

孤立防止用無線方式の電波不感地対策

木下 隆介・西村 栄吉
森 勇・椿 功

● 解説 ●

非常災害対策の一施策として、全国の市町村にある電話局等が通信の途絶により孤立するのを防止するため、孤立防止用無線方式が導入され、44年度、45年度で全国約3,000局の電話局等を対象に工事が行われているが、これが完成してもなお配備を必要とする局所の約60%である。

これは電波の性質上、地形、距離等から60MHz帯電波の届かない地域が残されているため、これらの救済対策として、新たに電波不感地対策用無線中継方式が計画され、45年度本社指定計画として九州地区の2局において商用試験が実施され、46年度以降全国的に導入される予定である。

本稿はこの電波不感地対策用無線中継方式の設計、建設、保守および運用を行うかたがたの参考とするため、その概要を述べるとともに、本方式に使用された電源装置の説明を行ったものである。

1 はしがき

孤立防止用無線方式は、地方市町村にある電話局等に配備した移動無線機と、もよりの既設無線中継所等を利用して設置した基地局との間をVHF(60MHz帯)無線回線で結び、さらにこれをマイクロ回線用制御線等を使ってもよりの中心局交換台まで延長し、この間に電話1回線を作成するものである。

電波不感地対策用無線中継方式は、この基地局と端末局との途中に無線中継所を設け、双方の電波を一度受信したうえで、目的の方向に向け再送信してやるもので、これによりこれまで基地局からの電波が直接届かなかった所でも強い電波を受信することが可能となる。

本中継方式は、テレビ放送の難視聴地区に用いられるサテライト局と同じ原理、すなわち一度電波を受信し、これを別の周波数の電波に変換して送信する方式を両方向通信としたものである。

中継装置は、基地局向け、および端末局向けにそれぞれ無線送受信装置を1台、計2台を1つの収容函に収めたもので、TZ60形無線中継装置の名称で呼ばれる。

孤立防止用電源としては、基地局用電源装置と中継用電源装置の2種類のものがあり、また電源方式としては商用電源が得られる場合に用いる整流器と蓄電池による全浮動方式と、得られない場合に用いる1次電池による

自立電源方式の2方式があり、局状により使い分けられるようになっている。

2 システム設計

2.1 回線構成

孤立防止用無線方式において、TZ-60形無線中継装置を使って中継局を設置した場合の回線構成の一例は図1のとおりで、中心局の交換台、中心局中継装置、基地無線機、無線中継装置および移動無線機とそれぞれの装置を結ぶ伝送路より構成されている。

2.2 中継方式

電波不感地対策用無線中継方式には、同一周波数で中継するブースタ方式と、別の周波数に変換して中継するサテライト方式があるが、孤立防止用無線方式が使用している60MHz帯においては送受信間の結合減衰量が十分にとれないためブースター方式は採用せずサテライト方式を採用した。またサテライト方式には、60MHz帯のまま周波数変換して送信する直接中継方式、一度中間周波数に変換して増幅した後また60MHzに変換するヘテロダイン中継方式および一度低周波数に検波して中継する検波中継方式等が考えられるが次の理由から検波中継方式を採用した。

