

White Paper No.5

コイルの駆動

はじめに

一般的なコンシューマプロダクトから各種産業機器まで、幅広い分野において、コイルを利用した様々なアプリケーションがあります。一般的には、磁性材料を使用したインダクタやトランス等に利用されています。また、磁性材料を使用しないヘルムホルツコイルは、EMC や医療機器等さまざまな分野で使用されています。

HUBERT 社のバイポーラ電源は、これらのコイルを駆動するために必要な電流を供給します。実際に駆動する前に、誘導性負荷の電流と電圧の相関関係を理解するために、以下の章で説明します。

交流電流の特徴

誘電率 L の理想的なコイルは、誘導性リアクタンス X_L 、つまりインダクタンスです。そのインピーダンスは周波数の増加とともに増加し、正弦波の電流はコイル電圧より 90° 遅れます。

$$X_L = 2\pi \times f \times L$$

しかしながら、実際のコイルは抵抗成分も有しており、抵抗成分 R_L を直列に接続することにより表すことができます。実際のコイルのインピーダンス Z_L は次式により表されます：

$$|Z_L| = \sqrt{R_L^2 + X_L^2}$$

電流と電圧の位相差は次式によります：

$$\phi = \arctan(X_L/R_L)$$

図 1 では、フィールドコイル RL120 (MIL-STD-461 試験に適しています) のインピーダンスと位相特性を、周波数 10Hz - 200kHz の範囲で示しています。

主な電氣的データ：

DC 抵抗：40mΩ； インダクタンス：86uH； 公称電流：16A

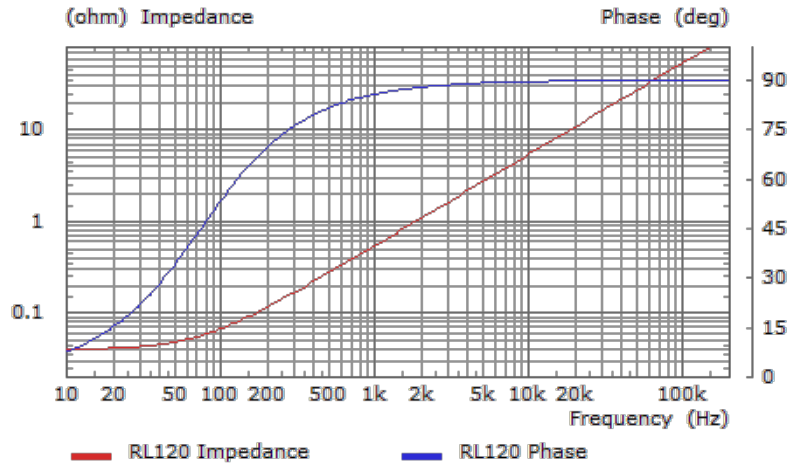


図 1： RL120 のインピーダンスと位相特性

コイルとアンプ

パワーアンプは無効負荷に対してどのような動作をするのでしょうか？相互の影響を HUBERT 高速バイポーラ電源 A1110-16-E とコイル RL120 を使って、以下で説明します。

目的：周波数 10Hz - 150kHz の範囲で、最大電流 ($I_{out} = 27A_p$) をコイルに流す。前述の通り、負荷は周波数に依存するため、入力電圧のレベルは、出力電流を一定にするため電圧アンプで調整されます。

電流アンプ（電流制御）を使用すると自動的に出力電流を一定にすることができます。（「WhitePaper No.2：電圧制御（CV）アンプと電流制御（CC）アンプ」を参照）

本説明では、ケーブルと接続端子での電圧降下については簡略化のために無視します。

ステージ 1

周波数 10 Hz において、インピーダンスにおけるリアクタンス X_L の割合は非常に低いものになります。

$$|Z_L| = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} \sim 40m\Omega$$

アンプにとってこの負荷はほぼ「短絡」状態であり、消費電力が抑えられる、低動作電圧が有効です。周波数が 1.7kHz に達したとき、インピーダンスは $Z_{L_max} = 0.926\Omega$ となり、 $I_{out} = 27A_p$ とするために必要な出力電圧は $U_{out_max} = 25V_p$ となります（図 1 参照）。このとき $27A_p$ を出力するためにより大きな電圧が必要となり中動作電圧レンジが必要になります。

