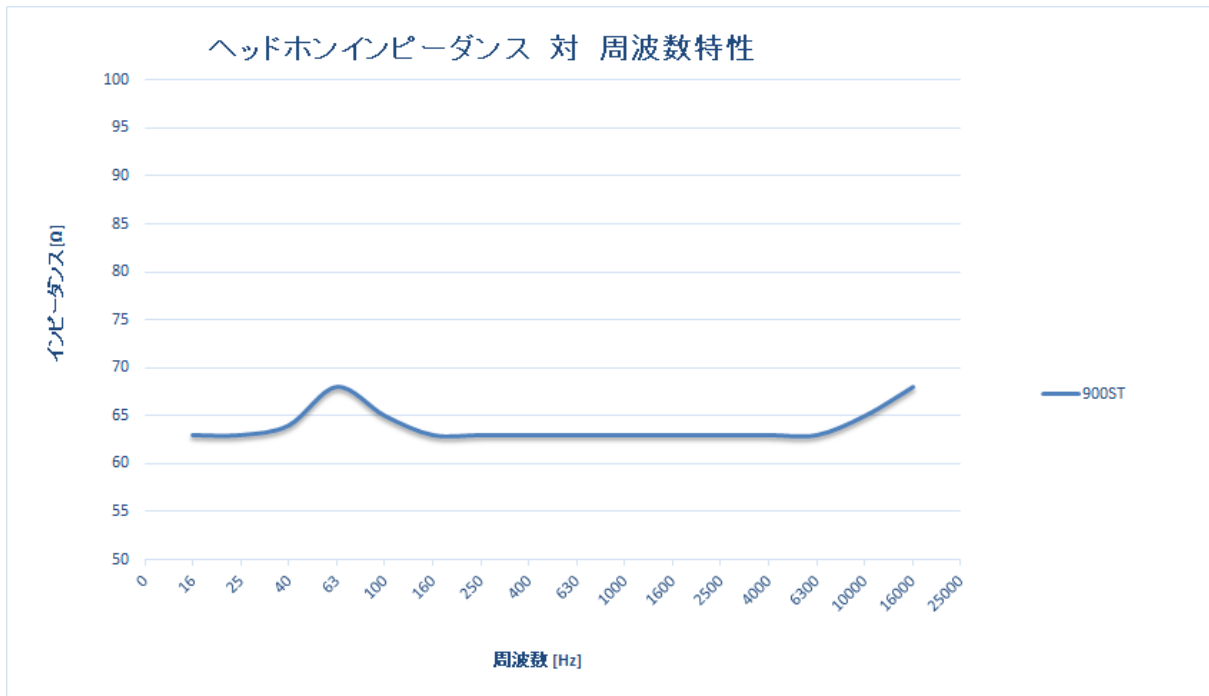


ヘッドホンのインピーダンス と ヘッドホンアンプの出カインピーダンス 新方式 アクティブZEROインピーダンス ドライブ

ヘッドホンのインピーダンスというのは一般的に公称インピーダンスの事です。公称インピーダンスとは低域共振周波数より上のフラットな部分のインピーダンス値をとることが多いです。一般的には1kHzのインピーダンスと解釈しても差支えないと思います。

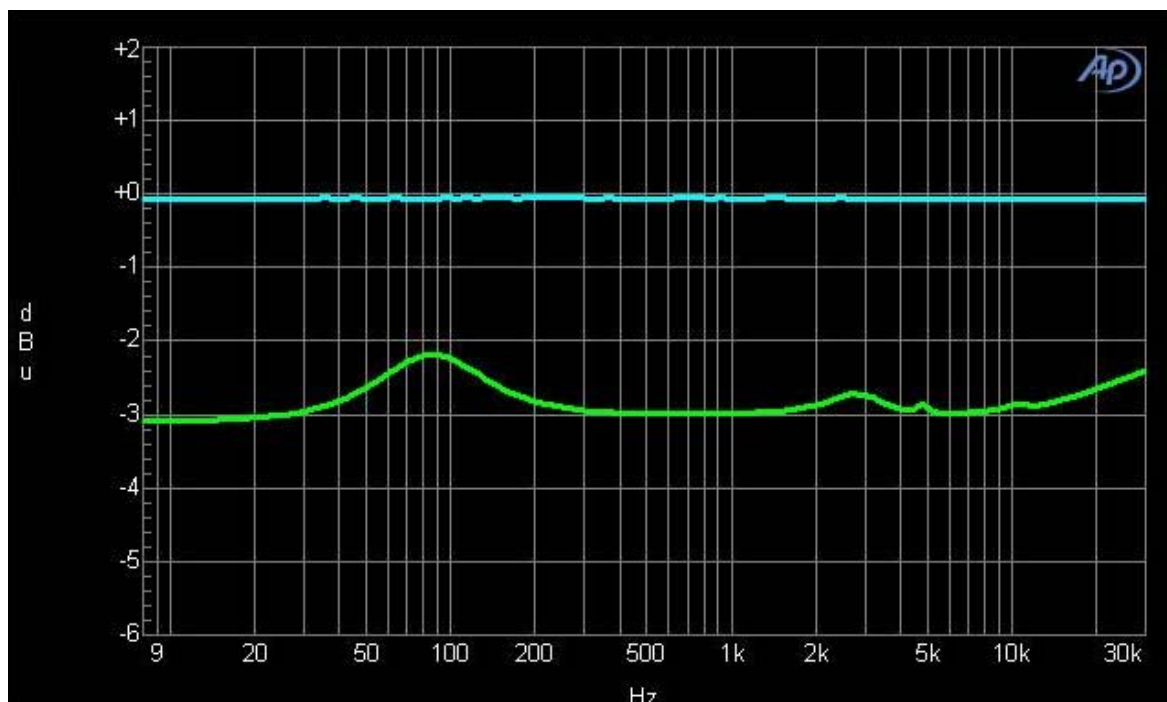
ですが、本当は周波数によって値が異なるややこしい存在なのです。下のグラフは過去の実測データから900STのインピーダンス特性をグラフにしたものです。周波数によってインピーダンス値はこのようなばらつきがあります。ボイスコイルを作るために巻かれたコイルによるインダクタンス成分や抵抗成分、振動板の重量やハウジング内の空気抵抗など物理的な条件もこれを決める要素として加味されます、それぞれが非常に複雑に影響し合いこのカーブを作っているのです。もちろんヘッドホンによって異なります。



