MR-PROオーディオジェネレータを用いた

非常用放送設備の検査

100Vスピーカー例

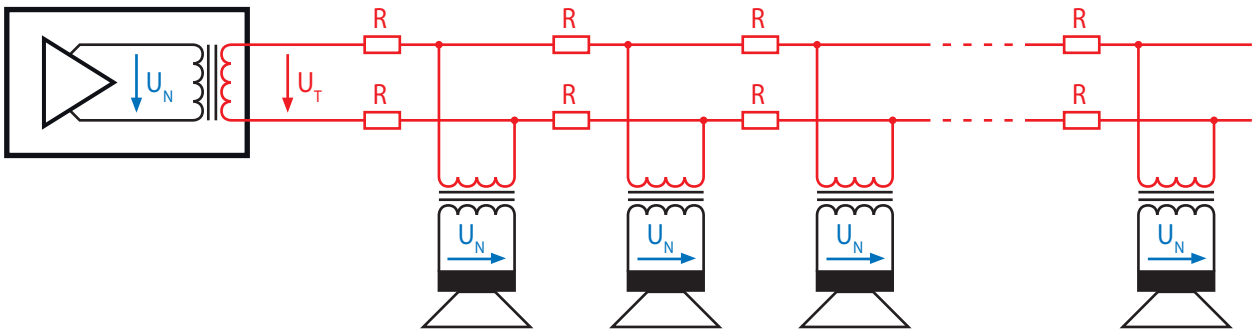
非常用放送設備のオペレーションを適切に行うことで、人々の命を守ることができます。従って、このようなシステムの正しい設置・検証・保守は極めて重要です。

非常用放送設備の目的は、空港、駅、クルーズ船、会議場や学校といった公共の場において、非常時に明瞭な避難誘導のアナウンスを届けることです。構成機器および設備全体が正しく動作しているか定期的に検証されなければいけません。

イントロダクション

一般的に非常用放送設備は、マイクロホンとスピーカーラインを駆動するアンプから構成されています。スピーカーラインはいくつかのスピーカーが並列に接続されています。接続されているとりわけ長い距離の回線では、配線ケーブルのインピーダンスが原因となるパワーロスにより、システムの性能が劣化していることもあります。

通常、非常用放送設備（ディストリビューション・オーディオシステムとも呼ばれます）はトランスを内蔵しており、アンプの出力レベルU_Nをより高い電圧U_T（例えば定格電圧70.7 V、100 V、140 V）に変換します。一方、個々のスピーカーに内蔵されたトランスは、電圧を標準レベルU_Nまで下げます。高い電圧U_Tにより、接続されている回線に流れる電流が少なくなることで抵抗が減り、その結果パワーロス$P_V = I^2 * R$が大幅に減少します。



非常用放送設備の基本構成

長所と短所

ディストリビューション・オーディオシステムには明らかな長所があります。

✓ 異なる負荷がある場合でも、たくさんのスピーカーを並列接続でシンプルに駆動

✓ 少ないパワーロス

✓ 長距離配線でも動作させることができる

一方でいくつかの短所もあります。

– トランスが必要になる分コストがかかる。

– システムに高電圧が発生するため、設置および保守点検の際には注意が必要。

設備の検査

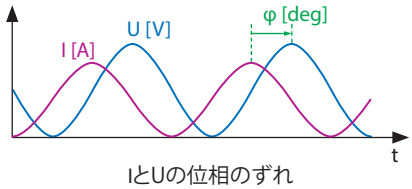
非常用放送設備の総合的な検査項目には、電気パラメータ（例えばシステムインピーダンス、消費電力）と音響特性（例えばサウンドレベル、明瞭度）があります。

ヒント：このアプリケーションノートでは、非常用放送設備の電気特性の検証に関してのみ論じています。

基本事項

位相

交流では、電流Iは電圧Vに対してφ位相がずれます。接続されているスピーカーのインダクタンスなどによりこの位相のずれが引き起こされます。これは測定されるインピーダンスやシステムの消費電力にも影響を与えます。

