デジタル式音声自動モニタの開発

正会員 溝 上 徹†, 正会員 若 井 一 顕†

1. ま え が き

放送局で使用される音声自動モニタは、放送機器の入力と出力の音声レベルを比較し、出力信号の低下から機器の故障を検知する機能を持つ。

開発したデジタル式音声自動モニタは、従来のアナログ式では実現が困難であった、入力信号レベルや性質による検知動作の変動がない特徴を持ち、高精度な検知動作が可能となった。また、放送休止時間中にしかできなかった動作感度調整を、放送時間中に短時間で実現できる機能も持つ。

放送の24時間化が増加するなかでの保守の効率化、信頼性の向上をはかることができた。

2. デジタル式音声自動モニタ

2.1 回路構成

図1にデジタル式音声自動モニタの系統図を示す。

音声自動モニタの基準と比較の入力には、それぞれ被測定機器の入力と出力の音声信号が接続され、ローパスフィルタを通った後、絶対値回路によりプラス極性に揃えられ、A/D変換される。

各々のデジタル信号はCPUにより、被測定機器の入力信号をリファレンスとして出力信号の低下を検知し、被測定機器の故障判断を行う。

また、CPUでは入力音声信号の雑音や無音区間による装置の誤動作を防ぐため、入力信号レベルに応じた適応制御や、装置の自動感度設定を行うためのアッテネーション制御も行う。

これらのデジタル処理により、動作精度、信頼性および運用性の向上をはかることが可能となった。

2.2 量子化数

音声信号処理をデジタルで行うため、装置のダイナミックレンジはA/D変換器の量子化数で決定される。自動モニタとしてのダイナミックレンジは、検知可能な最低入力信号レベルで表され、本装置では、従来のアナログ式より10dB低い、基準レベルより30dB低い値を最低入力レベルとした。

また、本装置を接続する放送機器には、コンプレッサ、リミッタ等が挿入され、音声信号のピークは押えられていることから、本装置のピークファクタは5dB確保し、最低入力レベル時での検知可能レベルを10dBとすると、ダイナミックレンジは45dB必要となる。

デジタル信号処理回路のSNR(信号対量子化雑音比)は(1)式で表わされ、

$$\text{SNR} = 6B + 1.8 \text{ (dB)} \quad (1)$$

ここで、 B は量子化数で、SNRを45dBとすると、 $B=8$ ビット以上となり、本装置では演算速度、コストの面から8ビットとした。

図1 デジタル式音声自動モニタ系統図
Schematic diagram of the digital automatic audio monitor.

† NHK 技術局 葛蒲久喜ラジオ放送所
"Development of the Automatic Digital Audio Monitor" by
Tohru Mizokami and Kazuaki Wakai (Kuki Radio Trans-
mitting Station, NHK, Saitama)

図 2(a) 信号処理
Audio signal processing.

図 2(b) 信号処理
Audio signal processing.

表 1 被測定機器の遅延時間特性
Delay time characteristics of medium wave AM transmitter.

被測定機器	遅延時間
100 W 固体放送機	40 μ s
10 kW 固体放送機	40 μ s
150 kW 真空管放送機	33 μ s

2.3 信号処理

図 2 に信号処理の概要を示す。

基準および比較信号は絶対値回路によりプラス極性に揃えられたあと、それぞれサンプリングされ離散時間信号 $X(n)$, $Y(n)$ となる (図 2(a))。

つぎに、自動モニタとしての基本機能である $X(n)$ と $Y(n)$ の振幅差を求め、基準信号に対する比較信号の変化を検知する。ここで問題となるのが、被測定機器の持つ遅延時間 d のため基準信号に比べ比較信号が遅延し、両信号のサンプル点が異なり振幅値に誤差を生じることである。また、この遅延時間 d も表 1 に示すように、被測定機器の種類によるばらつきがある。

両信号のサンプル点を合わせる方法として、基準信号を遅延回路により遅延する方法もあるが、接続する被測定機器の遅延時間に合わせる調整が必要であったり、回路の安定度、構成の複雑さから、あまり得策ではない。

そこで本装置では、図 2(b) に示すように、両信号の振幅値を一定区間内のサンプルの積分値で表すこと

により、比較信号の遅延による振幅誤差を吸収することとした。

この手法により基準・比較信号のサンプリング点を厳密に合わせる必要がなくなり、A/D 変換器 1 台で両信号を交互にサンプリングすることが可能となった。

次に、積分処理された基準・比較信号は、振幅差を求めるために演算され、その結果、両信号の振幅差があらかじめ設定された故障検知レベルより大きければ放送機器が故障と判断し、外部へ出力を行う。

図 2(b) の入力音声信号を正弦波とし、被測定機器による信号の遅れを d として、検知動作を式で表すと、基準・比較信号の振幅比は (2) 式ようになる。

$$\text{検知動作} = \frac{\sum_{n=0}^{s-1} \sin 2\pi \cdot f_i (\Delta t \cdot n + m)}{\sum_{n=0}^{s-1} \sin 2\pi \cdot f_i (\Delta t \cdot n + m + d)} \quad (2)$$

ただし $\Delta t = 1/f_s$

f_s = サンプリング周波数

f_i = 入力信号周波数

s = 一定区間内のサンプル数

m = サンプリングの開始時間

2.4 最適積分サンプル数

前項で述べたように、区間内のサンプル数と遅延時間による振幅誤差には大きな関係がある。振幅誤差は最終的には故障検知レベルの誤差となって現れるので、ここではサンプル数と故障検知レベルの誤差との関係を明らかにする。

(2) 式より、最適なサンプル数を求めるためコンピ

図3 最適サンプル数を求めるためのコンピュータシミュレーション結果

Results of the computer simulation for adoption of the optimum sample number.

