

平成30年3月2日

昇圧型PFC電源における EMIノイズ低減の研究



群馬大学理工学科 電子情報理工学部

小林研究室 学部4年

大岩 紀行

アウトライン

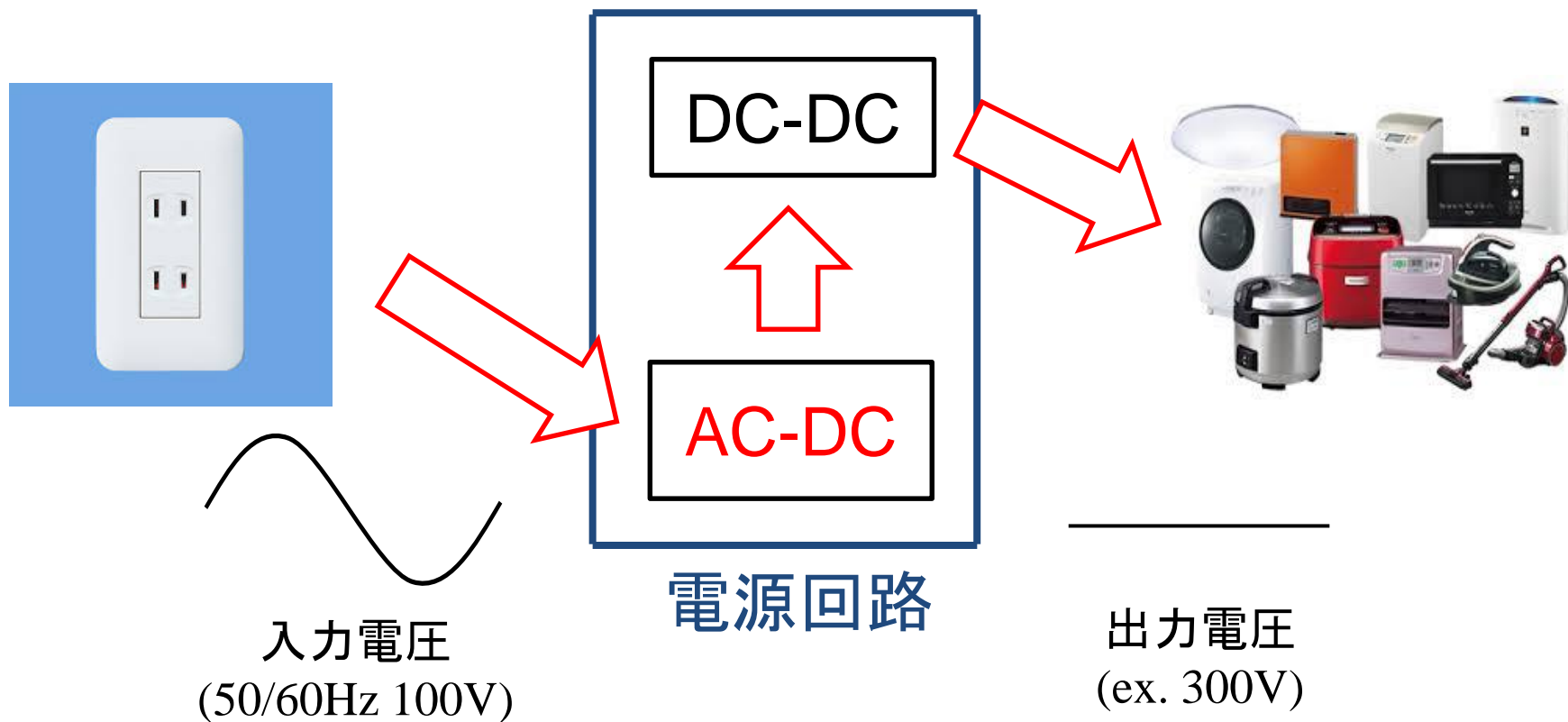
- 研究背景・目的
- 従来方式PFC電源
- 提案方式PFC電源
 - PFC電源でのスペクトラム拡散
- ダイオードのリカバリ電流削減
- まとめ

アウトライン

- 研究背景・目的
- 従来方式PFC電源
- 提案方式PFC電源
 - PFC電源でのスペクトラム拡散
- ダイオードのリカバリー電流削減
- まとめ

電源回路

- コンセントから家電などへ電力供給
→電圧を交流から直流へ変換必要



目的

- AC-DC電源の性能向上

1. PFC電源の電磁ノイズ低減

→周波数拡散の利用

2. 高速化に伴う効率改善

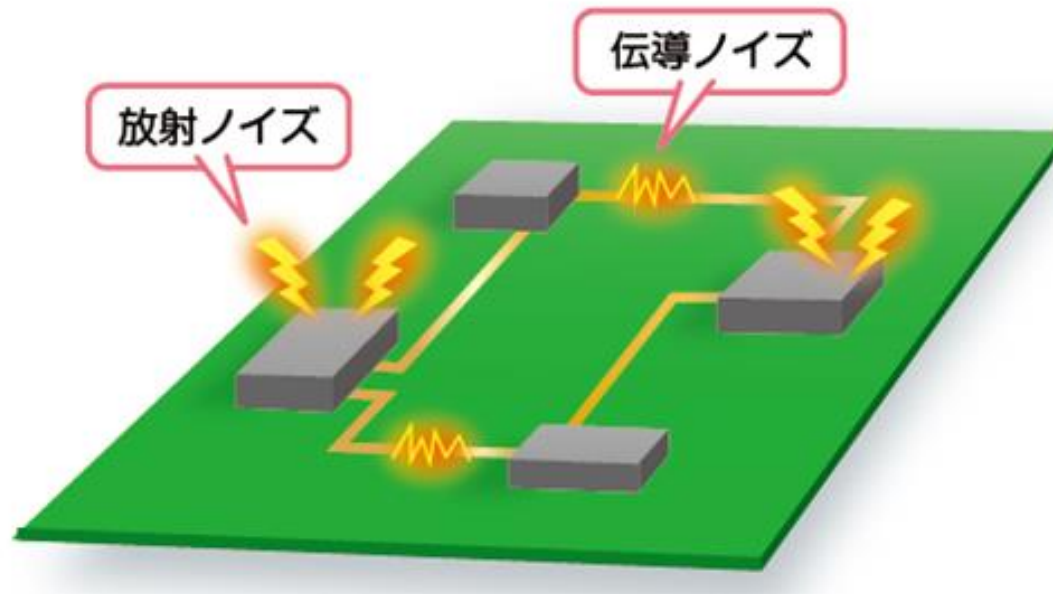
→ショットキー障壁とSiCを利用したダイオードの
リカバリー電流低減

電力を供給する機器で損失を出しては本末転倒

→社会でも小型軽量化、高効率化、高速応答を追求

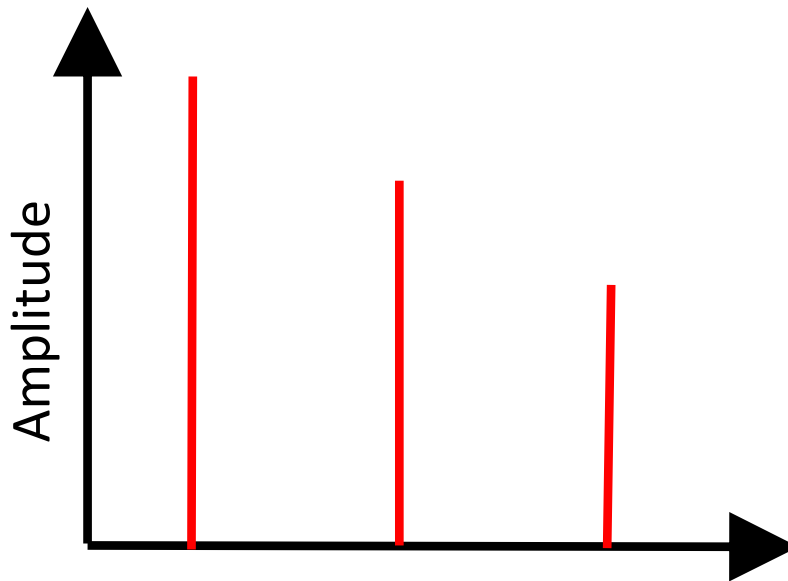
電磁妨害ノイズ(EMI)