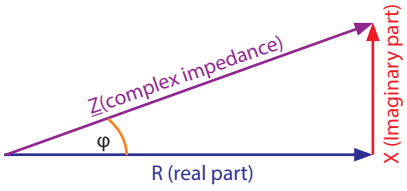


IとUの位相のずれ

複素インピーダンス

アセンブリエラーや他の不具合を検証するには、システム全体または個々のスピーカーのインピーダンス測定が必須となります。インピーダンス測定には、ベクトル表記で実部Rと虚部Xで構成される複素インピーダンスZを求める必要があります。

$$Z = R + jX$$



複素インピーダンス

しかし、実際には複素インピーダンス|Z| [Ω]の絶対値、位相φ[°]、実部R[Ω]で構成された極座標で求めるほうが一般的です。

$$R = |Z| * \cos(\varphi)$$

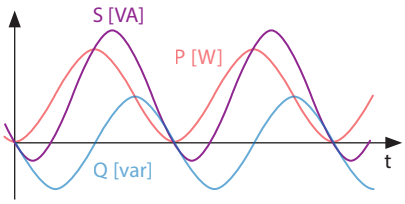
つまり、複素インピーダンスを決定するにはインピーダンス|Z|の絶対値と位相角φの二つの値が必要です。

これまでの説明とは別に、位相の測定結果から負荷の種類を判別できます。

- φ> 0 → 誘導性負荷
- φ< 0 → 容量性負荷

電力、力率

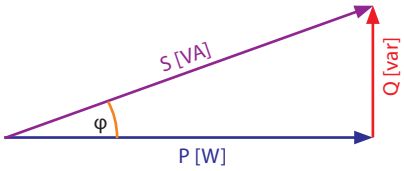
基本的に、電力は電流I [A] と電圧U [V]の掛け算で求められます。先に述べたように、位相φはすべての交流において大きな役割を果たします。したがって実際には、電力は皮相電力S [VA]、有効電力 P [W]、そして無効電力Q [var]の三つの要素に分けられます。



皮相電力、有効電力および無効電力

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

左の図は、皮相電力および有効電力（SとP）についてはプラスの絶対値をもち、一方で無効電力はゼロ（Q = 0）と等しいことを示しています。
複素インピーダンスと同様、これら三つの電力の要素はベクトルで表すことができます。



皮相電力Sのベクトル表記

$$S = P + jQ$$

皮相電力Sは、アンプに要求される出力パワーを決定するため、最も重要な値です。従って、被試験デバイスの重要な特性を知るため、この値を測定しなければいけません。
実際には、皮相電力に加えて力率 λ がよく用いられます。
力率は有効電力と皮相電力の関係を次のように定義します。

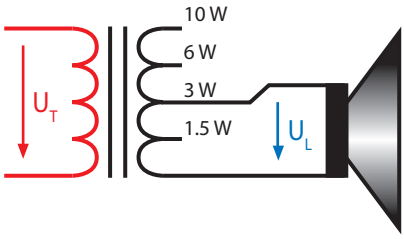
$$\lambda = |P| / S$$

サイン波のテスト信号の場合、力率 λ は位相角 φ を使って次のように計算できます。

$$\lambda = \cos(\varphi)$$

これは力率 λ と位相角 φ が、互いに直接関係していることを説明しています。

音量調節

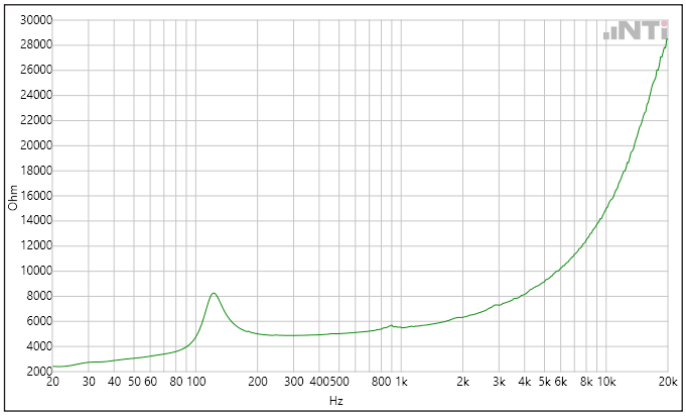


トランスの音量調節用タップ

スピーカーの音量調節は、非常用放送設備で欠くことのできない機能です。基本的に、アンプの出力レベルはすべてのラインに適用されるため、個々のスピーカーにおいてレベル調節が必要になります。一般的にスピーカートランスにはタップが内蔵されており、電圧 U_L（したがって放射される音響パワー）を定格電圧U_Nより減らすことができます。

測定技術

対周波数測定



100Vスピーカーのインピーダンスレスポンス

インピーダンスと電力を測定する際、これら二つのパラメータがテスト信号の周波数に関連していることを考慮する必要があります。左のグラフは100Vスピーカーのインピーダンスレスポンスです。このグラフに示された関連性から、測定する際には以下の二点を念頭に入れる必要があります。