アンプの出カインピーダンスは、粗っぽくいうと出力回路のロスとなる要素です。出カインピーダンスが低ければロスは少なく高ければロスは多くなります。一般的にヘッドホンアンプのインピーダンスはダンピングの調整や回路の保護のために挿入される抵抗器の値によって決まります、抵抗成分なので周波数によって変化する事はありません、一定です。

そして、そのロスの割合はアンプの出カインピーダンスとヘッドホンのインピーダンスの両者の関係により決まります。接続されるヘッドホンのインピーダンスが高ければ出カインピーダンスによるロスの割合も小さく、負荷インピーダンスが低ければロスの割合も大きく現れます。

周波数で異なるヘッドホンのインピーダンスを、周波数に関係なく一定の出カインピーダンスで駆動するため、ロスとなる割合は周波数で異なります。どのように違うかというと、



水色のラインはヘッドホンを繋いでいない時の周波数特性です、つないだヘッドホンの影響を受けていない、回路のそのままの特性でありフラットなレスポンスを示しています。緑色のラインは一定の出カインピーダンスを持つヘッドホンアンプで900STを接続した時の出力端での特性、つまりヘッドホンに加えられる駆動電圧の周波数レスポンスです。80Hz付近、2.8kHz付近にピークが、10kHz以上にかけて上昇がみられます。出カインピーダンスと接続されたヘッドホンとで分圧が起こるので、ヘッドホンのインピーダンス特性を薄めたような相似したカーブとなっています。そして、この“水色のラインと緑色のラインの差”がロスに該当する部分です。ロスして周波数特性が変わった駆動信号がヘッドホンに与えられる事になるので音色は当然変化してしまいます。

分圧の割合、分圧比は アンプの出カインピーダンス と ヘッドホンのインピーダンス から求められ数式で確認することができます。

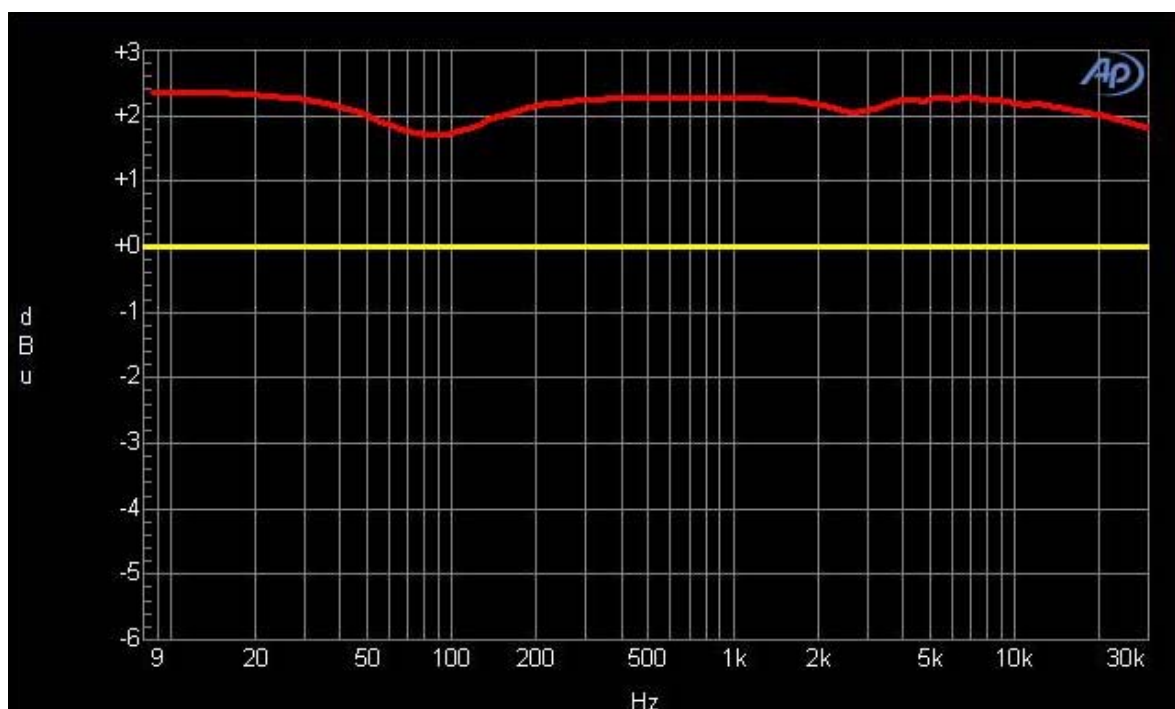
$$\text{分圧比} = \frac{\text{ヘッドホンのインピーダンス}}{\text{アンプの出カインピーダンス} + \text{ヘッドホンのインピーダンス}}$$

