

AL.

ALTEC

**ALTEC
TRAINING
MANUAL**

**SOUND
SYSTEM
INSTALLATION**

Copyright ©1977 Altec Corporation

サウンドシステムの施工

その基本的な考え方とテクノロジー

業務用として使用されるサウンドシステムは、
機材選択、機材間のレベル、機材取り付けにおいて
細心の注意を必要とされます

- **機材選択**

高いグレードと信頼性が要求されるサウンドシステムの中に、一つでも機能が劣る機材が紛れ込んだらどうなるか。

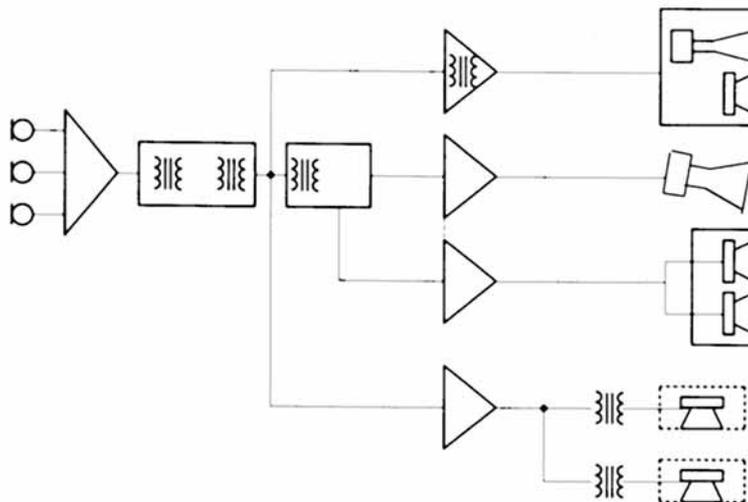
- **機材間のレベル**

ゲインとレベルが異なる機器をどのように接続するのか。

- **機材取り付け**

重大な事故を誘発する原因となる機器間配線と接地をどのようにすれば良いのか。

このような疑問点に的確に答えてくれる資料はありませんでした。1977年に作られた古い資料ですが、<アルテック・ランシングのトレーニングマニュアル No.7> がこれらの疑問に答えてくれるものと思います。



(株)イーブイアイオーディオジャパン
〒156-0055 東京都世田谷区船橋5-3-8
TEL 03-5316-5026, FAX 03-5316-5030
札幌、東京、名古屋、大阪、福岡

トレーニングマニュアル 第7章

SOUND SYSTEM INASTALLATION

サウンドシステムの施工

1977

この章ではインピーダンスダブの整合、70ボルト分散システム、マルチ駆動、機器間配線、接地手順、説明書の書き方に関連する回路のレベル(利得と損失部分)の様子について述べています。

かつて、音響の設計パラメータはサウンドシステムを設計する人を満足させるために作られており、機器の適切な使用にさいして解釈をしなおさなくてはなりませんでした。

実際の施工作業にかかる前に慎重な注意をえば、仕事をする現場で使う時間と材料について見積もりをした費用に対して思ったとおりの性能と一致するシステムの能力を出せることになります。

一度施工が始まってしまうと、施工者はシステムを再設計して <経費>と<時間>を浪費するようなゆとりはありません

サウンドシステムに対する機能上の必要項目の記載は、主としてサウンドシステムを設計する人間の経験と判断力に頼っていることが多いのです。

利得と損失の区分け

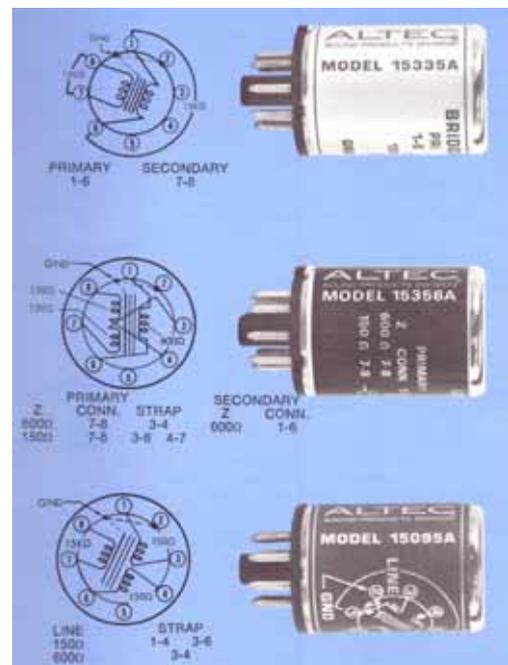
システムに対する適切な機能上の設計は賢くプロジェクトを見積もる必要があります。それ故にこの結論に対する最低必要条件は1本の線で描かれたシステム・ダイアグラムを作りレベル・フローチャート(システム間のレベル系統図面)を作ることなのです。サウンドシステムの設計仕様書を作る最初の作業段階は明らかに建築構造が検討される以前に始められるべきなのです。

全く複雑ではないシステムが時々施工をする会社にとって最も難しい原因となることがあります。これは避け難い事項ではありません。システムの内部における利得と損失の適切な区分けは、故障を起すことなく、安定した性能を發揮し、面倒な操作の必要がないことを満足することです。

アルテックの全ての電気機器は固有の利得重複を持っています。それは、アルテックのミキサーはアルテックのパワーアンプがフル出力を出すのに必要とされる以上に大きな出力を持っているか、アルテックのパワーアンプがアルテックのミキサーによって駆動される場合にフル出力を得るのに必要とされる以上の入力感度を備えているということです。この利得の重複(ゆとりがある出力レベルまたは入力感度)は機器間にパッシブな(損失を起さず形式)機器を挿入しても良いようにしてあることを意味し、分散アンプを使わなくとも複数のアンプを駆動するのに一台のミキサーだけを使うことができることを意味しています。

アルテックの機器を結合する場合には、システムに使われるそれぞれの機器の色々な性能パラメータについての動作知識が必要となります。

図7.1はアルテックの1592B¹の操作レベルを図形で表したものです。1592Bはクリッピングを起さずに+30 d



オクタソケット対応モジュール

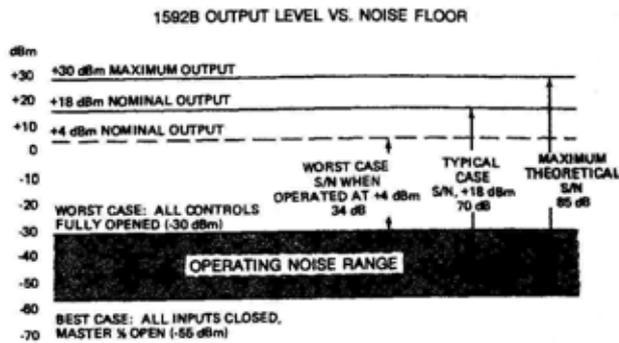
¹ 1592Bは5系統の入力を備えたミキサー。後面のオクタソケットを選択することで、ライン/マイクロフォン入力に対応することが

サウンドシステムの施工

その基本的な考え方とテクノロジー

Bm²(17²)の出力を出す能力を持っています。理論上の最大S/N比は、マスターゲインつまみを一杯に上げた状態で全ての入力つまみを完全に絞り込むことを前提として85 dBとなります(この状態はマスターつまみを中間に設定した状態で、相当なレベルに設定した一つの入力と同じ状態になります)。平均プログラムレベルはピークに対して10 dBのマーヅンをとらなくてははいけませんので、このS/N比は75 dBの動作S/N比となります。

1592 Bの理想的なノイズフロアは-55 dBmであることに注意して下さい。そしてマスターゲインつまみを回して出力レベルを減少しても条件は変わりません。平均出力レベルが+4 dBmに減衰されると、動作S/N比は59 dBに減らされるはずでず。



最悪の場合: 全てのつまみが完全に上がっている(+30 dBm)
 最良の場合: 全ての入力つまみが下がっていて、マスターつまみが1/2上がっている(+55 dBm)
 最悪のS/N: +4 dBmで操作されている場合に34 dB
 一般的なS/N: +18 dBmで70 dB
 最高の理想的なS/N: 85 dB

図7.1 1592 Bの出力レベル対ノイズフロア

これまでの1592 Bからの出力ノイズについて論じてきました。慎重な考察が最初の入力段で発生するノイズに対して与えられなくてはなりません。図7.2は単純な1588C³のゲインブロックを表しています。1588Cが-129 dBmという等価入力レベル状態で35 dBのゲインを供給します。1588Cに関するS/N比を求めるには、機器にノイズはないが単にマイクロホンからの出力ノイズ(可変)と入力ノイズ値(-129 dBmに固定されている)という2種類のノイズを増幅すると仮定して下さい。

入力レベル: -55 dBm
 出力レベル: -55 dBm + 34dBm = -21dBm
 1588Cのゲインは34 dBm
 等価入力ノイズレベル: -129 dBm
 出力ノイズレベル: -95 dBm
 出力S/N: -21 dBm - (-95 dBm) = 74 dB

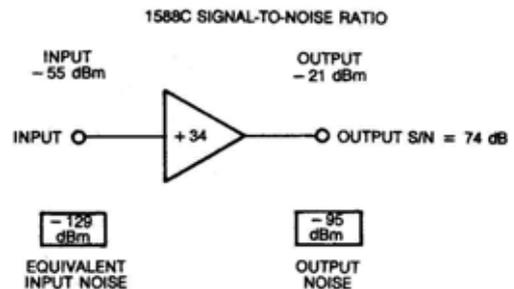


図7.2からマイクロホン出力ではうまい動作レベルを確定することが非常に大切であることが分かります。

図7.2 1592 Bの<S/N比>

例題

78 dB_{SPL}の音場で操作されているマイクロホンを想像して下さい。
 マイクロホンの出力レベルは94 dB_{SPL}(10 dynes/cm²)を換算して-53 dBmとなります。
 これらの数値を全て足すと、計算された電氣的出力は(-53 dBm) - (94 dB_{SPL} - 78 dB_{SPL}) = -69 dBmとなります。
 図7.2では最初のゲイン段において確定されたS/N比は60 dBとなります。

