テレビ多重に伴う CIN ダイプレクサーの 諸特性と問題点

テレビ朝日 条 野 繁 夫
日本電気株式会社 青 山 憲 太 郎
東京芝浦電気株式会社 北 岡 晃 一

テレビ音声多重放送実施に伴う、CIN ダイプレクサーの諸特性ならびに音声第2副搬送波によるファクシミリ多重信号による影響を、擬似 CIN ダイプレクサーによって実験測定した結果を述べている。とくに、音声搬送波の AM 成分（含有率）の発生、主・副ファクシミリ信号間のクロストーク量については、CIN ダイプレクサーの所要音声通過帯域幅や、放送波中継のための設計資料を提供している。

1. ま え が き

昨年秋から本年の初頭にかけて、テレビ音声多重放送が東京、大阪ほかの地区に免許になり、本年1月末現在、NHK、民送あわせて基幹局として計11局の実用化試験局が開設になった。

この音声多重放送は、先般来から業界ではいろいろ話題となったが、技術的な方式としては、すでに昭和46年度に電波技術審議会から答申になった、いわゆる FM-FM 方式¹⁾である。

FM-FM 方式では、音声信号系のベースバンドに音声信号よりさらに高い周波数の多重副搬送波をおき、これをFM変調しているので、高周波の占有帯域幅は従来のモノラルの約2倍に広がっている。

一方、最近のテレビの送信装置は、映像・音声の合成回路に CIN ダイプレクサー (Constant Impedance Notch Diplexer) を使用した局が多くなっており、国内の1kW以上の基幹局におけるCINダイプレクサーの使用実績は、民放の場合、UHF局が63局の全数に、VHF局が32局で、全体の約半数に使用されている。NHKの場合も、UHF局は9地区の全数で、VHF局は8地区で約2割となっている。

CIN ダイプレクサーは、フィルター合成方式のため

音声信号系の伝送帯域幅が本質的に狭くなり、多重信号の伝搬上若干の問題が生ずる。

ここでは、CIN ダイプレクサーが送受信の伝送系に及ぼす影響を検討するため、多重信号伝送時の諸特性について調査したので、関係各位のご参考に供したい。

2. CIN ダイプレクサーの問題点

音声多重放送を実施するに伴い CIN ダイプレクサーの送受伝送系に及ぼす問題点として、従来から検討されているものに、次の2点がある。

(1) 音声系の通過帯域特性によって、音声のFM信号にAM成分が発生する

このAM成分は、そのまま受信する限りにおいては、テレビ受像機のAM変調度抑圧効果が大いいため、変調度で-20dB程度までは、受信にまったく影響を与えない。

したがって、通常親局を受信する場合は何ら問題が生じない。しかし、放送波中継装置やCATVなど、映像・音声波を同時増幅する機器の非直線性を多段通過すると、この音声AM成分が映像信号に混変調としてのりうつり、音声竊妨害となってくる。

CIN ダイプレクサーで生ずるこの音声AM成分の値は、音声信号の通過帯域幅、共振器の離調周波数、および変調度、変調信号内容などによって異なるが、1kHz程度の単一正弦波で、変調指数が1より充分大きい場合は、ほぼ瞬時周波数に対応する周波数特性によってAM成分の近似値を求めることができる(図1)。

¹⁾ "Technical Characteristics of Constant Impedance Diplexer in Multiplex-sound Television Transmitter" by Shigeo Kumeno (Asahi Television Inc., Tokyo), Kentaro Aoyama (Nippon Electric Co., Ltd., Kawasaki) and Kouichi Kitaoka (Toshiba Corp., Ltd., Kawasaki)

図 1 CIN ダイプレクサーの周波数特性例

図 2 CIN ダイプレクサーによる残留 AM 成分計算値

図 2 は、この方式で音声 AM 成分と、3 dB 減衰の帯域幅 $2\Delta f_B$ の関係を、離調周波数 Δf_x をパラメータとして計算表示したものである。

ここで、現在使用されている CIN ダイプレクサーの 3 dB 帯域幅は、ほぼ 400 kHz に選定されているので、AM 成分の所要値を仮りに -35 dB とすると、図 2 からは、共振器の離調を ± 10 kHz 程度におさえる必要がでてくる。

