テレビジョン中継放送装置の諸問題

NHK 技術本部 末 松 昭 次

テレビ中継局が建設されすでに 10 数年を経、現在は極微小電力局（ミニサテ）が実現したように送信規模は次第に小さくなって来たが、今後も毎年多数の建設がつづけられるであろう。ここにおいて、基本機能が老朽し画質不安定と保守の手数の増高する旧形装置を、特性、信頼性、運用経費ともにすぐれた固体化装置に更新し、良好な電波サービスの確保をはかる必要がある。また固体化装置の弱点である雷害に対する防止策も積極的に推進しているので、これらの技術的諸問題について解説する。

1. ま え が き

テレビ中継放送局は、効率的な電波サービスを行うため高い山頂に設置される。放送機器はすべて無人運用され、出向条件も悪いため、動作が安定で故障が少ないことが必須条件となる。

設計の時点から信頼性管理が充分反映されている最近の放送機についてはほとんど問題はないが、10 年余を経た旧形放送機は、設計もやや不充分であり、かつすでに磨耗期に入っていて、かなりの保守量を投じないと安定度を保つことはむずかしい状態にある。特にこれらの放送局は送信電力も大きく影響世帯数が大きいこと、下位に多くの中継局を擁する基幹的役割を果していることなどから、早期に更新を実現して安定化をはかる必要がある。

さらに近年の受信機性能の著しい向上とともに受信者の高品位要望も強いため、信頼性向上と併せて画像特性の改善も急がれている。

一方、山間僻地にはまだ多くの難視聴地域が残されており、全国あまねくテレビ放送を送り届けるために、将来にわたって多数の中継局を建設する必要がある。

以上のように既設および新設局の改補修ならびに建設を促進するためには、経費の低廉化が最も重要である。すなわち機器自体のコストダウンの他に、運搬、据付工事、調整等の建設費をはじめ、整備、修理、動力費等の運用経費の経済性の高いものが必要される。したがって、これは放送機ばかりでなく、送受信アンテナや鉄塔、放送機を収容する局舎

やボックスならびに無停電対策としてのエンジンまたは蓄電池、さらに親局電波が受信不能または良質でない場合に設定されるマイクロ回線等々、中継局を構成するすべてに関連するが、本稿では主として放送機について、優れた高規格特性と高信頼性の発展と、かつ経済性を追及するというむずかしい命題と取組んでいる現状を解説する。

2. テレビ中継局の変遷

本題に入るまえに、16 年間の中継局の推移を簡単に説明する。図 1 は NHK の中継局建設の状況と変遷を示す。

図 1 テレビ中継放送所数と固体化の状況

"Some Technical Aspects of TV Translator Equipments" by Shoji Suematsu (NHK Headquarters of Technical Administration & Construction, Tokyo)

当初、送信チャンネルは、基幹放送局同様に VHF が割当てられたが、次第に局数が増加し相互の混信が避けられない地域に対して、昭和 38 年以降 UHF の使用が認められ、そのあとほとんど全局 UHF となった。

送信出力は 100 W 以上の大電力局が大勢を占め、放送機は全真空管式であったため、回路構成は複雑で消費電力は多く、形状も大型となり、局舎は 30~50 m² 程度の大型鉄筋コンクリートまたはコンクリートブロック構造のものが必要となった。送信鉄塔は局舎屋上に 15~25 m の高さで建てられた。この頃、放送機は数百本にも及ぶ真空管に起因する故障が多く、長期間安定動作を維持することはきわめて困難であった。

昭和 39 年に低電力段の基本装置の一部にゲルマニウム素子が導入されたが、回路設計もまだ経験浅く、大幅な安定度を得るほどには改善されなかった。UHF 局の増加に伴ない電力増幅部に、極管に代って進行波管 (TWT) が使われたのもこの頃で、キャビティー不要、無調整、高利得、広帯域特性等、多くの利点で構成は簡単になり、安定度は急激に高くなった。UHF 3~300 W 放送機は TWT 化された。

昭和 41 年には、基本装置はすべてシリコン素子によって固体化され、しかも量産に適したユニット方式としたため、製作、調整等は著しく省力化され、信頼性は一段と向上した。この合理化に呼応して局舎もプレハブ方式が多くなった。

