

オートラジオ短波回路の調整簡素化

Simple Alignment of Short Wave Circuit for Auto Radio

近 藤 弘 志 ⁽¹⁾ Hiroshi Kondo	阪 野 光 幸 ⁽²⁾ Mitsuyuki Banno	勝 丸 桂二郎 ⁽³⁾ Keijiro Katsumaru
岡 田 景 吉 ⁽⁴⁾ Keikichi Okada	矢 野 俊 三 ⁽⁵⁾ Shunzo Yano	

要 旨

受信バンドが中波および短波帯を含むラジオ受信機の回路構成として、選局機能を有する中波受信回路と、短波帯受信波を中波帯に周波数シフトさせるダウンコンバータ回路を組合せたものがある。

この構成による車載用多バンドラジオの改良にあたり、LC発振器を使用していた短波用コンバータの局部発振回路にセラミック振動子を導入することで、発振回路を無調整化し、同時に周波数安定度も改善した。セラミック振動子は、LC発振器と水晶発振器の中間の周波数安定度を有する機械共振系二端子素子である。本用途においては切換え周波数範囲が広いため、共振素子の等価回路定数は指定周波数により大幅に異っている。このような条件での正弦波発振回路は、一般に周波数切換え時に能動回路側も定数切換えを行うが、簡素化のため共振素子側でのインピーダンスの補正と、振幅安定化回路の併用で、切換え回路数を減少させた。

Concerning a radio receiver circuit with the medium wave and short wave bands, a system comprising a tuning circuit for medium band and a down converter for converting short wave bands into medium band is well known. Using a ceramic resonator in the local oscillator circuit in stead of LC oscillator, we have improved the frequency stability and made the oscillator circuit non-aligned.

The ceramic resonator is a two-port mechanical device with an intermediate frequency stability between a LC oscillator and a crystal oscillator.

Because of the wide range, the equipment circuit constants of this resonator widely varies depending the tuned frequency.

Under such condition, circuit constants of the active circuit should be changed for each tuned frequency.

Using impedance compensation for the resonant device together with an amplitude stabilizer, the number of tuning stages have been reduced to make alignment simple.

(1), (2) トヨタ自動車株式会社

(3)~(5) 富士通テン㈱第一技術部

1. ま え が き

当社の車載用多バンド短波ラジオは、主として中近東諸国向けに開発されたものであり、現在その市場は北米につぐ規模に発展しつつある。このような状況下において、供給量の増大と、性能面に対する要求は年々、急速に高まりつつある。

量産設計には、常にコスト、作業性、保守性および性能の追求が、必要不可欠であるが、互いに相関のあるこれらの要素を、巧みに成立させながら対応して行くことが重要な課題である。

今日の如く、製品のライフサイクルの短かい環境において、高品質・高性能を確保し大量生産を行うには、人手・部品・手法・設備などの対応を如何に迅速に行うかがポイントである。今日、量産コストにおける人手部分の比率低減検討が、時代の流れとして各方面で行われている。当社の短波ラジオは、多バンドのため、各バンドごとの調整を要するなど、人手に依存する部分も少なくない。

今回はトータルコストを重視し、人手にたよる工程の削減と、この工程に起因するバラツキの低減を目的として、セラミック振動子の導入を検討した。その結果、デリケートな調整を要していた短波回路の調整箇所を半減させるとともに、調整誤差にもとづく性能偏差の圧縮および振動・熱などに対する周波数の安定度向上がはかられた。以下改良の主要点について述べる。

2. 開発のねらい

現在当社の短波ラジオの局部発振（以下局発と略称する）回路は、LC発振器であり、前項で述べたように、注意力を要する調整箇所が多い。そのため、調整に手間を要するとともに、調整によるバラツキを低減させるため、作業者の注意力に大きく依存している。今回は、新素子導入による、

第1局発回路の無調整化と周辺回路の調整容易化を手段として、短波回路部調整工数の半減を目標とするとともに、作業者の精密調整時の負担と誤差の低減をはかることにした。

3. 性能向上と調整簡略化

3.1 性能と調整の現状

車載用ラジオ受信機の局発回路には、部品の簡便さにより、LC発振器が用いられてきた。

LC発振器を使用した短波用局発回路は、中波用局発回路に比較して発振周波数が高いため、周波数の変化率が同等でも、その変化量は大きく、精密調整時に時間・労力を要する。

短波回路付多バンドラジオでは、このような調整箇所が多いため、調整時の工数削減と、取扱いの容易さの改善は必要不可欠なテーマである。

短波用局発回路は、中間周波帯域幅が各バンド共通のため、発振周波数が高いほど周波数変動率を小さく保つ必要がある。局発周波数の変動は、高周波タンク回路の調整時には、その精度低下や誤調整の原因となり、運用時には、取扱いの容易さを阻害する。

