

■8 群 (情報入出力・記憶装置と電源) - 5 編 (バッテリー・電源)

2 章 電源回路

【本章の構成】

本章では以下について解説する.

- 2-1 DC-DC コンバータ
- 2-2 整流回路
- 2-3 保護回路
- 2-4 EMC 対策

■8 群-5 編-2 章

2-1 DC-DC コンバータ

2-1-1 PWM コンバータ

2-1-2 共振型コンバータ

2-1-3 疑似共振型コンバータ

■8 群-5 編-2 章

2-2 整流回路

■8 群-5 編-2 章

2-3 保護回路

2-3-1 電流制限回路

2-3-2 突入電流防止回路

■8 群-5 編-2 章

2-4 EMC 対策

2-4-1 EMC と電源

2-4-2 スナバ回路

(執筆者：関根正興) [2010年3月 受領]

電気回路においてスイッチが高速に電流を遮断すると、電流が流れていた配線路のインダクタンス成分によって過大な電圧が発生する。図 4・2・1 はスイッチ回路の等価回路で、 L は配線のインダクタンス、 C_p はスイッチの寄生容量で、スイッチをオフさせるとスイッチの電圧はインダクタンスと寄生容量との振動によって図 4・2・2 に示すような振動波形となる。

オフ時に発生する電圧は、電流路のインダクタンス成分を L 、電流変化率を di/dt とすれば $L di/dt$ となる。半導体スイッチの場合、サージ電圧が大きくなると耐電圧が上昇し、電圧変化率 dv/dt が大きくなると誤点弧や電磁雑音の放射が増大する、といった問題がある。これらの対策のためスナバ回路が用いられ、通常スイッチと並列に接続し遮断された電流をバイパスさせることで、電流変化率を小さくしサージ電圧を抑制する緩衝器として働く。スナバ回路には C-R スナバ、D-C-R スナバ、そして低損失スナバがあり、それぞれ回路条件によって選択される。

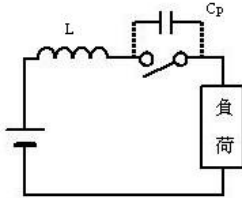


図 4・2・1 スwitching 等価回路

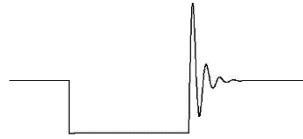


図 4・2・2 スwitchの電圧波形

(1) C-R スナバ

抵抗とコンデンサを直列に接続したもので一番簡素なスナバであり、一般に小容量回路や交流電流回路に広く用いられる。マグネットやリレーなど機械的の接点における電流遮断時やチャタリング時のサージ電圧抑制にも用いられる。

図 4・2・3 はスイッチに C-R スナバを接続した回路であり、スイッチのオフ時にそれまで流れていた電流をバイパスさせる。スイッチのオフ直前の電流を I 、スナバ抵抗値を R とするとスイッチには IR の電圧が発生するので抵抗値は小さいほど良いが、スイッチオン時のスナバコンデンサ C_s の放電電流を考慮して決定される。コンデンサ容量は大きいほど効果があるが損失も増加するので、配線インダクタンスなどのエネルギーからスイッチの許容電圧に見合った容量とする。

(2) D-C-R スナバ

図 4・2・4 に D-C-R スナバをスイッチに接続した回路を示す。D-C-R スナバは C-R スナバの抵抗にダイオード D を並列に接続し、スイッチのオフ時に電流をダイオードに流すことで抵

抗による電圧降下を避け、 dv/dt を抑制するとともに損失も低減する。スナバコンデンサの電荷はスイッチのオン時に抵抗を介して放電させる。

付加したダイオードには高速タイプが望ましい。インダクタンスのエネルギーがスナバコンデンサに移った後、ダイオードの蓄積時間は逆電流が流れ低速タイプでは逆電流が大きくなり、逆回復した際に急峻な電位変動がおき、ノイズ誤動作や電磁雑音の放出を招く。