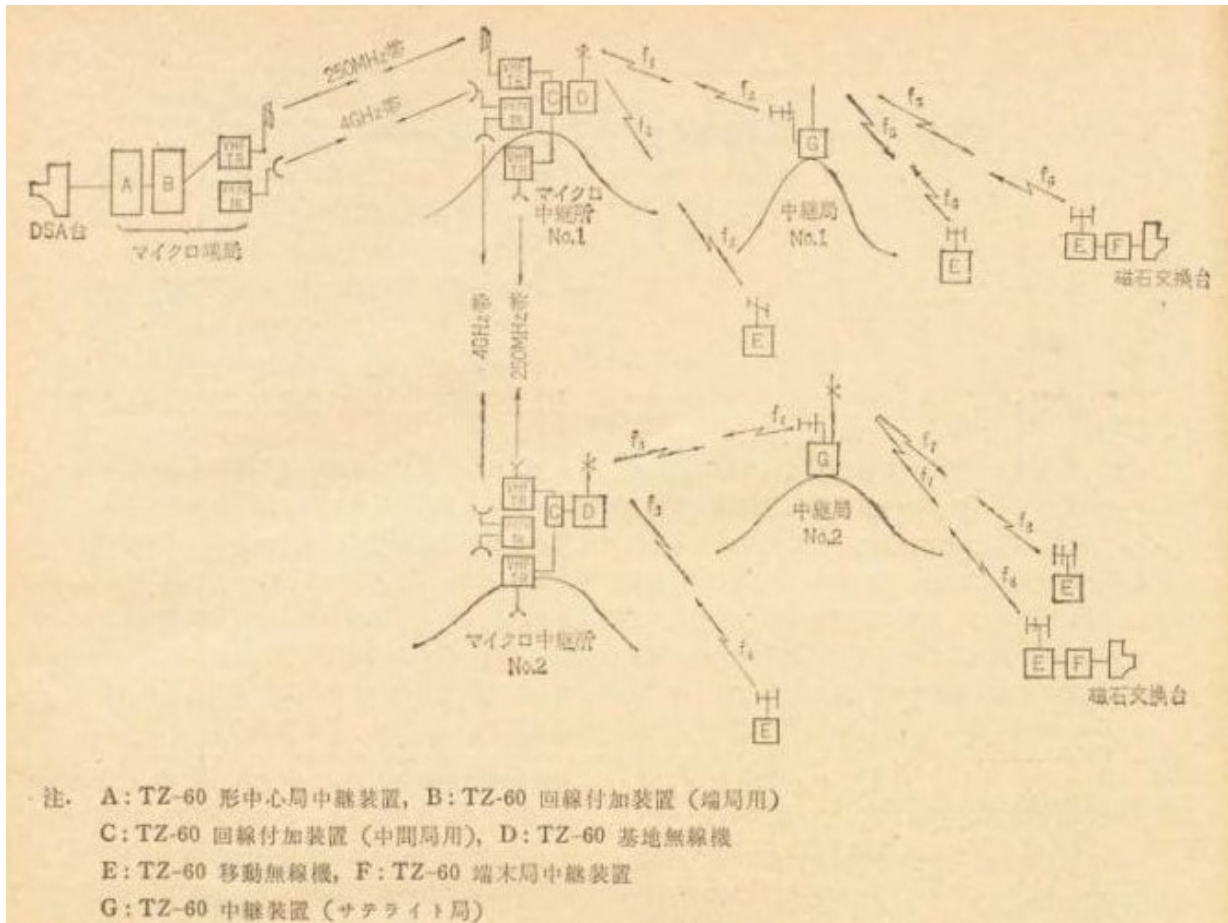


図1 回線構成図

- (1) 検波中継方式にした場合は、中継局からの打合回路作成が容易になる。
- (2) ヘテロダイン中継方式においても、スケルチ回路および通信制御等の機能を持たせるために検波回路が必要である。
- (3) 直接中継方式は安定な増幅が困難である。

オーバーリーチを避けるため 0.1W にも低減できるようにした。

なお実際の回線設計を行う場合は、中継局と端末局間の回線 S/N を 40dB に、また中継局と基地局間は、中継による回線 S/N の劣化分を補償するために 5dB 程余裕をとって、基地局から中継局に向けては S/N45dB に、また中継局から基地局に向けては S/N35dB になるように設計する必要がある。

2.3 回線 S/N

孤立防止用無線回線の S/N は、ほとんど基地局と端末局間の無線区間の S/N に左右されるが、設計目標としては、基地局から端末局に向かっては S/N40dB、端末局から基地局に向かっては S/N30dB とし、現在送信出力は基地局 10W、端末局 1W としている。

中継局の送信出力については、そのサービスエリアが既設基地局より狭くてよいこと、また中継局は地形的に高い位置に設置される場合が多く、オーバーリーチによる隣接局への干渉を起こしやすいこと、また中継局は山間の商用電源の無い所にも設置される場合があり、その場合に電池寿命を長くするために消費電流は可能な限り少なくする必要のあること等の条件から検討して基地局向け、端末局向けとも 1W とし、基地局向けについては、

2.4 使用周波数

使用周波数の選定にあたっては、既設回線への干渉、孤立防止用無線方式に対すすでに定めている周波数の使用条件等を考慮することは当然であるが、中継局の場合は一方の局からの受信波を周波数変換して再送信するときの周波数間隔が問題になる。

この周波数間隔は周波数の有効利用という面からは狭いほうが望ましいが、反面狭くすると送信機から受信機への電波の回り込みが問題になり、特に送信機雑音による受信機の感度低下が起きる。