可能

² dBmについてはトレーニングマニュアル“ロガリズムとデシベル”を参照

³ 1588Cはオクタルソケット・タイプのマイクロホンプリアンプ。

複数の入力が使われる影響も考慮されるべきです。実際のノイズ増加量は簡単な公式から得ることができます。

$$\text{dBで表示されるノイズ増加量} = 10 \log N$$

N=同じパワーを持ったノイズ源の数量

システムで結合される機器

前に説明をした通り、最適なS/N比は機器がその最大能力近くで使われている場合に得られることが理解できます。ピーキングに対して十分なヘッドルームを得るためには、10 dBのクレストファクタをその設計計算に含むべきです。1592 Bのゲインコントロールはそれ故に18 dBmから20 dBmの間の平均作動レベルを出すように調整されるべきなのです。図7.3は、ゲインのオーバーラップの影響が無視されてしまった極端な機器の使用間違いの例を描いています。この例では、1592 Bは9846 B⁴を操作するのに使っています。1224 Aの高域部分には15095 Aが装備されており可能なゲインを63 dB持っています。ラウドスピーカへ行く操作レベルが+37 dBmであると仮定をすると、望ましい入力レベルは+37 dBm - 63 dB = -25 dBmということになります。この条件下で1592 Bに理想的なノイズフロアがあってかつ1592 Bのマスターゲインつまみが動作レベルを調整して設定をするのに使われる場合に、25 dBという最大S/N比が実現されます。

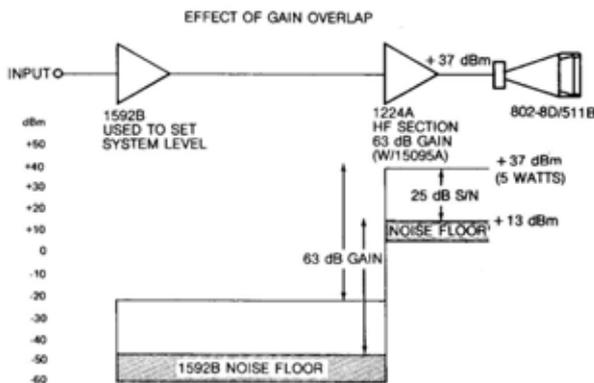


図7.3 ゲインのオーバーラップの影響

1592B: システムレベル設定用に使われる

1224A: 15095A⁵が取り付けられた状態で高域部分は63 dBのゲインを持っている

図7.3で述べられたシステムもまた1224 A⁶のレベルつまみが最大に上げられていると仮定をしています。この手順の取り得る道は1224 Aのゲインつまみを最小となるように設定することです。1224 Aのつまみは18 dBの減衰ができます。

1224Aのボリュームつまみを最少にするとゲインが44 dBとなる

つまみを目一杯下げるとこのシステムは図7.4に表されたように43 dBのS/N比を確保できます。

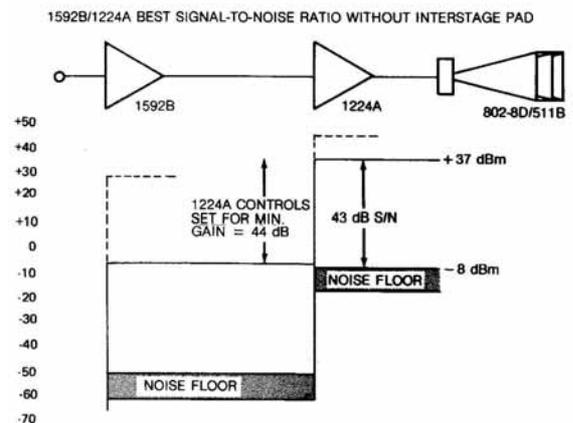


図7.4 内部段でパッドを使わずに1592B/1224Aが最高の<S/N比>となる設定

⁴ A7と同じユニット構成の2ウェイモニタースピーカシステム

⁵ 15095Aはオクタソケットに対応するブリッジング/マッチングトランス

⁶ 1224Aは高域30Hz、低域60Hzのパワーアンプを持ったバイアンプシステム。

サウンドシステムの施工

その基本的な考え方とテクノロジー

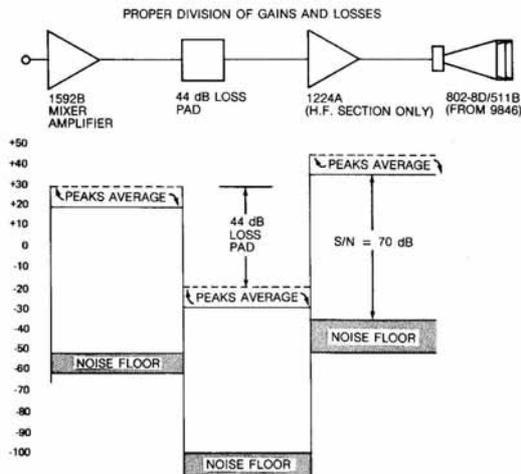


図7.5 利得と損失のふさわしい分配

30 dBm) - (-14 dBm) = 44 dBとなります。

複雑なシステムにおける利得と損失の分配を素晴らしいコツは、図7.5で表されるように一度に一つの段階を適切化することで簡単に実行されます。アルテックの1650Aアクティブコライザを単純に追加すると、この同じシステムが簡単に未経験の施工者にとって手の負えない状態になります。

幾つかのコンポーネントが直列に(カスケードで)接続されている場合には、レベルフロウチャート(レベル系統図)が必要とされます。レベルフロウチャートを最も簡単に描く方法はラウドスピーカの方から逆にレベルの流れを描いていき、ヘッドルームを保持していれば最良のS/N比がに得られるようになります。ほとんど極端な状況を除いた全ての場合において、その数値の下に10 dBの平均動作レベルを持った状態で完全な定格パワーとなるような最大作動レベルを想定して下さい(この規則の除外事項は、最小の可能増幅量が50%になる能力を備えている状態で、5%のピークパワーが必要とされたものであるはずであるが、ヘッドルームの必要量については注意深くかつ用心深い予測を立てることが好ましい)。図7.6は以前に話しをしたシステムに1650Aを加えた後における回路のレベルを表しているブロックダイアグラムとレベルフロウチャートになります。

この項のまとめ

利得と損失を区別することは、各段の動作を最大限に利用するようにシステムの構成機器を結び付けることによってなされます。それは最大のパワー出力、入力感度、入力インピーダンス、ノイズフロアがわかっている場合に一度に一段階を簡単に仕上げることができます。しかしながら、間違いを避けたいのであれば、定まった形式のレベルダイアグラムを使ってこのデータを図式的にプロットすることが必須条件となります。

43 dBというS/N比は、最もノイズが多い状況よりも下にあること以外には許容できません。したがって機器の内部段のパッドが必要となります。S/N比を最大とするために、パッドの数値は機器段間のゲインのオーバーラップが等しくなるように設計されるべきです。この場合には、1224Aは最大出力で-14 dBmという入力感度を持っており、1592Bはクリッピングを起こす前で+30 dBmの出力を持つ能力があります。ゲインのオーバーラップは図7.5における例題で選択された数値である(+

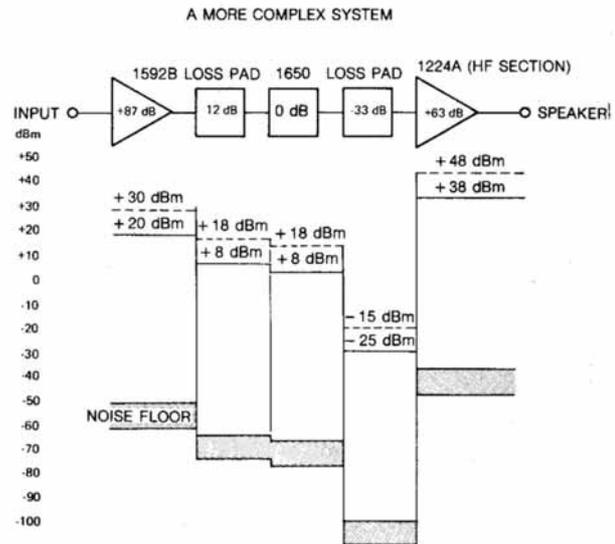


図7.6 もっと複雑なシステム

減衰パッドとコンバイン・ネットワーク

システムを組み立てる上で減衰パッドとコンバインネットワークについての動作知識がサウンドを施工する人間にとって絶対に必要なものとなります。これらの素子は標準的な低価格のコンポーネントを使って設計したり施工をするためには扱いやすものです。そして適切な使われ方をしていると音響伝送システム全体の信号レベルを確保してくれます。

減衰パッド

音響の伝達システムに見つけることができる最も普通の減衰パッドの形式は、アンバランスの回路で使われるTパッドとバランスの回路で使われるHパッドの2種類になります。図7.7は両方の形式の抵抗値を表にしたものです。ここで入力と出力のインピーダンスは600Ωとなります。入力と出力のインピーダンスを他の数値に換えるには、を希望するインピーダンスで割った後で得られる要素で表される全ての数値を割って下さい。(現在ではアルテックが開発をしたAMPTOOLSソフトウェアを使うことによって入力と出力のインピーダンスと希望する減衰量を入力するだけで簡単にかつ瞬時にパッドを組むのに必要な抵抗の数値を求めることができます。IBMのDOSで動くソフトウェアで、ご希望の方には無料でコピーいたします。)

使われている数値は5%のEIA数値
Zが600Ωでない場合には、全ての数値を600/Zで割る
ラウドスピーカー回路にはケーブル損失を換算する

RESISTANCES FOR UNBALANCED AND BALANCED FIXED PADS

UNBALANCED			BALANCED		
Loss in dB	R _a	R _b	Loss in dB	R _a	R _b
0.5	18	10,000	0.5	8.2	10,000
1	33	5,100	1	18	5,100
2	68	2,700	2	33	2,700
3	100	1,600	3	51	1,600
4	130	1,200	4	68	1,200
5	160	1,000	5	82	1,000
6	200	820	6	100	820
7	220	680	7	110	680
8	240	560	8	130	560
9	270	470	9	150	470
10	300	430	10	150	430
12	360	330	12	180	330
14	390	240	14	200	240
16	430	200	16	220	200
18	470	150	18	220	150
20	510	120	20	240	120
22	510	100	22	240	100
24	510	75	24	270	75
26	560	62	26	270	62
28	560	47	28	270	47
30	560	39	30	270	39
32	560	30	32	270	30
34	560	24	34	270	24
36	560	18	36	270	18
38	560	15	38	270	15
40	560	12	40	300	12

Values used are 5% EIA Values. If Z ≠ 600 Ω divide all values by $\frac{600}{Z}$. For loudspeaker circuits use adjustable wire wounds.