3.2 短波回路付ラジオの概要

中近東諸国では、使用言語の異なる人々や、開発途上地域などでの情報源として、短波放送が重要な役割を果たしている。よく受信される周波数帯は、放送局の配置や、地域・時間帯による伝搬条件により異なるが、4~22 MHz 間に不連続に分布している。車載用短波ラジオは、選局操作の容易さが重要な要件であるため、当社では、受信バンドを、要望の強い周波数帯に分割配置した多バンドラジオとしている。改良の報告に先だち、対象装置の概要を述べる。

3.2.1 受信回路の概要

対象機種は、親受信部としての μ 同調選局型中波受信回路と、短波帯受信時のみ使用する、8バ

ンドの周波数変換回路を組合せたAMラジオ受信機であり、その受信周波数帯と主要性能は表-1のとおりである。

中波受信時には、バンドスイッチにより、短波用周波数変換回路は非動作状態とし、アンテナは中波受信回路の入力側に接続される。

短波受信時には、バンドスイッチ操作により、周波数変換回路をアンテナ→中波受信回路入力間に接続し、所望の短波帯受信バンドを中波帯に周波数シフトさせ、中波受信回路で選局受信する。

図-1に本装置のブロックダイヤグラムを、図-2に外観を示す。

3. 2. 2 回路方式および主要動作

1) 中波受信回路

中波受信回路は、受信周波数範囲 531 ～ 1602 kHzの高周波増幅付シングルスーパーヘテロダイン受信機で、局発周波数はアップサイド、中間周波数は455 kHzである。短波帯受信時には、この中間周波が第2中間周波となり、高周波増幅回路と局発回路は、それぞれ周波数可変の第1中間周波回路、第2局発回路として動作する。

2) 短波用周波数変換回路

短波用周波数変換回路のアンテナ同調回路と第1局発回路は、受信バンドに対応して周波数が切換えられる。第1局発周波数はローサイドの固定周波数とし、各バンドの中心周波数受信時の出

力周波数が1080 kHz(中波帯のほぼ中央)となるように選んであり、その定格周波数は表-2のとおりである。

この回路の変換利得は、短波帯受信時のAGC動作を良好に保つため、中心周波数における総合感度が、親受信部を上まわるように、設定してある。

3. 2. 3 第1局発回路

在来機種種の第1局発回路はLC発振器であり、周波数切換はインダクタの切換えで、周波数調整はインダクタのコア調整で行っている。

改良機種種では、セラミック振動子とインピーダンス補正回路を組合せた振動子回路を切換え、周波数調整は行わない。

3. 2. 4 LC発振器による第1局発回路

LC発振型局発回路の同調容量には、浮遊容量や能動回路の容量が含まれ、これらの容量の変動は周波数に影響をおよぼす。

図-3に示す回路の共振周波数 f_0 は

$$f_0 = 1 / 2\pi\sqrt{LC} \quad (1)$$

で表され、 L 、 C 変化時の共振周波数の変動は

$$df_0 = -f_0(dC/C + dL/L)/2 \quad (2)$$

となる。 L 、 C の変動は、温度変化や経時変化による変動の他、調整時のシールドカバーの着脱や工具の圧力による浮遊容量の変化、他回路調整の影響(迷結合)、能動回路の等価インピーダンス

表-1 AR-6040主要性能および受信周波数帯

主 要 性 能										
最 大 感 度		S/N(入力 35 dB/μV)		S/N(入力 74 dB/μV)		A G C		選択度(10 kHz離調)		
26 dB/μV 以下		21 dB 以上		40 dB 以上		48 dB 以上		24 dB 以上		
受信周波数帯										
中 波 短 波										
531~1602 (kHz)	受信バンド (m)	60	49	41	31	25	19	16	13	備 考
	中心周波数 (MHz)	5.0	6.1	7.2	9.6	11.8	15.3	17.8	21.6	中 波 受 信 部 1080 kHz 同調時の周波数
	周波数偏差 (MHz)	±0.1	±0.1	±0.1	±0.15	±0.15	±0.15	±0.15	±0.2	

の変動（温度、電源等の影響）等がある。

調整時や、振動等で C だけが変動し、 $\Delta C \ll C$ の場合の周波数変動は式(2)より

$$\Delta f \approx f_0 \Delta C / 2C \quad (3)$$

であり、共振周波数と C の変化に比例するので、発振周波数がほぼ f_0 に等しいLC発振器では、高い周波数で不都合を生じやすい。

振動や電圧変動による、局発の不要FM成分は周波数偏移が大きければ雑音の原因となる。

3. 3 実用化検討

対象機種種の短波用局発は、スポット周波数発振器であるが、多バンドのため、コスト高の水晶発振器は対象外とした。今回、ローコストの新素子「セラミック振動子」について、本局発に適した使用方法を検討した。

