

インピーダンスタップの問題については、様々な見解があります。

## ■ 一般論

これまでは、真空管パワーアンプはいくつかの負荷抵抗に対してフルパワーを出せるよう設計されていました。Hi-Fi 初期の時代には、20W 以上のパワーアンプを製作することは非常に高額なものとなり、真空管アンプは可能な限り効率的であることが求められました。

当時のスピーカーは、今日ほど複雑なものではありません。真空管アンプの電流供給力の問題から、スピーカーインピーダンスは現在主流のものよりも高いものでした。加えて、スピーカーの能率も大音量での再生を可能にするために出来るだけ高くなっていました。

そのため、4-8-16 $\Omega$  タップの出力トランスを使うことが実用的とされていたのです。

これにより、スピーカーインピーダンスにかかわらず、ユーザーは常にそのアンプのフルパワーを得ることが可能となります。一方で、たとえば 8 $\Omega$  のタップに接続されているスピーカーの負荷が 4 $\Omega$  又はそれ以下まで下がった場合にこのアンプは危険にさらされてしまうため、現実的には低インピーダンスによる過負荷からアンプを保護します。

今日のスピーカーには、様々な条件があります。

2~3 ウェイ、又は複雑な 4 ウェイスピーカーになるほど、実際のインピーダンス変動の範囲が広がります。4 $\Omega$  スピーカーは通常、2.5~16 $\Omega$  の間の範囲となり、8 $\Omega$  スピーカーであっても 3 $\Omega$  まで下がります。

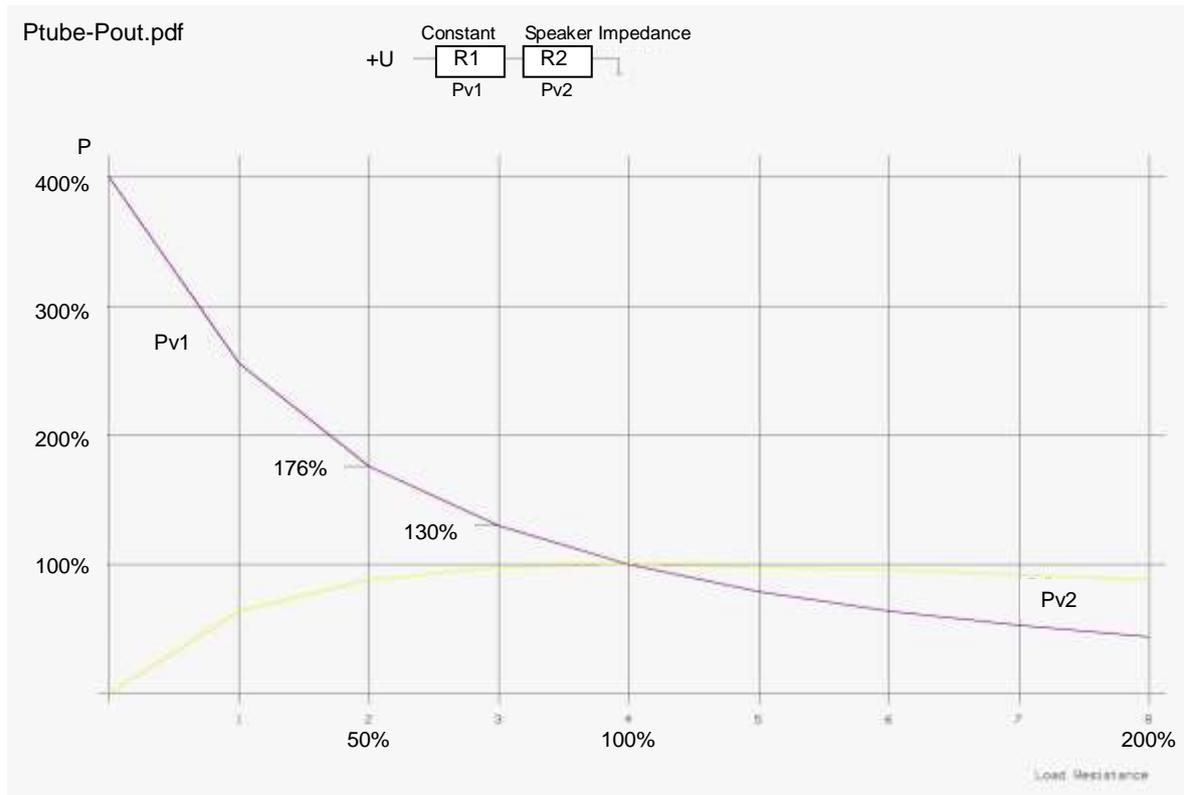
特性インピーダンスの 4 $\Omega$  または 8 $\Omega$  という値は平均値でしかありません。