- 回路動作で生じる全ての電磁ノイズ
- 周波数拡散によるEMI低減の**利点**
 - フィルタ小型化で回路規模の縮小

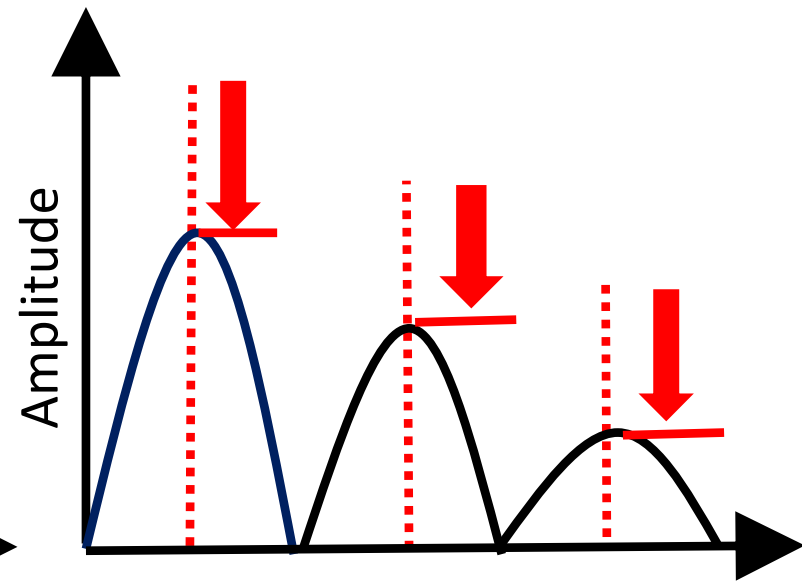


スペクトラム拡散

- クロックの高調波ピーク値低減
 - 周波数変調で**近くの周波数に分散**
 - エネルギー総量は同じなのでピーク値低減



Frequency
変調なし



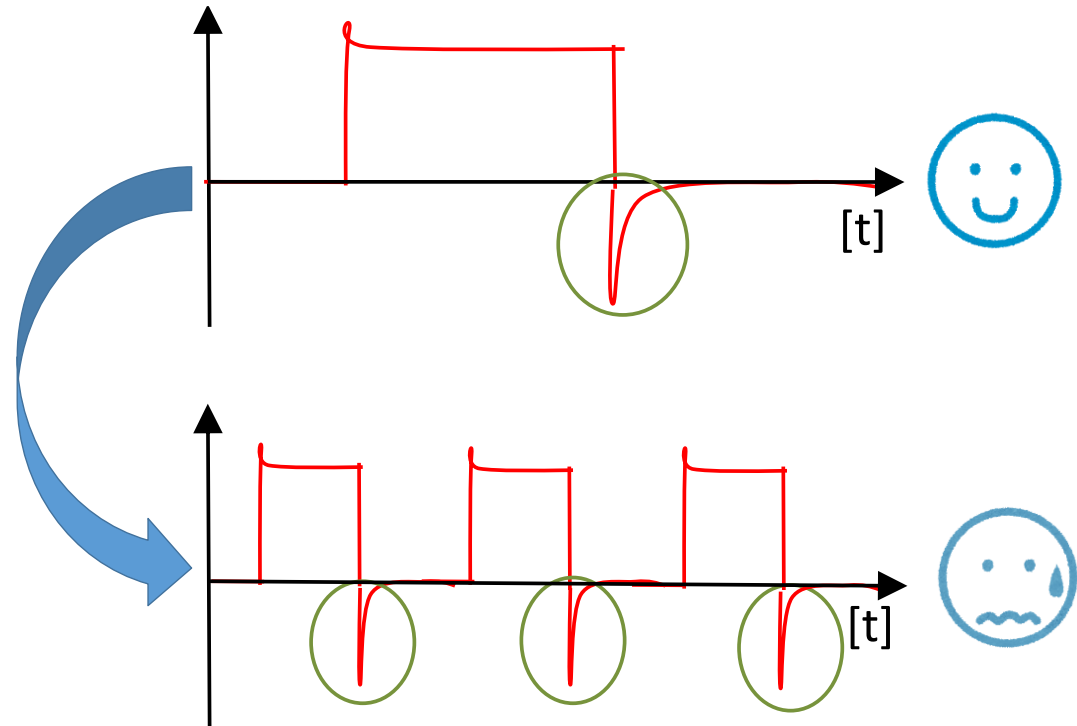
Frequency
変調あり

高速化の問題点

毎クロック発生するスイッチングノイズ

- 短周期化で単位時間あたりの**発生数増加**
- クロックの増加が**効率低下**の原因

クロック周波数3倍で
同じ時間内の損失も3倍



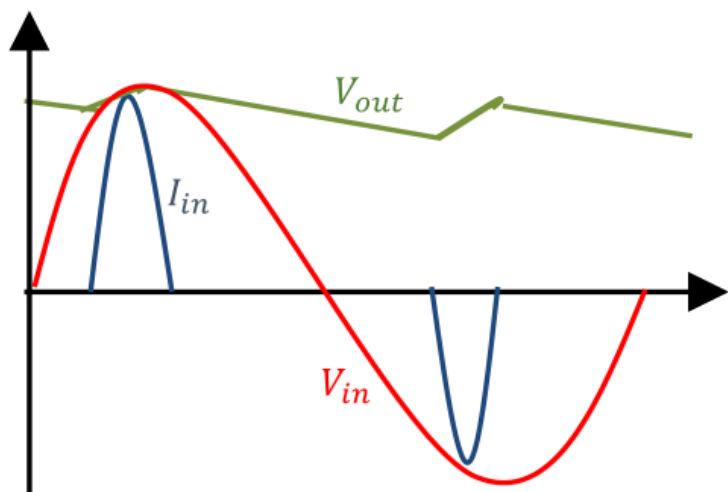
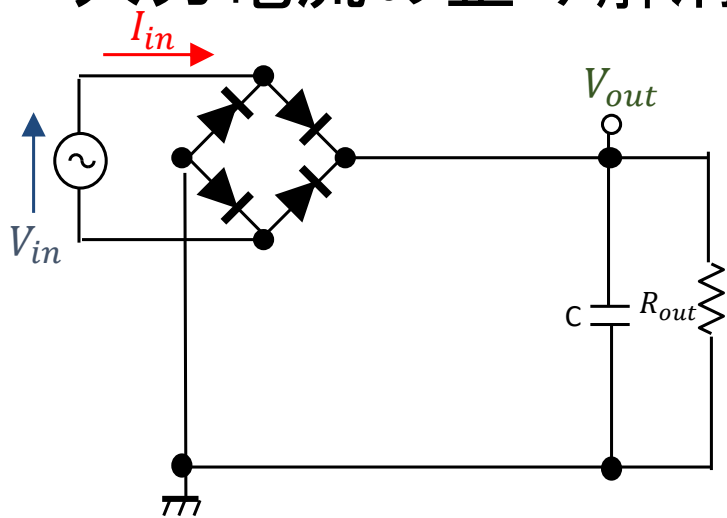
アウトライン

- 研究背景・目的
- 従来方式PFC電源
- 提案方式PFC電源
 - PFC電源でのスペクトラム拡散
- ダイオードのリカバリ電流削減
- まとめ

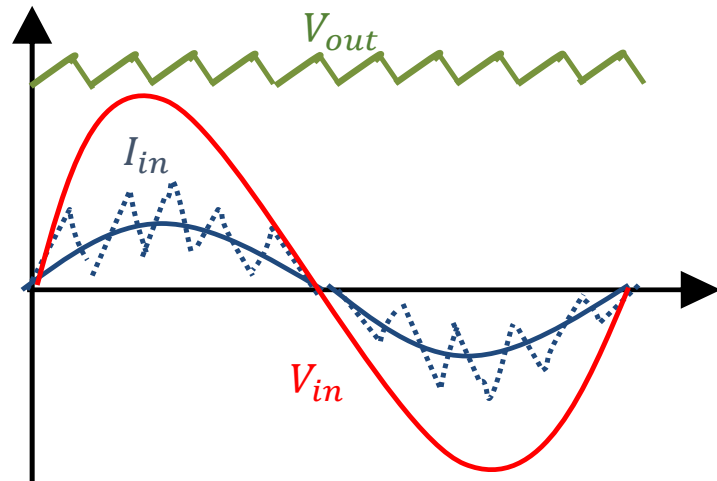
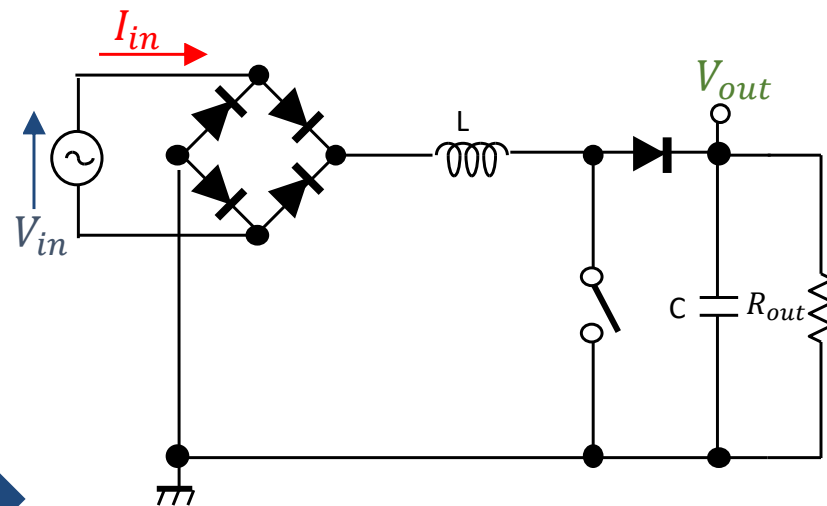
PFC; power factor correction(力率改善)