固定パッドの<抵抗値>

コンバイニング・ネットワーク

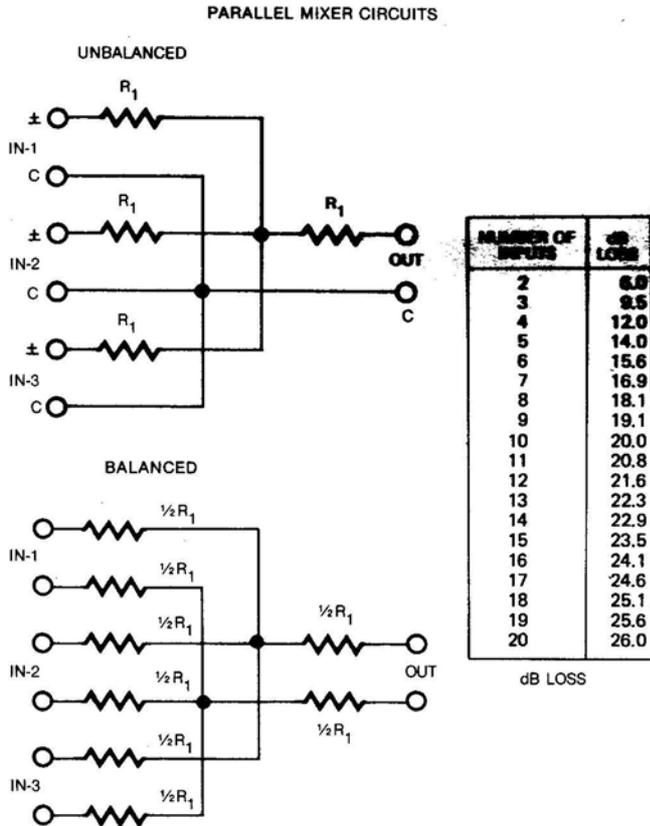


図7.8 並列結合されたミキサー回路

音響の作業に使われるコンバイニング・ネットワークにはブリッジ・ネットワーク、ハイブリッドコイル、抵抗値を持つコンバイン・ネットワーク、活性的なコンバイン・ネットワークという4種類の基本形があります。最近では業務用のサウンドシステムに使われる全てのコンバイン・ネットワークは抵抗値を持つコンバイン・ネットワークになっています。最も良く使われる形式は図7.8で描かれている並列型ネットワークとなります。

上図がアンバランス時
下図がバランス時

これらのネットワークは並列結合されて希望するラインインピーダンスに合わされたいくつかの入力信号を受け入れることができます。並列回路はミキサーとコンバイン・ネットワークとして分離したり/分配したりする目的のためかのどちらかで使われる機器となるように反転できるようにになっています。抵抗値は次のように計算されます。

$$R_1 = Z \times (N-1)/(N+1)$$

ここで

Z = 希望をするインピーダンス
N = 入力の数

抵抗値を持ったコンバインネットワークは指定された動作インピーダンスを使って適切に端末処理がなされるべきです。このことは物理的な端末処理が確実になされなければならないことを意味しています。アンプは通常の600の入力インピーダンスを持っているものが良いかもしれないし、さらに物理的には数倍以上に大きい物のほうが良いかも知れませんが、アッテネータ、減衰パッド、フェーダ等にははっきりした端末インピーダンスを確定できる一方で較正精度を失うこととなります。

インピーダンスマッチング

電氣的システムに適切なインピーダンスマッチングをとることによって、低いレベルで最小のノイズを維持して最大のパワー伝達を保証することになります。適切なインピーダンスマッチングに関する完璧な知識を持つことは、サウンドシステムに正しい経済的なパワー性能を出させるのに必須的に重要な条件となります。

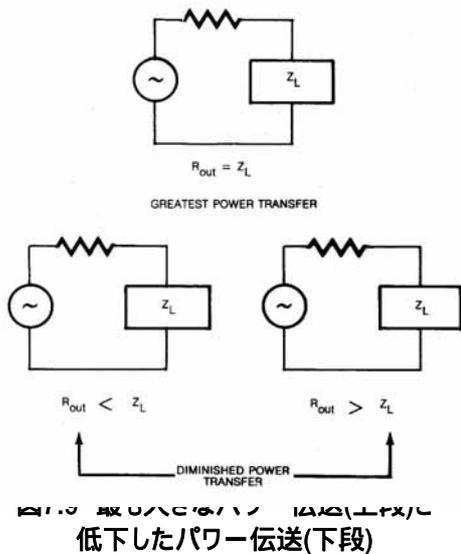
全てのアクティブタイプの音響機器は、機器に流れ込んでいく電流と電圧の比率である入力インピーダンスを持っています。これは次のように表されます、

$$Z_{in} = E_{in} / I_{in}$$

大部分の測定機器(オシロスコープ、VTVM's 等)や高忠実度(high-fidelity)と称する民生用コンポーネントは、無視して良いほど高い入力インピーダンスを持っており、機器にほんの少しの入力電流が流れるようになっています。業務用のサウンドリソースメントシステムに使われている大部分のコンポーネントは、一般的には60

サウンドシステムの施工

その基本的な考え方とテクノロジー



0 という中位のインピーダンスを持っており、複数の入力
が互いに結ばれた場合に発生する負荷が累積してい
くという現象に対して厳密な予測計算が必要となります。

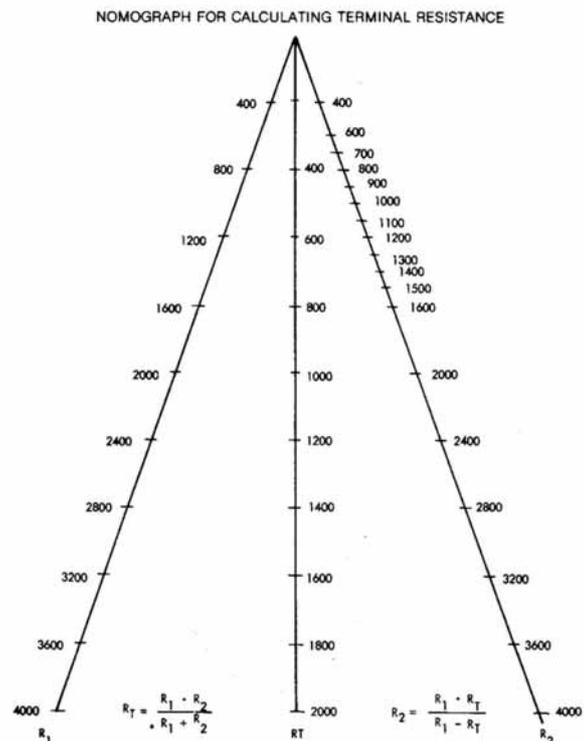
どのようなアンプの出力もインピーダンス(レジスティブ、
キャパシティブ、インダクティブまたはこれらの組み合わ
せ)を持った直列結合状態の電圧源のようなものです。フ
ラットな特性あるいは経済的なパワー伝送を保証するた
めには、このインピーダンスに関する知識が必要となり
ます。大部分のアンプは無視して良いほど低い出力イン
ピーダンスを持っており、一定に近い電圧源のように見
えて相対的に負荷に対して独立しています。それらは最
高の安定性を確保するための推奨負荷インピーダンスと
呼ばれてもよいでしょう。最大のパワー伝送をするため
の最適な負荷インピーダンスは、出力と負荷のインピー
ダンスが等しくなる場合(図7.9を参照)に現れます。

上段: 最大のパワー伝送
下段: 減少させられたパワー伝送

負荷インピーダンスが最適値より低くなっている場合には、より以上の電流が流れますが、負荷にかかる電圧は急激に落ちていきます。結果として、パワー(IE)は最適条件より低くなります。

負荷インピーダンスが最適値より大きい場合には負荷にかかる電圧は上昇しますが、負荷に流れる電流は急激に減少します。その結果としてIEは適切な数値よりも小さくなります。

多くのパッシブタイプのイコライザーやフィルターは適切な動作をするために、適合した負荷あるいは出力インピーダンスを必要とします(アルテック・ランシングの<テクニカルレターNo.192>を参照)。増設部分または端末の抵抗値を知ることが必要とされ、出力と負荷のインピーダンスがわかっているのであればその数値は簡単に計算できます。図7.10は入力インピーダンスと希望をするインピーダンスがわかっている場合に必要の端末抵抗を決定する計算用紙です。



600 リンク回路の確定

アッテネーター、イコライザー(現在はアクティブタイプの製品が主流となっています)、フィルターといったパッシブタイプの機器が使われる場合にはいつも必要とされる末端を使った処理がなされなくてはなりません。必要とされる数値は一般的には600 となります。図7.11はそのような場合の正しい結線方法を説明しています。