ステージ 2

周波数 1.7kHz では、アンプは中動作電圧レンジの選択が必要になります。このレンジでは $I_{out} = 27A_p$ 出力できる最大動作電圧が $U_{out_max} = 50V_p$ です。ここで周波数を 3.4kHz に上げた時に $Z_{L_max} = 1.85 \Omega$ となるため、 $27A_p$ を出力するためには、より大きな電圧が必要となり再び動作電圧レンジの変更が必要となります。

ここで、アンプのパフォーマンスについて見てみます。

図 2 では、周波数 3.4kHz、中間動作電圧時の電圧と電流の時間軸波形を表しています。遅れ電流は、ソースおよびシンク動作時の能力に関係し、アンプにとって重要なパラメータとなります。出力電圧 $U_{out} = 0V$ で最大電流がコイルを流れ、アンプ内で高い消費電力が発生します（ここでは：動作電圧*出力電流；WhitePaper No.1 HUBERT 4 象限バイポーラ電源を参照）。

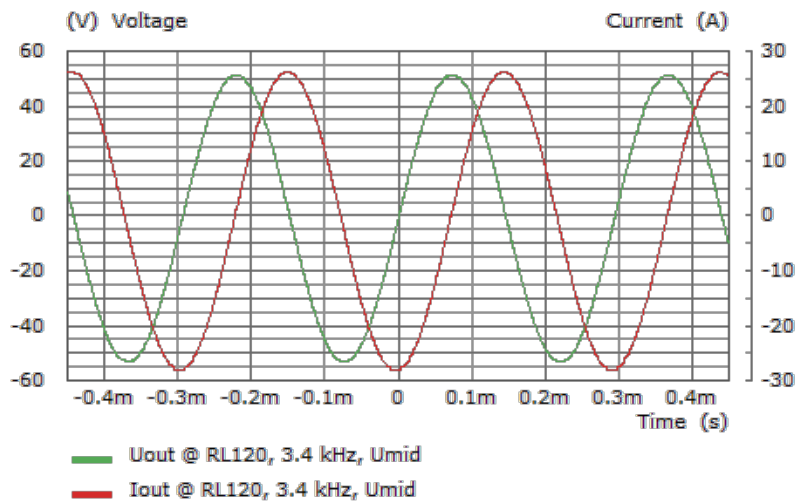


図 2：A1110-16-E 出力電圧と出力電流

ステージ 3

ここでは、周波数 3.4kHz から高動作電圧レンジ $U_{out_max} = 75V_p$ を選択します。ここでは電流だけでなく最大出力電圧も出力可能な最大電流の条件となります。例えば 150kHz において、インピーダンスは、