本装置の性能として、周波数間隔を 700kHz とした場合送受信機間の結合減衰量として 65dB 以上を必要とする。

送受信アンテナ間隔により取り得る結合減衰量としては垂直に10m離れた状態で約40dBである。送受信アンテナを垂直に離す場合の間隔は、アンテナ柱として使用しているパンザマストの高さから制限を受け最大10mである。

したがって送受信機間結合減衰量は必要とする65dBに対し25dBほど不足することになるが、これについては送信機側に帯域阻止フィルタをそう入して700kHz離れた点の送信機雑音を約25dB程度減衰させることで対処した。

周波数変換間隔を700kHz以下にすることは、必要結合減衰量が大きくなるとともに、フィルタの効果がほとんど期待できないので実用上不可能である。¹⁾

2.5 制御方式

中継局は常時受信機のみ動作状態にあり、通話時には相手局からの電波を受信しその受信信号で送信機を起動させるが、この制御の方式には受信機のスケルチを利用する方法とパイロット信号によって起動させる方法が考えられる。

スケルチにより起動させる方法は、スケルチ回路そのものがCO・CH干渉等によって誤動作する心配があり、そのたびに送信機が動作することになり好ましくない。

したがって本システムにおいては、パイロット信号により制御する方法を採用し、基地局より端末局に向かっての回線については、基地局より送出されるロック信号の2,900Hz（または2,950Hz）を、また端末局より基地局に向かっての回線については移動無線機より送出される制御信号（発呼、応答、終話信号）の1,675Hz（または1,625Hz）を利用し、これらの信号を検出した場合に反対方向の送信機を起動させる。

3 装置の概要

3.1 無線中継装置の概要

3.1.1 構造

本装置は幅260mm、奥行225mm、高さ750mmの送受信装置を基地局向けおよび端末局向けに各1台、計2台を、幅740mm、奥行540mm、高さ1,280mmの収容函に実装したもので、その外観は写真1のとおりである。

収容函は直射日光による温度上昇を避けるためにしゃへい板を有し、寒冷地用には断熱板を張り、ヒータが取り付けられる。

3.1.2 回路構成

送受信装置は送受信部、ろ波盤および制御盤より構成されており、ろ波盤の中には、送受共用器および送信機雑

音を抑圧するための帯域阻止フィルタが内蔵されている。

帯域阻止フィルタにはA、B、Cの3種類があり、A号は送受信の周波数間隔が700kHz用のもので、送信機雑音を約25dB減衰させるものである。

またB号は周波数間隔が1.5MHz用、C号は5MHz用であり、いずれも送信機雑音を約10dB減衰させるものである。

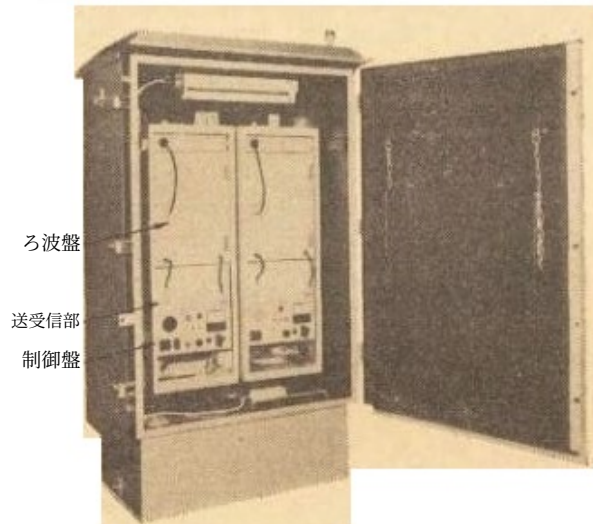


写真1 TZ-60形無線中継装置外観図

制御盤はA、B号の2つの盤に分かれて別々に送受信装置に実装されているが、機能的には両方合わせて1つの制御動作を行うものである。

制御盤には、パイロット信号を受信して送信機を起動させる制御回路、打合回路、送受信機のモニタ回路および試験調整等のための切替回路が実装されている。なお本装置は独立して設置されるTZ-60形中継局用電源装置よりDC+21Vの供給を受けて動作する。

3.1.3 電気的性能

送受信部は出力1WのPM送受信機で一般のPM無線機と比べて特に異なることはない。

電気的性能については空中線送受共用器および送信機雑音阻止フィルタを含めて電波法上の所要規格を満足するように規定されている。

3.1.4 制御部の動作

制御部は基地局および端末局と対向して動作するがその主要動作は次のとおりである。また制御部のブロックダイヤは図2に示すとおりである。

- (1) 基地局よりロック信号の2,900Hz（または2,950Hz）を受信すると、端末局向け送信機を起動させる。
- (2) 端末局より発呼信号の1,675Hz（または1,625Hz）