ミキサープリアンプの出力インピーダンスを測定するにはインピーダンス・ブリッジを使って下さい。一般的には600 とみなされており、おおよそ60から150 という数値を測定しま

す。図7.11では、1592Bは一般的に130 という数値が出てきます。出力インピーダンスはしばしば変化をしますし実際の数値が使われるべきであるために、実際に数値を測定することが大事なことです。130 という数値は希望をする数値である600 よりも小さいために、アンバランスであるパッシブな機器(ここでは1590C)が使われているインピーダンスが高い側に1592Bから流れているラインの片側を使ってその差額の数値の抵抗が直列に挿入されます。

全ての応用例で極性を間違えないようにするために、適切な一方の接地端子から一番遠い場所にある端子に+側を常に接続するようにして下さい。この原理は全てのアルテック製アンプに適用されています。

パッシブ動作の機器の出力から立ち上がった後で、出くわした次段のアクティブ動作機器の入力が末端処理されるべきなのです。再び実際の入力インピーダンスを見つけるためにインピーダンス・ブリッジを使って下さい。後面のオクタル端子に差し込まれた15095Aトランスを使えば1590Cパワーアンプの実際の入力インピーダンスは600 になります。

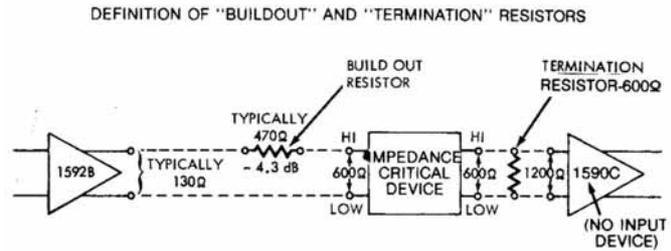


図7.11 増設抵抗と末端抵抗の定義

$$R_T = (R_i \times R_D) / (R_i - R_D)$$

ここで

- R_T = ターミネーション抵抗の数値
- R_i = 測定がなされた入力インピーダンス
- R_D = 理想的なターミネーション抵抗値(600)

この条件での R_T の数値は

$$R_T = (1200 \times 600) / (1200 - 600) = 1200$$

アッテネーター、フィルター、イコライザー、パッド、ネットワークというようなパッシブ動作機器を含む回路は、それに続くアクティブ動作機器の入力で慎重に末端処理されるべきです。抵抗がある機器から両方向で安定したインピーダンスを確保するために、抵抗がある機器を駆動しているアクティブ動作機器から増設するのも良い作業方法となります。しかしながらTブリッジ結合がなされたアコースタ・ボイシング(ACOUSTA-VOICING)フィルターをどうしても使わなくてはならないということではありません。

バランス結合された回路を増設する場合には(ここでバランスとなったアッテネーターが長い伝送ラインを制御するために使われています)、数値の差は半分になり、それぞれの半分ずつは回路の1区画に割り与えられます。

ラウドスピーカのインピーダンスにマッチングするパワーアンプ

負荷がパワーアンプの定格出力インピーダンスよりも低くならないようにパワーアンプの出力回路に対して多くの注意が払われる必要があります。ほとんどの場合では、負荷がディバイディング・ネットワークの一つの出力区画に付着していないのであれば、定格インピーダンスよりも大きな負荷インピーダンスとなっている場合には問題を起こすことはありません。ネットワークのクロスオーバー周波数は、ショートしていたり負荷インピーダンスが定格インピーダンスよりも低くなっている場合にはクロスオーバー周波数が変換されてしまい、結果として希望をしないクロスオーバー周波数になったりサウンドシステムの周波数特性の点で希望をしない変化を起こしてしまいます。

パワーアンプとラウドスピーカの間ディバイディング・ネットワークを使っている単独音源のシステムでは、オートトランスフォーマー(アルテックの15067、15567のような製品)はインピーダンスマッチングだけに使いレベル調整には絶対に使ってはいけません。表7.1と図7.12は可能な構成と15067の合成の定格を表示しています。

Table 7-1. Connections and Values for the Altec 15067 Autotransformer

	Maximum Source Voltage & Power		Source Terminals	Load Terminals	Impedance Ratio (Source to Load)	Voltage Ratio (Source to Load)	Maximum Load Current
	30 Hz minimum	60 Hz minimum					
STEP DOWN SOURCE 4 3 2 1 LOAD	70V at 150W	140V at 300W	1 & 4	1 & 2, or 2 & 4	1:0.25 (1/4)	1:0.5 (1/2)	4.4 amp
	70V at 150W	140V at 300W	1 & 4	1 & 3	1:0.5 (1/2)	1:0.7 (7/10)	3.1 amp
STEP UP SOURCE 4 3 2 1 LOAD	70V at 50W	140V at 100W	1 & 4	3 & 4	1:0.062 (1/16)	1:0.25 (1/4)	2.9 amp
	50V at 150W	100V at 300W	1 & 3	1 & 4	1:2	1:1.4 (1.2/5)	2.2 amp
	35V at 150W	70V at 300W	1 & 2, or 2 & 4	1 & 4	1:4	1:2	2.2 amp
	17.5V at 50W	35V at 100W	3 & 4	1 & 4	1:16	1:4	0.75 amp

表1 15067 オートトランスの接続とインピーダンス値

CONNECTIONS AND IMPEDANCE VALUES FOR THE ALTEC 15067 AUTOTRANSFORMER

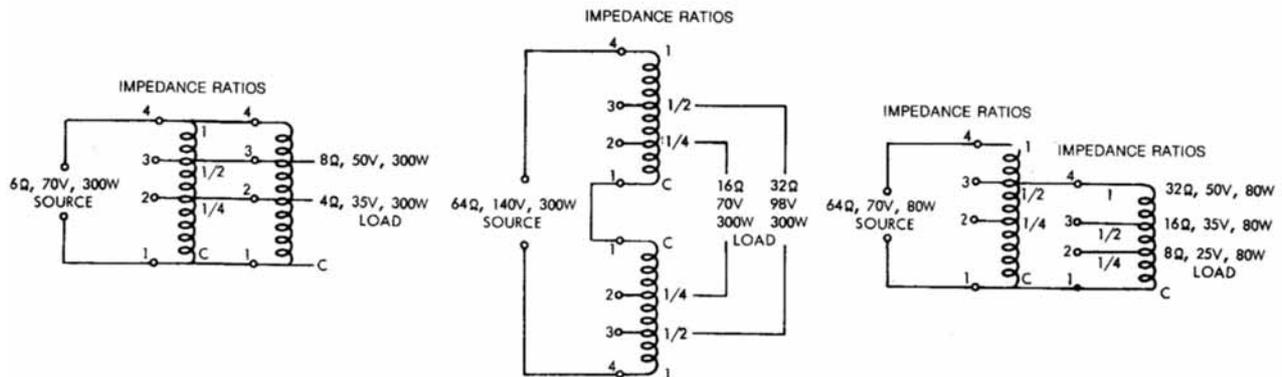


図7.12 15067 オートトランスの接続とインピーダンス値

例題

表の2行目にある70ボルトラインの音源側は端子1と端子4に接続されています。端子1と端子3は16Ωにつながっており30Hzまでの低い周波数を流すことができます。(140ボルトで使うと32Ωになり60Hzまでの周波数しか流れません。

16Ωの負荷インピーダンス(端子1と3)を使うと音源対負荷のインピーダンス比率は1:0.5(1/2)となり、端子1と4の音源インピーダンスは32Ωに決定されます。1:0.5(1/2)あるいは32:16となります。この接続をした場合の電圧比率は1:0.7(7/10)となります。それ故に負荷電圧は音源電圧70ボルトの0.7(7/10)になり結果として負荷電圧は49ボルトとなります。49ボルトという数値を50ボルトに整えることにより、負荷に流れる電流は負荷電圧を負荷インピーダンスで割ることによって求められ、50ボルトを16Ωで割った数値になります。結果として3.1アンペアがこの例題における最大許容負荷電流値となります。

固定されたパワーパッド

複雑な単独の音源アレイを設計したり構築する場合に、600 のリンク回路に損失があるのと同じように、ホーンとコンプレッションドライバーを組み合わせて使った場合の電気的入力レベルの違いを変える必要があります。これを実行するには図7.7で表された不平衡か平衡のどちらかのパッドを使って下さい。

例題

16 の回路に対して6dBの不平衡パッドが必要とされる場合には、600 換算で $R_a = 200$ と $R_b = 820$ となります。希望するインピーダンスが600 ではない場合には、600 を実際に使う数値Zで割った比率で計算をしないではいけません。この場合には $600 / 16 = 37.5$ となります。従って $R = 200 / 37.5 = 5.3$ 、 $R_b = 820 / 37.5 = 21.9$ となります。

一般的な単独の音源アレイ

SINGLE SOURCE SYSTEM IMPEDANCE MATCHING USING 15067 AND "T" PAD

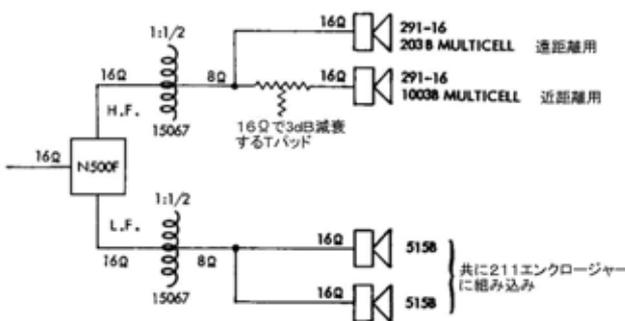


図7.13 15067と<Tパッド>を使って
マッチングがとられた単独の音源

固定パワーパッドに関する資料を使って、2個の515ウーハ7を組み込んだ211エンクロージャー⁸と、もっと大きな出力レベルがある遠距離用ホーン(291-16ドライバを使った203B⁹)と3dB、16 の固定パッドで減衰された近距離用ホーン(291-16ドライバを使った1003B¹⁰)の組み合わせを使った一般的な単独の音源アレイを設計してみましょう。図7.13は必要とされるコンポーネントの正しい配列と結合を表しています。必要なTパッドは大きな電力定格を持ったオーマイトの調整可能なワイヤ巻きのパワー抵抗を使って簡単に作ることができます。しかしながらこれらのTパッドは高い方の周波数で誘導ノイズを拾いやすいのですが、この作業には完璧に適切であることが証明されました。Tパッドの数値を調