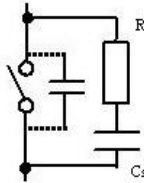


図 4・2・3 C-R スナバ回路

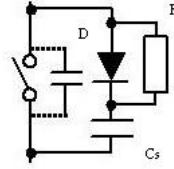


図 4・2・4 D-C-R スナバ回路

(3) 低損失スナバ

C-R スナバ、D-C-R スナバともコンデンサの電荷を抵抗で消費させるため損失になる。スナバ回路の損失は効率低下だけでなく熱処理という問題もあり、近年の高効率、高密度実装、高周波化によりコンデンサの電荷を損失させない方法が多数用いられるようになった。

代表的な方法として図 4・2・5 に示す励磁電流リサイクル回路¹⁾がある。スナバコンデンサを電圧源とみなせる程度の容量とし、主スイッチと相補に動作する補助スイッチを追加することでトランスコアの磁束のリセットをスナバコンデンサで行う。励磁電流をリサイクル（回収・逆励磁）し、トランスの漏れインダクタンスと配線のエネルギーも回収し損失を低減するとともにスイッチの電圧も抑制する。

同様な回路としてスイッチスナバ²⁾回路やアクティブクランプ回路³⁾がある。図 4・2・6 はスイッチスナバ回路で、励磁インダクタンスとほぼ電圧源とみなせる容量のスナバコンデンサとの共振を利用し、励磁エネルギーと配線や漏れインダクタンスのエネルギーを入力に戻す。スイッチの電圧はスナバコンデンサでクランプされる。アクティブクランプ回路は図 4・2・5、図 4・2・6 と類似した回路・動作になる。

補助スイッチの代わりにダイオードの蓄積電荷を利用し、パッシブ素子のみで同様効果が得られる方法⁴⁾も提案されている。

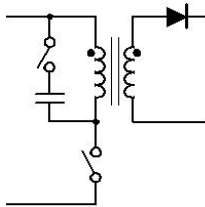


図 4・2・5 励磁電流リサイクル回路

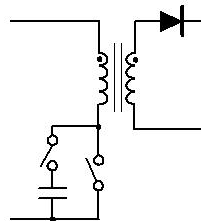


図 4・2・6 スイッチスナバ回路

■参考文献

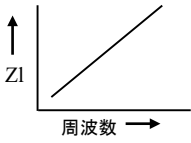
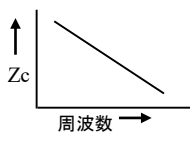
- 1) Vniciarelli : U.S. Patent 4441146.
- 2) 坂本 浩, 原田耕介, 野口聖一: “スイッチスナバを用いた高周波スイッチング電源について,” 信学技術, PE90-2, pp.9-16, 1990.5.
- 3) 例えば, 村林陽康, 小浜輝彦, 寺田直哉, 二宮 保, 大内俊尚, 奥野博行, 中塚信雄: “アクティブクランプ回路を持つ両極性フォワードコンバータの動作解析,” 信学技報, PE95-5, pp.35-42, 1995.5.
- 4) 関根正興, 松尾博文: “電荷蓄積ダイオードを用いた DC-DC コンバータ回路,” 信学論(B), J90-B, pp.422-431, 2007.4.

2-4-3 ノイズフィルタ

(執筆者: 高木芳徳) [2010年5月 受領]

ノイズとは、目的とする信号が正確に伝達することを妨げる要因であり、一般的に高周波成分を多く含んでいる。ノイズフィルタは、ノイズ発生源から障害元までの伝達経路を遮断（阻止または迂回）し、ノイズの影響による誤動作などを防止する役目がある。ノイズ源に対し、コイルを直列にコンデンサを並列に組み合わせローパスフィルタを構成することで、高周波ノイズの伝達を抑えることができる。

表 4・3・1 コイルとコンデンサの周波数特性

	コイル	コンデンサ
周波数特性		
インピーダンス	$Z_l = \omega L = 2\pi fL$	$Z_c = 1/\omega C = 1/2\pi fC$
高周波インピーダンス	大	小

Z_l : コイルのインピーダンス [Ω]

L : コイルのインダクタンス [H]

Z_c : コンデンサのインピーダンス [Ω]