3. 3. 1 セラミック振動子

セラミック振動子は、特定の、ごく狭い周波数範囲で、周波数変化に対し等価リアクタンスが急変する。この性質を利用して、発振周波数が外乱を受けにくい発振回路を得るために、本項では振

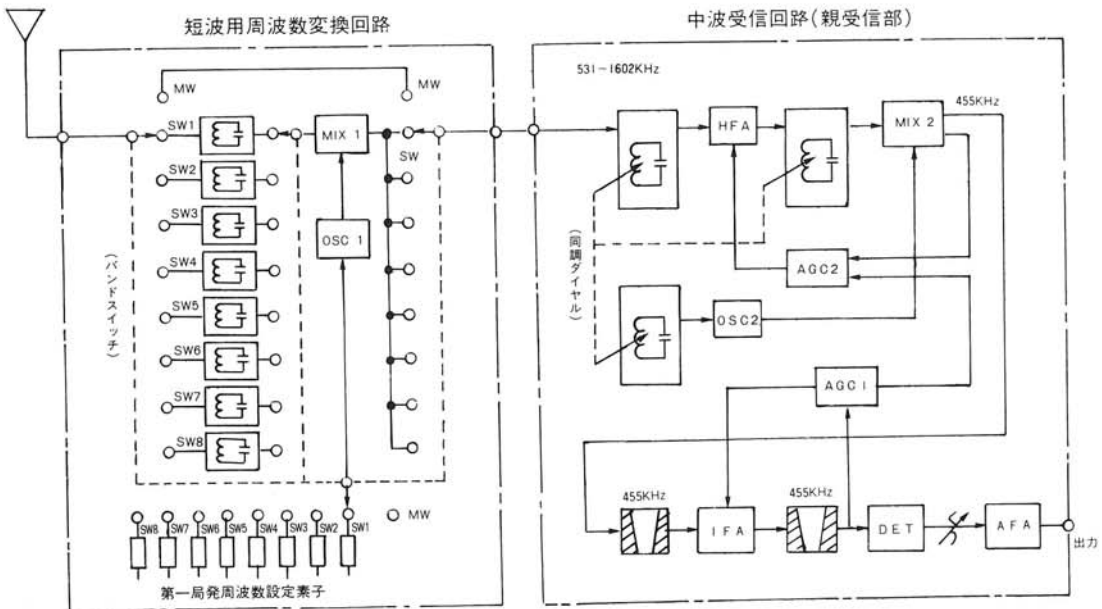


図-1 AR-6040 ブロックダイアグラム

Fig. 1 Block Diagram AR-6040.

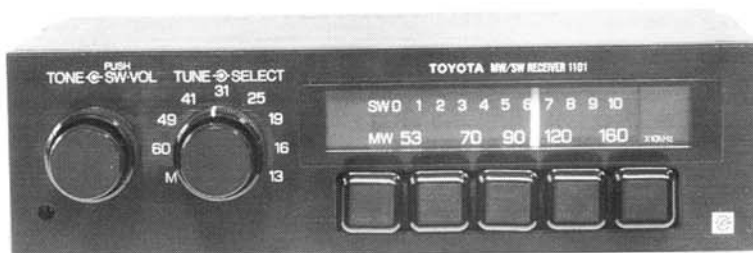


図-2 AR-6040 外観

Fig. 2 Outward Look AR-6040.

表-2 第1局発周波数

受信バンド (m)	60	49	41	31	25	19	16	13
定格周波数 (MHz)	3.92	5.02	6.12	8.52	10.72	14.12	16.72	20.52

表-3 セラミック振動子と水晶振動子の特性例

	機械的Q	周波数安定度	摘 要
セラミック振動子	1.2×10^3	$-2.5 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	5.1 MHz 基本波振動
	5.3×10^3	$+2.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	14.2 MHz オーバートーン
水晶振動子	8.3×10^5	$-4.6 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$	4.5 MHz 基本波振動

表-4 セラミック振動子の主要仕様

発振周波数初期偏差	$\pm 0.3\%$
温度安定度	$\pm 0.5\% (-20^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C})$
経年変化	$\pm 0.5\% (10\text{年})$

動子の使用上特に重要な性質について検討する。

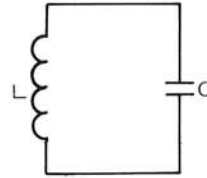
1) セラミック振動子の特質

セラミック振動子は、圧電セラミックス使用の二端子共振素子で、その弾性定数と機械的寸法から決る固有周波数により、LC発振器よりも周波数安定度の優れた発振器を得ることができる。