実際に真空管アンプでドライブする場合、負荷はどうなるでしょうか？

スピーカーが真空管のフルパワーを受け入れるためには、トランスによって真空管の出力インピーダンスを変換する必要があります。この工程は、ソリッドステートアンプとは異なります。いかなる真空管アンプも、トランスで変換された後の負荷と等価の高い負荷抵抗を持っています。

このケースにおいて最大フルパワーとなり、トランスの設計が正しければ、真空管の制限内の負荷になります。4 $\Omega$  システムの場合、抵抗は 4 $\Omega$  となり、最大出力は 4 $\Omega$  のときに出力されません。負荷  $\Omega$  が高くなると、出力は下がり、負荷が 4 $\Omega$  を下回ると出力も下がります。

<Ptube-Pout.pdf>の図で、この関係性をご確認下さい。



出力は黄色のラインです。ダイアグラムの上の図は等値回路です。

8Ω への出力はほぼ 4Ω の時と同じということが容易に見とれ、約-12%になります。

2Ω の場合も-12%になります。この出力損失は 8Ω のトランスを持つに値しないということになります。

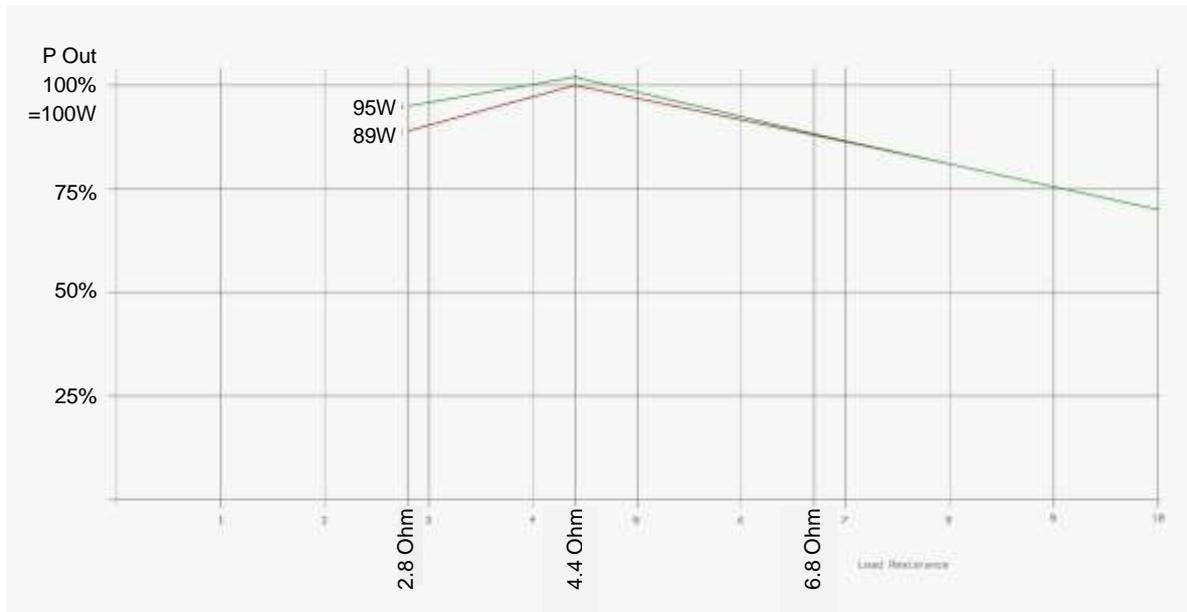
しかし、真空管の消費電力を考慮すると、負荷抵抗によってこの問題は厳しい状態になってしまいます。真空管内部の消費電力を定義すると、4Ω 抵抗の場合を 100%として、2Ω 負荷の場合は 176%となります。もちろん、フルパワーの状況でのみです。