昭和 43 年に至り、局数の急増とともに 3~10 W の小電力局が多くなり、効率的置局ならびに運用を目的として、IC 化装置が誕生した。これによって局舎は小型ボックス化し、鉄塔は簡易な鉄柱方式に改められた。

さらに高周波高出力トランジスタが次々に開発されるに及んで、電力増幅部の固体化も推められ、ディスクリートトランジスタから高出力大型集積回路に至って、現在では VHF 500 W、UHF 300 W の映音同時増幅方式の放送機が実用化されている。

3. 放送機の発展と問題点

図 2 に、代表的な中継放送機の系統を示す。すなわち

図 2 テレビ中継放送装置系統図

基本装置は 2 台方式で、故障によって切替わる冗長方式を採用しており、電力増幅部も複数並列方式によって、システム故障の低減をはかっている。なお微小電力局では簡易な 1 台方式となっている。以下、系統を追って各機器について述べる。

3.1 受信増幅部

受信入力を増幅するとともに第 1 局発によって中間周波数に変換、増幅する機能を持ち、この雑音指数は、送信画質の S/N を決定するため極力低くする必要がある。当初は低雑音管やトランジスタがないため NF は 10 dB 以下にすることは困難であったが、最近では 3~4 dB と一応限界値まで低減できている。さらに高出力トランジスタによって回路を単純化するとともに VHF、UHF それぞれに全チャンネルカバー可能な広帯域特性に改善された。

しかしこのため、自身の送信電波かぶりによるビート妨害を受けやすくなって、ケースのシールドを厳重にする対策を迫られたが、チャンネル専用部分がなくなったため大幅なコストダウンが実現した。

周波数変換には二重平衡型が用いられ、スプリアスの低下に貢献した。またダイナミックレンジを拡げ、基準より 20 dB の大幅受信入力変動に対しても、-45 dB 以下のカラー混変調特性が得られるよう性能アップされた。

3.2 自動利得制御 (AGC)

AGC は受信入力レベル変動と電源、温度等による出力レベル変動を制御するもので、基準入力 of +15~-25 dB 変動に対して ± 1 dB 以内に規正する。したがって出力レベル変動の検知は、放送機最終端すなわち送信アンテナ入力で行うことが望ましく、通常この方式が採られているが、AGC ループ内の増幅器の中で直線性に余裕のないものがあると、混変調や同期圧縮によって著しく画質を劣化させたり、同期流れを生じたりする。また、検出回路はチャンネル専用となるためコストも高い。

このため最近、構成する全ユニットの利得変動を -10 ~ +45°C の周囲温度変化に対して ± 0.5 dB 以内に押え

るよう改善するとともに、できるだけ AGC ループ内から外す方式に変更されている。すなわち AGC は受信入力変動のみを制御するという考え方で、しかも変動検出部を中間周波数で扱う部分に設ければ、製造コストは安くなりシステムも簡略化される。

この方式は AGC ループ外の機器で出力低下があれば規定出力に引上げ得ない欠点はあるが、冗長系を有するシステムでは速やかに故障系が正常系に切替わる利点もある。

受信入力レベル変動のみを制御する方法に、バリオロッサを使用した自動減衰器もしばしば使用される。これは受信アンテナ出力に挿入される一種の AGC で、入力レベル規定のための固定減衰器の代りに、入力レベルの増減によってロッサの損失が増減して、この出力レベルを一定に保つものであるが、受信入力レベルが規定の 20~30 dB 以上高く、かつフェーディング幅が大きい局において有効に動作する。

3.3 局部発振器

送信周波数偏差を規定内に収めるため、従来から水晶発振器を恒温槽に収容し 1×10^{-6} の精度を得ていたが、経年劣化のため温度制御用バイメタル接点の接触不良によって雑音障害を生じ、高温による部品の早期劣化や、恒温槽電源からの雷突入など、局発ユニットの事故が多いため、IC 化放送機以降、固体制御素子を利用した恒温槽のない温度制御形水晶発振器 (Temperature Controlled X'tal Oscillator, TCXO) が採用され、きわめて高安定となった。

中継局は地元要望によって建設が急がれることが多いが、送信チャンネルが決定してから水晶発振器の完成する期間が普通 3~4 か月以上かかり、この短縮要望が強い。そのためシンセサイザ技術の導入によって簡単にチャンネル変更ができる発振器などの開発が急がれている。