PFC電源の波形変化

- 入力電流の歪み解消



PFCなし

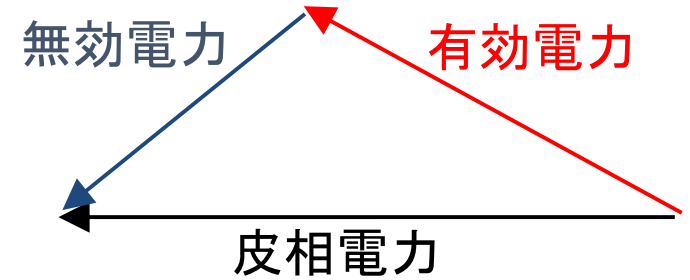


PFCあり

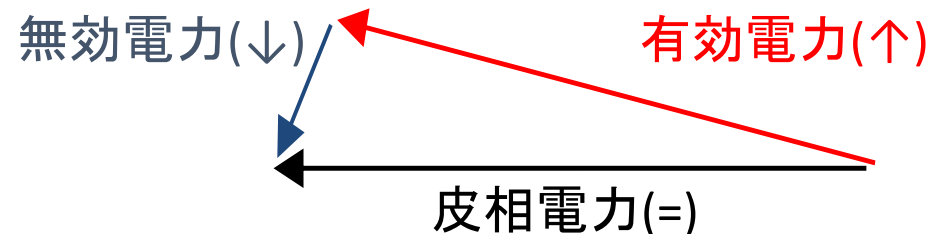
PFC電源の働き

- 入力電流を入力電圧波形に近づける
 - 急な電流変化が **高調波抑制**
 - **損失低減**

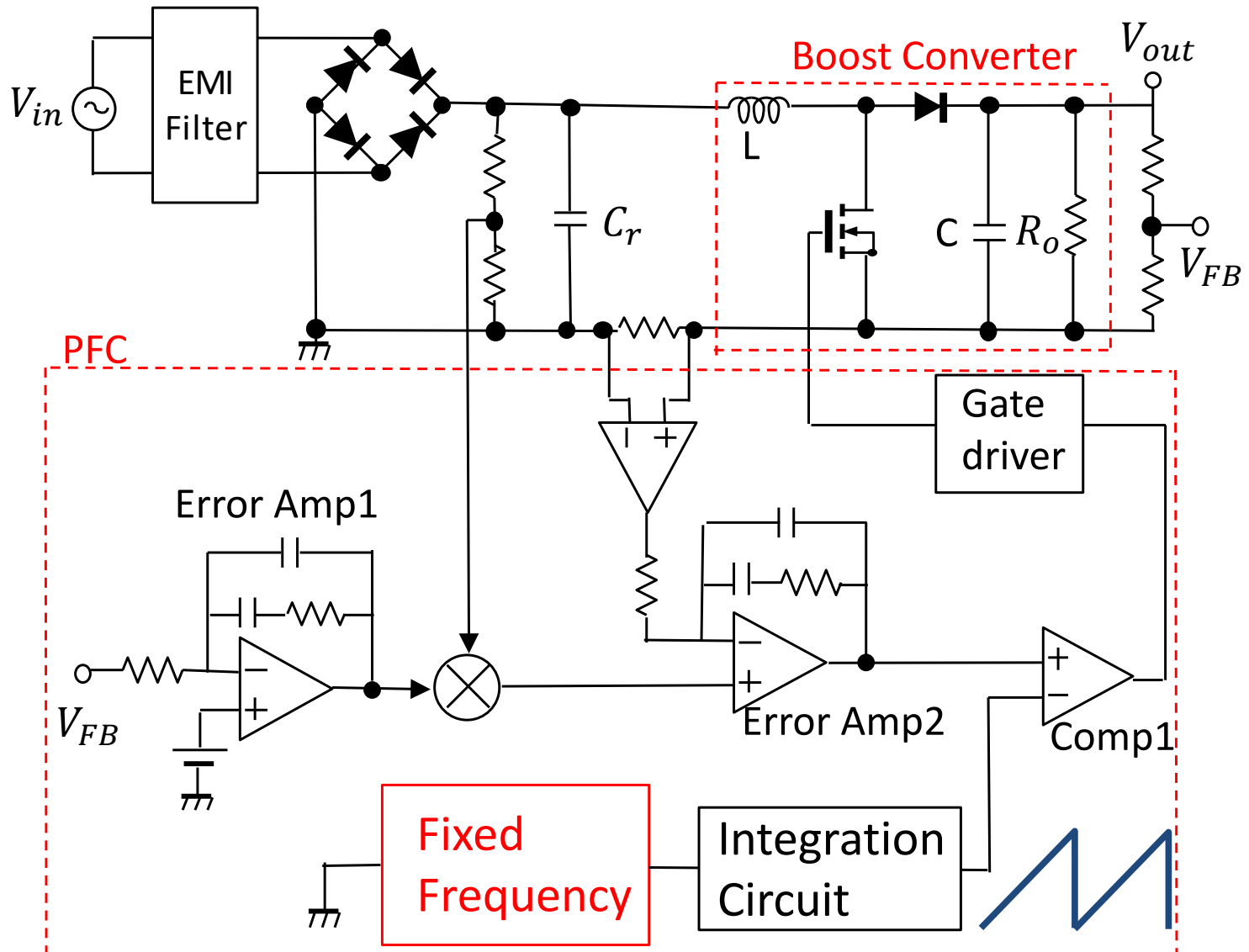
$$\text{力率} = \frac{\text{実効電力}}{\text{皮相電力}} = \frac{\int \dot{V}i dt}{\bar{V}I}$$



改善後



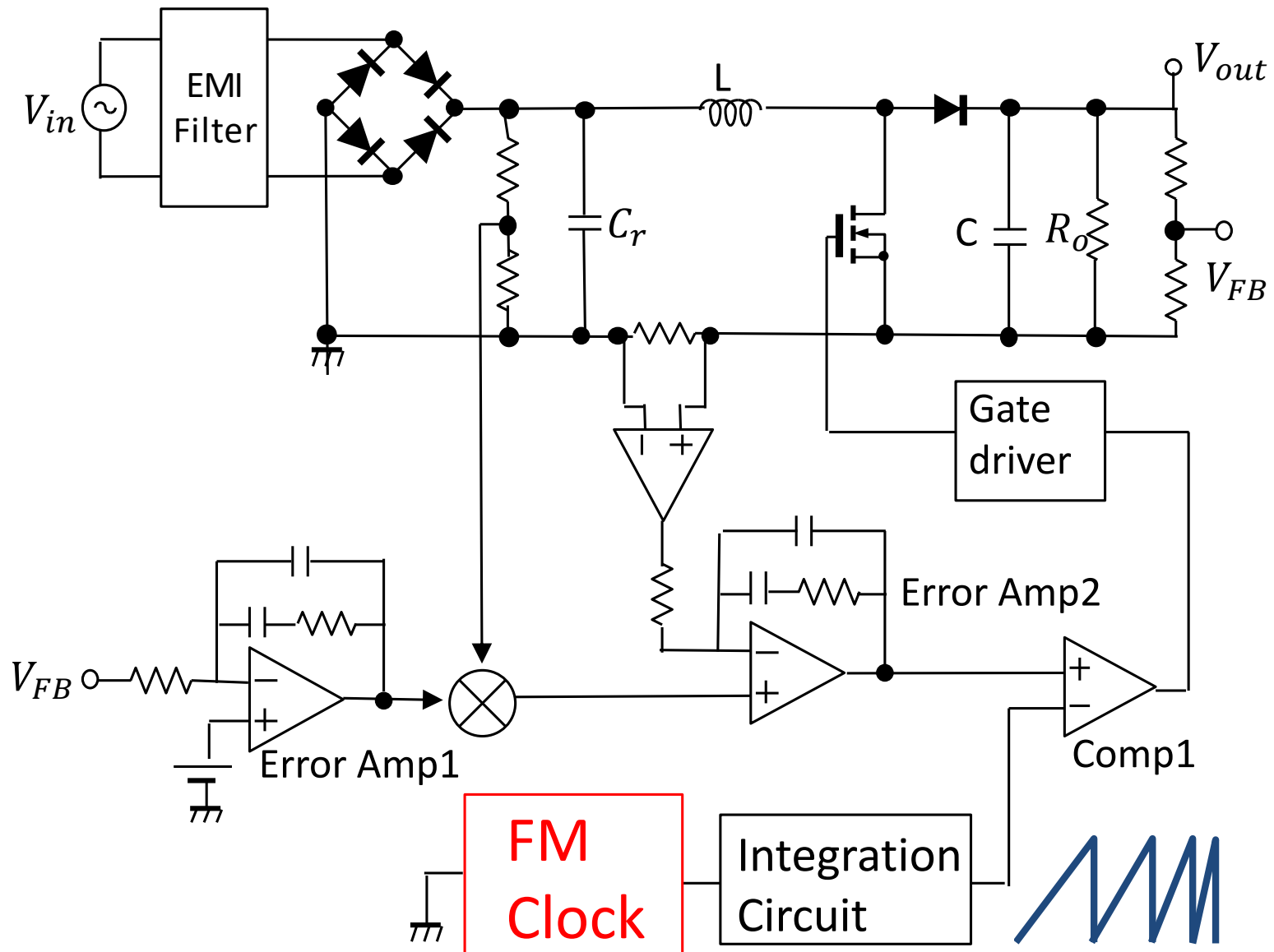
従来PFC電源回路図



アウトライン

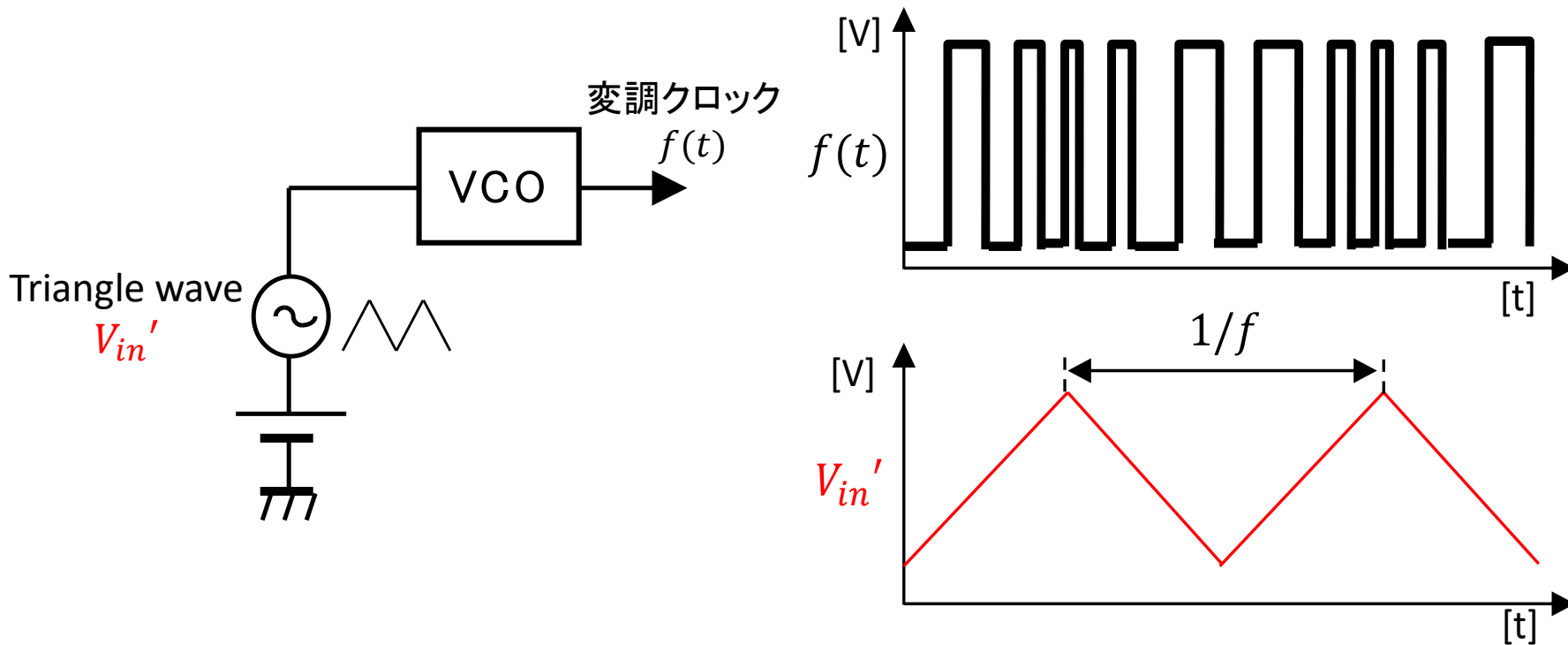
- 研究背景・目的
- 従来方式PFC電源
- 提案方式PFC電源
 - PFC電源でのスペクトラム拡散
- ダイオードのリカバリ電流削減
- まとめ