しかし UHF 局では、年間を通じた温度変化等で、共振器の離調は ± 20 kHz 程度まで変動するため、AM 成分を -35 dB 以下に維持することが困難になり、共振器の 3 dB 帯域幅を 400 kHz から 600 kHz に改修することが提案されている²⁾。

AM 成分の所要値については、中継局ルートの非直線性と、音声縞妨害の所要値によってきまるが、非直線性を、カラー混変調特性でノミネートすると、ほぼ次式で計算できるといわれている。

$$I_A = I_N - I_M - 10.5 \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

ここで

I_N : 音声縞妨害のレベル、p-p 対 p-p 値でビデオ方式表示 (dB)

I_A : 音声 AM 成分 = $20 \log_{10}$ AM 変調度
 I_M : 中継装置等のカラー混変調、赤レベル値 (dB) である。

この式で、中継装置のカラー混変調 I_M を -25 dB、音声縞妨害 I_N を -48 dB と仮定すると、AM 成分の所要値 I_A は -33.5 dB となる。

ただし、実際の放送波中継装置の出力では、この AM 成分のほかに、受信点のマルチパス伝搬や映音分離フィルターなどの AM 成分劣化の要因がさらに加わるので、この音声縞妨害の値よりも劣化することがある。

(2) 音声信号系の帯域内の群遅延時間特性によって主チャンネルから副チャンネルにクロストークが発生する

FM 多重信号伝送の場合には、通過帯域内に群遅延時間差があると、主チャンネルの変調信号の瞬時値に応じて、重畳されている副搬送波は、遅延時間が変化するため、等価的に主チャンネル信号で PM 変調をうける結果になり、主チャンネルから副チャンネルへのクロストークが生ずる。

逆に、副チャンネル信号は FM 変調されるので、副搬送波の振幅は副チャンネル信号では変化しないため、副チャンネルから主チャンネルへのクロストークは、ほとんど発生しないと考えられている。

図 3 は CIN ダイプレクサーの群遅延時間特性例である。

群遅延時間特性 $T(\Delta f)$ から副チャンネルのクロストーク量を求める場合、 $T(\Delta f)$ が主搬送波の中心値を零とした周波数変化の 2 次の関数までで近似できると、比較的簡単にクロストーク量を計算できることが報告³⁾されている。

図 4 はこの方法による、主チャンネル正弦波 1 kHz ± 25 kHz 偏移の信号から副チャンネルへもれるクロストーク量の計算値である。

この図からみると、クロストーク量はかなり良好で、3 dB 帯域幅が通常使用されている 400 kHz の場合でも特に問題がないと考えられている。

図 3 CIN ダイプレクサーの群遅延時間特性例

図 4 CIN ダイプレクサーによる主音声から副音声へのクロストーク (計算値)

以上は、すべて計算による予測であって、実際の装置による数値の確認は必ずしも充分ではない。このため今回、実験装置によって、通過帯域幅、離調周波数を変化させ、これをパラメーターとして上記の特性ほかの多重の諸特性データを測定する必要が生じた。

次章以後にその詳細を述べるが、その試験の際、現在電波技術審議会が検討中の第2副搬送波法によるファクシミリ信号⁴⁾の試験も可能となったので、あわせてこの特性も調査測定することとした。

3. 多重伝送特性の測定

3.1 測定項目と測定方法

多重伝送特性の測定項目は、音声多重関係、ファクシミリ多重関係、および音声搬送波の AM 成分の特性とし、CIN ダイプレクサーの通過帯域幅と離調周波数を変化させてその結果を測定した。細目は次のとおりである。

(1) テレビ音声多重特性

主・副両チャンネルの周波数振幅特性、ひずみ率、SN 比。

図 6 ベースバンド周波数スペクトラム

主・副チャンネル間のクロストーク。

(2) ファクシミリ多重特性

主・副ファクシミリの各チャンネルの周波数振幅特性、ひずみ率、SN 比。

主・副ファクシミリの各チャンネル相互間のクロストーク。

(3) 音声搬送波の AM 成分

主チャンネルのみの場合の AM 成分。

主チャンネルに副チャンネルが重畳されたときの AM 成分。

主チャンネル、副チャンネルにファクシミリチャンネルが重畳されたときの AM 成分。

実験に使用した装置および測定器の系統図を図 5 に示す。被測定機器としては UHF 帯のテレビ音声励振器と、CIN ダイプレクサー (ノッチ共振器とサーキュレーターを組合せた形式のもの) を使用した。

