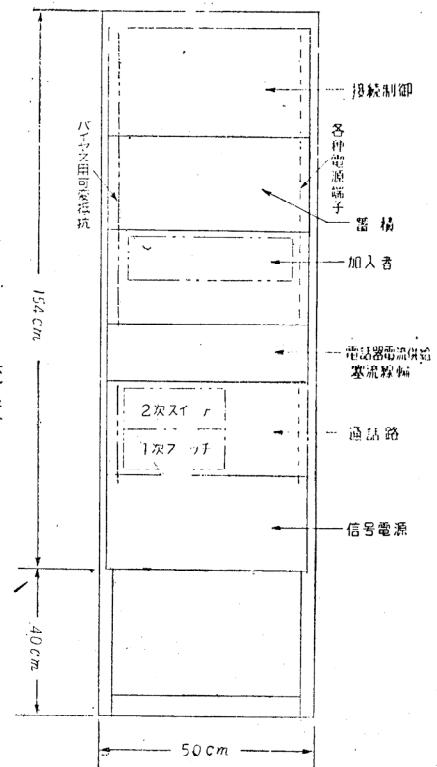
第12図は放電管式の全貌、第13、14図はその装置図および回路のブロックダイアグラムである。加入者4、中継線2であるが全共通制御で、容量は100回線、2段接続に構成してある。放電管は研究室試作ならびに市販のリレー放電管約60個およびデカトロン1個を用いている。

第15図は全トランジスタ交換機の外観、第16、17図は装置図およびブロックダイアグラムである。これも加入者5、中継線2で実装は小さいが、全共通制御で容量は数百回線を目標とした。約200個のトランジスタと200

第12図 放電管
交換機



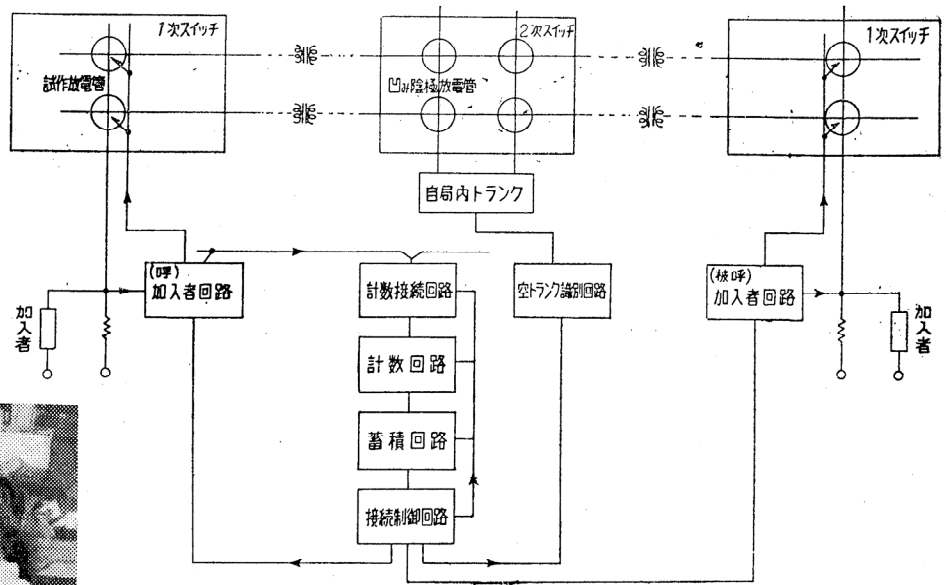
第13図
放電管式交
換機の装置
図



生産と技術

個のダイオードを使用しているが、消費電力は通話電流を除き僅か0.8W、マークが動作を完了するまでに要する時間は30 μ S以下である。

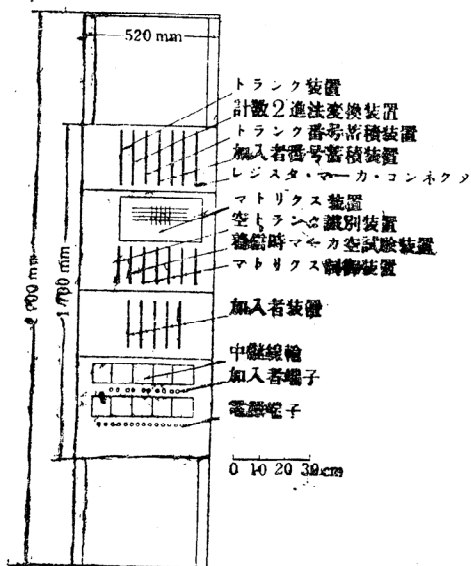
第14図 放電管式交換機のプロックダイアグラム



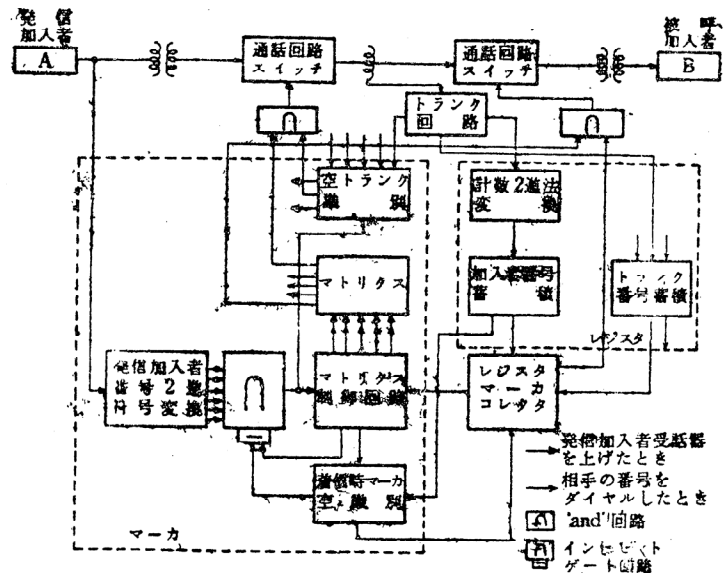
←第15図
トランジスタ交換機

むすび

以上電子交換機概念およびわれわれの研究室において開発したスイッチング用放電管やトランジスタならびにこれらにより構成した全電子交換機のモデルセットについて述べた。電話交換機の研究は従来とくなくおぼろにされ勝ちであつたが、電子交換の着想に伴い急激に脚光を浴び、現在各国競つて通信ならびにエレクトロニクス応用分野の重要テーマとして大規模な研究開発が進められている。今なお発展の途上にあり、欧米において軍関係の施設に実験的な電子交換機採用の例を聞くのみであるが、電子スイッチ素子の研究により優秀な特性のものが廉価に得られるようになれば全面的な実用化も案外早いものと思われる。この方面に先鞭をつけたわが国において各界一致協力して一日も早く実用的電子交換機の完成されることを期待する次第である。



第16図 トランジスタ交換機の装置図



第17図 トランジスタ交換機のプロックダイアグラム