1. 交流のシグナルジェネレータと交流電圧計が必要です。
2. 測定された値は当てはまる周波数を参照します。

電圧・電力・インピーダンスの関係

システム電圧U、システムインピーダンスZ、パワーアンプの出力Pの三つのパラメータは、次式の関係が成り立ちます。

$$U^2 = Z * P$$

この関係を表にします。

	システム電圧			
電力	25 V	70.7 V	100 V	140 V
1 W	625 Ω	5 kΩ	10 kΩ	19.6 kΩ
2 W	312.5 Ω	2.5 kΩ	5 kΩ	9.8 kΩ
4 W	156.3 Ω	1.25 kΩ	2.5 kΩ	4.9 kΩ
10 W	62.5 Ω	500 Ω	1 kΩ	2 kΩ
25 W	25 Ω	200 Ω	400 Ω	784 Ω
75 W	8.3 Ω	66.6 Ω	133.3 Ω	261.3 Ω
150 W	4.2 Ω	33.3 Ω	66.7 Ω	130.7 Ω
500 W	1.3 Ω	10 Ω	20 Ω	39.2 Ω

インピーダンス Z [Ω]、P [W]、U [V]の関係

この表では次のように考察できます。

a) システム電圧が100 Vでパワーアンプの出力パワーが25 Wの場合、負荷として接続可能な最小のシステムインピーダンスは400 Ωです。
b) システム電圧が70.7 Vでシステムインピーダンスが33 Ωだとすると、要求されるパワーアンプの最小出力は150 Wです。
c) システム電圧が25 Vと低く、一方でパワーアンプの出力が100 W以上と高い場合、システムインピーダンスは低くなります。つまり、システムインピーダンスは配線ケーブルの比率が高くなり、その結果不要なパワーロスが発生します。

テスト手順

アプリケーション

通常、非常用放送設備の検査は、設置後に実施されます。設置後には定期的な検査が義務づけられており、一般的に以下の内容が実施されます。

- システム全体が性能基準を満たしていること。
- 定期的および改修工事の前後での性能試験。
- 設置された機器や部品の状態。

安全対策

50 V以上の交流電圧で動作する電子機器については、測定する際に十分な安全・防護対策を講じる必要があります。

1. 回線を測定する前に、必ずパワーアンプから接続を外しておきます。
2. 測定用途に適合したテスト機器のみを使用します。

MR-PROオプションのアダプタ（MR-PRO　70V/100Vスピーカー測定プロテクション）を使用することで、高電圧とショートからユーザーおよび機器を保護します。

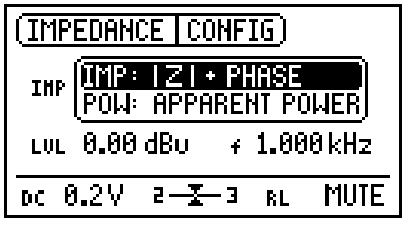
MR-PROと70/100Vスピーカー測定プロテクション

テストステップ

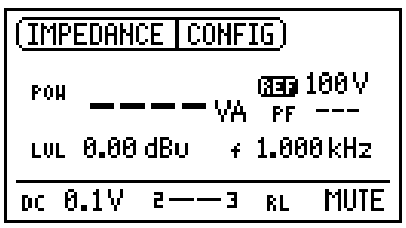
通常の非常用放送設備の電気試験は、以下の手順で実施されます。

1. パワーアンプの電源を切り、スピーカー回線を外す。
2. MR-PROに70/100Vプロテクションを取り付け、スピーカー回線に接続する。
3. MR-PROの電源を入れ、[IMPEDANCE]モードを選択する。
4. 測定ファンクション[IMP]または[POW]を選択する。[POW]の場合はシステム電圧を選択する。
5. テスト信号レベルおよび周波数を調整する（推奨：-20 dBu / 1 kHz）。
6. 必要に応じてMR-PROの信号レベルを増加または減衰させる。
7. 表示された数値とマーク（次の項参照）を確認する。
8. カーソルを[RL]に動かし、ピン2とピン3のインピーダンスを確認する。