3.4 フィルター

入力および出力フィルターならびに送信ミクサー用フィルターは、まったくチャンネル専用であるため、発振器同様に簡単に周波数変更ができ、かつ小型低廉のフィルターの可能性の検討がされている。なお、特に入・出力フィルターは、本来の目的以外に雷サージ侵入から放送機を保護する機能も果しているため、最近、小型化を目的に作られているアクティブ型フィルターは、従来のパッシブ型に比較してサージ耐量が小さいなどの理由で、NHK では使用していない。

3.5 中間周波数

現行の中間周波数である 19.5 MHz は、送信と受信の相互のチャンネル関係が、3 チャンネル離れて割当て

られた場合に 500 kHz、6 チャンネルで 250 kHz、7 チャンネルで 2 MHz のそれぞれビートを発生し、機器の広帯域化で妨害はさらに大きくなる。これらを抜本的に解決するには周波数の再検討が必要であるが、システム全般にわたる大きな問題であり、現時点ではシールド強化で対応せざるを得ない。

なお、ミニサテ装置では、中間周波数を VHF 1~12 チャンネルの中から適宜選択使用する方式を採用しているため、送受分離の場合、1 本の伝送線で多チャンネルを送出できる利点がある。

3.6 送信周波数

近接したチャンネルの中継局が周辺に多数置局されると、混信妨害によって画質劣化を生ずる。これを軽減する方法として、妨害相互の局の送信チャンネルに、 ± 10 kHz オフセットを施行したが、高価であること、製作に 6 か月以上を要すること以外に、完全に相互の周波数をロックできないために、オフセットビートが目立つ等の難点があった。

そこで最近、チャンネル専用部分がきわめて少ない、市販の IC を使用したシンセサイザ方式の高精度高安定精密オフセット装置を完成させた。利点としては、どのチャンネルにも共通使用できること、従来価格の 1/3 以下であることなどである。現在すでに各地において使用され、大きな成果をあげている。今後、高品位放送と周波数の有効利用を目的として広く使用されるだろう。

3.7 切換制御器

2 つの系統の装置の一方が故障したとき他に切換える機能を持ち、冗長系が有効に活用されるために、他の機器以上の高信頼度が要求される。従来、無接点ダイオードスイッチによって切換えを行っていたが、ダイオードバイアス電源が故障すると回路がオープンになって、せっかく 2 つの系統を持ちながら信号は伝送されず、停波となってしまう大きな弱点があった。さらにスイッチ機構はチャンネル専用で高価といった欠点があるため、チャンネルに無関係で VHF でも UHF でも使用でき、電源が故障しても信号伝送可能な高信頼リレーを使用する方式に改善された。

しかし最近、前記のような、伝送系を ON, OFF せず、1, 2 号系装置の電源を切換える方式、局発に APC をかけて並列運転する方式等が試みられている。

3.8 電力増幅器¹⁾²⁾

電力増幅器は、放送機の特長、信頼性、経済性に大きく影響を与える部分であるため、最近の固体化に際しては、広帯域化、高規格化、高能率化に加えて小型軽量化が重点的に考慮されている。

このうち広帯域化は、メーカーおよびユーザーにとっ

て、共通使用ができること、製作工数の低減による低コスト化、購入のしやすさ等々の利点が多い。通常 VHF では 1~3 チャンネル、4~12 チャンネルの 2 種類、UHF は、サーキュレーター特性の制限をうけて、10 チャンネルカバーとなっているが、増幅器単体は UHF 全域をカバーしている。

高規格特性と高能率化は増幅器にとって相反する要求である。増幅器が固体化された当時はすべて AB 級動作であったが、AB 級の本質と調整方法に問題があって、非直線ひずみによる特性劣化が解決しきれず、ひずみの少ない高規格の要求に対しては A 級動作にせざるを得ず、能率は著しく低下した。しかし最近においては、AB 級動作の解明³⁾によって、これが 3 段程度継続されても、-40 dB 以下のカラー混変調も容易に得られるようになった。このように AB 級でも A 級同等の特性が得られれば、熱設計、消費電力、増幅段数および形状、重量の低減が可能となり、信頼性も向上するなど、優れた点が多い。

その他、無ひずみ化をめざして、フィードフォアによる方法、擬似ひずみを持った増幅器の逆相合成によるひずみ補償⁴⁾が実用化され、いずれもカラー混変調は 10 dB 以上向上している。