提案PFC電源回路圖

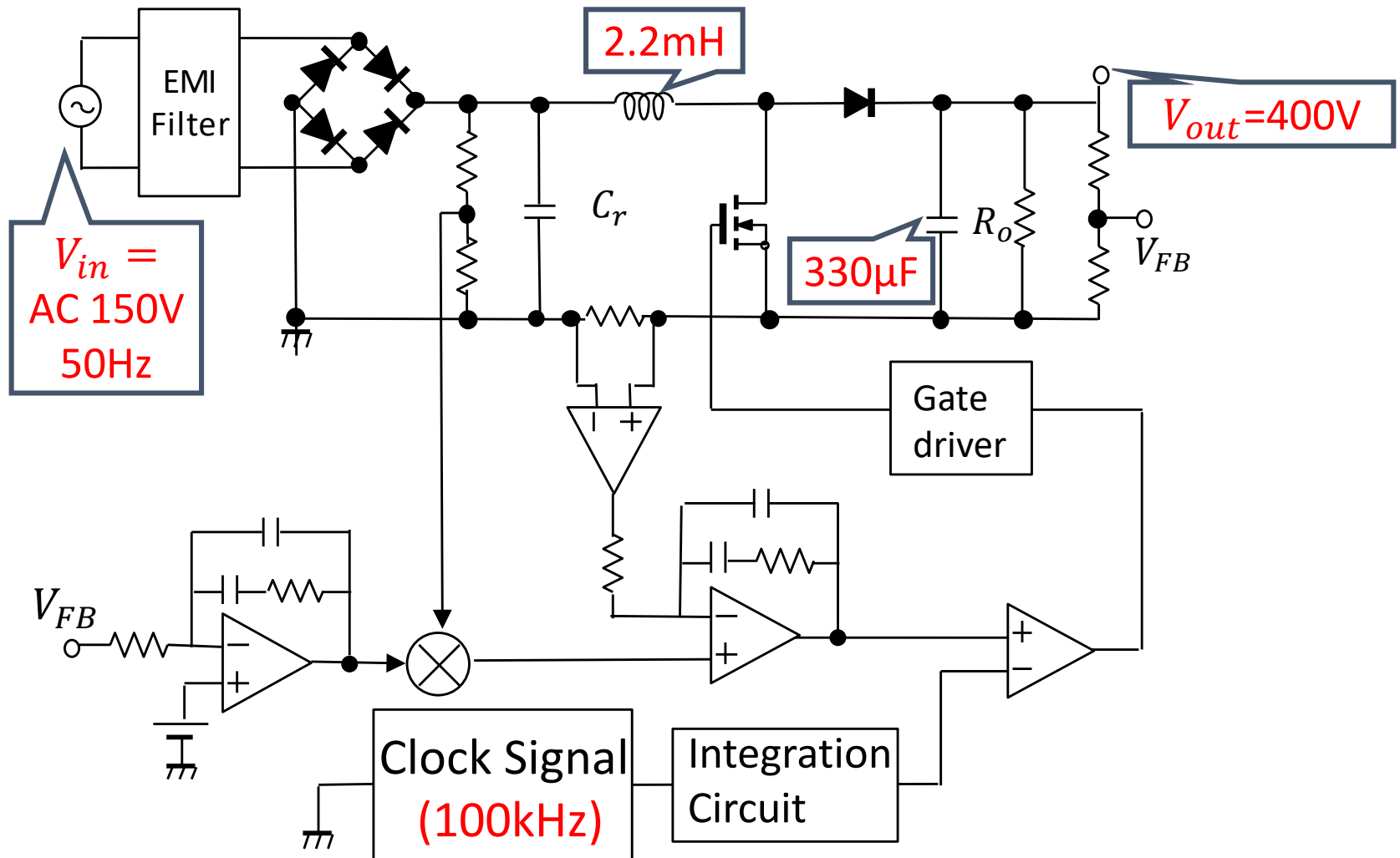


周波数変調方法

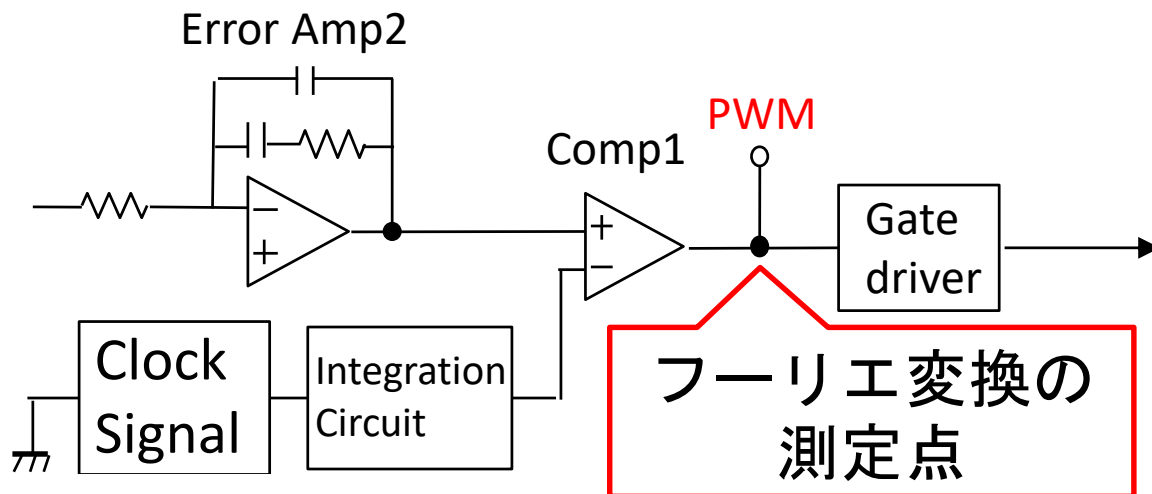
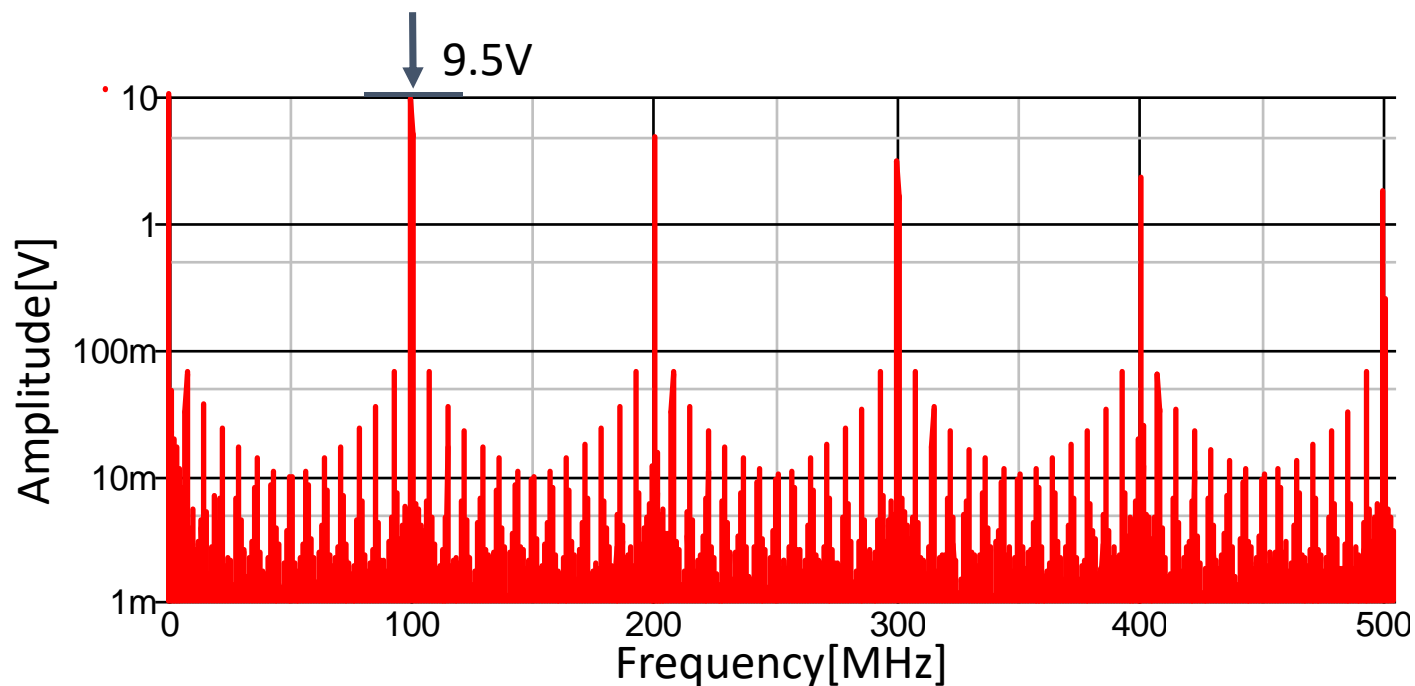
- 変調周波数が時間に線形変化
→ クロックがゆれ、スペクトラム拡散



