テレビジョン自動同期結合装置

藤 村 安 志
NHK 技術研究所 三 井 信 雄
上 原 隆 司

TV 局間の同期結合方式は、従来、RCA で開発した Gen-Lock 方式、NHK ウォークルッキー、BBC などて試用された水平同期の基準となる信号伝送による結合方式などがある。しかしこれらの方式には次の諸点について一長一短がある。(1) Gen-Lock 方式：同期結合方式としては上手な設計といえるが、外来信号に混入する雑音（特にパルス性雑音）によって水平ロック離れ、垂直流れを生ずる、また雑音によるじょう乱および入力他局同期の断によって自局の同期が乱れたり、水平同期周波数がかかりはずれた値に偏移する。多元同期ができない。(2) 水平同期基準伝送方式：他局に水平同期の基準を送っているの、雑音などの外来の影響で自局同期が犯されることがない。多元同期が可能である。しかし同期結合を維持するためには他局からくる映像回線と、自局から他局へ送る基準信号回線を保守しなければならない。

本文で述べる自動同期結合装置は、この二つの方式の長所を採り入れるよう考えて設計してある。

第 1 図 自動同期結合装置系統図

動作原理

この自動同期結合装置の動作基本原理を第 1 図に示す。他局の V.S. 信号は安定化増幅器で分離され S 信号として入力に加わる（直接 V.S. 1.4 Vp-p で加えてもよい）。この信号は正規の信号レベルがあるかないかを障害検出回路で確認させる。十分放送できると評価された場合、（後述するように映像レベルの大きさと比較される）直ちに垂直同期位相差は検出し、自局同期信号発生器の $\div 525$ カウンターを補正パルスにより誤動作させて一致させる。この動作が完了すると水平同期位相差はリアクタンス管を用いた AFC 回路により結合する。AFC の規準周波数は他局同期が正規にきていない場合には、自動同期結合装置に自蔵している 31.5 kc 水晶発振周波数であり、AFC はこの周波数に結合している。

これらの動作は安定に、切換操作の不便なく自動的に同期結合を行なうよう考慮してある。しかもこの同期結合は、番組構成上からは一連の連続画面として一般市販

受像器に障害をほとんど与えない。また局間回線、中継回線の事故が生じた場合には、障害検出回路が動作して直ちに自動的に自局同期および自局番組に切替わる。

同期切替結合に伴う諸現象

1. 垂直同期の結合

垂直同期の位相は RC-A, Gen-Lock 方式と同様、補正パルスによって自局同期信号発生器を誤動作させて行なう。この方式では調相期間中、自局同期の走査線数が変化

"Television Automatic Sync. Lock Equipment" by Yasushi Fujimura, Nobuo Mii & Takashi Uehara.

第2図 垂直調相時間の認知限界

するので、場合によっては聴視者が異状を認知する。第2図はこの認知限界を測定したもので、垂直位相の最大偏差点（ほとんど1Vずれた場合）より位相一致時間を5秒とすれば（垂直周波数偏差0.33%）、この周波数通降回路のうち動作はほとんどわからない。ただ走査数が偶数となると、飛越走査が行なわれないので絵がらによってわかる程度である。

2. 水平同期の結合

水平同期の結合をAFC回路のついた受像機で画面に同期乱れを与えることなく行なうにはかなりの考慮を必要とする。すなわち一般市販の受像機においてインディシャルな入力位相の変化に対して、その水平AFC回路の過渡応答は定常値に達するまでかなりの時間を必要とし10ms程度にもなる。

AFCの過渡応答を調べるため、回路動作を自動制御で用いられるブロック線図で表わすと第3図のように示される。このブロック線図はある定常値よりの時間的変化を示しており、位相差の定常値 ϕ_D は他局同期周波数を ω_1 自局固有の発振周波数を ω_0 とすれば

$$\phi_D = \frac{\omega_1 - \omega_0}{K} \quad (1)$$

但し $K = K_1 \cdot K_2$ で与えられている。 K はAFCの利得と呼ばれるもので

$$K = \frac{\Delta \omega_0}{\Delta \phi_D} \quad (2)$$

で示され dimension は 1/sec である。このAFCは実際にはHパルスごとにサンプルされる時間系列に不連続な制御系であるが、過渡応答の周期に比して、サンプル周期が短いので連続関数として近似ができる。注1) よって入力がインディシャル変化として、出力位相 $\phi_2(s)$ を求めると、