セラミック振動子の振動状態は、低い周波数では輪廓振動が、高い周波数では厚み振動が利用されている。厚み振動利用の場合、共振周波数を高くするためには、振動片を薄くする必要があるが、振動片の薄板化には限度があるため、特に高い周波数においてはオーバートーン振動子（倍調波振動子）が使用される。また、希望振動以外にモードの異なる振動や、高調波およびオーバートーンにおける異次数振動等の目的外振動が存在する。これらの特徴は水晶振動子に似ているが、材料の物理的性質が水晶とは異なるため、機械的・電気的特性は水晶振動子と異なる。

表-3にセラミック振動子と水晶振動子の特性例を示す。

2) セラミック振動子の仕様



$$C = C_T + C_S + C_A$$

C_T : 同調用Cの容量

C_S : 浮遊容量

C_A : 能動回路の容量

図-3 第1局発の共振回路

Fig. 3 Resonance Circuit of 1st Oscillator.

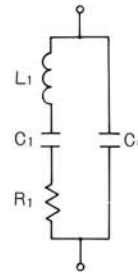


図-4 共振周波数近傍での等価回路
Fig. 4 Equivalent Circuit Adjacent to Resonance Frequency.

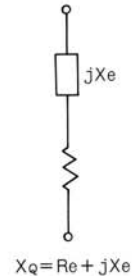


図-5 等価回路の変換
Fig. 5 Transform of Equivalent Circuit.

本用途の周波数帯におけるセラミック振動子の主要仕様を表-4に示す。

3) セラミック振動子の等価回路

図-4にセラミック振動子の、共振周波数近傍での等価回路を示す。水晶振動子の等価回路と同様

表-5 セラミック振動子と水晶振動子の等価回路定数例

振動子	周波数 (MHz)	振動次数	L_1 (μH)	C_1 (pF)	R_1 (Ω)	C_0 (pF)
セラミック	3.92	基本波	408	4.29	11.2	35.6
	5.02		294	3.65	7.2	33.0
	6.12		156	4.51	7.8	31.2
	8.52		73	5.1	7.0	39.6
	10.72		42	5.68	6.7	39.7
	14.22	3次 オーバートーン	680	0.2	12.0	18.0
	16.72		604	0.15	15.5	14.7
	20.52		440	0.14	22.0	15.5
水晶	4.50	基本波	537900	0.0023	18.4	1.01

であるが、各素子の等価定数は著しく異なる。

等価回路定数は周波数および製作方法によって異なり、周波数範囲が広い場合には広範囲に分布する。表-5にセラミック振動子と水晶振動子の等価回路定数の例を示す。

4) セラミック振動子のインピーダンス特性

図-4に示す回路のインピーダンスは

$$Z_Q = \frac{(R_1 + j\omega L_1 + 1/j\omega C_1)/j\omega C_0}{R_1 + j\omega L_1 + 1/j\omega C_1 + 1/j\omega C_0} \quad (4)$$

ここに $\omega = 2\pi f$

で表され、 Z_Q を図-5のように表示すると R_e および X_e は

$$R_e = \frac{R_1 C_1^2}{\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^4 C_0^2 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 C_0 A + B^2} \quad (5)$$

$$X_e = -\frac{\frac{1}{\omega} \left\{ \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^4 C_0 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 A - B \right\}}{\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^4 C_0^2 + \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 C_0 A + B^2} \quad (6)$$

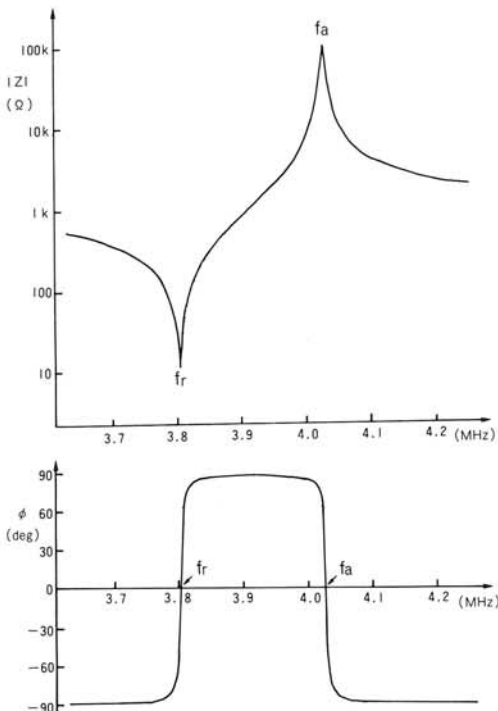


図-6 セラミック振動子のインピーダンスおよび位相特性例

Fig. 6 Impedance and Phase Characteristics of Ceramic Resonator.