8Ω タップ仕様のトランスを使用すれば (8Ω 駆動で 100%)、スピーカーが 4Ω まで下がると 176%になってしまいます。これは、8Ω スピーカーの場合の現実的な最低限のインピーダンスで、スピーカーが 4Ω を下回ってしまうと、アンプはかなり過負荷になってしまいます。このアンプは壊れるかオーバーヒートします。

そのため、8Ω への 12%のロスは大いなる欠点ではないという観点から、8Ω タップ無しのトランスの方が過負荷に対してより優れた安定性を実現できるのです。

このグラフは数学的法則によって作成されており、実際のデータは<Pout versus BIAS.pdf>のダイアグラムに示されています。

Pout versus BIAS.pdf



この実験では、RE290 は 2.8 - 4.4 - 6.7 - 8、そして 10Ω のインピーダンスで両チャンネル駆動されました。（BIAS low と high で、Black Box 又は Super Black Box 無し）

現実には、4Ω 時 2x100W のフルパワーが可能であり、BIAS low では 8Ω 時 2x80W となります。

BIAS high では出力を 2.8Ω と 4Ω 負荷に増やしますが、さほど重要ではありません。

BIAS high では、低い内部（プレート）抵抗があります。2x80W は論理値よりも低いですが、もちろん、RE290 のプレート電圧はフルパワー時に下がります。

計算された正確なインピーダンス値、4Ω、8Ω 又はアンプが持つインピーダンス設定に真空管を接続しなくてはならない、とされてきました。

これは、真空管の消費電力の問題であって、4Ω タップに高インピーダンスのスピーカーを接続して真空管を鳴らせば、電力消費は少なくなります。通常、これは真空管にとっては良いことです。真空管を低インピーダンスで過負荷させてしまうと、ダイアグラムで見られるように電力消費は増えます。

しかし、176%の係数は、フルパワーで定格負荷へ 100%消費される場合のみに有効です。一般的には定格電力の半分、ほぼ 100%の消費電力（例：凝り過ぎた A 級アンプ）で駆動する多くの真空管アンプが出回っています。このアンプはフル負荷時に設計最大消費の約 150%を持つため、低インピーダンス負荷は約 +250%となります。本体の温度以外は、一見、外側からは見えません。

このようなケースでも高抵抗負荷の方が良いのですが、実際にはそうしたミスマッチは受け入れられないとされています。

OCTAVE の設計では、最大消費に関して許容範囲があります。アイドル電流はあまり高くありません。このような経緯から、最低インピーダンスが  $2\Omega$  にまで低下したスピーカーを受け入れることが出来るのです。

(もちろん、実際の  $2\Omega$  スピーカーや、 $4\Omega$  スピーカーの 2 本並列を勧めるものではありません)。

## ■ OCTAVE の技術

出力トランスの役割は、一見、そう簡単なものではありません。低インピーダンス負荷に接続出来るように、トランスは真空管から低電圧レベルに電圧/電力を変換しなければなりません。

各々の真空管（プッシュプル構成）は一次巻線に、スピーカーは二次巻線に接続されます。

この範囲の巻線比は  $10 : 1 \sim 20 : 1$  です。

二次巻線で真空管の音楽出力をほぼ 100% 得るには、これらの巻線ブロック全てに対して非常に優れたカップリングが必要になります。

そして、これは 20Hz 以下～約 100kHz までの周波数帯域の場合になります。二次信号の位相は、フィードバックループの状態を一定に保つためにも、全帯域で安定しなければなりません。