ュータシミュレーションを行った。サンプリング周波数 f_s を 10 kHz としたときの結果を図3に示す。

図3はサンプル数をパラメータとして、サンプリング開始時間 m を入力信号 f_i の電気角 $0 \sim \pi$ の間で変化させ ($0, \pi/10, 2\pi/10, \dots, \pi$)、その時の比較信号の遅れ d に対する検知誤差の最大値を表した。

ここでの検知誤差とは、基準入力レベル時に 1 kHz にて設定した故障検知レベルからの誤差である。

また、サンプリング開始時間 m を変化させ検知誤差の最大値を求めたのは、本装置での入力信号のサンプリング位置は常に不定で、しかも検知動作は基準・比較信号の振幅比の最大値で行っているためである。

ディジタル式では故障検知動作の高精度化を図るので、故障検知レベル誤差を 1 dB 以内とした。したがって、このスペックを実現するためには、図3の検知誤差を 1 dB 以内にしなければならない。

例えば、図3の信号周波数 3 kHz のグラフから検知誤差 1 dB を許容値として見ると、サンプル数が 4~16 は比較信号の遅れの量によっては 1 dB を割っており、これを満足するためにはサンプル数は 32 以上必要であることがわかる。また、他の信号周波数においても、サンプル数を 32 以上確保すれば、検知誤

図4 開発した本装置での実測値

Practical measured value of the digital audio automatic monitor.

差を 1 dB 以内に収めることができる。この結論より、本ディジタル式のサンプル数は 32 とした。

図4は、コンピュータシミュレーションと同様な条件で測定をした、本装置での実測値である。測定ポイント数は少ないが、コンピュータシミュレーションとほぼ同様な結果が出ており、所要特性が得られていることが確認できた。

3. 動 特 性

図5に本装置とアナログ式の検知誤差特性を示す。両方式ともに装置の調整は、1 kHz で基準入力レベル時に、設定した故障検知レベルに動作するようにしており、入力信号の種類をパラメータとして入力信号レベルと検知誤差の変化を表した。

この図から、本ディジタル式は、1 kHz、音楽ともに入力レベルに関係なく検知誤差はゼロである。

一方、従来のアナログ式は、1 kHz と音楽の違いによって 6~12 dB も検知誤差があるほか、入力レベルの高低によっても同程度の検知誤差がある。また、音

図5 デジタル式とアナログ式の検知誤差特性
Detection error of the digital and an analog audio automatic monitor.

楽の内容によって数 dB の検知幅を持っている。

この特性から、アナログ式の放送中における動作は、プログラム信号の内容が音楽やスピーチが主であることから、設定値とは異なるところで行われていることがわかる。

本デジタル式は、プログラム信号の種類や入力レベルの高低にかかわらず、常に設定値と同じ動作点をもつ。このため、放送内容に極力支障を与えず高精度な故障検知が可能である。

4. 運用性の向上

4.1 オートセットアップ機能

デジタル化に伴い新しく機能を付加した。

従来、放送終了後に正弦波信号でしかできなかった「動作感度」、「動作時間」の設定が放送中に可能となった。音楽、スピーチ等、いかなるプログラムでも変調度が10%程度以上あれば、1 dB 以内の高精度で動作感度の自動設定ができる。

セットアップボタンを押すことによりオートセットアップ設定、自動モニタ動作確認を自動で行う。

4.2 停電対策

停電時や予備ユニットとしての保存を考慮し、オートセットアップ機能により設定された「動作感度」データはEEP-ROM(電気消去、書込み可能ROM)に保存されるため、復電時には停電前の状態で動作を継続する。

写真1 開発したデジタル式と従来のアナログ式の
外観(左:デジタル式 右:アナログ式)
Outside view of the digital and an analog audio automatic monitor. (Left: Digital, Right: Analog)

4.3 従来機との完全互換性

現在、多くの放送局で運用中のアナログ式(AU-72型)と形状、機能ともに上位互換性を有しているために、そのまま差替えが可能である。

写真1にデジタル式と従来のアナログ式の外観を示す。

5. む す び

デジタル化により高精度の検知動作が可能となったため、アナログ式では誤動作のため実現が困難であった検知動作レベルの高感度化も可能となった。

また、オートセットアップ機能を付加したことにより、信頼性の向上、保守の効率化を実現できた。

将来的には、異種プログラム検出もできるよう開発を進めていきたい。

(1991年12月12日受付, 1992年3月2日再受付)

みづかみ とおる
溝上 徹 昭和48年、大村工業高校電気科卒業。同年、NHKに入局。平成2年より、同技術局葛蒲久喜ラジオ放送所にて、ラジオ送信設備の維持管理、開発に従事。正会員。

わかい かずあき
若井 一顕 昭和51年、日本大学理工学部電気工学科卒業。昭和44年、NHKに入局。技術本部、名古屋放送局を経て、平成元年より、葛蒲久喜ラジオ放送所。テレビ伝送路測定器の開発、中波コード伝送の研究および大電力放送設備の管理に従事。技術士(電気・電子部門)。正会員。