測定信号は、図 6 に示す多重信号のベースバンド周波数スペクトラムのとおりである。参考までに、この信号で変調したときの高周波のスペクトル分布を写真 1 に示す。

図 5 多重特性測定系統図

写真 1 主音声・副音声ファクシミリ各信号を重畳したときの高周波スペクトラム (横軸: 50 kHz/div. 縦軸: 10 dB/div.)

ここで副チャンネルの主搬送波の最大周波数偏移は、 ± 15 kHz で、異種プログラム時の変調度に対応するものであるが、ステレオ時の最大周波数偏移は、 ± 20 kHz になるので、ステレオ時の AM 含有率は若干変化することを考慮しておく必要がある。

CIN ダイプレクサーの通過帯域幅 (3 dB 減衰幅) は 200 kHz, 400 kHz, および 600 kHz の 3 種類を用意し、周波数の離調は ± 0 , ± 10 kHz, ± 20 kHz, ± 30 kHz に選んだ。これらの値を選定した理由は、従来使用されている CIN ダイプレクサーの帯域幅が、ほぼ 350~400 kHz であること、および年間を通じての温度変化等による周波数の離調が最大 ± 30 kHz 程度以内であることによるものである。

各チャンネルの周波数振幅特性、ひずみ率測定にあたっては、変調側プリエンファシスおよび復調側ディエンファシスは OFF とし、前者は 50% 変調、後者は 100% 変調に設定した。また、クロストークの測定では、ディエンファシス ON とし、カラードノイズ法の場合はプリエンファシスも ON とした。

AM 成分の測定では、共振器の離調をする場合、共振器自身には手をつけず、周波数シンセサイザーを用いて音声搬送周波数を動かし、AM 成分が最小となる周波数を探し、これを中心周波数として、最大 30 kHz、高い方と低い方に離調させる方法をとった。AM 成分は、周波数の離調に対し、かなりクリティカルに変化するため、上記の方法は正確でしかも便利な方法と考えられる。

またこの測定にあたっては、測定値が -30 dB 以下に対しては FM 直検内蔵の残留 AM 指示計を使用した。が、 -30 dB 以上のレベルではスケールオーバーとなるので、ダイオード検波器とオシロスコープを用いた。この場合、ダイオード検波器の直線性が問題になるので、あらかじめ既知の AM 変調波を用いて較正し、測定値

を補正した。

2.3 測定結果

(1) AM 成分の特性

測定結果は、図 7~図 9 に示すとおりである。図 7 は主チャンネルのみの場合 ($\Delta F = 25$ kHz) で、実測値は計

図 7 残留 AM 成分 (主チャンネルのみ)

図 8 残留 AM 成分 (主+副チャンネル)

図 9 残留 AM 成分 (主+副+FAX チャンネル)

算値とはほぼ一致していることがわかる。図8は主+副チャンネルの場合 ($\Delta f=42$ kHz, 制御信号を含む) で、主チャンネルのみの場合に比し 2~9 dB 劣化している。しかも共振周波数の離調が少ないほど劣化が大きく、離調が大きい ± 30 kHz 付近での劣化はせいぜい 2~3 dB にとどまっており、全体として離調の影響が少なく、図形として平坦に近くなっている。

単一正弦波による計算と比較すると、3 dB 帯域幅 200 kHz, 400 kHz では 2~7 dB 計算値より下まわっており、通常使用されている、3 dB 帯域幅 400 kHz で、離調が ± 30 kHz でも AM 成分は -35 dB 以下となっている。

図9は、主+副+ファクシミリチャンネルの場合 ($\Delta f=52$ kHz) の場合で、図8と比較しても AM 成分の劣化はほとんど認められない。したがって、この場合でも 3 dB 帯域幅が 400 kHz で、離調が ± 30 kHz において、AM 成分は -35 dB 以下である。