$$\text{ここに } A = C_1 C_0 R_1^2 / L_1 - 2C_0 - 2C_1$$

$$B = C_0 + C_1$$

$$\omega_0 = 1/\sqrt{L_1 C_1}$$

となる。インピーダンスの絶対値 $|Z_Q|$ および位相 ϕ は

$$|Z_Q| = \sqrt{R_e^2 + X_e^2} \quad (7)$$

$$\phi = \tan^{-1}(X_e/R_e) \quad (8)$$

であり、周波数を変化させた場合の $|Z_Q|$ および ϕ は図-6、抵抗成分 R_e 、リアクタンス成分 X_e および R_e/X_e は図-7のようになる。

$X_e = 0$ となる周波数は、共振周波数 f_r および反共振周波数 f_a である。通常の振動子では $R_1^2 C_0 C_1 \ll L_1$ であり、次式が成立つ。

$$f_r \approx 1 / 2\pi \sqrt{L_1 C_1} \quad (9)$$

$$f_a \approx f_r \sqrt{1 + C_1/C_0} \quad (10)$$

f_r と f_a は接近した周波数であり、本用途で利用した振動子の $(f_a - f_r)/f_r$ は、約1/200から1/14の範囲に分布している。

f_r から f_a までの周波数範囲では、リアクタンス

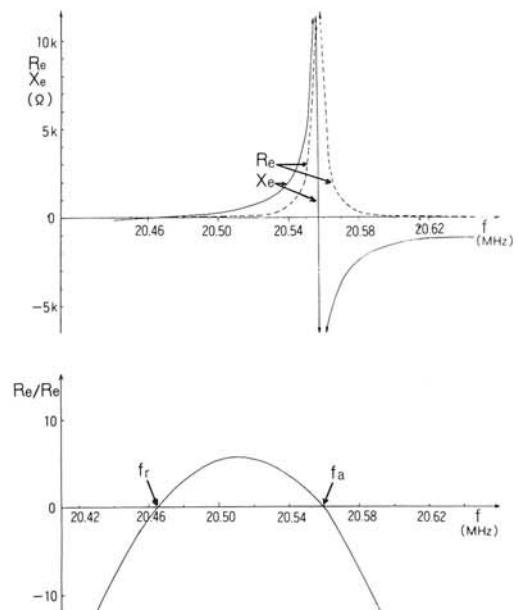


図-7 セラミック振動子の抵抗、リアクタンスおよび (X_e/R_e) 特性例

Fig. 7 Resistance, Reactance and Q (X_e/R_e) Characteristics of Ceramic Resonator.

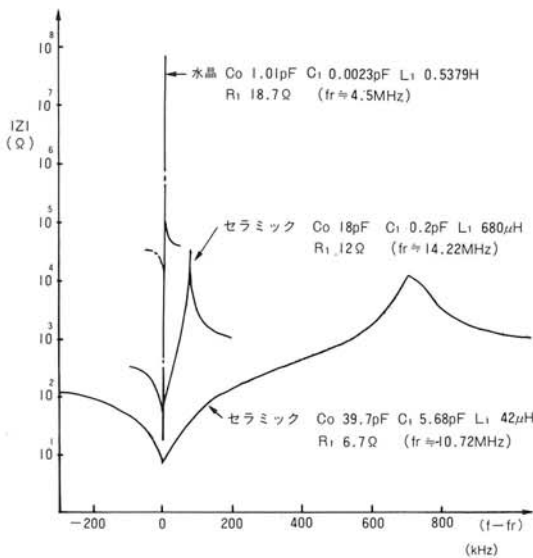


図-8 定数が異なる場合のインピーダンス特性例
Fig. 8 Impedance Characteristics of Several Constants.

は誘導性であり、インピーダンスは周波数変化に対して大きく変動する。(本用途における変化比は $10^3 \sim 10^4$ 程度)

抵抗成分 R_e は、 f_r 付近ではほぼ R_1 に等しく、周波数の上昇に従って漸増し、 f_a 付近で急増し、 f_a においては $R_e = Z_Q$ となる。

これに対しリアクタンス成分 X_e は f_r で0、周波数の上昇に従って漸増するが、 f_a より若干低い周波数において急増して極大となり、 f_a では再び

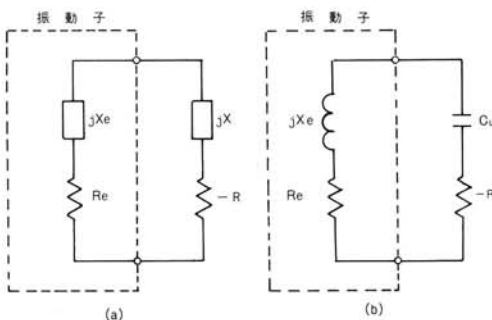


図-9 負性抵抗による発振回路の表現
Fig. 9 Expression of Oscillator Circuit by Negative Resistance.