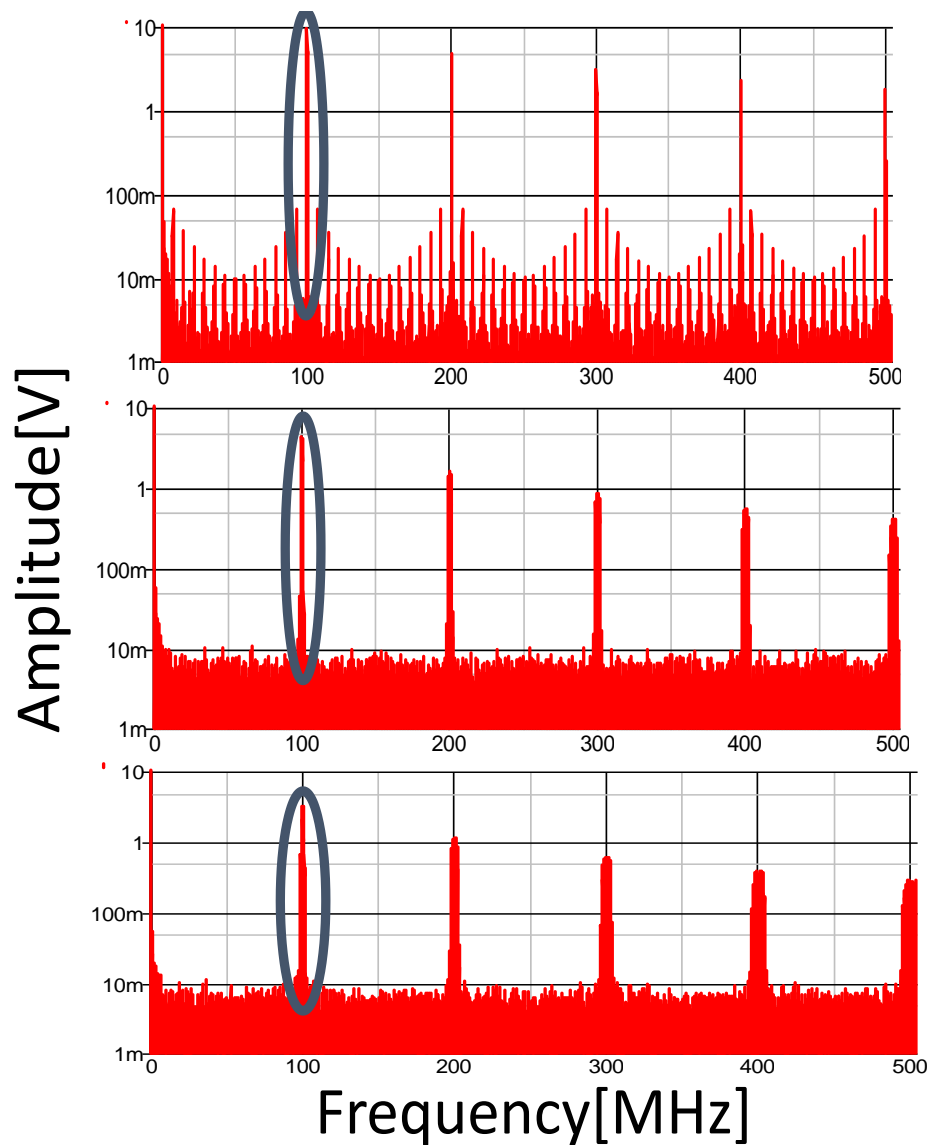
提案方法のシミュレーション回路



従来方式シミュレーション結果



提案方式シミュレーション方式



100kHz地点

9.5V
($\Delta f = \pm 0.1\text{kHz}$)



-6.8dB

4.4V
($\Delta f = \pm 0.5\text{kHz}$)



-3.0dB

3.1V
($\Delta f = \pm 1.0\text{kHz}$)

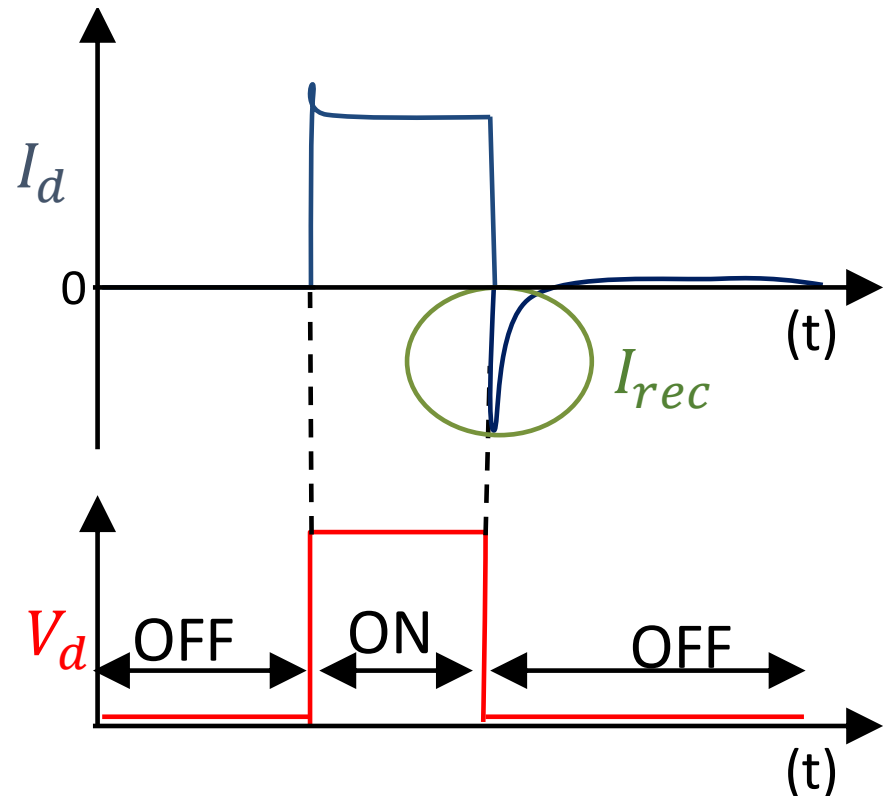
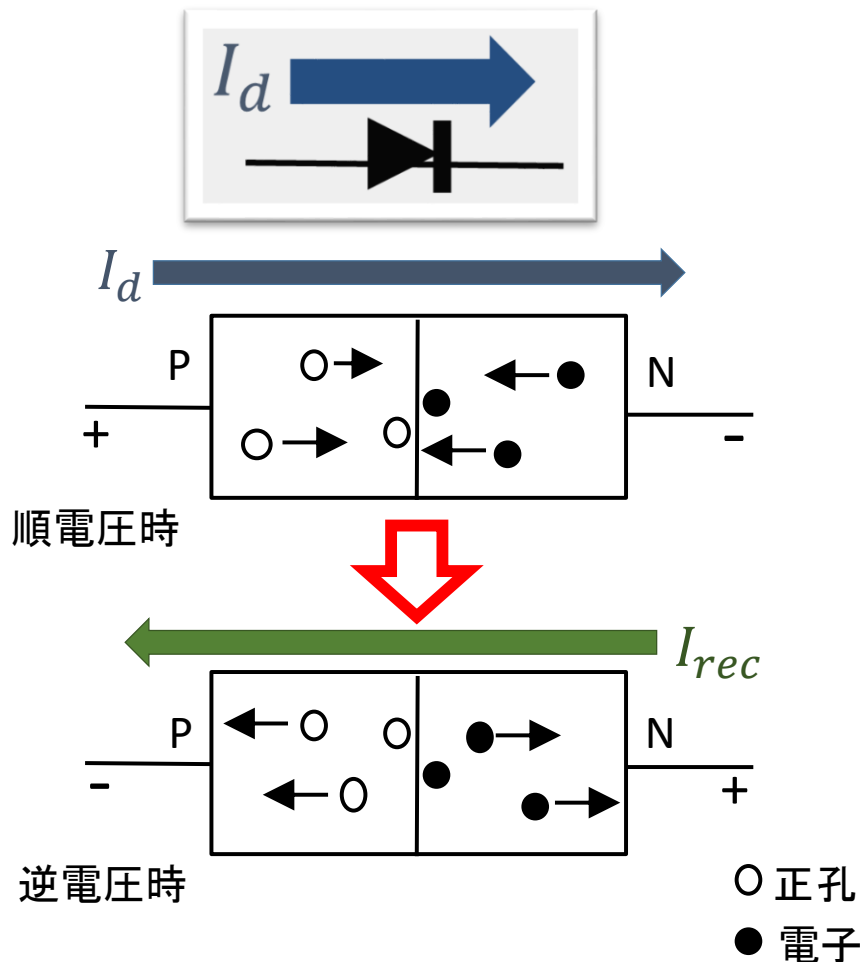