$$|Z_L| = \sqrt{R_L^2 + X_L^2} \sim 81 \Omega$$

となり、最大出力電圧 $U_{out_max} = 75V_p$ を出力時 最大出力電流は $I_{out} = 0.926A_p$ となります。

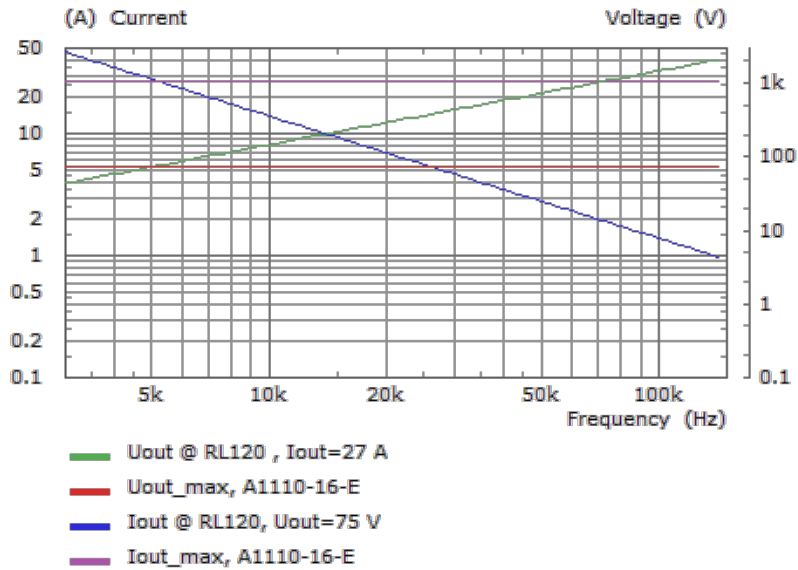



図 3 : A1110-16-E 出力電圧と出力電流 @RL120 オーバー周波数

図 3 は、3 kHz～150kHz の周波数範囲内での RL120 接続時のパワーアンプの出力可能電圧・電流と 27A 出力するために必要な電圧・電流の関係を示しています。おおよそ 4.9kHz から、最大出力電圧は必要な電流に対して十分ではないため、電流は周波数の増加とともに減少します。

まとめ

コイル等のリアクタンス負荷は周波数の変化により、ほぼ短絡状態からハイインピーダンスに変化する複雑な負荷となります。周波数が高くなると、定電流に必要な出力電圧も高くなります。QE タイプは出力信号に応じて自動的に動作レンジを変更する機能があります。必要とするアンプを選択する際には、電圧と電流の位相差がほぼ 90° となることを考慮する必要があります。更に高電圧出力が必要な場合は、いくつかのアンプを直列に接続するか直列共振回路を構成するなどの方法があります。

 注意 正しくお使いいただくため、ご使用前に必ず「取扱説明書」中の「安全上のご注意」をよくお読みください。 (水、湿気、湯気、ほこり、油煙等の多い場所)に設置しないでください。(火災、感電、故障)などの原因となることがあります。	
お願い: 本カタログの最新情報は、当社のホームページでご確認いただくようお願い申し上げます。	
お客様フリーダイヤル 受付時間 土日祝日を除く営業日の9:00～12:00/13:00～17:00	
技術的なお問い合わせ	0120-102-389 E-mail : info-tme@iwatsu.co.jp
修理・校正に関するお問い合わせ	0120-086-102 岩通マニュファクチャリング株式会社 〒965-0859 福島県会津若松市住吉町23-7 FAX 0242-26-4348
IWATSU 岩崎通信機株式会社 URL : http://www.tl.iwatsu.co.jp/	
第二営業部 計測営業担当	〒168-8501 東京都杉並区久我山1-7-41 TEL 03-5370-5474 FAX 03-5370-5492
第二営業部 アカウント営業担当	〒168-8501 東京都杉並区久我山1-7-41 TEL 03-5370-5474 FAX 03-5370-5492
第二営業部 国際営業担当	〒168-8501 東京都杉並区久我山1-7-41 TEL 03-5370-5483 FAX 03-5370-5492
西日本支店 計測営業担当	〒550-0005 大阪府大阪市西区西本町2-3-6 山岡ビル1F TEL 06-6535-9200 FAX 06-6535-9215
<ul style="list-style-type: none"> ● 本製品の中には外国為替及び外国貿易法の規定により規制貨物(又は技術)に該当する製品があり、該当する製品を輸出する場合は日本政府の輸出許可が必要です。該当する製品が否かについては本社又は営業所にお問い合わせください。 ● 製品改良等により、外觀および性能の一部を予告なく変更することがあります。 ● 取扱説明書の追加および検査成績書は有償にて申し受けます。 ● お問い合わせは、下記営業担当部門等または取扱店へどうぞ。 ● ここに記載しました内容は2019年6月現在のものです。 ● 価格は変更の可能性があります。ご注文の際はご確認を頂きますようお願い申し上げます。 ※ 製品を廃棄する場合には、法律ならびに地方自治体の条例・規則に従って廃棄してください。 ※ 社名、商品名等は各社の商標または登録商標です。 ※ 在庫切れ廃止製品につきましてはご面倒ですが必ず担当営業員にご確認ください。 ● ご相談/お問い合わせは 	