0 となる。

X_e / R_e は、振動子を、周波数により素子値の変るインダクタと見なしたときの Q に相当し、 $f_r \sim f_a$ 間の X_e / R_e の最大値は、 $L_1 C_1 R_1$ による直列共振回路の Q に比較して著しく小さい。

f_r より低い周波数および、 f_a より高い周波数領域では、リアクタンスは容量性となる。

図-8に等価回路定数が異なる場合のインピーダンス特性の例を示す。セラミック振動子は水晶振動子に比較して、 $f_r \sim f_a$ の周波数間隔が広く、インピーダンスの変化範囲がせまい。

5) セラミック振動子の動作周波数

発振回路を、振動子と振動子以外の回路に分けて図-9(a)のように表すと、定常発振状態では振動子のインピーダンス $R_e + jX_e$ と、回路側のインピーダンス $-R + jX_L$ との間に次式が成立する。

$$X_e = -X_L \quad (11)$$

$$R_e = |-R| \quad (12)$$

回路が発振するためには、発振開始前の動作状態において、 $R_e < |-R|$ でなければならない。

発振立上り後、振幅の増大に従い、増幅回路の非線形性により $|-R|$ が減少し、式(12)の定常状態に達する。

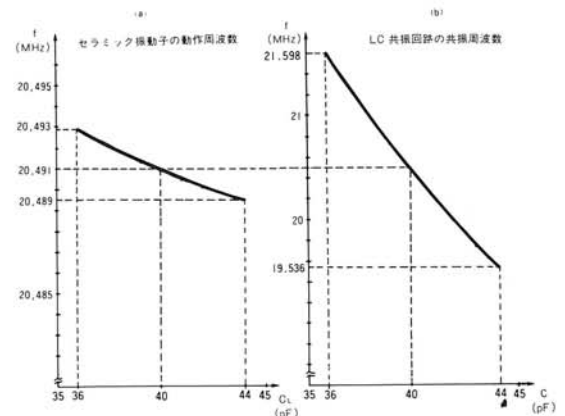


図-10 容量と周波数の関係
Fig. 10 Relation Between Capacitance and Frequency.

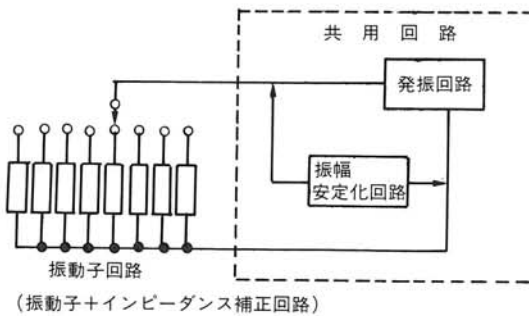


図-11 切換スイッチの1回路化

Fig. 11 Change of Frequency by One-Circuit Switch.

振動子のリアクタンスが誘導性の領域（図-6の $f_r \sim f_a$ 間）で発振させる場合には、回路側のリアクタンスは容量性となって、 X_L は図-9(b) のように容量 C_L で表すことができ、これを負荷容量と呼んでいる。

この場合、負荷容量は回路側の等価リアクタンスであり、発振回路の詳細を示さなくても、この値を指定すれば振動子・回路総合の動作周波数が決ることになる。

負荷容量と動作周波数の関係は、動作周波数を f 、直列共振周波数を f_r とすれば式(6)と式(11)より次式のようにになる。

$$f \doteq f_r \{1 + C_1 / (2C_0 + C_L)\} \quad (13)$$

この場合の振動子のリアクタンス X_e は、通常のインダクタとは異なり、 f_r から f_a までごく狭い周波数範囲で、周波数の上昇に従って等価インダクタンスが急増する。したがって負荷容量を変化させた時の動作周波数の変動は、LC発振器の同調容量を変化させた場合の周波数変動に比較して

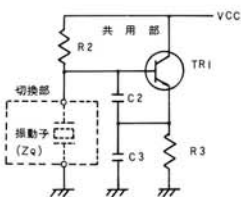


図-12 CBピアース発振回路
Fig. 12 CB Pierce Oscillator Circuit.

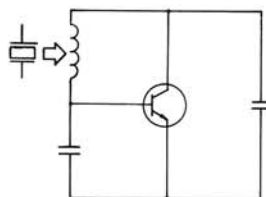


図-13 コルピッツ型発振回路
Fig. 13 Colpitts Oscillator Circuit.