固体機器の信頼性は周囲温度によって決定される。NHK では半導体素子のジャンクション温度の許容値を、周囲温度 45°C において 110°C 以下と定めている。機器の冷却はファンによる強制空冷が最も効率的であるが、回転機をきらって自然空冷方式が多く採用される。しかしこの方式で十分な効果を得るためには冷却フィンが大型化し、装置全体の形状、重量が大きくなって取扱いは不便となる。

そこで、同じ自然空冷方式であるが、増幅器全体と冷却フィンを分離できる構造とし、重いフィンを装置取付用枠に固着する方式が実用化された(写真 1)。これによって増幅器の形状、重量とも 1/2 以下となって、取扱いはきわめて容易となった。

一方、フィンは据置形になったため、いままで大きな重さとも携行の便を考慮して熱設計が充分でなかったものが、自由に設計できることになった。増幅器とフィンはネジで簡単に取付けられるが、両者の接触面の平滑度が運用中に多少損われても、また個人差でネジの締付圧着度が多少異なっても、全熱設計に与える影響はせいぜい 10% 以下であることも確認されており、実務上ほとんど問題とならない。

増幅器の形状寸法は、UHF の場合には高誘電率基板の使用によってかなり小型となるが、VHF の場合には本質的に回路構成のうえであまり期待できない。

写真 1(a) 全固体化 UHF 30 W テレビ中継放送機
(10 W モジュール 3 台構成)

写真 1(b) UHF 10 W モジュール内部
(上部は制御および電源回路、下部は高誘電率基板 (FGA) を用いた電力増幅部)

写真 2 全固体化 VHF 500 W テレビ中継放送機

写真 2 および写真 3 は、VHF 全固体化 500 W 装置ならびに 50 W 電力増幅ユニットを示す。また表 1 に全

写真 3(a) VHF 50 W 電力増幅ユニット外観

写真 3(b) VHF 50 W 電力増幅ユニット内部 (High ch 用)

表 1 全固体化テレビ中継放送機における電力増幅器の並列接続台数

放送機出力 (W)	VHF		UHF		備 考
	PA 出力 (W)	並列台数 (台)	PA 出力 (W)	並列台数 (台)	
500	50	16	—	—	
300	50	8	50	8	
250					
100					
30	50	2~4	50	4	
10	30	2	10	3	
3	10	2*1	10	2*1	*1 簡易型は1台構成となっている。
	3	2*1	3	2*1	*2 基本装置出力が1Wとなっている。
1	1	2*1	*2	2*1	

固体化装置の電力増幅ユニットの並列接続台数を示す。

3.9 電 源

装置の固体化によって低電圧大電流の直流安定電源が必要となり、従来の磁気増幅形、シリーズレギュレーター形等の電源は、電圧安定性能、電力効率、重量、大き

さの点ですぐれたスイッチングレギュレーター方式に変更された。

従来方式のものは、大出力のときや変動の大きい負荷の場合に、制御回路の電力容量が大きく、その損失による発熱も大きい。それに対してスイッチング形は、トランジスタでの熱損失はスイッチング損失のみで、温度上昇も少なく、シリーズレギュレーターによる同一出力の電源にくらべて、体積比、重量比は1/3以下となる。また、スイッチングレギュレーターの特性を生かして、過電圧および過電流保護回路を内蔵し、システムダウンを防止している。

すなわち出力電圧が異常に上昇すると瞬間的に出力を断とし、数秒後に再投入する。このとき正常ならば自動復帰し、2~3回再投入しても異常が継続すれば、このときはじめて完全に断とする。これにより瞬時の過電圧で長時間停波することが防止できる。

また、負荷電流が異常増加すると、電圧垂下特性によって出力電圧を低下させ、負荷が短絡した場合は一度出力を断としたあと、過電圧保護と同様のノッチング方式となる。またスイッチングレギュレーター電源は、発振の起動、停止を行うことによって簡単に ON, OFF できるため、放送機のスケルチ制御を利用して放送休止時に消費電力の大きい電力増幅器の電源を OFF する方式に改められている。

4. 多段画質改善

テレビ放送網の拡充に伴い、中継局の縦続段数はますます多くなり、それらの末端局において良好な画質が維持されることは、受信サービス上はもちろんのこと、今後のテレビの難視聴解消を促進するうえでも重要な課題である。