アウトライン

- 研究背景・目的
- 従来方式PFC電源
- 提案方式PFC電源
 - PFC電源でのスペクトラム拡散
- **ダイオードのリカバリ電流削減**
- まとめ

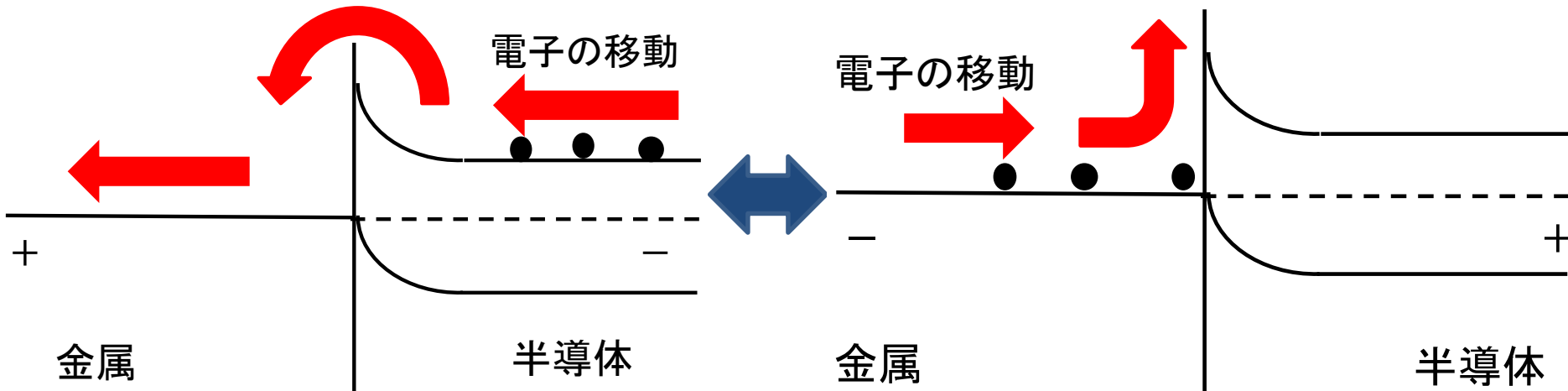
ダイオードのリカバリー電流

- 電圧オフの瞬間に発生
→ クロック数の増加で**損失拡大**



リカバリー電流低減案

- ショットキーバリアダイオード(SBD)の使用



しかしSiを使用したものは耐圧が低く使用不可



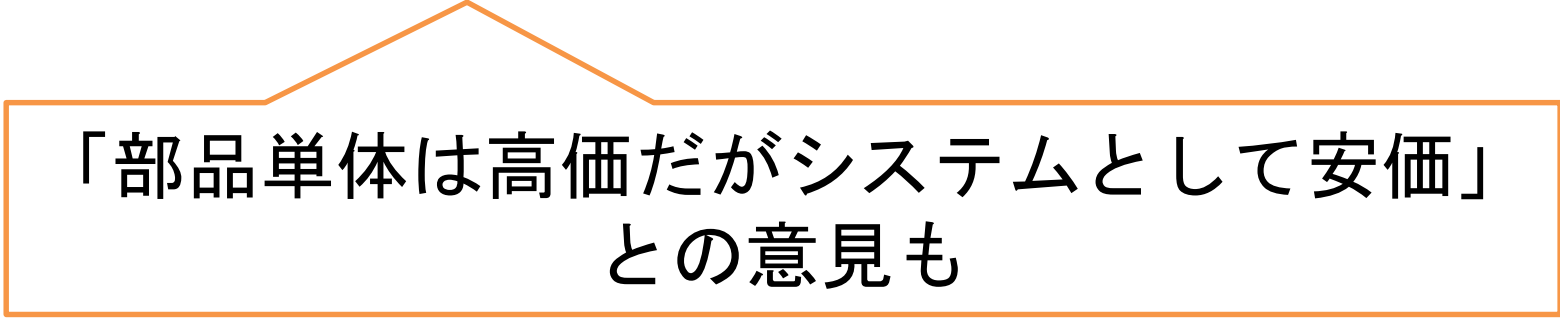
SiCに変更で問題解決(耐圧200V→600V)