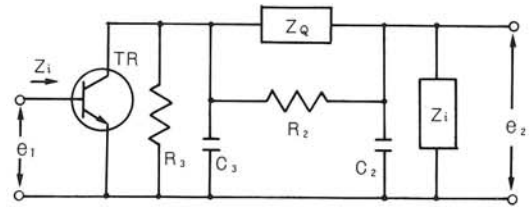


図-14 増幅・帰還回路

Fig. 14 Amplitude and Feedback Circuit.

ごく小さい。

図-10 に負荷容量が変動したときの振動子の動作周波数と、同調容量が変動したときのLC共振回路の共振周波数の比較を示す。

3. 3. 2 無調整回路の実用化検討

1) 第1局発振回路の構成

改良機種の第1局発振は、セラミック振動子使用の8周波切換発振回路である。本用途では発振周波数が3.92 MHz から 20.52 MHz と広範囲にわたるため、低域周波数帯では厚み縦振動の基本波振動子を、中域周波数帯では厚みすべり振動の基本波振動子を使用している。高域周波数帯の3波は基本波振動子が得られず、厚み縦振動の3次オーバートーン振動子を使用した。これらの条件により、振動子の等価回路定数は広範囲に分布している。一方発振出力は、周波数切換えによる振幅変動が少なく、かつ、波形歪の小さいことがのぞまれる。この場合、発振回路の構成は、振動子の切換えに連動して、増幅・帰還回路の定数を切換える方法が一般的であるが、在来機種に対するバンドスイッチの互換性とは両立しない。本改良では、振動子側に個別のインピーダンス補正回路を付加し、共用回路側には振幅安定化回路を設ける方法で、振動子回路以外の切換えを不要にし(1回路化)バンドスイッチを統一した。

厚みすべり振動モードの中域2波は、振動子の温度係数が大きいので、専用の温度補償用コンデンサ(+4400 PPM/°C)を振動子に並列接続して温度変化による周波数変動を圧縮した。



図-15 振動子回路
Fig. 15 Resonator Circuit.

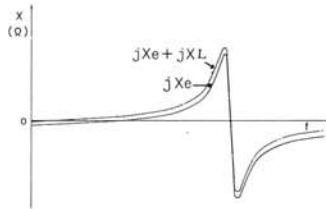


図-16 インピーダンスの比較
Fig. 16 Comparison of Impedance.

図-11に周波数の切換方法を示す。

2) 共用回路およびインピーダンスの補正

方形波発振回路は発振させやすい反面、スプリアス成分が多いので局発用には不向きである。

セラミック振動子使用の多周波切換え発振器の共用部分として、簡素に構成できるCBピアース発振回路(図-12)を使用する。この回路は、図-13のように、振動子のリアクタンスが誘導性の周波数領域で動作するコルピッツ型発振回路である。

図-12の回路が発振するためには、図-14のように見た場合の、小振幅信号における伝達関数のベクトル軌跡が、複素平面上の1, $j0$ 点を含むことが必要である。図-14において、 Z_i はトランジスタの、発振起動前の直流動作点における小信号入力インピーダンスである。

この伝達関数は近似的に次式で表される。

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{-h_{fe} Z_1}{h_{ie} \left\{ \left(h_{oe} + \frac{1}{R_3} + j\omega C_3 \right) \left(\frac{Z_Q R}{Z_Q + R_2} + Z_1 \right) + 1 \right\}} \quad (14)$$

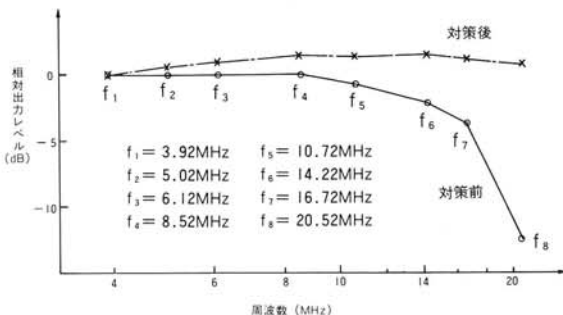


図-17 レベル偏差の圧縮

Fig. 17 Compression of Level Declination.

$$\text{ここに } Z_1 = 1/(j\omega C_2 + 1/Z_i)$$

この場合のインピーダンス Z_Q は図-5に示す振動子のインピーダンスである。

振動子はリアクタンス X_e が誘導性の領域で使用され、共用回路に適合したインピーダンスを呈する周波数で発振する。(R_e 過大または X_e 過小の周波数領域では発振条件が成立しない)

振動子のインピーダンスは、バンドスイッチの選択操作にしたがって、チャンネルごとの、固有の周波数特性を示すが、共用回路の C_2 、 C_3 は固定容量であるため、周波数の上昇にしたがってリアクタンスが減少する。これらの条件により、低域周波数での位相条件に主眼をおいた定数設定では、高域周波数においてループゲイン不足の傾向があり、振動子の等価定数 R_1 の偏差が正のときに著しい。