放送波の伝送特性は、装置、アンテナおよび空間伝搬系の複雑なからみ合いによって劣化するものであるから、それぞれの現状において効率的に改善することが望ましい。

4.1 多段中継ルート

NHK における全国の中継局の段数分布を図3に示す。このうち4段以上を多段と定義しており、これに含まれる局数は全体の約 1/4 を占めている。しかしながら、伝送特性の劣化度は同じ段数でも要因が複雑なように、かなりばらつきをもっている。

4.2 多段画質の問題点と改善手法

多段による伝送諸特性の劣化は、特性加算の法則が成立するため計算によってかなり正確に推定できる。ただ加算の減算係数は各特性の特質によって異なり、理論的根拠なり、実験的根拠を考慮する中で決定する必要があ

図 3 全国多段局数

表 2 多段中継局の特性配分目標値

伝送項目	基幹局	中継局	回線末端局
周波数特性 (dB)	±0.5	±0.5	±2
微分利得 (%)	5	5	20
微分位相 (°)	3	5	20
2T パルス特性 (K_p)	1	2	5
S/N (dB)	48	47	38
混変調 (dB)	—	—35	—24
音声混変 (dB)	—	—60	—44
変調度 (%)	同期(S) 画像(P)	S 75±2.5 P 12.5±1	S 70~85
垂直サグ (%)	2	5	30

る。表 2 は、CCIR の勧告をはじめ、各種実験データならびに市販受像機の性能等を勘案して定めた多段特性配分の目標値⁵⁾⁶⁾で、このときカラー画質評価 3+~4- 以上が得られるとしている。

この中で、旧形放送機または IC 方式の簡易放送機で構成された多段中継ルートの末端局では、この目標値を維持することがむずかしいため、NHK ではできるだけ早期の改善を実施している。

以下に、画質を支配する諸特性の、多段各局における配分の目安の建てかたを含めて改善方法を述べる。

(1) S/N

中継段数の増加に伴い物理量として必然的に劣化し、他の特性のように補償によって改善できる余地がないため、多段ルートの段数は S/N で決定される。したがって、劣化を最少限に押えるために、入力電界をできるだけ高くするか、雑音指数の改善しかない。前者は置局条件の制限をうけて改善の期待はほとんどなく、後者も改善の限界にあって、これ以上はむずかしい。

多段中継ルートの調査データを平均すると、1 段当り 2.3 dB の劣化を生ずるという報告がある。

多段ルートにおける S/N 劣化は次のように表わされる。

$$(S/N)_n(\text{dB}) = (S/N)_3(\text{dB}) - 10 \log \left(\frac{n}{3} \right)$$

ただし n : 段数

$(S/N)_3$: 3 段目の S/N

ここで末端局の S/N 目標値を 38 dB 以上としたとき、第 3 段目のとるべき S/N は、中継段数によってそれぞれ表 3 のようになり、8 段ルートまでの特性配分は図 4 に示される。

また、前段までの S/N と自局装置単体の S/N から自局送信の S/N は、図 5 より求めることができる。

(2) カラー混変調

映音同時増幅方式の放送機で構成された多段ルートではカラー混変調が最も問題となる。これは装置の振幅と位相の非直線ひずみによって発生し、段数増加につれて漸次劣化の傾向にあるが、段間によって補償し合い改善されることもあり、1 段当りの劣化量は実測でも大きく

表 3 中継段数別の $(S/N)_3$ の値

	4 段ルート	5 段ルート	6 段ルート	7 段ルート	8 段ルート
$(S/N)_3(\text{dB})$	39.2	40.2	41	41.7	42.5

図 4 S/N の多段特性配分

図 5 S/N の計算図表

ばらついているが、実務上次に述べる方法で特性配分の検討を行っている。

多段の混変調は、各段が同相のとき最悪値をとることになり、次式で表わされる。

$$(IM)_n(\text{dB}) = (IM)_3(\text{dB}) + 20 \log \left(\frac{n}{3} \right)$$

ここで: n 段数

$(IM)_3$: 第3段目の混変調量

ここで末端局の IM 目標値を -24 dB 以下としたとき第3段目のとるべき IM は、中継段数によって表4のようになり、8段ルートまでの特性配分は図6に示される。