C : コンデンサの静電容量 [F]

f : 周波数 [Hz]

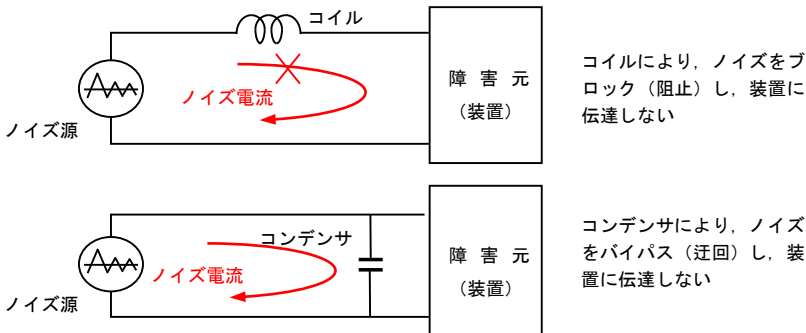


図 4・3・1 コイルとコンデンサの動作原理

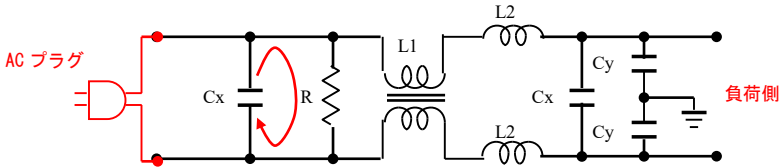


図 4・3・2 ノイズフィルタの一般的な回路構成

(1) コモンモードノイズ減衰

(a) L2 : コモンモードチョークコイル

コモンモードチョークコイルは数～数十 μH の漏れインダクタンスを持っている。この成分が大きいと飽和しやすくなるが、ディファレンシャルモードチョークコイルとして働く。飽和対策とディファレンシャルモードノイズ対策はトレードオフの関係にある。コモンモードチョークコイルに使用する電線径やコアサイズによるが、数 mH 程度のものが使われている。

(b) Cy : ラインバイパスコンデンサ

ラインバイパスコンデンサの容量が大きいと、漏れ電流が大きくなり感電の恐れがある。UL などの安全規格では、漏れ電流の値が一定の大きさを超えないように制限され、静電容量は大きくても 4700 pF 以下で、高耐圧のセラミックコンデンサが主流に使われている。

(2) ディファレンシャルノイズ減衰

(a) L1 : ディファレンシャルモードチョークコイル

一般的なノイズフィルタは、コモンモードチョークコイルの漏れインダクタンスを利用して

(b) Cx : アクロス・ザ・ラインコンデンサ

ディファレンシャルモードノイズにだけ効果があり、ディファレンシャルモードコンデンサとも呼ばれる。静電容量はラインバイパスコンデンサに比べて、1 μF 程度の大容量のフィルムコンデンサが使われている。

(3) その他

(a) R : ブリーダ抵抗

装置において、ノイズフィルタの後段の負荷側をオープンにした状態で、前段の AC プラグをコンセントから抜いた直後にプラグの先端に触れると、アクロス・ザ・ラインコンデンサにチャージされていた電荷により感電することがある。これを防止するために並列にブリーダ抵抗を接続する (図 4・3・2)。一般的に 470 k \sim 1 M Ω 程度である。

ノイズの形態は様々であり、リレーや誘導モータなどのスイッチング時に発生するノイズは高電圧で数千 V に達することもある。このようなパルス性のノイズを減衰させるためにアモルファスコアなどの飽和磁束密度の高いコア材を使用したノイズフィルタが製品化されている。

また、ノイズが電源の入出力線や信号線に重畳することで、それが放射アンテナとなりノイズを発生する要因となることがある。このようにノイズフィルタは電源ラインに帰還する雑音端子電圧ノイズだけでなく、電磁界として放射する雑音電界強度ノイズを低減する機能も持ち合わせている。

■参考文献

- 1) デンセイ・ラムダ株式会社技術解説資料 Vol.2 「ノイズとは」.
- 2) TDK・ラムダ株式会社技術解説資料 「ノイズフィルタ」.

2-4-4 力率改善回路