節するには一つのインピーダンスブリッジを使って下さい。ただ単にRダイヤルを希望する数値に設定し平衡になるようにパワー抵抗を調整すれば良いのです。

幾つかのディバイディング・ネットワークがクロスオーバー周波数とパワー定格を変えて供給することが可能です。高域ドライバーを保護することがディバイディング・ネットワークにおいて最優先される使用目的ですが、低域のコーン形式の放射装置(ウーハ)から高域のホーンとの周波数間を最も滑らかに推移するローパス機能を持っていることも大事なことです。表7.2は業務用に使えるディバイディング・ネットワークの一覧表です。アルテックが販売している全てのディバイディング・ネットワークは12 dB/octの低域/高域の減衰曲線を備えています。

TABLE 7.2. DIVIDING NETWORKS

Model	Crossover Frequency	Impedance	Power Rating	HF Attenuation Available
N500C	500 Hz	12 ohms	250 watts	Four 1 dB steps
N500F	500 Hz	16 ohms	250 watts	Four 1 dB steps
N501-8A	500 Hz	8 ohms	100 watts	L-pad—0-20 dB
N801-8A	800 Hz	8 ohms	100 watts	L-pad—0-20 dB
N-800D	800 Hz	16 ohms	75 watts	Four 1 dB steps

表7.2 ディバイディング・ネットワーク

⁷ アルテックを代表する低域ユニット

⁸ 515を2本組み込むことができる大型エンクロージャ

⁹ 開口部が2穴あるマルチセルラホーン。カットオフ周波数は300Hz

¹⁰ 開口部が10穴あるマルチセルラホーン。カットオフ数は300Hz

サウンドシステムの施工

その基本的な考え方とテクノロジー

ディバイディング・ネットワークの入力や出力におけるインピーダンス・マッチングをとることは非常に大事なことです。インピーダンスのミスマッチングを起こすとこの周波数特性や位相特性となり、時にはドライバユニットに対する保護を限定してユニットを破壊してしまうことになります。

図7.14はディバイディング・ネットワークの負荷に対してマッチングしている場合とミスマッチングの場合の影響を表しています。

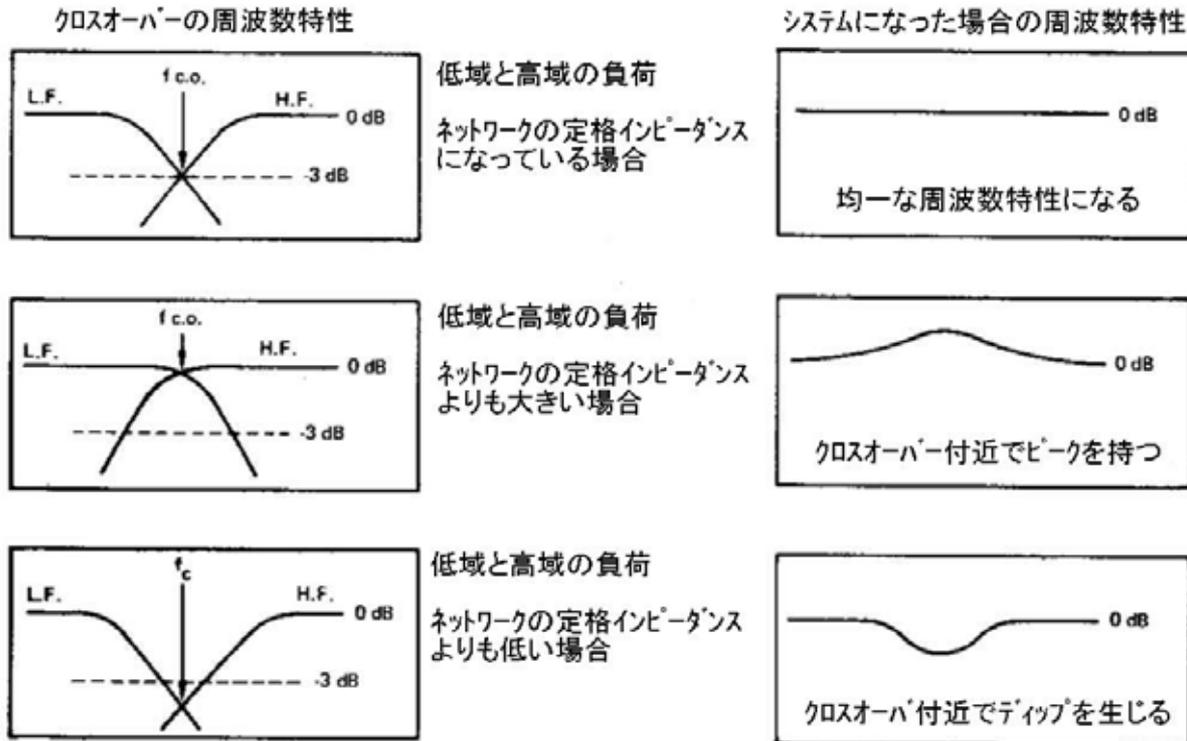


図7.14

ラウドスピーカの極性と位相

ラウドスピーカの極性はバッテリータイプの抵抗計を使って、ダイアフラムまたはコーン紙が決められた方向に動くことを観察することによって最高のチェックができます(今では位相チェッカー:本当は極性チェッカーとして販売されています)。ときたま偶然に逆方向に巻きとられた製品があったり、施工中の配線間違えがあるので、極性チェックは使用する全てのラウドスピーカに対して絶対になされるべきです。

位相というのは非常に複雑な問題であり、位相によって起こる影響はリアルタイムアナライザの画面で最も良く観察できます(ミスマッチングを起こしていると特性にノッチのような波形が現れます)。良くできた作業指示書というのは、全てのドライバがその全ての動作環境において同一平面上で動くようにすることです。

70ボルト分散システム

70ボルト、100ボルト、200ボルトという伝送システムでは、高い分配電圧レベルを使うことにより低いインピーダンスの伝送経路で大きな電流が流れるシステムに起こりがちな伝送ラインによる線間損失を最小にするように維持します。

どんな大きいパワーを持ったパワーアンプでも、そのフルパワー出力は70V rms.が確保されているレベルにおいて可能となります。それらの端子において現れるインピーダンスはそれ故にパワーアンプのパワー定格によって異なることとなります。

例題

パワーアンプの定格パワー = 100 W
 $Z = E^2/P$, ここで $E = 70$ ボルト

それ故に

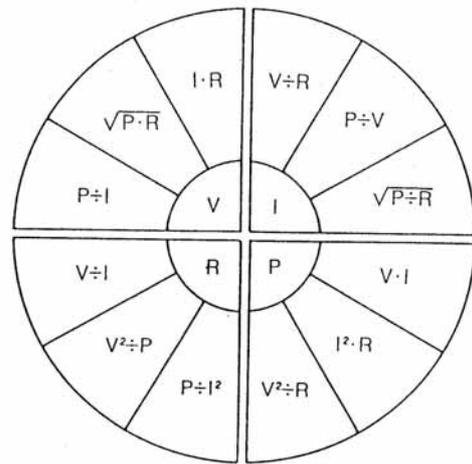
$$Z = (70)^2/100 = 5000/100 = 50$$

従って適切に負荷がかかっている100W、70ボルトのシステムでは50 の負荷インピーダンスが現れるはずで

す。スピーカーシステムにかかる負荷インピーダンスは、異なるインピーダンスを持ったラウドスピーカに入ってくる必要パワーで、ラインにかかるボイスコイルを並べたマッキングトランスを配列した電圧の二乗した数値を割ることによって決定されます。トランスフォーマの一次側はワットで表され、二次側はオームで表されます。一次側並びに二次側の巻き線は通常複数のタップを持っており、適切なレベルが希望する数値でスピーカに割り振られます。

いずれにしてもセントラルクラスターに70ボルト分散方式を使うか使わないかを決めるには、ラインにおけるパワー損失対マッキングトランスを追加することによるコストの増大のどちらをとるかということを考えて上で決めるべきです。アルテックのテクニカルレターNo. 113はスピーカケーブルによる損失を決定する素晴らしい資料です。例えばNo16のワイアを1,000フィート(約300m)使って、30Wの電力がかけられている8のスピーカクラスターを想定してみましょう。1,000フィート(約300m)の長さを持ったNo16のケーブルは8の抵抗値を持っており、従って半分の電力だけがスピーカ・クラスターに供給されて残り半分の電力(50%)がスピーカケーブルで消費されているのです。同じシステムが70ボルトで駆動されていればケーブルによる損失は0.5dB(12.5%)以下になります。

スピーカとトランスフォーマとの組み合わせをどうするかについては作業現場に入る前に設計段階で慎重に検討されるべきです。設計段階での検討は現場で検討するよりも常に経済的なのです。インピーダンス測定をおこなう最も精密な方法は、アルテックのテクニカルレターNo226に書かれている一定電流法です。各スピーカにおいてその動作周波数帯域内での最小インピーダンスを検査することが大事なことです。図7.15は高品質のラウドスピーカの一般的なインピーダンス曲線です。スピーカのインピーダンスは定格インピーダンスが現れる周波数の上下でかなり大きくなるということに注意して下さい。