一方、AM成分の波形は写真2~写真4に示すとおりで、主チャンネルのみで離調が零のときは変調周波数の2倍の周波数の正弦波に近くなり、離調するにしたがって基本波成分が増加してきている。写真5および写真6は、それぞれ副チャンネルを加えた場合および、ファクシミリチャンネルを追加した場合である。これからわかるように、ファクシミリ信号を加えても AM 成分の波形はほとんど変化していないことがわかる。

(2) クロストーク

写真2 3 dB 幅, 600 kHz, ± 0 kHz 離調時の AM 成分波形 (-51.8 dB ピーク値) (横軸: 0.5 ms/div. 縦軸: -50 dB/div.)

写真3 3 dB 幅, 600 kHz, ± 10 kHz 離調時の AM 成分波形 (-50 dB ピーク値) (横軸: 0.5 ms/div. 縦軸: -56 dB/div.)

写真4 3 dB 幅, 600 kHz, +20 kHz 離調時の AM 成分 (-47 dB ピーク値) (横軸: 0.5 ms/div. 縦軸: -56 dB/div.)

写真5 3 dB 幅, 600 kHz, +20 kHz 離調時の AM 成分 (-40 dB ピーク値, $M=1$ kHz, $S=0.8$ kHz) (横軸: 0.5 ms/div. 縦軸: -53 dB/div.)

写真6 3 dB 幅, 600 kHz, +20 kHz 離調時の AM 成分 (-39.2 dB ピーク値, $M=1$ kHz, $S=0.8$ kHz, FAX=1 kHz 矩形波) (横軸: 50 μ s/div. 縦軸: -50 dB/div.)

(a) 主チャンネルから副チャンネルへのクロストーク
主チャンネルに単一周波数信号を使って副チャンネルへのクロストークを測定した結果を図10に示す。3 dB 通過帯域幅 $2\Delta f_B$ が 600 kHz の場合のクロストーク量は、CIN バイパスの場合とほとんど同じであるため、図では省略してある。図10よりわかるとおり、CIN ダイプレクサの通過帯域幅および共振器の周波数離調により、音声周波数の高域側でクロストークが増大している。

$2\Delta f_B$ が 200 kHz で離調が 30 kHz の場合のクロストークには、前述の群遅延時間特性から計算した結果も記入したが、かなりよく一致している。

単一信号のほか、カラードノイズ法によりクロストークを測定したが、CIN バイパスで 55 dB (rms) であるものの、 $2\Delta f_B=200$ kHz, Δf (離調)=30 kHz では 40 dB に劣化している。

図 10 主チャンネルから副チャンネルへのクロストーク

図 11 副チャンネルから主チャンネルへのクロストーク

図 12 副チャンネルおよびファクシミリチャンネルから主チャンネルへのクロストーク量

図 13 主チャンネルおよびファクシミリチャンネルから副チャンネルへのクロストーク量

(b) 副チャンネルから主チャンネルへのクロストーク 測定結果は図 11 に示すとおりで、CIN ダイプレクサーの有無によるクロストークの特性変化は、ほとんど認められない。

(c) ファクシミリチャンネルおよび副チャンネルから主チャンネルへのクロストーク 多重変復調装置自体で、多少のクロストークがあるが ($S/N=60$ dB に対して 56 dB) CIN ダイプレクサーの有無による特性の差はほとんど認められない (図 12)。

(d) ファクシミリチャンネルおよび主チャンネルから副チャンネルへのクロストーク 多重変復調装置自体のクロストークが大きく ($S/N=61$ dB に対して 42 dB) (図 13), CIN ダイプレクサーの有無による特性の変化はほとんど検出できなかった。

(e) 主チャンネルおよび副チャンネルからファクシミリチャンネルへのクロストーク この特性は、主チャンネルに 1 kHz, 副チャンネルに 0.8 kHz の変調信号を、それぞれ 100% 変調としてファクシミリチャンネルへの漏れを測定して求めた。

測定結果は図 14 に示すとおりで、通過帯域幅 $2\Delta fb$ が狭くなるほど、また離調周波数が増加するほど、クロストーク量は増大することが認められる。