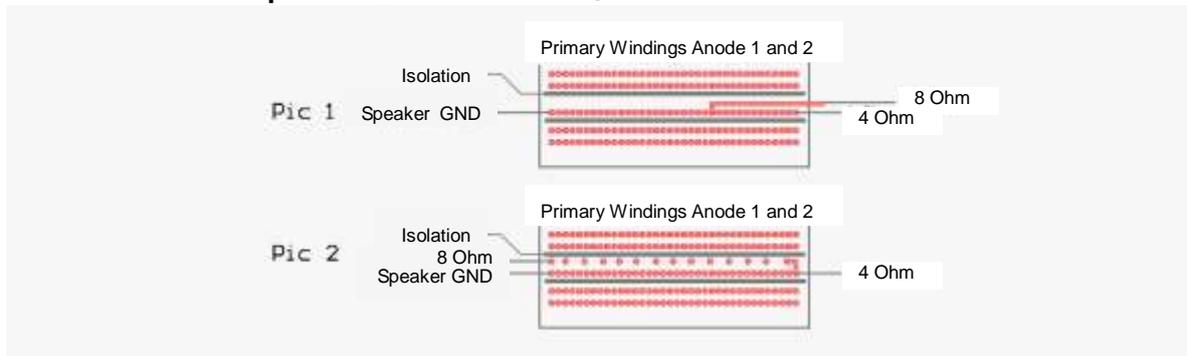
トランスにおけるいかなる巻線も、誘導分並びに容量性成分を持つシステムです。容量性部分は主に一時巻線の大きな巻線で形成されます。誘導的な部分は、非現実的な構成と粗悪なカップリングによって形成されます（浮遊容量と浮遊誘導）。

いかなる LC 回路にも、共振周波数があります。これは、出力トランスにも共振周波数があることを意味します。通常、共振周波数は、巻線の構成によって 30kHz～150kHz の範囲になります。アンプにとっての大きな短所とは、共振周波数が大きな位相シフトを持っているという事実です。

この不要な位相シフトが、フィードバックの-要因として作用し、結果、アンプはある状況下で発振してしまう傾向となるのです。この状況下とは、結合係数、負荷インピーダンス、そして負荷インピーダンスの容量性の部分です。カップリングは一次並びに二次巻線の構成に左右されます。

理想的には、二次巻線は一次巻線の全域をカバーします。カップリングは幾何学的な問題です。

<4-8Ohm Problem.pdf>の図をご参照下さい。



“タップが1つのトランス“が表示されています。

「Pic 1」では、4Ωタップと8Ω巻線が見えます。4Ωタップを使用する場合に、4Ωから8Ωへの二次巻線の部分が見えていないことが容易に分かります。結合係数の損失があり、このタイプの能率は下がり、浮遊容量と漂流誘導が非常に高くなり、8Ω接続時には、共振が追加されることが分かります。

「Pic 2」では、同じ巻線ですが、この影響を下げるため巻線のバリエーションが変わっています。

4-8Ω巻線は2つの層に広がります。

この方法のデメリットは、4Ωタップの方は良いカップリングになりますが、8Ωタップの巻線は実質的に広がってしまいます。この方法だと、トランス内で有効活用できない領域が増加することとなり、一次並びに二次（巻線）の距離が引伸ばされ、8Ω部分の巻線は一次の全域をカバーしなくなります。したがって二次巻線の4-8Ω部分のカップリングは減少されます。

現実的には、一次巻線のどの接続をもカバーするタップを備える二次巻線というのはいり得ません。一次エリアのどこかの部分は、常にオープンのまま残ります。

別の問題は、フィードバックをタップに接続し、スピーカー用に別のタップを使用する際に発生します。

終端されたタップの異なった信号と、フィードバックに接続されたタップにより、常に妥協点となります。この設計ではタップ毎に違ったサウンドとなってしまいます。これは鳴らしやすいスピーカーでチェックすることができます。