TYPICAL LOUDSPEAKER IMPEDANCE CURVE

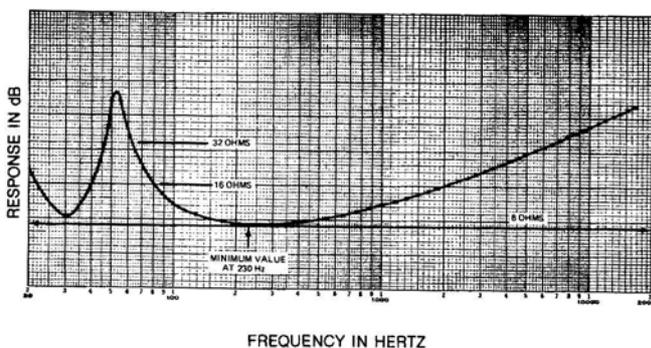


図7.15 一般的なラウドスピーカのインピーダンス曲線

図7.16はドライブインシアターで750個の品質が悪いスピーカと375個の品質が低いマッチングトランスを使った分散方式の70ボルトシステムのインピーダンス曲線です。これらのシステムが広い帯域の音源を再生できない理由はインピーダンス曲線を見れば明確です。良い品質のマッチングトランスを使えばその動作周波数帯域の範囲でラウドスピーカの性能面でのインピーダンス曲線を向上します。

図7.17は一般的な70ボルト分散システムです。

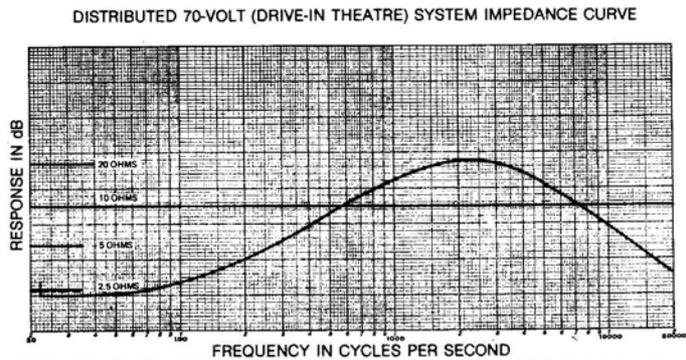


図7.16 ドライブインシアターの分散方式システムに使用している70ボルト・システムのインピーダンス曲線

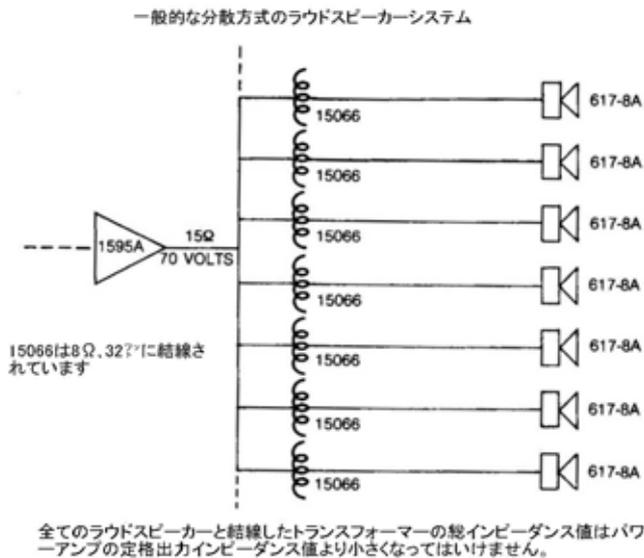


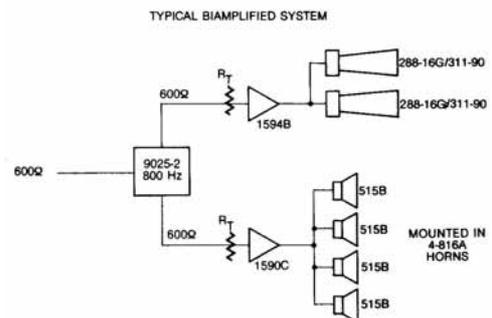
図7.17 全般的な分散方式ラウドスピーカシステム

バイアンプ駆動

スピーカシステムをバイアンプ駆動にすると2台のパワーアンプを使うことになり、その結果スペクトル(波形)のそれぞれの分担部分を個別に駆動することになるのでクロスオーバー・ネットワークよりもラウドスピーカの内部変調を極端に減らすことができます。バイアンプ駆動方式を使った標準的なアルテックの機器について考えてみましょう。図7.18を参照して下さい。

2種類のバイアンプ駆動用パワーアンプシステムがアルテックにはあります(現在ではパワーアンプ内に<ディバイディング・ネットワーク>を内蔵したパワーアンプは全て製造中止となっており、デジタルマルチプロセッサを使ったマルチ駆動方式をお勧めします)。

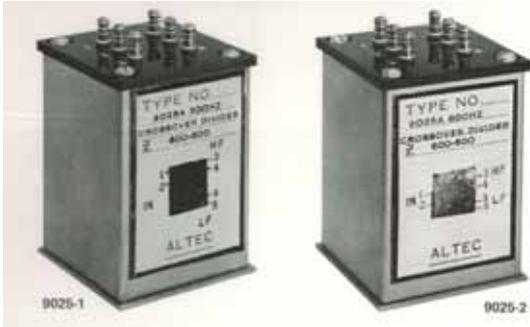
1609A バイアンプシステムは標準的な19インチラック実装ができる業務用機器で、低域に対して100ワットの連続的パワーがそして高域に対して50ワットの連続的パワーを供給できます。高域、低域両方の周波数帯域部分とも4、8、16の負荷と70ボルトのタップを持った出力トランスを備えて



サウンドシステムの施工

その基本的な考え方とテクノロジー

います。入力アクセサリとして使う標準的なオクタール・ソケットの後で前面パネルのゲイン調整ができます。高域周波数に対するシェルピング調整は低域と高域の出力に対してバランスをとって供給できるように内部に取り付けられています。1224A バイアンプシステムはスピーカシステム内部に取り付けられるように設計されており、低域に対して60㉾の連続パワーを、高域に対しては30㉾の連続パワーを供給できます。標準的なオクタール・ソケット



が供体の内部に取り付けることができるトランスフォーマー・アクセサリとして用意されています。1609A、1224Aとも500Hz、800Hz、1500Hzのクロスオーバー周波数を選択できます。

2種類の基本的なパッシブ・クロスオーバーと1種類のアクティブ・ディバイディングネットワークが従来のパワーアンプシステムをバイアンプのシステムに変換してくれます。9025-1はクロスオーバー周波数が500Hzとなっている600対600のパッシブ・ディバイディングネットワークです。9025-2は類似の製品ですが800Hzで波形を分割している製品です。両方の製品とも600 リンクで使用されなくてはなりません。1630Aエレクトロニック・ディバイディングネットワークには

80Hzから10,000Hzの選択可能なクロスオーバーポイントがついています。

一般的なクロスオーバーネットワークの出力における電圧レベルは、通常クロスオーバー周波数で変わらないようになっており、数種類の抵抗を持ったパディングが高域と低域のラウドスピーカのレベルを合わせるのに使われます。

バイアンプを使ってこの調整が高域用のパワーアンプの入力においてなされます。リアルタイムアナライザーがクロスオーバー周波数における音響レベルを合わせるために使われるべきです。高域用と低域用のパワーアンプはバランス(クロスオーバーポイントにおいて-3 dB)を取る事ができるように別々に駆動されるべきです。高域と低域のシステムが適切に位相が合わされていることを確認して下さい。位相調整が不適切である状態で高域と低域のパワーアンプが駆動された場合には音響出力の減少として現れてきます。

システムの結線

ハム、ノイズ、擬似発振、r-fの干渉、クロストークを制御するために回路のレベル、シールドイング(遮蔽)、グラウンディング(接地)に特別な注意を払わなくてはなりません。

回路のレベル

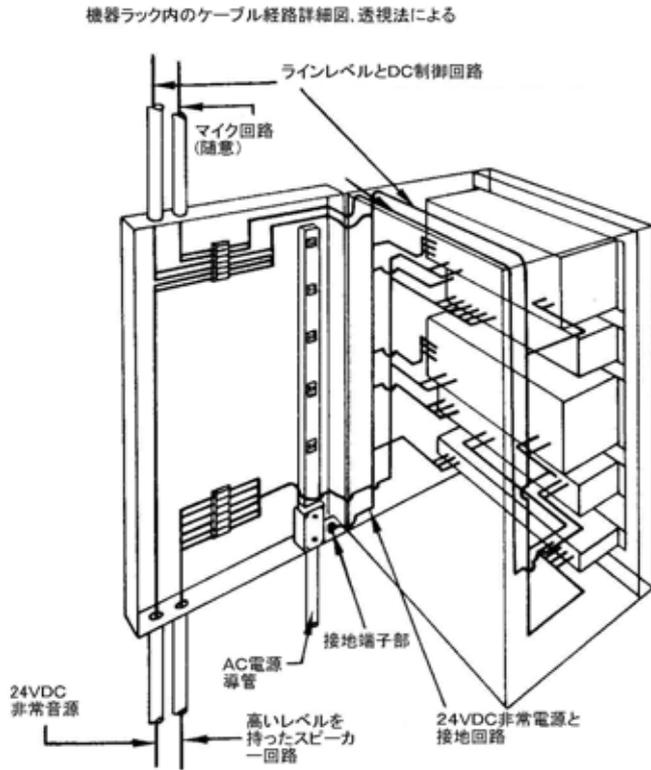
アルテックのコンポーネントでは回路を以下の方法で分類するべきです。

1. マイクロホンの配線 (-80 dBmから-20 dBm)
2. ラインレベルの配線 (-20 dBmから+30 dBm)
3. 高いレベルの配線 (+30 dBmとそれ以上、すなわち全てのラウドスピーカの回路)
4. AC電源の配線
5. DC制御回路の配線または非常電源の配線(リレイ、バッテリー他)