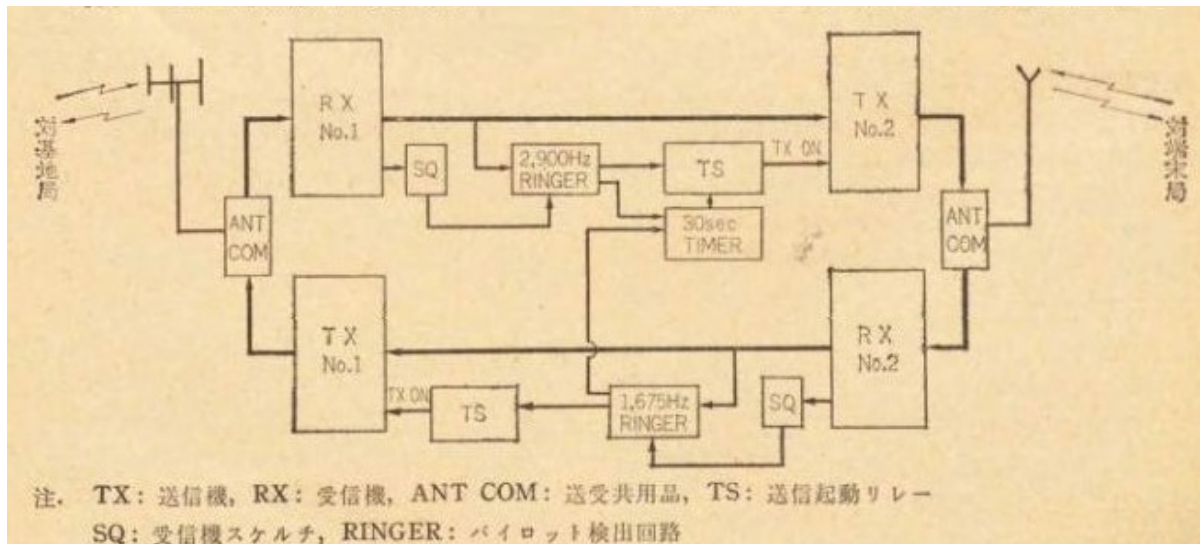


図2 無線中継装置の制御部回路図

を受信すると基地局向け送信機を起動する。

- (3) 基地局よりのロック信号を受信し、端末局向け送信機を起動してから30秒経過しても、端末局からの電波を受信しないときは端末局向け送信機を停止させる。
- (4) (3)の状態のとき端末局からの発信があった場合は端末局向け送信機のみを動作させる。これにより端末局では発信信号を停止し、続いて中継局の電波が止まる。この時端末局では話中音が出る。
- (5) 制御部は選択呼出信号受信回路を有し、中心局交換台または中心局中継装置から中継局に付与された選択番号をダイヤルすることにより呼出しを行うことができる。
- (6) 制御部は打合せ回路を有し、中継局から中心局交換台を呼び出すことができる。また中心局と端末局間で通話中に割り込み通話をすることができる。

3.2 電源装置の概要

3.2.1 概説

孤立防止用としての基地局あるいは中継局に適当な候補地がたまたま既設の通信設備と電源を備えており、かつ孤立防止用として必要な容量を加算しても既設設備容量に余裕がある場合は既設電源からとる。

それがない場合は次のような孤立防止用電源装置を設け負荷に供給する。

基地局電源装置には2種類あり、TZ-60形A基地局電源装置は整流機および蓄電池を一式としたもので、別に準備される無機用ハット内に設置される。

TZ-60形B基地局電源装置は、整流器および蓄電池とこれらを収容するハットが一式になっており、無機用ハッ

トとは別に独立した電源として設置される。

中継局用電源は商用電源の有無によって分けられる。商用電源がある場合は整流器および蓄電池と、これらを収容するハットが一式になっており、無機用ハットとは別に独立した電源として設置される。