(3) 各チャンネルの周波数特性

各チャンネルの周波数特性は図 15 に示すとおりで、CIN ダイプレクサーの有無による特性の変化はほとんど認められない。

(4) 各チャンネルのひずみ率

各チャンネルの変調周波数 1 kHz におけるひずみ率は、主チャンネル: 0.35%, 副チャンネル: 0.9%, ファクシミリチャンネル: 0.4% であり、これらの値は CIN ダイプレクサーの有無により変化はほとんど認められない。

4. 実験結果に対する考察

以上の実験による測定データをまとめてみると、次

図 14 主チャンネルおよび副チャンネルからファクシミリチャンネルへのクロストーク量

図 15 各チャンネルの周波数特性

のように考えられる。

4.1 音声搬送波の AM 成分について

CIN ダイプレクサーによる AM 成分の劣化はかなり大きい。当初、単一正弦波で予測した値よりは 2~7 dB 良い値になっており、3 dB 帯域幅が通常使用されている 400 kHz で ± 30 kHz 離調しても、音声多重、ファクシミリ多重のいずれの場合も、AM 含有率が -35 dB 以下の値になっている。

この結果は AM 成分の所要値を -35 dB とした場合に、UHF 局でも 3 dB 帯域幅を 400 kHz にしたままで音声多重あるいはファクシミリ多重の伝送の可能性を示したものであるが、実際には個々の装置で確認のうえ対処が必要と思われる。

また、AM 成分の所要値についても、さらに検討が必要であるが、親局から直接ミニサテなどの簡単な中継局となるケースもあり、この場合の中継局の音声縞を検知限以下にする AM 含有率の値にすべきと思われる。

4.2 音声多重時のクロストーク量

主チャンネルから副チャンネルへの CIN ダイプレクサーによる漏話は、3 dB 帯域幅が 400 kHz の場合、ほとんど無視できる値となっており、また、副チャンネルから主チャンネルへの漏話も、まったく問題がないので、この特性に関しては現状の 400 kHz 帯域幅がそのまま使用可能と考えられる。

4.3 ファクシミリ多重時のクロストーク量

ファクシミリ信号を重畳したことによる音声多重放送の主・副両チャンネルへの漏話は、いずれも多重変復調装置でその大部分が発生しており、CIN ダイプレクサーによる影響は検出できなかった。特にファクシミリチャンネルから副チャンネルへの漏話は -40 dB 前後となっているので、今後一般受信機の両立性試験を実施すると同時にその特性改善も必要と思われる。ただし、受信機による漏話が改善された場合には、再び CIN ダイプレクサーの影響を調査する必要があるかもしれない。

主および副チャンネルからファクシミリチャンネルへの漏話は、CIN ダイプレクサーによる劣化が若干あるが、3 dB 帯域幅が 400 kHz の場合は -50 dB 程度の値になると考えられる。

5. む す び

以上のように、CIN ダイプレクサーの問題点の大部分は、この実験によってわかった。なかでも音声搬送波の AM 成分は、音声多重放送の場合、当初予想された値よりも数 dB 少なく、第 2 副搬送波法によりファクシミリ信号を重畳した場合は、音声多重の場合に比較してそれほど劣化しないことがわかった。また、その他の多重特性についてもほぼ問題がないことが判明したが、今後、中継局装置を含めたシステム設計に際しては充分検討する必要があると思われる。

終り臨み、この実験にご協力いただいた NHK 総合技術研究所の沼口次長をはじめ、関係のかたがたには深く感謝する次第である。

(昭和 53 年 12 月 12 日受付)

(参 考 文 献)

- 1) 電波技術審議会答申, 昭和 46 年度, 音声多重放送の方式, 送信の技術基準
- 2) 民放連技術委員会報告, テレビ音声多重放送実施にあたっての設備上の諸問題, 昭和 53 年 1 月
- 3) 鴨志田, 祐山: 音声多重テレビジョン受信機における副チャンネルクロストークの解析, テレビ誌, '26, 2 (1972) 8-14
- 4) 速水平二郎, はか: 音声第 2 副搬送波を用いたテレビ多重ファクシミリ, National Tech. Rep., 21, 2 (1975)