DC制御回路の配線とラインレベルの配線は必要であればお互いに束ねることができますが、それ以外の分類はお互いに物理的に絶縁をとる必要があります。

例題

多くの場合には、分類1.、2.、5.に対してはベルデン8451タイプのケーブルを使うことができます。分類3.に対しては正確なワイアゲージがとれるのであれば(第IX章にあるアルテックのテクニカルレターNo.113を参照)ベルデン8434タイプのケーブルを使うことができます。分類4.で使うケーブルは全ての各エリアで定められた規格に合致する必要があります。一般的な配線経路施工方法は図7.19に表されています。



の導管には流れて行かないように配慮されるべきです。

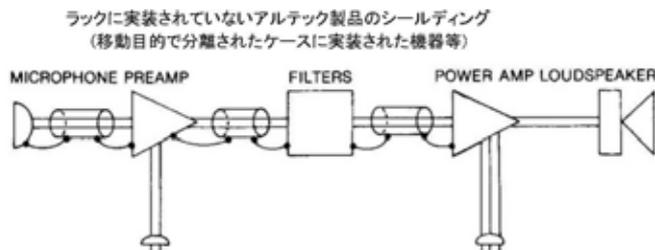


図7.20

ラインを見ているオシロスコープのようなもの)。

コンポーネントが個別のキャリングケースに取り付けられている場合には、フィルターセットのシャーシに設置をとるという処置を含む短い経路の両端でシールドを施す必要があります。

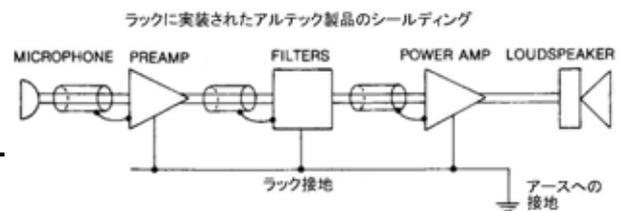
遮蔽と接地

信号のシールドに関してとどのようにしてそれらが処理されるかについて幾つかの使いやすしい決まりが編み出されています。以下に記述された決まりは全く普遍的な物ですが大きなシステムに対しては特に効果的なものとなります。

1. それぞれ分割された環境(信号系またはパワー系)は一つの単独で存在する電気的なエンクロージャーに収納されるべきです(シールド:遮蔽)。
2. それぞれの信号環境に対する遮蔽は1箇所でもとまれるべきであり、その環境内にあるゼロ電位ポイント一つだけです。
3. シールドの結束は希望をしない信号電流がグラウンドに対して流れ出て行き、信号

図7.20と図7.21はどのようにシールドリングの端末がラックに取り付けられた機器そしてラックに取り付けられていない機器において処理をされるかの例です。

幾つかの試験機器はリフトされたパワープラグについている三番目の配線を備えるべきで、またはそれらがバランス状態になっているラインにかかると問題を起すこととなります(それはバランス状態になった70ボルトのラウドスピーカ



注意

電源コードの三番目のワイアがシールドしたコード等に流れていないことを確認して下さい。

グラウンディングの実施

一般的なラック内取り付け作業で、嚴重に絶縁されたワイアが機器のシャーシから水道パイプというアースにつながる接地点(現代では水道管の多くに樹脂が使われていますので、接地ポイントの役割を果たすことが少なくなっています。)に導かれるように配線されている通常のラックの接地点に繋がれています。確実に良好な水道パイプに対する接地接続の絶対条件は強く締め過ぎないことです。

どのようにして一つのシステム(コンソール、パワーアンプのラック、録音機器)を他のシステムに接続するかについて時々迷うことがあります。これらの接続作業はDCカップリングを取り去るために、リピータコイル、絶縁トランス等を通して構築されなくてはなりません。または、もう一つのシステムが他のシステムよりも電位が高くなっていて、接地がされている必要があります。トランスが使用されていて、内部接続ラインのシールドが独立した一つの端末だけで1箇所のグラウンドバスに結束されることを推奨します。(可能である場合にはいつもパワーアンプの入力端を使って下さい。)

私どもとしてはグラウンドと分配バスラインが絶縁されたカバーで覆われた状態の頑丈な銅線で作られるべきであると普通では強調できません。偶然良い場所が見つかってしまうような接地作業はグラウンドループが生じる可能性があるために避けられなくてはなりません。パワーアンプ、ラックまたはコンソール内で個々の導管が中空に固定されていたり吊り下げられたりして、多くのサブワイア(補助結線)がバスラインにつながった状態で、ワイアがむき出しの状態で作られることがあるはずですが、バスラインよりも小さな直径を持ったサブワイア間に作られている結線は、バスラインの周囲にサブワイアを包み込んで構築すべきで、その後でハンダがコイル状になったユニットの中に均等に流れていくまでバスラインを熱してハンダづけをします。大きな電力を持ったハンダゴテまたはハンダガンが使われるべきです。最も良くできたハンダ作業は接触抵抗または界面抵抗を持たないようにすることです。グラウンドバスのDC抵抗値は0.1 オーム以内とするべきです。

サウンドシステムを配線したり結線する場合には、全てのシールドがその他のシールドから入念に絶縁されているか、または全てのシールドがそれ以外の全体のシールドに完璧に接合されているかを確認して下さい。シールド接続を途絶や中途半端な結合は一般的には面倒なことが起こります。(-20 dBm以下)の低いレベルの回路では、全ての導管やそれぞれの他の回路からシールドを絶縁すべきなのです。

ケーブル処理

ケーブルが通っている周りのシールドのどれかはその末端だけで末端処理されるべきです。ケーブルのもう一端が適切に処理されていることが必要不可欠なことなのです。このことはシールドがきれいに末端処理されていてかつプラスチックキャップまたはプラスチックテープを使って互いに注意深く絶縁されるということに注意を払うということです。全ての配線作業は見かけ上一本のケーブルとなるように整頓して配線がなされるべきです。ラックに取り付けられた機器に関するケーブルを形作るささえの配置が図7.22に描かれています。

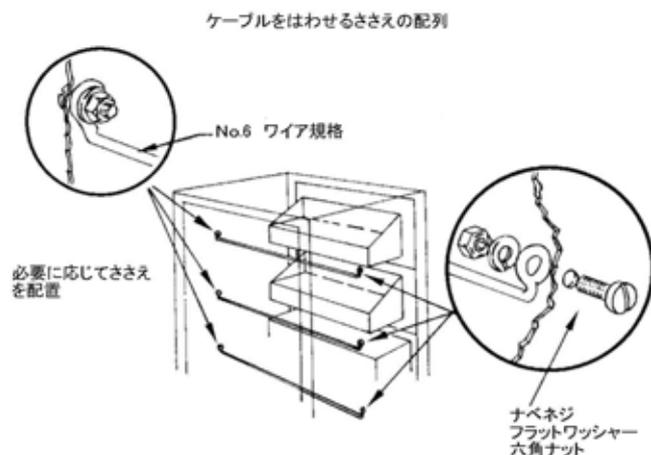


図7.22

役に立つ配線理論

可能な場合にはいつも、数多くの分離した接地バスシステムを利用している中央にある接地位置は関連するそれぞれのラックやコンソールから等距離になるように置かれるべきです。それぞれのグラウンドバスシステムの長さ(言い換えれば抵抗値)ができる限り等しくなることが好ましいのです。コンソールでにおいて接地はr-fを拾い上

サウンドシステムの施工

その基本的な考え方とテクノロジー

げること防ぐために入力にできる限り近づけて処理されるべきです。

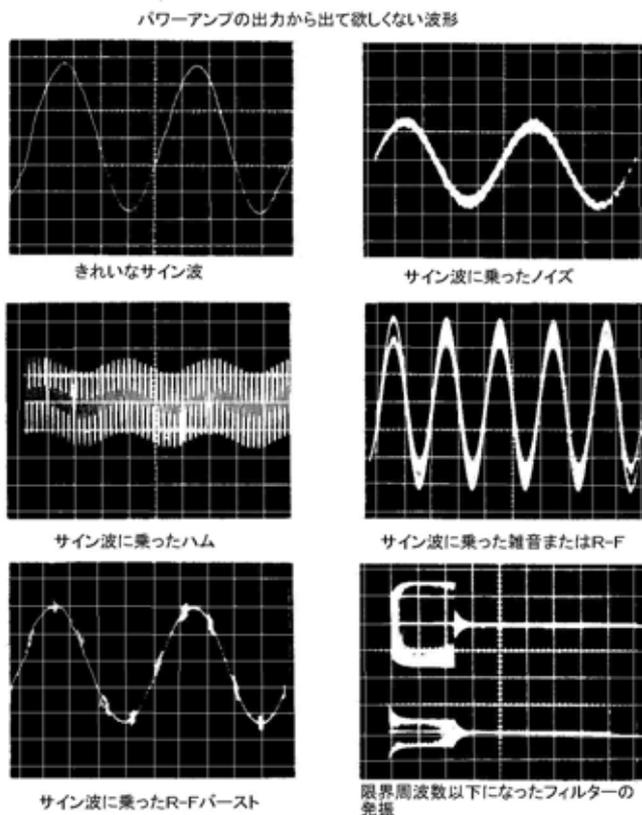
GR1650B インピーダンスブリッジは0.1 オーム程度の小さな抵抗値を簡単に測定してくれグラウンドシステムが十分であることを実証してくれます。

水道のパイプのグラウンディングを常に探しておいて下さい(水道パイプに頼るのではなく、確実にアースが取れる場所を常に探しておいて下さい)。電話線に使われているグラウンドや電力会社の接地線はこれらの配線に接続されている機器の一つから干渉を起す高い電位の源であるがために絶対に使わないで下さい。