商用電源が無い場合は、別途準備される300形亜鉛酸空気湿電池(AWZ-300)を収容するハットを無機用ハットとは別に設置する。

ここでは中継局用電源について詳述する。

3.2.2 中継局電源装置

(1) TZ-60形中継局電源装置

(A) 性能

商用電源を受電できる場合に設置する中継局電源装置は単相100V、50/60Hzの交流電源を受電し、シリコン整流器により直流電圧21Vに変換して負荷に供給する。

また、整流器は9個組の35AH密閉形アルカリ蓄電池を維持充電または充電し、出力約+12V 2Aの直列形トランジスタAVRにより入力電圧、周波数および負荷電流の変動があってもそれを調整して負荷電圧を常に一定に保つ機能を有している。かつ、過負荷を防ぐための垂下特性も有している。

停電時には蓄電池放電となり、受電回復すると整流器は負荷に所要電力を供給するとともに蓄電池を自動的に充電する。蓄電池の充電に伴い蓄電池の内部圧力が上昇して蓄電池上部に付属している圧力接点が動作して充電から維持充電に自動的に切り替わる。

なお、本装置は屋外設置用の収容箱に収められ、避雷器を設けている。

(B) 電気的特性

表1にTZ-60形中継局電源装置の電気的特性を示す。

(a) 充電時特性

受電回復時、交流定格入力で蓄電池充電回路として、蓄電池端子に抵抗を接続し、蓄電池電圧が 9.5~10.5 V の 1 点にある場合、充電電流は 5~6A の範囲内にある。

(b) 維持充電時特性

交流定格入力で蓄電池維持充電回路として、蓄電池端子に抵抗を接続し、蓄電池電圧が 12.0~12.5 V の 1 点にあり、維持充電電流は 40~60mA の範囲内にある。

(C) 構造

図 3 に TZ-60 形中継局電源装置の構造図を示す。パネルには入力開閉器、電圧計およびその切替器、電流計、ヒューズおよび事故復帰押しボタン等が取り付けられている。

(D) 回路

(a) 整流器

单相交流 100V を受電し。変圧器により規定の直流電圧が得られるように変圧し、シリコンスタックにより交流を直流に変換し、充電回路は直列抵抗により、負荷回路はトランジスタ AVR により規定値の範囲内に調整された直流電力を供給する。

(b) 自動制御部

電源電圧、周波数、負荷電流の変動によって生じる直流電圧の変化を検出し、トランジスタ回路により常に一定の直流出力電圧が得られるよう動作する。また過電流を防止するため定格電流の 150% 以下にて出力電圧が垂下し、トランジスタを保護する。

(c) 継電器回路部

充電切替え、警報等の操作を主とした回路である。

(d) 蓄電池部

VO35-9 形 G S 密閉形焼結式ニッケルカドミウムアルカリ蓄電池である。

T Z-60 形中継局電源装置回路図を図 4 に示す。

(2) TZ-60 形中継局電池収容箱

本装置は商用電源のない地域に設置された TZ-60 形無線機用電源として使用される電池収容箱であり、別途準備される 300 形亜鉛酸空気湿電池を内部に収容する。

図 5 に TZ-60 形中継局電池収容箱外形寸法図、図 6 に TZ-60 形中継局電池収容箱内回路図を示す。

4 商用試験結果

表 1 TZ-60 形中継局電源装置の電気的特性

項目	品名		中継局	記事
	単位			
形式	定格		連続	
	整流方式		单相全波	
	冷却方式		自己通風	
交流入力	相数	φ	1	
	定格電圧	V	100	
	電圧変動範囲	V	85~115	
	周波数	Hz	50/60	
負荷側	定格電圧	V	12	交流入力
	電圧変動許容値	V	11.4~12.6	
	定格電流	A	2	受電中
	電流変動範囲	A	0.1~2	
	雑音電圧	mV ^{以下}	2.5	

