

交流電源から生まれた独創の事業領域 高速・バイポーラ電源



BP4610



BA4825



BA4850

エヌエフの中核商品の一つである交流電源。そのコアとも言うべくパワーアンプ技術から派生した高速・バイポーラ電源は、比類なき技術として成長し今なお進化し続ける。

パワーの系譜

図1はエヌエフのハイパワーアンプ製品シリーズの系譜である。交流電源として始まった製品群は、その後大きく裾野を広げた。一つは、瞬時的な停電などに対する機器の挙動をテストするシミュレータ(電源)である。その場合、シミュレータでは非正弦波を扱うことになるため、使用するパワーアンプには直流を含めて交流電源よりも広い周波数帯域が要求される。さらに、接続される負荷からの電流の逆流などにも対処できる能力が求められことから、バイポーラ電源の技術が形成された。

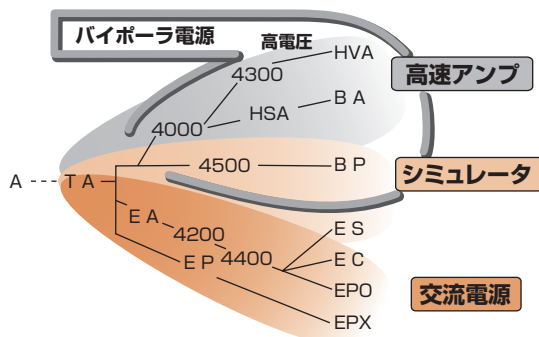


図1: ハイパワーアンプ製品シリーズの系譜

バイポーラ電源

バイポーラ電源とは、出力の電圧と電流それぞれが正と負の両極性に対応しているアンプのことを言う。図2[A]で、矢印

の向きを正とすると、直流電源では電圧がプラスの時に電流が流れ出るから、動作領域は図2[B]の第一象限になる。電圧をマイナスにすると第三象限になる。一方、交流電源は正負を往復するので、通常の負荷条件では第一および第三象限を行き来する。ところが、交流では負荷の種類によって電圧と電流に時間的なズレ、つまり位相差を生じることがある。その場合、動作領域は図2[B]の第二および第四象限に入り込む。図2[C]の矢印で挟まれた範囲では、電圧は正だが電流は負であり、負荷から電源へ電流が流れ込んでいる。アンプ(電源)と負荷の関係が逆転するわけで、アンプは負荷からの電力を受け入れている。図2[D]・[E]にアンプの内部動作を示す。図2[D]は第一象限での動作を示したもので、プラス側の電源(Vcc)からの電流は、Q1を通じて負荷に流れる。この場合Q2はオフしている(Bクラス動作)。これに対して第四象限動作(図2[E])では、Q1,Q2ともに能動領域にあり、負荷からの電力はQ2で熱として消費される。したがって、バイポーラ電源は、通常の電源と比べ出力段の電力損失条件が格段に厳しい。

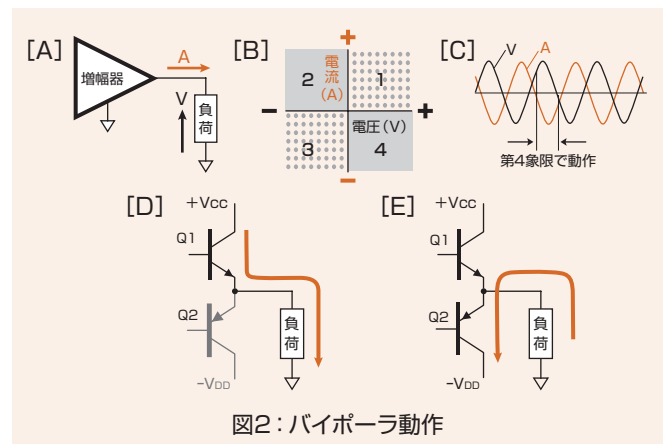


図2: バイポーラ動作

高速バイポーラ

バイポーラ電源は、電源環境試験における非正弦波の出力要請から生まれた。この場合、アンプに求められる周波数帯域はDC～数kHz程度である。エヌエフはそれらの開発を進める中で、さらに周波数範囲の広い高速バイポーラ電源とキロボルトオーダまで出力する高電圧アンプという新たなジャンルを開拓していった。とりわけ高速バイポーラでは、1985年時点ですでに1MHz帯域で50V/1Aを出力する4005を開発、圧電アクチュエータの駆動試験など高速で、かつバイポーラの出力を必要とする開発研究者たちから圧倒的支持を得た。高速バイポーラ電源はその後も広帯域への進化を続け、BA4850では50MHz、スルーレート6000V/ μ sを達成している(図3)。