$$\phi_2(s) = \frac{Ka}{(s^2 + sa + Ka)} \cdot \frac{\phi_1}{s} \quad (3)$$

$$\text{但し } f(s) = \frac{a}{s+a} \text{ として}$$

または

$$\phi_2(s) = \frac{K \frac{a}{b} (s+b)}{s^2 + \left(a + K \frac{a}{b}\right)s + Ka} \cdot \frac{\phi_1}{s} \quad (4)$$

$$\text{但し } f(s) = \frac{a}{b} \frac{s+b}{s+a} \text{ として}$$

のように $f(s)$ の低域フィルタの型で二とおりにあらわされる。

これを逆ラプラス変換して $\left| \frac{\phi_2}{\phi_1} \right| (t)$ を求めると、(3)式は

$$\left| \frac{\phi_2}{\phi_1} \right| (t) = 1 + \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{a}{4K}}} e^{-\frac{a}{2}t} \sin \left(\sqrt{Ka - \frac{a^2}{4}} t + \theta \right) \quad (5)$$

$$\text{但し } \theta = \sin^{-1} \left(-\sqrt{1 - \frac{a}{4K}} \right)$$

(4)式は

$$\left| \frac{\phi_2}{\phi_1} \right| (t) = 1 + \frac{\sqrt{1 - \frac{a}{b}}}{\sqrt{1 - \frac{a}{4K} \left(1 + \frac{K}{b}\right)^2}} e^{-\frac{a}{2} \left(1 + \frac{K}{b}\right) t} \sin \left(\sqrt{Ka - \frac{a^2}{4} (1+b^2)} t + \theta \right) \quad (6)$$

$$\text{但し } \theta = \sin^{-1} \left(-\frac{\sqrt{1 - \frac{a}{4K} (1+b^2)}}{1 - \frac{a}{b}} \right)$$

の型で表わされる。

第4図は理論的に求めたものと、実測値との対比を示した一例で、3msの付近でオーバーシュートを生じ定常値になるまで10msもかかることを示している。

この結果からもわかるように、過渡状態が長く、しかも振動形となる場合も、利得 K とフィルタの定数によって考えられるので、視覚に与える影響は無視できない

注1) この証明は筆者によって、 z 変換を用いて理論的にも実験的にも明らかにされている。

$\frac{2}{s+2} \frac{R_1}{C_1}$	$a = \frac{1}{R_1 C_1}$	
$\frac{a(s+b)}{b(s+a)}$	$a = \frac{1}{R_1 C_1} \text{ or } \frac{1}{R_2 C_2}$ $b = \frac{1}{(R_1 + R_2) C_1} \text{ or } \frac{1}{R_2 C_2}$	

第3図 AFC ブロック線図

い。実験によると位相変化に対するラスタ上での認知限界はかなり厳しく、 ϕ_D が 0.5% 以上あれば変化を認められる。ゆえに水平同期の切替えは他局と自局の同期位相がほとんど一致した場合（位相差 0.1% 以内）に行なわれるよう考えなければならない。もちろんパルス駆動、ブロッキング発振による水平偏向回路では上述の現象は過渡応答が早いので問題とならない。

3. VTR 出力信号との結合

他局同期として VTR 出力信号を用いる場合が考えられる。これはスタジオ番組中に VTR 出力信号を挿入する場合で、番組の任意の時間に VTR を起動し、自動同期結合装置でスタジオ同期を自動的に VTR に結合させ映像信号の混合を可能にする方法である。この場合水平同期を先にかけて、垂直を後にするか、またこの逆をとるかは重要な問題となる。すなわち VTR 出力信号に結合した同期信号発生器の水平同期の位相は、VTR ヘッド切替え時の位相補償サーボの不完全性に追従して、画面との相対位置が変化して曲りを生ずる。この曲りは静止している場合には認知されないが、先に水平をかけて、垂直を後にする場合には上下に曲りが移動するので認知される。本装置ではこの影響を除くため、従来の方式と逆に垂直を先にかけて、後に水平結合を行なっている。

4. 切替準備時間

垂直位相差の検出から、水平同期の結合までに要する準備時間は、(i) 垂直調相、最大 5 秒、平均 3 秒、(ii) 水平調相は $T = \frac{1}{4f}$ (sec) である。特に水平調相は $4f$ で決まるので自局水晶発振器を他局周波数より 1~2c/s ぐらいずらしておく方がよい。故に全ての動作が完了するまでの時間は最大 6 秒程度の時間ずれを考えればよい。