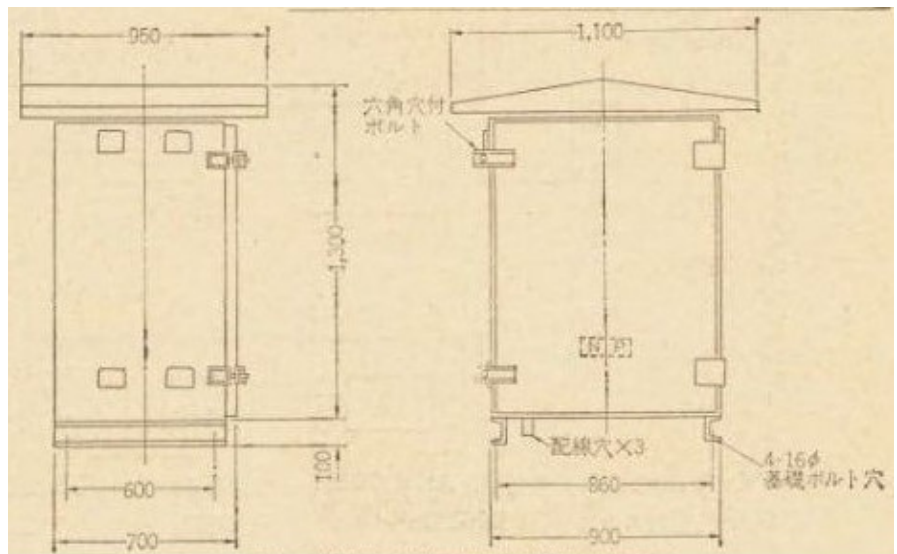


図 3 TZ-60 形中継局電源装置の構造図

4.1 中継装置単体試験

中継装置の単体試験は、送信出力、送信周波数、変調感度、受信機の信号対雑音比、復調感度および空中線の整合等について行った。その結果はいずれも所期の性能を満足しており実用上問題なかった。

4.2 空中線間結合減衰量

本中継装置において特に問題になる送受信空中線間の結合減衰量については実験的に得られた値から周波数間隔 700kHz で約 40dB としてシステム設計を行ったが、実際の空中線取付状態においてはたして何 dB とれているかを確認した。その結果は周波数間隔が 690kHz のとき約 47dB でありシステム設計値より 7dB ほど余裕があることがわかったが、これは装置の温度変化等による変動分を補償するための保守マージンとすることにした。

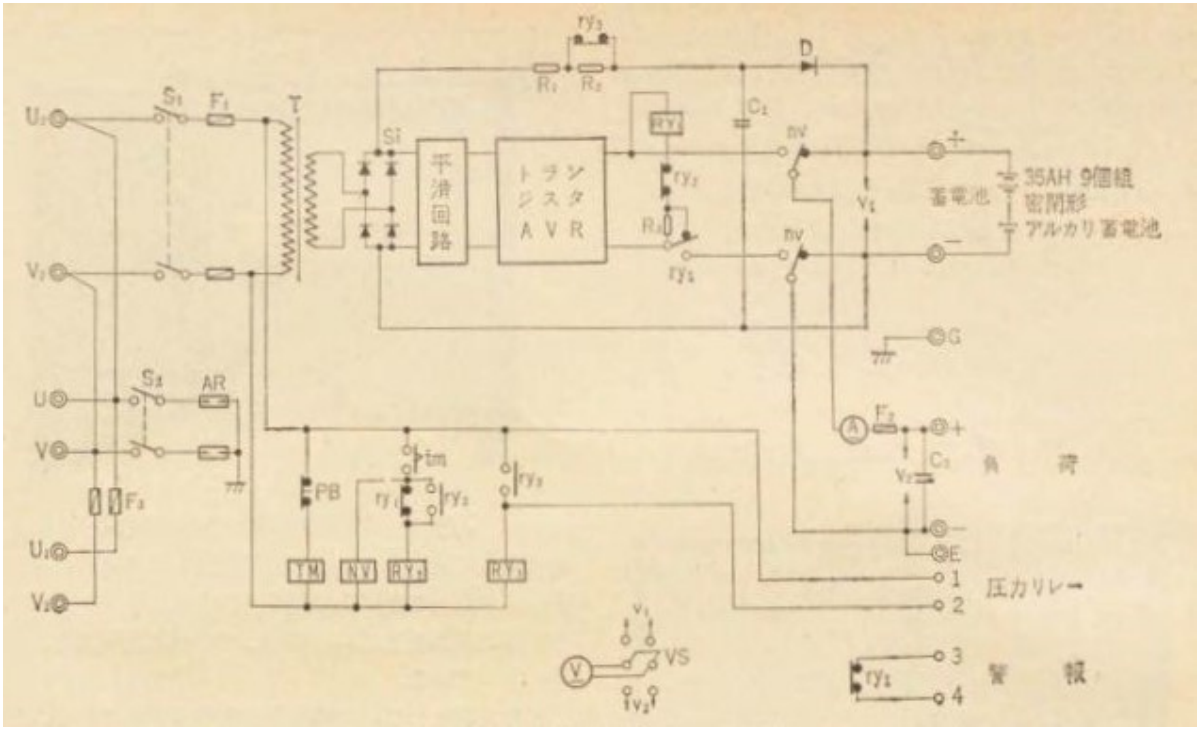


図4 TZ-60形中継局電源装置回路図

4.3 回線試験

4.3.1 回線 S/N

今回試験した2局はいずれも地理的に基地局および端末局に対して見通しのよい所にあり、それぞれからの受信電波は十分高いレベルで受信されているため回線 S/N はいずれも設計目標値である下り回線 S/N 40dB, 上り回線 S/N 30dB を十分満足していた。