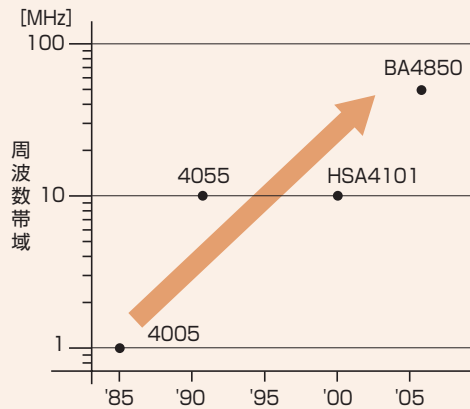
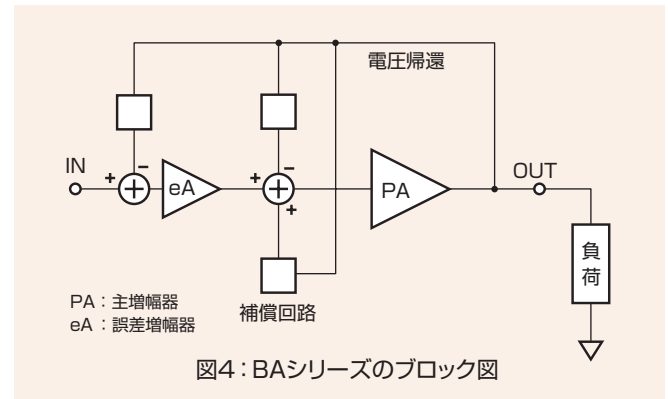


図3：周波数帯域の向上

高速化への基本技術

高速バイポーラ電源の技術は、無線機用のリニアアンプなど狭帯域のパワーアンプ回路とは全く異なる。一言で言えば、ハイパワーのデバイスを負帰還と制御の技術によって極限まで活かしきる技術だ。デバイスについて言うと、エヌエフでは機種によってパワーMOS-FETとバイポーラトランジスタの双方を使い分けている。また、定電圧や定電流という機器の外側から見た動作モードとは別に、内部的な回路方式には定電圧アンプをベースにしたものと、定電流アンプをベースにしたものがある。例えばパワー重視のESシリーズやBPシリーズが並列化に向く定電流アンプベースであるのに対して、帯域重視のHSAシリーズやBA4850は高速性に優れた定電圧アンプをベースに設計されている。広周波数帯域のアンプは、帯域全体にわたって安定な帰還を施すのは極めて難しいが、高速バイポーラ電源では全体としての帰

還のほかに、部分的にローカルな帰還も施している(図4)。設計では種々のシミュレーションによってこれらの最適化を図ると共に、古典的な制御に加え、状態フィードバックなど現代制御の手法も導入し、負荷の変化や電源電圧の変動なども織り込んで帰還させる技術などによって、広帯域と高安定性を両立させている。



問題の解決力

パワーアンプは出力段が発熱する。また、大電流では僅かな抵抗分も熱源になる。加えて、バイポーラ電源では、負荷からの電流を吸収するから発熱はさらに大きくなる。このため、バイポーラ電源に放熱技術は必須だ。最近の対策例では、BAシリーズで基板に高熱伝導率材料を採用したほか、基板とヒートシンクとの間には、熱膨張率の違いを吸収する部材を挿入する工夫も織り込まれている。内部のスイッチング電源も、大電力であるが故にノイズを出しがちだ。これに対しては、ソフトスイッチングなどの回路的な手法やシールドやフィルタなどによって低ノイズを実現している。

一方、広帯域化を阻害する要因はさらに多い。例えば、大出力のために素子を並列にするが、これは並列による容量の増加以外に、配線の寄生インダクタンスや浮遊容量などの増加を招き、高域特性を悪化させる。対策には実装技術が問われる部分である。シャント抵抗や電流トランスなど、出力のセンシングデバイスの周波数特性も問題になる。このため、直流分と交流分あるいは周波数帯域によって、電流のセンシングルートに分けるといった技術が開発されている。

また、製品では負荷を特定できないため、各所に保護回路が入っているが、これも特性阻害要因になる。保護回路やセンサは何らかの形で抵抗分やインダクタンス・容量分を含むので、機器本来の回路動作上は余分なものが付け加わることになるからだ。