一般的なサウンドシステムにおけるワイアリングでは以下のチェックリストが有効です。

1. 絶縁されていると考えられない場合にはそれを接地して下さい。(この考え方は全ての金物、シャーシラック、コンソール上のテーブルトリム等に当てはまります。)
2. 全ての電源接地戻りをバスラインに結合するのは、入力端子から一番遠い場所にするべきです。コンソールではr-fを拾い上げないように一般的には反転することが正しいのです。
3. 分離して絶縁された固いワイアは、ラックまたは単独接地¹¹ができるとわかっているポイントに、機器各部分の入力端子(内部グラウンドバスと同じポイント)から配線を始めるべきです。
4. 端子ブロックに接続する全てのケーブルのシールドは、端子ブロックのグラウンドバスにグラウンドされるべきです。
5. ケーブルが端子ブロックではなくジャックに接続している場合には、シールドはジャックにあるグラウンドバスに接地されるべきです。
6. VUメータパネル、ラインアッテネーター、フィルター等の雑多な機器は、それ自身の金属フレーム、シャーシキャビネットや同等の機構を持つべきで、一番近い単独のグラウンドバスにいく分離して絶縁されたワイアを使って結合すべきです
7. 単独になったそれぞれのグラウンドバスは、中央の接地ポイント(ワイアの単独端を使う)に行くということを壊さずに維持するべきです。このポイントは機器がある場所の物理的な中央付近に配置するべきであり、それ故にグラウンドの分配バス(一つのシステムに幾種類ものサブシステムをつなぐ)は全てほぼ同じ長さのワイアになることでしょう。
8. アースにつながれた接地はは0.1 オーム以下の抵抗値となるように設置され検査をされるべきです。
9. 回路は導管とケーブルの中を通すべきであり、予定した信号レベルに近くなるように配列するべきです。
10. 全てのシールドは片方の末端で適切に処理し、もう一端で末端処理をするべきです。シールドは流れる電流に合わせて使われるべきではありません。
11. レベルが異なる回路を伝送しているケーブルは交差をさせる必要があるどちらか一方のものから少なくとも2 インチは離さなくてははいけません(ループは経路を横切る場合に2 インチ分離するように形作られます)。
12. 全てのケーブルは慎重に形を整えるべきであり、シールドが取られていない長さはどんな時にも最小となるようにするべきです。

¹¹ シャーシは機器シールドとなります。シャーシに対して最も小さなインダクタンスとなるのはラックです。各シャーシは機器に実装される時に必ずチェックされるべきです。良好なラックに対する接地が必要とされます。できる限り短くて太いワイアまたはシールドのより合わせを使うべきです。



接地処理がうまく行かなくて、シールドिंगがされなかったか正しくなされなかった場合には、図7.23に表れるような不安定な波形がパワーアンプの出力に接続されたオシロスコープのスクリーンに現れるでしょう。

図7.23 パワーアンプの出力から出てくる不安定な波形

グラウンディングを实践する上の参考図書

グラウンドの技能と知識をもっと知りたいと思うエンジニアには以下の参考資料が役に立つことでしょう。

1. "Grounding and Noise Reduction Practices for Instrumentation Systems", published by Scientific Data Systems, 1964 Seventeenth Street, Santa Monica, California, SDS 900899.
2. "Removing the Mystery from Grounding" by Thomas R. Haskett. Published in Broadcast Engineering. February 1966(Howard W. Sams Publication).
3. "Recommended Wiring Practices" from RCA Broadcast Equipment catalog.
4. "Shielding and Grounding for Instrumentation Systems" by Ralph Morrison. Dynamics Instrumentation Company, 583 Monterey Park, California.
5. "The Role of Grounding in Eliminating Electronic Interference" by Trevor A. Robinson. Published by IEEE Spectrum, July 1965.
6. "A Theoretical Analysis of Grounding" by J.H. Vogeiman, IEEE Transactions on Aerospace, Volume AS-2, No.2, April 1964.
7. "The Audio Cyclopedia" by Howard W. Tremaine (second edition) published by Howard W. Sams & Company, inc., Indianapolis, Indiana.

仕様説明書を書くテクニックと形式

設計と施工の意図を正確に記述することは
サウンドシステムをうまく機能させる基本であり、
仕事をタイミング良く完了させることになるのです。

正確に記述することにより理解してもらう上で以下のような直接的な利点をもたらします。

1. 詳細な材料の原価がプロジェクトに必要とされる材料に関する記述の結果から調整できます。
2. 予測ができるエンジニアリングや組み立て配線に必要な時間に関する原価が、エンジニアリングと製造に必要な物を明確にした結果から決まります。
3. 施工に関する資料を完璧にすることによって、施工に携わる人間の日程に付いて説明可能な労賃を決めることができます。
4. 完璧な完成図書が保守をおこなったりシステムを追加する場合に完全に現状のシステムを理解でき、結果として最低の出費となるように施工が終わったあとにも保存されます。

以下の間接的な利点もまた現実的に記述されます。

1. アッセンブリをおこなうテクニック、施工テクニック、長く使うと得になる機器の使い勝手等に関する規格作り。
2. 金のやりくりを改善するのはプロジェクトを完成するのに要する実際の時間枠内でかかる材料と賃金の支払いに関する能力から生み出されます。
3. 完璧な設計図書を書けるということは、建築的なことが理解できて、技術的な処理ができて、コンサルティングをする訓練ができるということが結びついたプロフェッショナルな目を持った有能な仕事仲間としてサウンドの施工者の地位を確立することになります。

以下の購入可能な図書補助資料がアルテックからでています。各補助資料は使用する施工者がロゴを書きこむことができるスペースを持った複写用紙です。

1. ブロックダイアグラムを書くための原紙。それにはレベルフロチャートを書くためのスペースと機器を書くために便利な目盛りがついています。1 インチあたり8個の格子が書かれた升目がコピー時には消える青色で書かれています。マスターの図表はBとD(11"x17"と22"x34")規格で用意されています。
2. 入力と出力の接続について書かれたコンポーネント図面とアルテック・ランシングのコンポーネントに最も標準的に使われるアクセサリの図面。ケーブルの長さとコードの色について記入できる空白が用意されています。ブロックダイアグラム、ラック配置、識別用ワイアの種別記入用紙に合わせる用紙も用意されています。A規格の図面(8-1/2"x11")で用意できます。
3. コピー時には消える青色で書かれた1/8"=1"のラック実装機器配置記入用紙。A規格の用紙で用意されています。
4. コピー時には消える目盛り定規と位置目印のついた特製のパネル、回路、立ち上がり導管図、機器配置図等の詳細記入用紙。A,B,D(8-1/2"x11",11"x17",22"x34")規格の用紙で用意されています。
5. コンポーネントへの接続やブロックダイアグラムの識別をする用意ができた簡単にコードの区分けができるようなケーブルの指定をするマスター。A規格の用紙が用意されています。

サウンドシステムの施工 その基本的な考え方とテクノロジー

上記に記載された完成図書用の補助用紙の全ては右側のマージンに従って書ける識別ブロックが左側のマージンに従って閉じ込み用の空白が用意されており簡単に共通の形式となるようになっています。それぞれの完成図書用の補助用紙は25枚のはぎ取り式で束ねられます。補助用紙は一束ごとに購入をすることができます。

図7.24から図7.30まではアルテック・ランシングから購入ができる標準形式を使った単純なサウンドシステムの完璧な完成図書を表しています。(これらの用紙は現在では販売されていません)

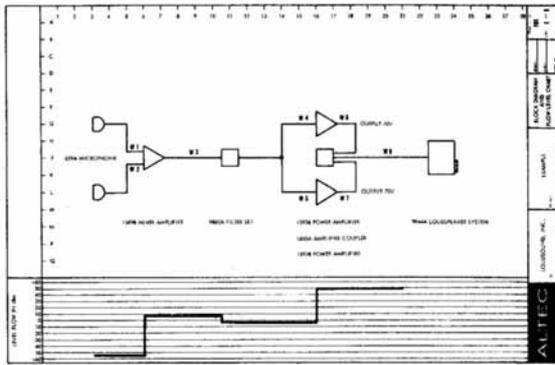


図7.24 レベルフローチャート

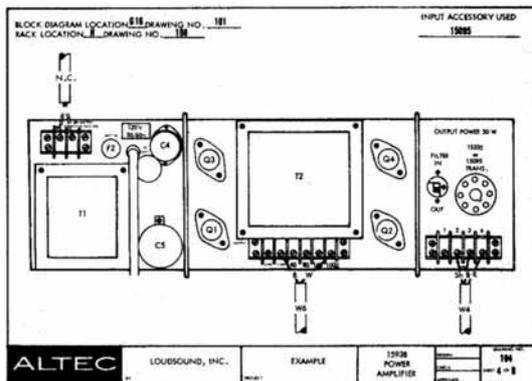
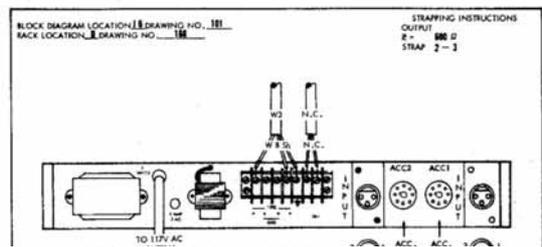


図7.26 1593Bの後面端子図

図7.27 1592Bの後面端子図

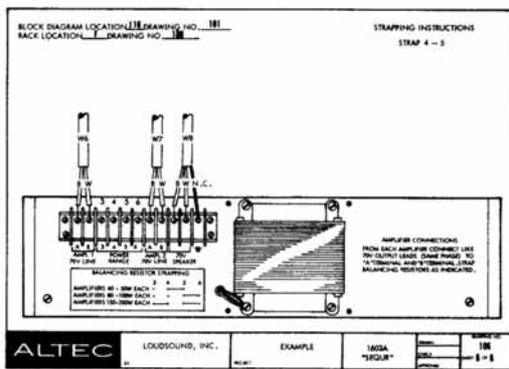


図7.28 1603Aの後面端子図