4.3.2 接続試験

接続試験については中心局と端末局間および中心局と中継局間において、中心局から端末局、中継局への選択呼出し、および端末局、中継局から中心局への発信による回線接続動作および通話終了時の復旧動作の確認を行った。

その結果、中心局より中継局への選択呼出し、端末局および中継局から中心局への発信による接続、復旧動作は問題なかったが、中心局より端末局を選択呼出した場合に通話にはいると同時に話中音が混入する現象が発生した。

この話中音は中心局交換台から端末局を選択呼出しをして2秒たっても端末局からの応答信号が返って来ない場合には、端末局の呼出し不能として、中心局中継装置から回線に送出されるものである。

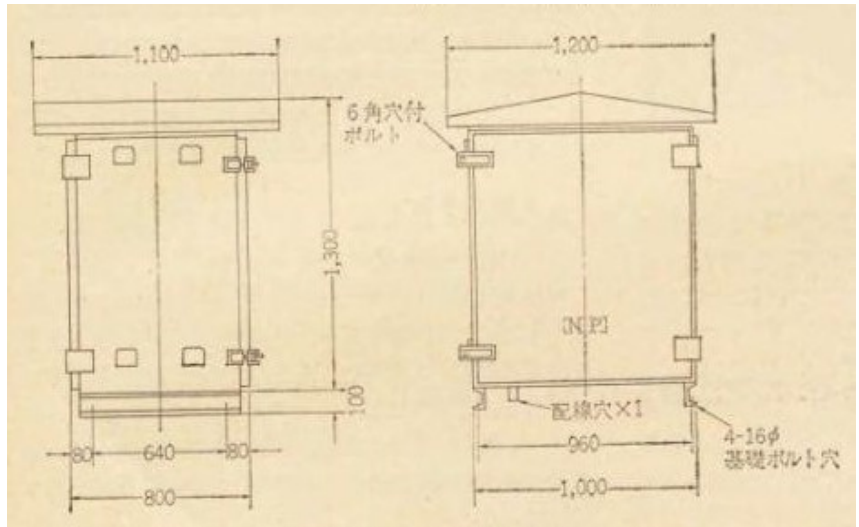


図5 TZ-60形中継局電池收容箱外形寸法図

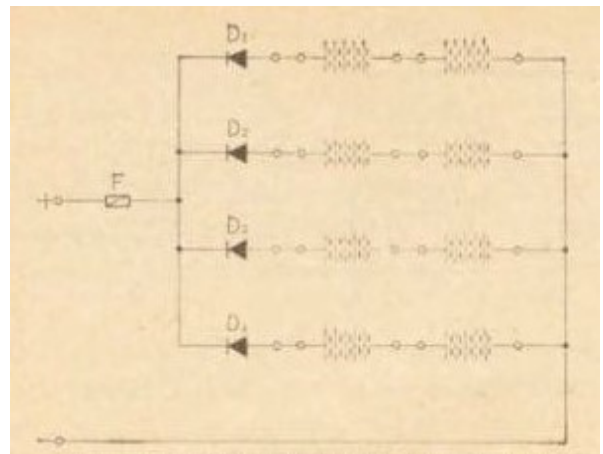
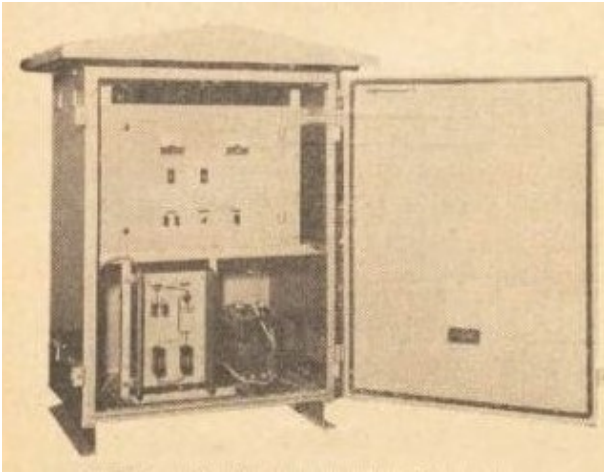
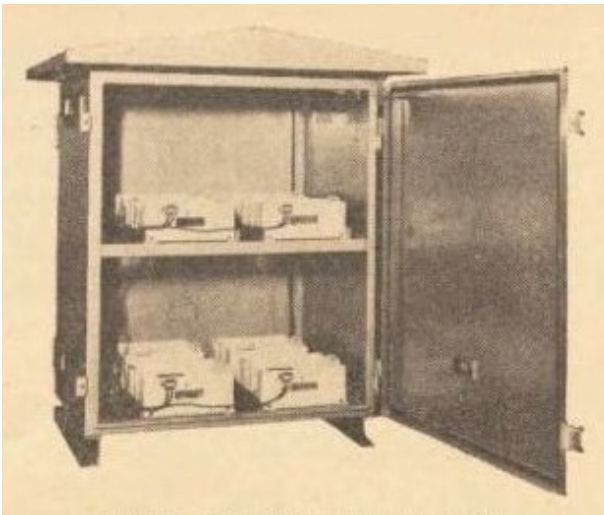