回 路 構 成

前節の考慮を加味して構成された回路を第 5 図に示す。この回路の個々の動作を第 1 図を参考にして説明する。

1. 自局同期

同期切替スイッチを L（自局同期）にすると T_{47} のトランジスタは OFF となり、リレー #2 の接点は L 位置にある。

（水平同期） T_{25}' 出力は、 T_8 , T_9 および T_{11} , T_{12} の二個のフリップ・フロップの T_8 , T_{11} をトリガし、直結された T_{13} は OFF, T_{10} は ON となり、 D_1 を導通させる。一方 T_{18} の 31.5 kc 水晶発振器出力は T_{20} の $\div 2$ ブロッキング発振器を通して成形され、 T_{21} を通して D_1 を経て T_{17} のエミッタ・コレクタから異極性のパルスとして弁別回路を駆動する。この弁別器には自局同期信号発生器の水平駆動パルス(H. D)から発生した比較信号としてののこぎり波が加わっているため、位

第 4 図 のこぎり波 AFC 回路の過渡応答

相差が検出され、 T_{29} , T_{30} の DC 増幅器を経て、同期信号発生器は自局の 31.5 kc 水晶発振器に結合する。ここで DC 増幅器の T_{30} は T_{29} の温度変化による I_{c0} を補正するものである。また D_3 , D_4 は切替時の衝撃を防止するためのもので、DC 出力電圧を制限し 0.2V 以内に収めている。

（垂直同期） T_{35} の入力同期切替スイッチに連動し、L 位置にあるので、ベース入力は開放となって V. Lock 出力はない。

（映像）同期切替スイッチが L にあるので、 T_{28} のコレクタは $1\text{ k}\Omega$ を通して -18 V につながっているため、リレー #1 の接点は L 位置にあり、映像は自局(L) だけしか取れない。

2. 他局同期

同期切替スイッチを R（他局同期）にすると T_{47} のトランジスタは ON となり、リレー #2 接点は L 位置で T_{47} のベース駆動信号で動作するようになる。

（垂直同期） T_2 より T_{31} に加わった他局の複合同期は積分回路を通して垂直成分のみとなり、 T_{32} , T_{33} で成形されて T_{34} , T_{34}' の Inhibit Gate に加わる。一方、自局複合同期信号も、 T_{39} から積分回路を通して T_{40} に加わり、 T_{41} , T_{42} の単安定マルチで幅を決めて Gate に加わる。 T_{34} のコレクタには両者の位相差があるときのみパルスを発生し、このパルスは位相補償パルスとして T_{35} に加わる。この場合同期切替スイッチは R 位置にあるので、 T_{36} のコレクタより正極性のパルスが、同期信号発生器に加わり、調相する。 T_{34} のコレクタ出力パルスは、また T_{43} , T_{44} の単安定マルチを駆動し、その出力は正極性パルスとして T_{47} のベースに加わるため、 T_{34} より位相差による補償パルスが出ている間、 T_{47} は OFF 状態で、リレーは L 位置にある。自局と他局の位相が一致すると、 T_{47} の入力パルスがなくなるため T_{47} は ON となり、リレー #2 の接点 R 位置となり、水平同期トリガ回線を切替え、また垂直補償パルス回線を断とする。

（水平同期） T_{25}' の出力回線が R 位置にリレー #2 に

第 5 圖

より、垂直調相後つながる。一方、他局の複合同期パルスは、 T_2 より T_4 、 T_5 の単安定マルチに加わり、15.75 kc のみの H 成分になる。この単安定マルチはゲート作用を持っており、H パルスの期間のみゲートが閉じるようにしてあるので、雑音に対して影響を受けることが少ない。この単安定マルチの出力は、 T_6 と T_7 の出力と二つにわかれ、前者は同期切替時間の設定をなし、後者は D_2 を通して AFC の弁別回路に加わる。すなわち T_6 の出力は T_{26} 、 T_{27} の単安定マルチで、常に一定なパルス幅となし AND GATE T_{25} 、 T_{25}' に加わる。このゲートは、自局と他局の位相が一致したとき（位相差 0.5 % 以内に設定する。）のみ単安定マルチの出力をトリガパルスとしてフリップ・フロップに加える。よって自局同期の場合と逆の側の T_{13} が ON、 T_{10} が OFF となり D_2 が導通する。この結果、弁別回路で他局同期

は自局同期信号発生器の HD と比較され, AFC は他局に同期する.