ヒント　測定結果はスクリーンショット[1]で保存できます。



測定ファンクションの選択



システム電圧の選択

[1]: MR-PROのルートディレクトリに[SCREEN]フォルダを作成し、ON/OFFボタンとEnterボタンを同時に押します。

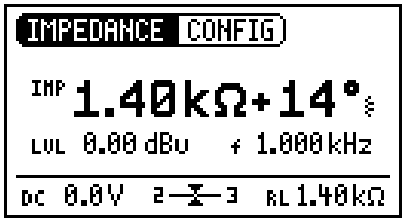
測定結果の表示

MR-PROは測定結果を数値と図形で表示します。

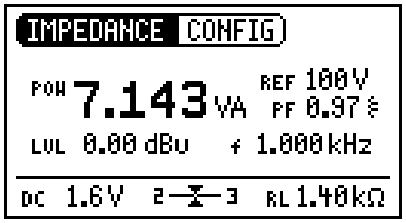
a) [IMP]測定の結果
   - » 複素インピーダンス [Ω]
   - » 位相[deg]

b) [POW]測定の結果
   - » 皮相電力 [VA]
   - » システム電圧 [V]（測定者が変更可能）
   - » 力率

c) 全般情報
   - » 負荷の種類：誘導性、または容量性
   - » テスト信号レベル（可変）
   - » テスト信号周波数（可変）
   - » 直流電圧の値
   - » 信号バランス
   - » 接続された負荷のインピーダンス



[IMP]測定画面



[POW]測定画面

測定結果の検証

インピーダンス、位相、電力測定の結果から、数量的および電気的性質を分析できます。
例えば、それぞれの測定結果を次のような検証に役立てることができます。

- *定格値との差→仕様書の許容値範囲内か？*
- 前回測定値との差→機器の経年変化により変化した？
- *負荷の種類→誘導性（φ>0）または容量性（φ<0）？*
- *システムの電力→パワーアンプの定格出力範囲内か？*

非常用放送設備（100Vシステム）においては、設置の前に各機器の定格や動作が適切かどうか検証することが推奨されています。
設備の設置後は、システム全体の主要な特性を測定し適切に記録[1)]することで、その後の比較検証や不具合の発見に役立ちます。

アプリケーション例：電力 / インピーダンス測定

下記の図は、ハイインピーダンス・スピーカーの標準的なテスト配線です。

- パワーアンプの接続は外されています。
- MR-PROをスピーカー回線に接続します。
- 三台のスピーカーは、一台あたりの定格インピーダンス6.8 kΩ、定格電力8 W @ 1kHzです。
- 計算によるスピーカー回線の、定格インピーダンスは6.8 kΩ / 3 = 2.27 kΩ、定格電力は、8 W x 3 = 24 Wです。

測定結果

- [Power]測定モードでは、電力の合計が23.15 VAと表示されました。これは、計算によるスピーカー三台の定格電力の合計にほぼ等しくなっています。
- [Impedance]測定モードでは、インピーダンスの合計が2.26 kΩと表示されました。これは、個々のスピーカーインピーダンスのほぼ1/3になっています。

これらの結果から、三台のスピーカーは正しく配線され、適切に作動していると言えます。

MR-PROによる電力/インピーダンス測定の配線例

よくあるご質問

F: スピーカー回線のインピーダンスレスポンスを記録することは可能ですか?

A: 可能です。例えばMR-PROを使い、異なる周波数におけるインピーダンスを測定するとともに、得られたデータを記録し、グラフに表示します。または、FX100を用いて直接スイープ信号でインピーダンスレスポンスを測定することもできます。

F: MR-PROのインピーダンス測定範囲は?

A: 4 Ωから50 kΩです。

F: 使用するケーブルの品質はどれくらい重要ですか?

A: より良い品質の(つまり抵抗の低い)ケーブルとコネクターは、パワーロスを少なくさせます。

F: 回線全体の電力を伝送するため、ケーブルの許容電流をどのように求めればよいですか?

A: 電流は、スピーカー回線全体の電力とシステムの電圧から計算できます。

F: スピーカー回線全体で必要な電力はどのように求められますか?

A: MR-PROで直接測定します。または、スピーカーのインピーダンスとシステム電圧から計算します。

F: パワーアンプ出力はどれくらいの電力が要求されますか?

A: 十分なヘッドルームを得るため、計算されたスピーカー回線の定格値より10〜20 %高い出力を備えたパワーアンプを推奨します。

F: 何台のスピーカーを非常用放送設備に設置するべきですか?

A: 放送される広さや環境特性(暗騒音、反響など)により異なります。非常放送はすべてのエリアに等しい音圧レベルで届けることが要求されます。そのためには、大きな音量で少ないスピーカーを設置するより、小さな音量でも多くのスピーカーを設置するほうが良い結果が得られます。

F: 使用しているスピーカーにはトランスのインプット(一次側)にタップがあり、アウトプット(二次側)にありません。これによる影響はありますか?

A: いいえ、どちらの設計も同じように扱えます。