仮に アンプの出カインピーダンス 50Ω と、ヘッドホンのインピーダンス が同じ 50Ω とし計算してみます。分子はそのまま 50Ω、分母は足して 100Ω となり、約分すると 1/2 = 0.5、比は 1 : 0.5 です。ヘッドホンでは半分しか利用できていない、半分は出カインピーダンスでロスしている計算です。出カインピーダンスが大きいほど、分母が大きくなり比は小さくなりロスが大きく、周波数レスポンスの乱れも大きい事が分かります。

そして、出カインピーダンスが小さい例えば 1Ω とすると 50/51 = 0.98 すなわち 1 : 0.98 と、比は 1 : 1 に近づき、ロスも周波数レスポンスの乱れも小さくなります。そして出カイン

インピーダンス“0”で分母と分子が同じ、1:1となり、ロスも周波数レスポンスの乱れも無くなる事が分かります。

この観点で考えた場合、理想的な出力インピーダンスは“0”です。ロスが無く周波数レスポンスの乱れがない“0”インピーダンスを実現するためにはクリアしなければならない現実的な問題があります。ステレオフォンプラグはその形状から抜き差し時にL/R間またはグラウンドとの間でショートとなる状態があり構造上避けられません。そのため出力ショートからアンプ回路を守る確実な保護機能が必要となります。アンプを設計する側からしたらこんな危険なプラグは廃止してほしい！・・・、しかしこれだけ普及していたら無理でしょう、まじめに保護回路を検討するのが賢明です。しかし、ヘッドホンアンプの場合出力過電流の保護回路はけっこう難しい。ヘッドホンによってインピーダンスが大幅に違う。試聴時の電流値も当然違う。定格内で使用している時に保護が働いてはダメ。出力ショートと大音量で使用している時で分かりやすい違いがない。など保護のON/OFFの見極めが非常に難しい。一周回って、直列に抵抗を入れ電流を制限する方法もあらためて検討してみる、やはり保護としては確実で有効だが、これまで述べたように音質面でのデメリットは多い。そこで考えた、もう少し回してみよう。音質への悪影響を排除できれば抵抗器による保護でも良いのでは？改良・発展させた450度地点のアイデアが見えました。



黄色のラインは出力端の周波数レスポンスです。ヘッドホンをつないでいない時にはもちろんこのようにフラットレスポンスですが、この方式ではヘッドホンを接続してもヘッドホンに与えられる駆動電圧（黄色ライン）は、フラットレスポンスを保ちます。ヘッドホンアンプの出力インピーダンスが0の状態と同じです。

その原理ですが、赤いラインはヘッドホンが接続された時のアンプICの出力ピンでの周波数レスポンスです、80Hz付近、2.8kHz付近が少し窪んで10kHz以上で低下しています。これはちょうど、上のグラフの緑色のラインを上下反転した形状と重なります。緑色のラインはヘッドホンのインピーダンス特性をもとに現れるカーブ、ヘッドホンのインピーダンスの曲

線と相似関係にあり、これを検出するために出力点を監視しアンプにフィードバックします。そして、赤いラインのような出カインピーダンスの影響を相殺する特性の駆動電圧を作り出し、ヘッドホンにかかる駆動信号がフラットなるようコントロールしています。周波数により異なるヘッドホンのインピーダンスによる分圧のロスを、見かけ上アンプの出カインピーダンスが変化し補償しているように動くことから、この方式をアクティブ ZERO インピーダンス・ドライブと名付けました。

アクティブ ZERO インピーダンス・ドライブ方式は、ヘッドホンとの接続点の状態をアンプにフィードバックしますので、特定のヘッドホンに限らずどんなヘッドホンでもフラットな駆動電圧を与える事が可能です。

回路の保護はというと、抵抗器により出力電流は制限できてます。常時効いていますので瞬間的なショートに対しても万全です。にも関わらず、出カインピーダンス = 0Ω を実現するので音質変化は起こりません、音質を犠牲にする事はありません。

アクティブ ZERO インピーダンス・ドライブ方式は、出カインピーダンスに起因する周波数レスポンスの変化を排除でき、あらゆるヘッドホンに対してもフラットレスポンス駆動を実現、出力回路の保護も万全、高音質と信頼性を両立しました