図6 TZ-60形中継局電池收容箱内回路図



TZ-60 形中継局電源装置の全体

端末局から中心局に向けて送出される応答信号は途中に中継局が新たにそう入されたことにより従来よりさらに約 600ms ほどの時間の遅れを生じ、全体としての所要時間は約 2 秒前後になっている。



TZ-60 形中継局電池収容箱

この対策として、中継装置の動作時間を早めることは音声および雑音により誤動作する心配があるので好ましくないために、現在中継局中継装置において設定している端末局からの応答信号監視時間の 2 秒を 3 秒程度にすることにより対処した。これは端末間の呼出不能を判断する時間が 1 秒程長くなるのみで他への影響はない。

5 今後の予定

5.1 無線中継装置

45 年度九州地区の 2 局について行った商用試験の結果をもとにして、本年度本仕を制定し全国的に導入する予定であるが、本仕制定にあたっては次の点を検討する必要があると思われる。

(1) 中継局で使用する端末局向け無指向性空中線とし

て避雷形空中線を設計する。現在は別個に避雷針を取り付けている。

(2) 中継局において停電が起きた場合は、定められた端末局に対して停電警報を送出する方式とする。停電警報は停電時には 1kHz の断続音、また回復時には連続音とする。

(3) 収容箱はパンザマストに取り付ける方式をやめて、コンクリート床に固定する方式とする。

5.2 電源装置

45 年度に孤立防止用無線方式電源装置が表 2 に示すとおり中継局 2 局と基地局 3 局計 5 局に設置された。

表 2 設置局所

通信局	設置局	局種	商用電源	設置場所	電池の種類と個数
北海道	千望台	基地局	200V 有 100V	屋内	2 次電池 16 個 VO-104AH
	芽室	〃	〃	〃	〃
四国	志度	〃	〃	屋外	〃
九州	日向 烏帽子	中継局	100V 有	〃	2 次電池 9 個 VO-35AH
	八重山	〃	無	〃	1 次電池 10 セル × 4 AWZ-300

現在、この 5 局について環境条件と電源特性ならびに保守状況等を現場技術調査中であり、46 年度以降の仕様書面の細部の明確化等を図りたいと考えている。

6 むすび

以上孤立防止用無線方式の電波不感地対策として設計された無線中継方式についてその概要を紹介した。

本中継方式の導入によりこれまで電波の届かなかった地域へも容易に回線作成ができるようになり、災害時等における孤立化を救済できる範囲が一段と拡張できるものと期待される。

しかし本中継方式はすでに設置されている基地局、端末局の間に設置されること、および見通しのよい山上に設置されることなどから隣接局への電波干渉が最も心配される。

したがって回線を設計される場合は、基地局選定において十分考慮されるときにも関係通信局間においてよく連絡のうえ実施されるようお願いしたい。

なお本無線中継方式の実用化にあたり多大のご協力をいただいた関係各位に深甚の謝意を表します。

参考文献

（筆者 木下氏 九州通信局施設部調査課長
西村氏 同 調査課伝送係
森 氏 技術局調査部門電力担当
椿 氏 同 移動無線担当）

- 1) “災害時の連絡を確保する孤立防止用無線方式” 施設 Vol.21 No.8
- 2) “孤立防止用無線方式の九州管内実験結果について” 施設 Vol.22 No.6