振動子に周波数補正用コンデンサを直列または並列に接続したり、浮遊容量が並列に加わる場合にはこの傾向が強まる。本改良では振動子に直列にインダクタを接続することで、この問題を解消した。

図-15のように、インダクタを直列接続した振動子回路のインピーダンスを Z'_Q とすると

$$Z'_Q = R_e + jX_e + jX_L \quad (15)$$

で表され、振動子単体のインピーダンスと比較すると図-16のようになる。

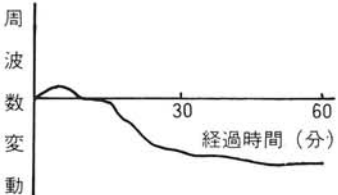
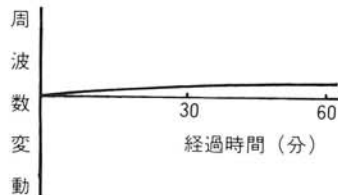
図-15のようにインピーダンスを補正した回路を1つの振動子と見なした場合、補正前に比較して、 R_e が小さい領域での、誘導性リアクタンスおよび X_e/R_e が増大したことになり、発振回路のループゲイン不足が補償される。

この補償により、振動子に対する補正回路の付加が容易となったので、振動子回路には前述の温度補償のほかに、各バンドごとの周波数補正回路等を付加した。

これらの方法により、周波数切換え用接点回路

表-6 改良の効果

〔短波用コンバータ部のみ〕

	在 来 機 種	改 良 機 種
調 整	16 個 所 要 習 熟	8 個 所 調 整 容 易 所要時間 在来機種の52%
周 波 数 変 動	振動・衝撃・調整時の圧力、シールドカバー着脱に対して あ り	振動・衝撃・調整時の圧力、シールドカバー着脱に対して 実 用 上 皆 無
ロータリスイッチ 操 作 の 影 響	周波数変動あり	実 用 上 皆 無
第 1 局 発 雑 音 変 調	マイクロフォニック雑音、その他の 雑音変動あり	実 用 上 な し
第 1 局 発 周 波 数 漂 動 (自己発熱による)		

をロータリスイッチ1回路で構成した。

3) 振幅偏差の圧縮

図-12の発振回路は、周波数の異なる振動子を切換え使用する場合、等価回路定数等の差異により、出力振幅が不ぞろいになる周波数帯がある。

このレベル偏差は、ミクサの局発注入レベルの変動となるので、簡素で波形歪の少ない圧縮手段がのぞまれる。本改良では、共用回路の振動子接続端子に、定振幅化のための逆並列ダイオード対を並列接続することで、これを実現した。

この方法は、起動特性を阻害することなく振幅変動を抑圧するが、非線形素子は発振出力を直接クランプしないので歪発生量は小さい。

図-17に対策前後のレベル偏差例を示す。

4) LC発振型局発との比較

セラミック振動子使用の第1局発は、無調整回路であり、調整用インダクタによる周波数変動はない。浮遊容量および能動回路の容量の変化は、負荷容量の変動におきかえることができる。

負荷容量 C_L が変動した場合の周波数変動は、

式(13)より次式のようになる。

$$df/dC_L = f_r C_1 / 2 (C_0 + C_L)^2 \quad (16)$$

この場合の周波数変動は、負荷容量の他、振動子の等価回路定数によっても異なるが、前項5)で述べたようにLC発振器の同調容量が変化した場合に比較して著しく小さい。本改良では負荷容量を30 pFとしたが、同調容量100 pFのLC発振器に比較すれば、最低周波数では約1/10、不具合を生じやすい最高周波数では約1/150程度に圧縮されている。

このため調整時のシールド板着脱や、調整工具による圧力、他回路の状態変化の影響が激減し、取扱いが著しく容易となる。また、動作時の振動衝撃に対する安定度も向上し、マイクロフォニックノイズも減少する。この他、温度変化に対する周波数安定度も改善されている。

3. 4 改良の効果

改良の効果は表-6のとおりである。

4. あ と が き

今回の改良は局発回路に限定したため、基本性能に変わりはないが、調整個所の削減と、習熟を要した調整の解消で、所期目標の調整工数低減50%をほぼ達成することができた。また、機械的、電氣的要因による周波数変動が減少したため、製造工程における取扱いが容易になり、使用時の安定

度も向上した。冒頭で述べたように、中近東市場は今後もさらに拡大していくことは必至であり、今回の改良を機に、今後とも、カーオーディオメーカーとして、現地の電波事情の確実な把握と、これに裏付けられた受信性能の向上を、間断なく実施していく必要がある。

尚、本改良にあたり、多大の御協力を賜った、トヨタ自動車株式会社の関係各位に厚くお礼申し上げます。