SiCについて

- Si ↔ SiCの違い

長所 — 耐圧や高速動作で利用可能

短所 — コストが高い

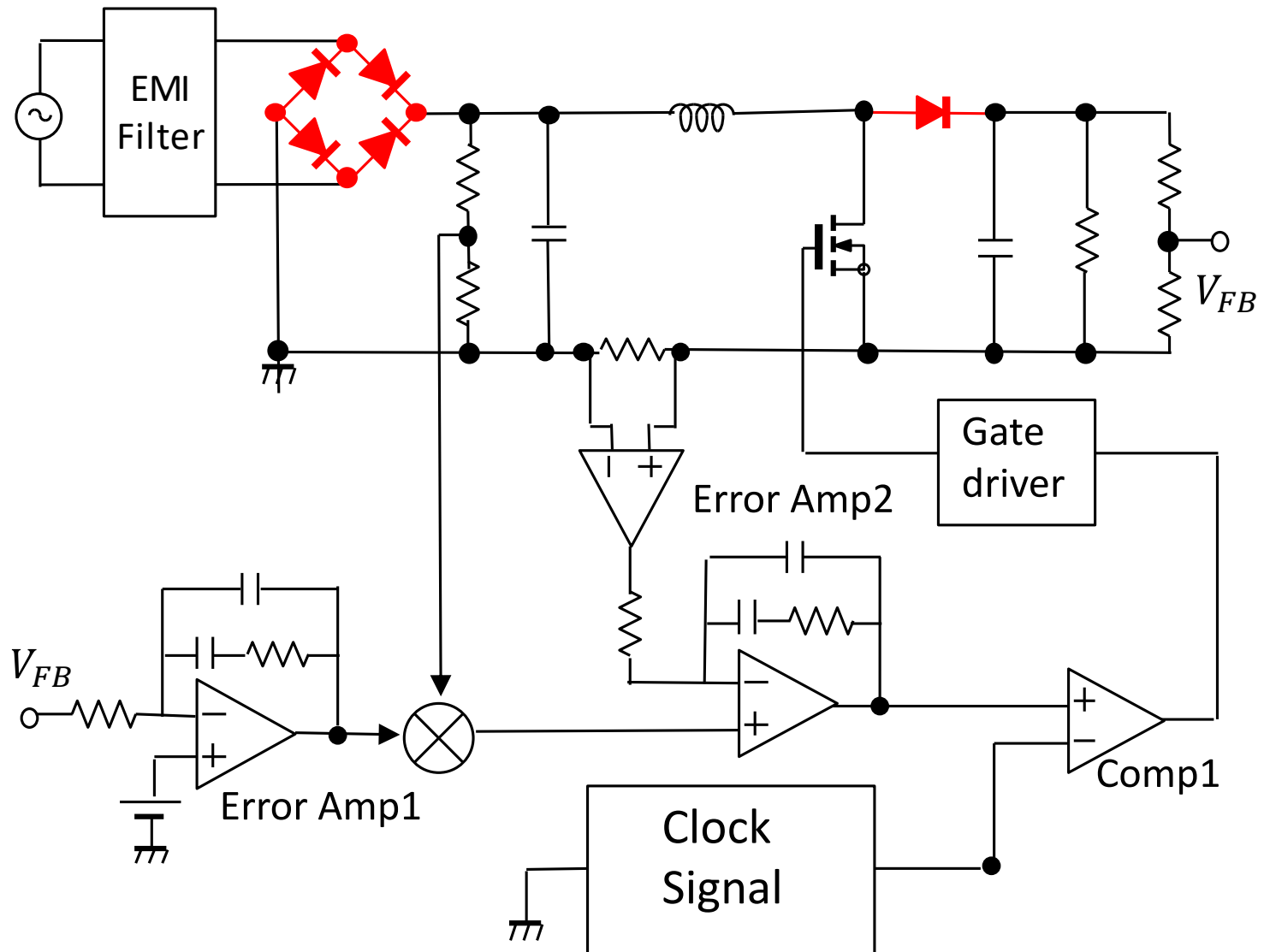


「部品単体は高価だがシステムとして安価」
との意見も



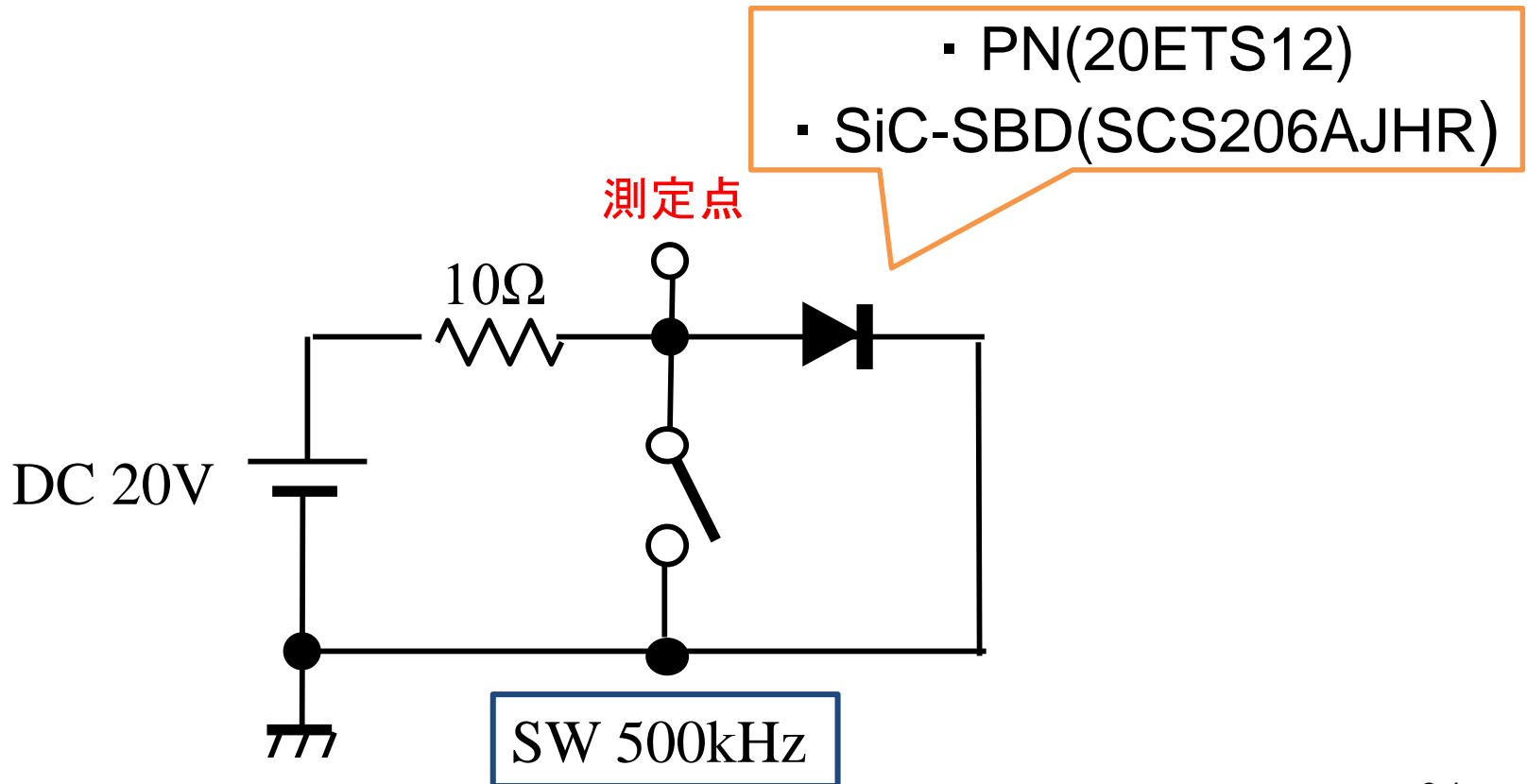
普及によって問題緩和

主なりカバリー電流発生箇所



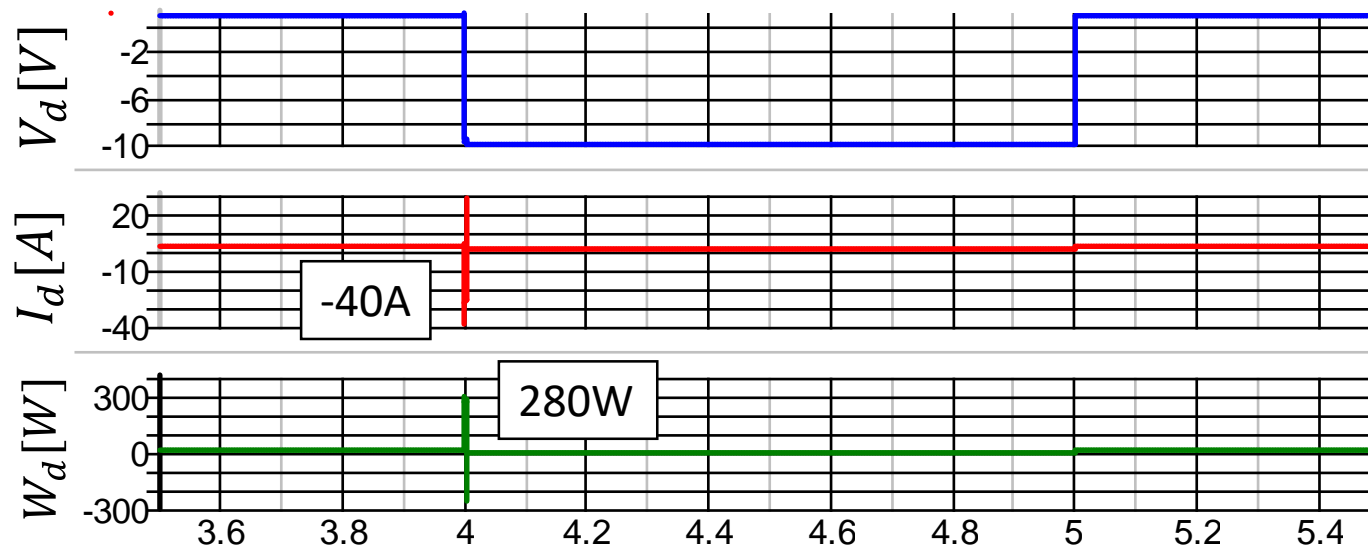
シミュレーション回路

- ダイオード単体を検証
- 同一測定点で電圧、電流、電力の変化をシミュレーション

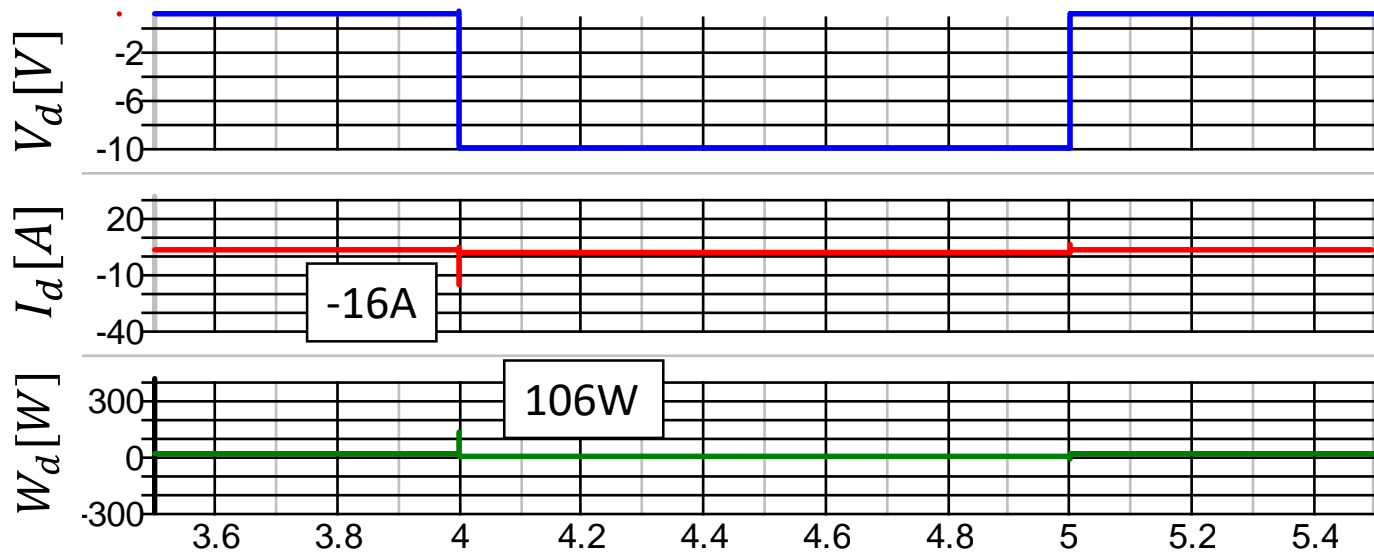


シミュレーション結果

PN

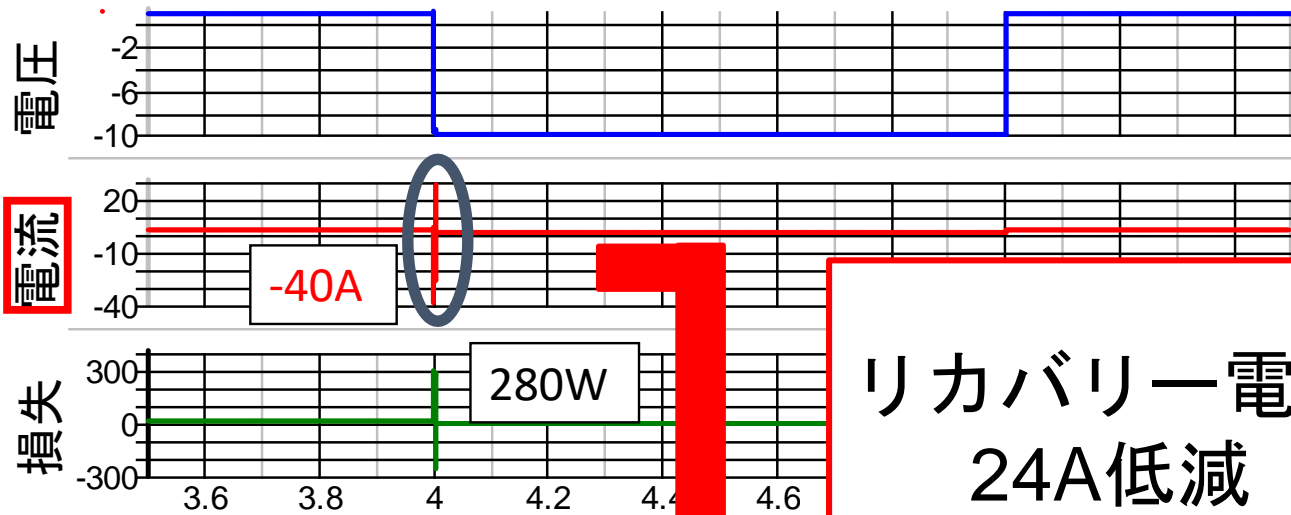


SiC-SBD

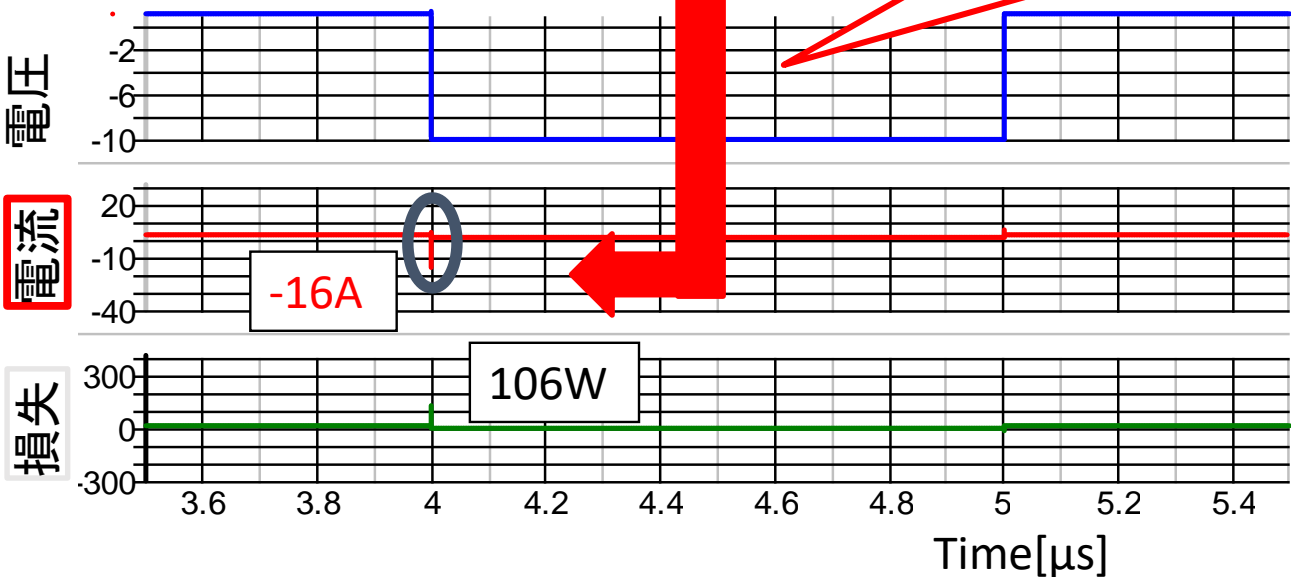


シミュレーション結果

PN

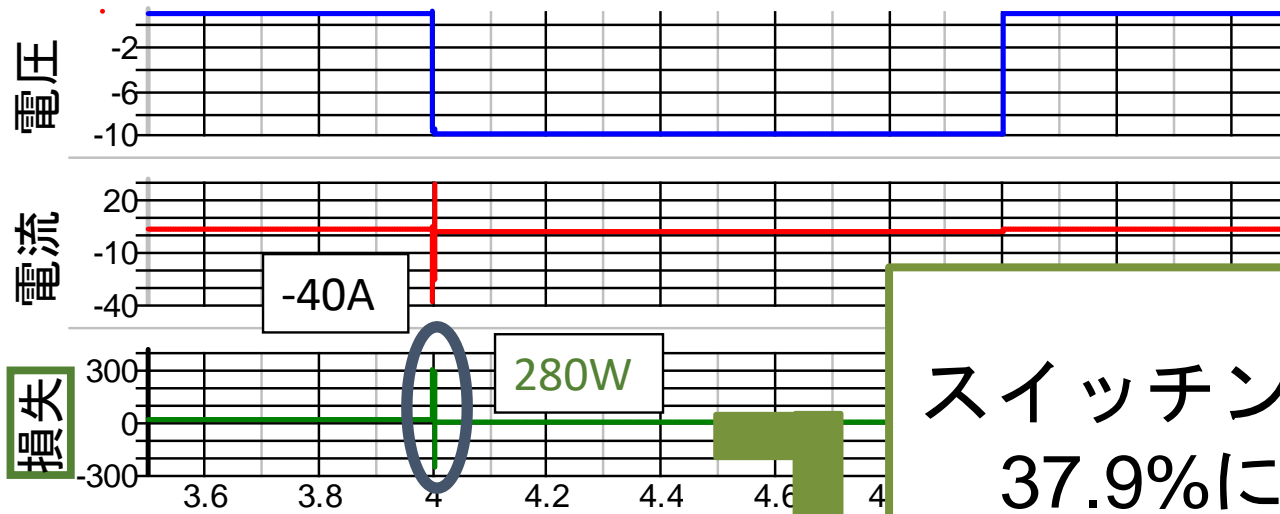


SiC-SBD



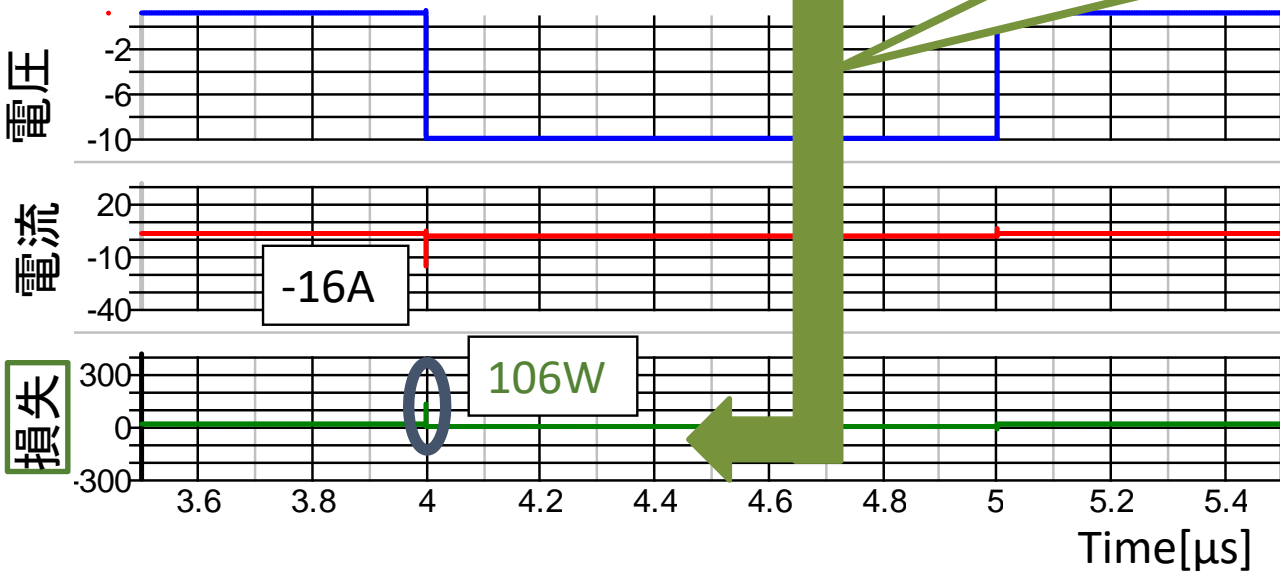
シミュレーション結果

PN



スイッチング損失
37.9%に低減

SiC-SBD



アウトライン

- 研究背景・目的
- 従来方式PFC電源
- 提案方式PFC電源
 - PFC電源でのスペクトラム拡散
- ダイオードのリカバリー電流削減
- まとめ

まとめ

- PFC電源の高速化のため以下を提案

1. 周波数変調を用いたPFC電源

- クロック信号の固定周波数 → 周波数変調