(障害検出) 以上の他局同期の動作は、 T_{48} , T_{49} , T_{50} , T_{54} の障害検出回路でチェックされ行なわれる。すなわち T_{54} のペースに加わった他局 V. S. 信号は、増幅されて T_{48} の 15.75 kc 同調増幅器に加わり、この増幅器出力はプロテクタリレーを保持させる。ここで他局 V. S 信号が規定レベル（レベルは 6 dB, 9 dB, 12 dB, の三段階にプリセットできる。）以下になるとプロテクターの保持が不能となり、強制的にリレー接点が自局同期に切替わる。これは、信号が規定値以上になれば、また他局同期結合の過程が行なわれ他局同期に切替わる。

(映像) 完全に垂直同期の結合が終り、水平同期切替のフリップ・フロップがトリガされ反転されたときに T_8 のコレクタに直結した T_{28} が導通してリレーを R 位置にたおす。この状態では映像は R、L 任意に選べる。

他局映像同期信号は、伝送路でいろいろの雑音の混入を受ける。これからできるだけ原信号に近い信号を取り出すために、安定化増幅器をこの自動同期結合装置内に設けてある。

第8図 クランプ回路

1. 回路の方式および構成

この安定化増幅器は、すでに NHK 技術研究所で真空管式で試みられた第6図の方式^{注2)}を用いている。この方式は RCA 方式と異なり、キーイング・クランプ・パルスを分離するためのクランプ回路が別に設けられているので、ループを作らず各種雑音、特に衝撃性雑音に対して安定度が高い。

第7図はこの増幅器の全回路図である。

T₁ T₂ で利得調整し T₃~T₆ で帰線消去信号を付加して被クランプ回路を低インピーダンスで駆動する。クランプした後 T₇ D₁ T₈ で直線せん断して出力増幅部 T₉~T₁₄ から 75Ω 同軸ケーブルへ映像信号を送り出す。一方キーイング・パルスは VS 入力から直接同期分離成形して (T₁₅~T₂₃), クランプ回路 (T₂₄~T₂₆) へ加えている。また同期信号の分離はクランプした後 D₁ と同じ点から D₂ で行なって、T₂₇ でスライスして出力回路 T₂₈~T₃₀ から 4Vp-p の同期信号を 75Ω 同軸ケーブルへ送り出す。出力映像信号として VS 信号が必要なときに

注2) NHK 技術研究 第10巻 第6号 (33.11) 新型安定化増幅器とセクタップ付加回路 (藤村, 岩村)

第9図

リニヤーク
リップパーの非
直線性

は、T₃₁ から前記の整形された他局同期信号または同期結合された自局同期信号のいずれかを選んで T₁₀ へ加えられる。これらの回路で特に問題となった部分について説明する。

2. クランプ回路

トランジスタの低い飽和抵抗を利用して、バックボーチのレベルを固定するもので、考え方は真空管の場合とほぼ同じである。クランプ能率を良くするためには、クランプ回路への前段出力インピーダンスが低く、被クランプ回路の入力インピーダンスが高いことが望ましい。またクランプ回路の導通時のインピーダンスと非導通時のインピーダンス比も大きくする必要がある。第8図において前段出力インピーダンス z_0 は

$$z_0 \doteq \frac{R_g/h_{fe} + r_a}{1 + R_c/R_{e1}}$$

h_{fe} : エミッタ接地電流増幅率

r_a : エミッタ拡散抵抗

$1 + R_c/R_{e1}$: フィードバックペアの帰還量

で表わされ約 15 Ω である。

また被クランプ回路の入力インピーダンスは、エミッタ接地を使った場合、

$$z_{in} = r_b' + (r_a + R_{e2})(1 + h_{fe}) \doteq R_{e2} \cdot h_{fe}$$

r_b' : ベースひろがり抵抗

となり、図における定数では h_{fe} が 140 以上のトランジスタを選べば、 z_{in} は 50 kΩ 以上となる。このときの水平周期のサグを 1% 以下にするには、結合コンデンサ C_c は

$$C_c \geq \frac{1}{f_h \cdot z_{in} \cdot \delta} = \frac{1}{15.75 \times 50 \times \frac{1}{100}} (\mu F)$$