また、前段までの IM と自局装置単体の IM から自局送信の IM は図7より求めることができる。

(3) 音声縞

音声搬送波に AM 成分があり、映像搬送波とともに装置の非直線回路を通過するとき、相互混変調によって映像搬送波近傍に AM 成分が乗り移り、画質を劣化させるため、音声混変調または音声乗り移り現象とも呼ばれる。 AM 成分は音声搬送波が多重伝搬ひずみを受けた

表4 中継段数別の $(IM)_3$ の値

	4 段 ルート	5 段 ルート	6 段 ルート	7 段 ルート	8 段 ルート
$(IM)_3(\text{dB})$	-26.5	-28.5	-30	-31.5	-32.5

図6 IM の多段特性配分

図7 IM の計算図表

とき、装置の AM - PM 変換特性が極端に悪いときなどに発生するため、中継段数を増すほど発生確率は高いが、1段当りの劣化量は定まらない。もちろん音声搬送波に AM 成分がなければ音声縞は発生しない。

IM 同様、次のような考え方で特性配分の検討を行う。

すなわち IM と同様に最悪値を考えると各段同相となり、多段ルートの音声混変調 IN は次式で求められる。

$$(IN)_n(\text{dB}) = (IN)_3(\text{dB}) + 20 \log \left(\frac{n}{3} \right)$$

ここで n : 段数

$(IN)_3$: 第3段目の音声混変調量

ここで末端局の IN 目標値を -44 dB 以下としたとき、第3段目の IN は、中継段数によって表5のようになる。

また8段までの特性配分は図8のようになる。

なお IM と違って、伝搬系のマルチパスひずみによる AM 乗り移りによって途中の段から急に IN 妨害が発生することもありうるので、あらかじめ配分されたとおりにはいかないこともある。

(4) 波形ひずみ (K_p 特性)

伝送帯域の振幅ならびに位相特性が平坦であれば問題ないが、帯域の両端は各種フィルターによって帯域制限をうけるため、振幅特性および群遅延特性が変化して波形ひずみを生じる。特に映像搬送波近傍の遅れは大きく影響する。このことから波形ひずみを極力小さくするためにフィルターのノッチ数をできる限り少なくする必要がある。実測で、下隣接ノッチフィルター1本を追加すると映像搬送波での群遅延時間の増加は約 50 ns となり、 $K_p=1$ 程度の劣化をきたす例がある。

多段ルートにおける1段当りの劣化は $K_p=1.5 \sim 2.5$

表5 中継段数別の $(IN)_3$ の値

	4 段 ルート	5 段 ルート	6 段 ルート	7 段 ルート	8 段 ルート
$(IN)_3(\text{dB})$	-46.5	-48.5	-50	-51.5	-52.5

図8 IN の多段特性配分

図 9 多段ルート の推定 K_p

といわれ、次の実験式を特性配分の目安として使用している。

$$K_p(n) = K_p(0) + (2n + m)$$

ただし n : 段数

m : 下隣接ノッチフィルタの
 n 段までの数

$K_p(0)$: 0 段目すなわち基幹局の K_p 値

実験式から中継段数に対する K_p は図 9 のようになる。

図9において5段目の K_p を目標値の5以下とするためには、3段目に波形等化器を挿入する必要がある。

波形ひずみを $2T$ パルスの K_p 特性について考えたが、方形波や $20T$ パルス、さらに空中線系についても検討の必要がある他、伝搬系で発生するゴースト波も大きな要因となり、これらについては現在解析が行われている。

(5) その他

前述のゴーストに対しては、立地条件が許せばダイバシティ受信方式で改善できるが、中間周波数で除去するゴーストキャンセラーが効果をあげている。

垂直同期サグに対しては、サグ補償器、急激なフェー

ディングに対応するものとして、高速度 AGC ユニ
ット、オフセットビートを除去するビートキャンセラー等
々、画質改善のための各種補償器が開発、実用化されて
いる。

5. 雷害对策

テレビ中継局は立地条件から雷害を受けやすい。また瓦礫や岩盤で構成された山頂では接地抵抗も高く、雷サージ突入によって接地電位が異常に上昇するとともに、大きな電位差を生じて絶縁は破壊され、機器、配線、フューズ等が焼損または溶断して、規模の大きい障害を生ずる。