➡ EMIを低減

2. リカバリ電流低減のシミュレーション

- PNダイオードとSiC-SBDの

スイッチング損失比較

➡ 効率を改善

電力も扱い方次第

「兵の形は水に象(かたど)る

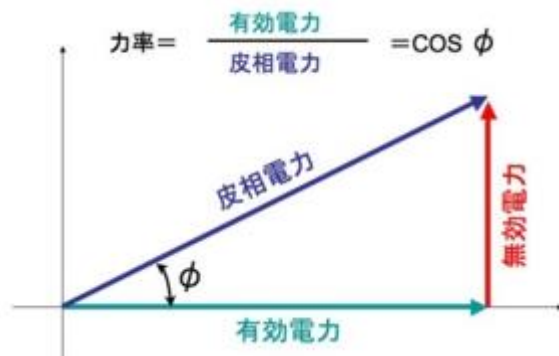
実を避けて**虚**を撃つ」

上田合戦の様に (孫子の兵法 虚実編)
柔軟な戦術を！
by 真田幸村



本稿では・・・

実効電力を避けて**無**効電力を撃つ



力率改善は無効電力を狙い撃ち、
高調波抑制につながる！



参考資料へ

高速化の現状

- ・現状PFCのクロック周波数

- 50～75kHzのものが大多数

- ex)TOSHIBA/ TB6819AFG (75kHz)

- RENESAS/ R2A20131SP(58～71kHz)

- ・高速化の利点

- - ・高周波数になるほど搭載するインダクタやコンデンサを縮小、回路規模が小さく

- ・回路内の応答速度が上昇、損失を最小限に

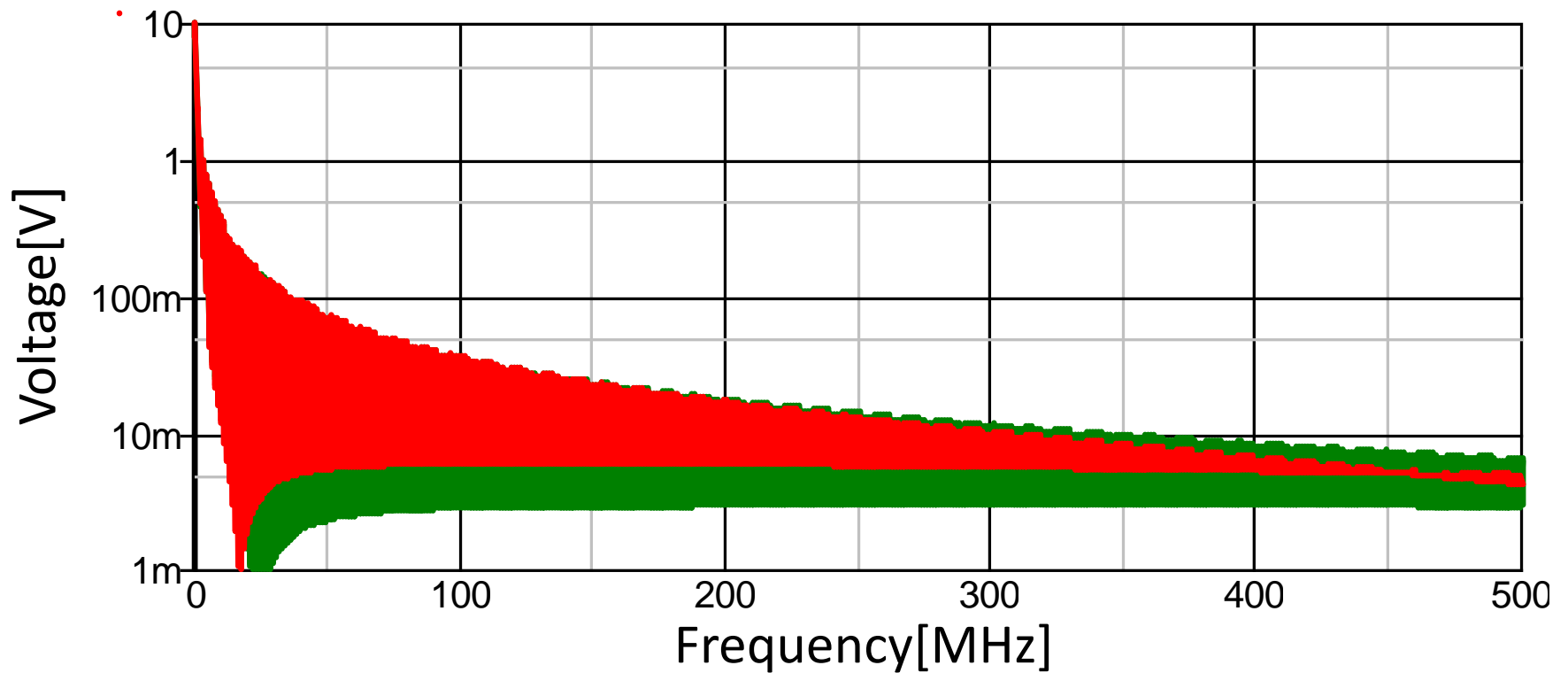
SBDについて

- SBDの利用金属

→バリアメタルを使用。

金属膜として使用されるチタン、モリブデン、プラチナなど。

PNDとSBDの高調波比較



周波数が高くなる程に低減

質問

Q.変調周波数ってどういうこと？クロック変化してない？

A.基準となる周波数の前後に変調(ゆする)技術です。そのため変調周波数がクロックそのものではない。

- EMI低減は過去CPUでやっていた。でも電源回路は聞いたことがない(アドバイス)

Q.PFC回路でリカバリー低減すると実際効率どうなる？

A.これから具体的に検証する段階です。