より良い音質結果を得るためにカップリングとトランスの位相動作を最適化させたいという理想のもと、タップが付いたトランスは、この目的に制限をかけます。

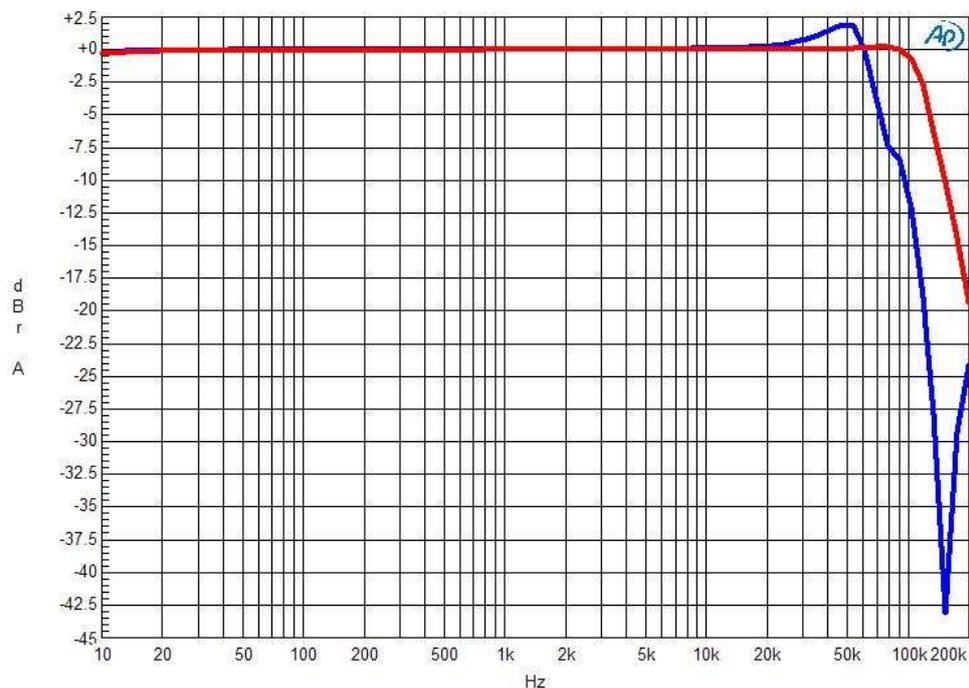
特に、15-20%の範囲での出力増が見込めるだけでは、個別にタップを設ける意味はありません。

OCTAVEの方法は、真空管アンプ設計におけるあらゆる観点において最適化させるということです。

フィードバックループによる安定性は、レゾナンスの付加、位相シフトと一般のトランスの位相シフトによって影響を受けます。ゼロフィードバックの設計では、フィードバックが無いいため安定性の問題はありませんが、結合損失は常に問題で、レゾナンスもまた、問題です。両方の特性は、トランスひいてはパワーアンプ出力の音質に大きな影響を及ぼし、ゼロフィードバックの位相シフトも同様です。位相シフトは、スローアンプでご存知なのと同じようにサウンドに影響を及ぼします。サウンドは無機質になります。

<Trofokurve.jpg>図表は、リニア位相シフトのレゾナンス (青) と最適化されたトランス (赤) の標準トランスの周波数特性を表しています。

Audio Precision    A-A FAST RMS FREQUENCY RESPONSE    07/05/11 14:11:13



ゼロフィードバックはアンプ設計における全ての問題を排除出来るツールではありません。(ゼロフィードバックは、フィードバックループに問題が発生し得る問題を軽減するだけです。) トランスを含む全体のアンプの特性と問題は同じです。

OCTAVE の見解では、現代のハイエンドスピーカーに必要とされる最低限のコントロールを得るために少量のフィードバックを持つことは良い方法です。フィードバック無しでは、常にコントロールすることは出来ません。

さらに、回路の位相管理が巧妙な場合、フィードバックはトランスのレゾナンスを軽減します。位相シフトに関するトータル設計ができた上で制限無しに全周波数帯域において出力電力を供給することが出来れば、フィードバックは付加問題を作りません。