5.1 雷の侵入

図 10 に中継局の受電および伝送線を中心とした構成を示す。ここにおける雷侵入の経路として、次の 3 通りがあり、障害件数もほぼこの順にしたがっている。

- ① 受電線路
- ② 送受信アンテナの鉄柱
- ③ 伝送線路

このうち③は一般に地下埋設方式のため雷害は少ないと考えられているが、直撃または誘導によって伝送線外被や地線に雷電流が流れ、被覆に孔をあけたり、端末機器を破壊したりする。

5.2 被害の状況

図 11 に停波事故を要因別に区分して示す。この図は、雷対策が全局数の半数に満たない昭和 49 年度のものであるが、雷害は約 1/4 と高い値を示している。また送受分離局は、非分離局の 2 倍以上となっている(図 12)。

5.3 雷对策

(1) 耐雷トランスの使用

絶縁トランスと避雷器を組合せた耐雷トランスを、受電入口に挿入して受電線路からの侵入を防止する。この耐雷トランスは特に不平衡サージに対応するよう設計されている。これは、受電線各相線と大地の間に平衡に生じたサージでも、フューズや避雷器などの保護素子のア

図 10 テレビ中継放送所構成図(分離局)

図 11 要因別システム故障

図 12 送受信所の分離, 非分離別障害

図 13 耐雷トランスのサージ抑圧回路

ンバランス動作によって不平衡サージを誘発すること、また片線アースや、不平衡な引込線なども多く、それはそのまま不平衡サージとなるため、これを絶縁トランスだけで侵入を遮断しようとしても、電磁結合によってそのまま2次側に移行して装置を破壊させる。したがって耐雷トランスは、この不平衡な外来線間サージをできるだけ少なくするため、図 13 のように避雷素子を線間に挿入する。

(2) 耐雷分離端子板の使用

送受分離局では伝送線に誘導したサージ電圧を吸収するために、伝送線の両端末に耐雷端子板を挿入している。すなわち、雷サージ電圧はアレスターに吸収され、吸収しきれない残留分をコイルとコンデンサーによって

積分し、ピーク値を押えた後、ツェナーダイオードに吸収する。

(3) 接地抵抗の低減

耐雷効果のうえからは接地抵抗は 1Ω 以下が望ましいが、立地条件からきわめてむずかしい。そこで接地線を溶着施工に改めるなどして、できるだけ低い値に抑えることにしている。

(4) 低圧受電引込部の耐雷化

一般に低圧受電は高圧受電にくらべて雷害を受けやすい。そこで低圧受電の際に、接地外被導体で覆った平衡引込線すなわち同軸ケーブルと絶縁トランスを組合せて、雷侵入に対処する。

すなわち受電線として高耐圧の同軸ケーブルを2本設置し、その心線間に絶縁トランスを介して交流電圧を加えると電源回路は閉回路となるが、雷サージに対して開放となる。落雷によって送電端または受電端の接地電位が上昇し、ケーブル外被に雷電流が流れると、両ケーブルに位相、大きさともほぼ等しいサージ電圧が心線と外被導体間に発生するため、トランスの線路側端子間には雷サージ電圧はほとんど現われず、直撃雷にも耐えることができる。

以上、各種の対策を単独または併用して雷障害の低減に貢献⁷⁾しているが、さらに定量的に検証するため、落雷の有無、雷電流の波高値、極性等が残留磁気の大きさによって簡単かつ安価に測定できる磁鋼片測定器を、100 を越す中継局の空中線鉄柱、伝送線、受電線の各所に配置して、データを集積している。

6. 保 全 設 計

電波の質を向上させ、番組が中断されことなく確実に放送され、また年々増高する中継局とそれに伴う保守業務量の低減ならびに維持保全経費増の抑制等の目的で、老朽化装置の更新が行われるが、一挙に実施することは巨大な経費を要するためむずかしく、すべての老朽装置を一掃するには必然的に長期間にわたることになる。このため、老朽装置と、高性能化し、しかも複雑かつ異なったシステムの新形装置が混在することは避けられず、保守体制は要員訓練も含めて複雑なものとなる。