δ : サグ

の関係から 0.1 μF 以上が必要となる。

実際の回路において、T₂₄, T₂₅ のベースの CR 時定数も問題となる。すなわちベースの時定数が大きすぎると、ベース電流が減少して飽和抵抗は大きくなる。反対に小さすぎると非導通時にベース側のパルス電圧とコレクタ側の映像信号の相対関係からコレクタ接合が導通して映像信号がクリップされるので、より大きな入力パルスが必要となる。実験によれば、時定数は 0.5~0.1 秒に選ぶのが適当で、このときの飽和抵抗は 5 Ω 程度となる。

以上の回路において、キーイング・クランプ・パルスの幅を 3 μsec にすると 36 dB, 2 μsec にすると 33.5 dB のハム改善率が得られる。なお T₂₄ T₂₅ のエミッタにある C_{e3} は結合コンデンサ C_c に比して、十分大きくしなければならない。

3. 直線せん断回路

映像同期信号から映像信号だけを取り出す場合、その

第 10 図 (b) 映像出力回路周波数特性

← (a) 映像出力回路 (shunt regulated amp.)

直線性が問題となる。一般にダイオードが用いられるが、ダイオードの直線部の彎曲によって映像信号の黒レベル側が縮まる傾向がある。実験によるとダイオード電流が 0.5 mA では 1% 、 1 mA では 0.3% のひずみを生じた。なおトランジスタのベース・エミッタ接合を使った場合、 1 mA 流しても $3\sim 4\%$ のひずみとなり実用にならない。第 9 図はその実験結果である。

4. 映像出力回路

線路インピーダンス 75Ω に $VS\ 1.4\text{ Vp-p}$ を送り出すための回路で、一般にエミッタホロウを用いてインピーダンスを整合している。しかし、その場合直流分の阻止が実際上困難であるため、いろいろの障害の原因となっている。

ここではコレクタ結合型シャントレギュレーテッド増幅器を使って出力インピーダンスを上げ、結合コンデンサによって直流を阻止している。この出力回路は高インピーダンス型なのでインピーダンス整合のため 75Ω 抵抗をケーブル送端に挿入する必要がある。よって出力回路からみた負荷インピーダンスは 37.5Ω になるので $T_{11}\sim T_{14}$ の 4 本のトランジスタを使った第 10 図 (a) のような回路にする。各トランジスタのバイアスは $V_{CE} = -4\text{ V}$ 、 $I_e = 10\sim 13\text{ mA}$ である。この回路のドライブにはエミッタホロウを使用している。ドライバーを含めた出力回路の周波数特性を同図 (b) に示す。

5. 同期分離回路

キーイング・クランプ・パルスの分離には、同期結合部で述べたように、雑音に対して高い安定度を得るため単安定マルチを用いている。送り出し用の同期信号の分離については、ダイオード D_2 によって分離するだけでなく、トランジスタ T_{27} でもスライスする。つまり D_2 によって、同期信号の基部を切り、トランジスタ T_{27} のバイアスによって頭部を切る。こうすることにより雑音の混入した同期信号の中間部 (雑音は基部と頭部に重畳

されている) のみをとって整形した雑音のない同期信号が得られる。しかしこの動作中に位相が遅れるので、映像信号との相対位相を保つため映像回路に遅延ケーブルを入れる。それと同時に同期位相およびパルス幅を調整する必要がある。

6. 性能

以上の各回路を検討してこの安定化増幅器は次のような性能を持っている。

(1) 規定出力を得るための最小入力信号レベル	0.4 Vp-p
(2) 最大出力レベル (正弦波)	3.5 Vp-p
(3) ハム改善度	30 dB
(4) 直線せん断ひずみ	0.3%
(5) クランプパルスの混入	-30 dB
(6) 入力信号変動に対する安定度 (最小 VS 信号)	-16 dB
(7) 遅延ケーブルによる補償時間	$0.4\text{ }\mu\text{sec}$

む す び

以上自動同期結合装置について、安定増幅器を含めて説明したが、本器は実際にヘリコプから到来する電波について自動結合を試み、またビデオテープレコーダ出力との結合においても優れた結果を示した。その他、多元中継を行なう場合でも A 局結合から B 局結合の切替えを一台の同期信号発生器で、一度自局同期にして行なえば可能で、聴取者には一連の番組として同期結合を認知し得ない。今後、局内設備が自動化するにしたがって、このような結合装置の優用が要求されるであろう。

終りに、この研究の機会を与えられ、助言を戴いた三木テレビ研究部長、石橋副部長、樋渡主任研究員、また種々の実際的なデータを取られ、いろいろ討議された技術現業局テレビ操縦課下津課長、山岸職員に感謝する。