したがって、このような現状の中で新形装置を設計する際には、単に高性能、高信頼性を追及するだけでなく、急激な技術変化に対応する保守方法にも充分配慮するとともに、不幸にして故障した場合には、故障個所の発見ならびに修復が迅速かつ容易に行えて、極力ダウンタイムの縮少をはかるような保全性を考慮しなければならない。

7. む す び

米国について世界第2位のぼう大なテレビ中継局を持つわが国では、これらの無人局の効率的運用および保守を図って高出力段までの固体化が著しく進み、その技術レベルも高く評価されている。

NHK が昭和 49 年度に開発実用化した VHF 100 W 固体化装置の 50 W 電力増幅器を例にとると、約 100 台稼動して、無事故150 万時間以上の MTBF を記録しており、同様に MIC, HIC による UHF 100 W 放送装置も安定動作をつづけている。

画質については、多段中継上位局に必要なカラー混変調 -40 dB を得るには、従来、映音分離方式の放送機でなければ無理であったが、この方式は、システム構成が複雑で保守が容易でないこと、高価であること等の難点も多く、このため簡単な映音同時方式の通常の中継放送機の特性向上が望まれていたもので、最近の固体技術によって、これがきわめて容易となった。

価格については、高利得大出力のトランジスタの普及によって回路構成は一段と単純化され、かつ広帯域化によって調整工数が減り実質的な低下を実現しているが、たとえば基本装置についてみると、各機能別ユニットを統合し、これを大型モジュール化することによって、材

料、部品および工数を大幅に減らし、信頼性向上と価格低減の試みも行われるなど、見直す部分も少なくない。

さらに今後、高周波高出力の限界にあるバイポーラトランジスタが電界効果トランジスタ (FET) に置換えられる動きもあり、また画質改善等にディジタル技術導入の可能性も検討されようとしていて、テレビ中継放送機はますます多くの面で向上が期待されよう。

本稿をまとめるにあたり協力をいただいた同僚の村田多由、小野準一、新井利昭の諸氏に深く感謝します。

(昭和 51 年 8 月 6 日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) 小野塚, 小野, 末松: UHF テレビ中継放送機の電力増幅部を IC 化する, 日経エレクトロニクス, 1975. 11, 82
- 2) 平川, 加藤, 遠藤ほか: IC 化 UHF 100 W TV 直接中継装置, テレビ学会無線技術研資 (1976. 3)
- 3) 山口, 上田, 笹田ほか: AB 級高周波電力増幅器の最適回路設計法, テレビ学会無線技術研資 (1974. 7)
- 4) 菅沼, 小野, 梶原: 歪補償について (II), テレビ全大 (1976)
- 5) 保科, 瀬戸, 新井: 多段中継局の特性配分について, テレビ学会無線技術研資 (1974. 2)
- 6) 末永: 送信設備の特性配分について, テレビ学会 UHF 放技研資, 18-93 (1971. 9)
- 7) 山内, 戸塚: 分散分析法による 雷害対策の効果判定, NHK 月報, 19, 3 (1976) 86

テレビジョン 12 月号 予定目次

【ふぉーかす】	テレビ技術における専門家の功罪	NET テレビ	金子 晋
【技術解説】	高品位テレビの研究はどこまで進んでいるか	NHK	日下 秀夫・河本 太郎・西沢 台次
	撮像電子ビーム系の現状と問題点	NHK	小楠 千早
【研究動向】	微細パターン露光技術の動向	電電公社	龍野 剛一・中山 了
【技術の話題】	自動車電話	電電公社	渡辺 正信
【論文】	固体撮像板を用いたカラーテレビカメラの実験的検討		
	日立 佐藤 和弘・神山 孝光・長原 脩策・高橋 健二・芦川 幹雄		
	EL-PC 型映像変換パネルによる X 線テレビの開発	松下電器	大島 信正・山下 一郎・崎道 繁幸
	チャンネル型電子増倍管のエネルギー分布	東北大	越田 信義・益子 洋治・国井 誠・吉田 重知
【講座】	レーザーとその応用		
	5. レーザーの応用 [I]——光伝送——	電電公社	加藤 嘉則
【新技術のページ】	光フィルム技術の研究	NET テレビ	竹下 彊一・NHK 岩村 総一
【現場だより】	電波研究所鹿児島支所	郵政省	生島広三郎
【国際会議レポート】	CCIR	NHK	沼口 安隆
	1976 SID 国際会議	シャープ	鈴木 忠二