

高効率力率改善電源のブリッジレス化

アーマッド ブストニ、大岩 紀行、櫻井 翔太郎、
孫 逸菲、小堀 康功、小林 春夫



群馬大学工学部 電子情報理工学科

アウトライン

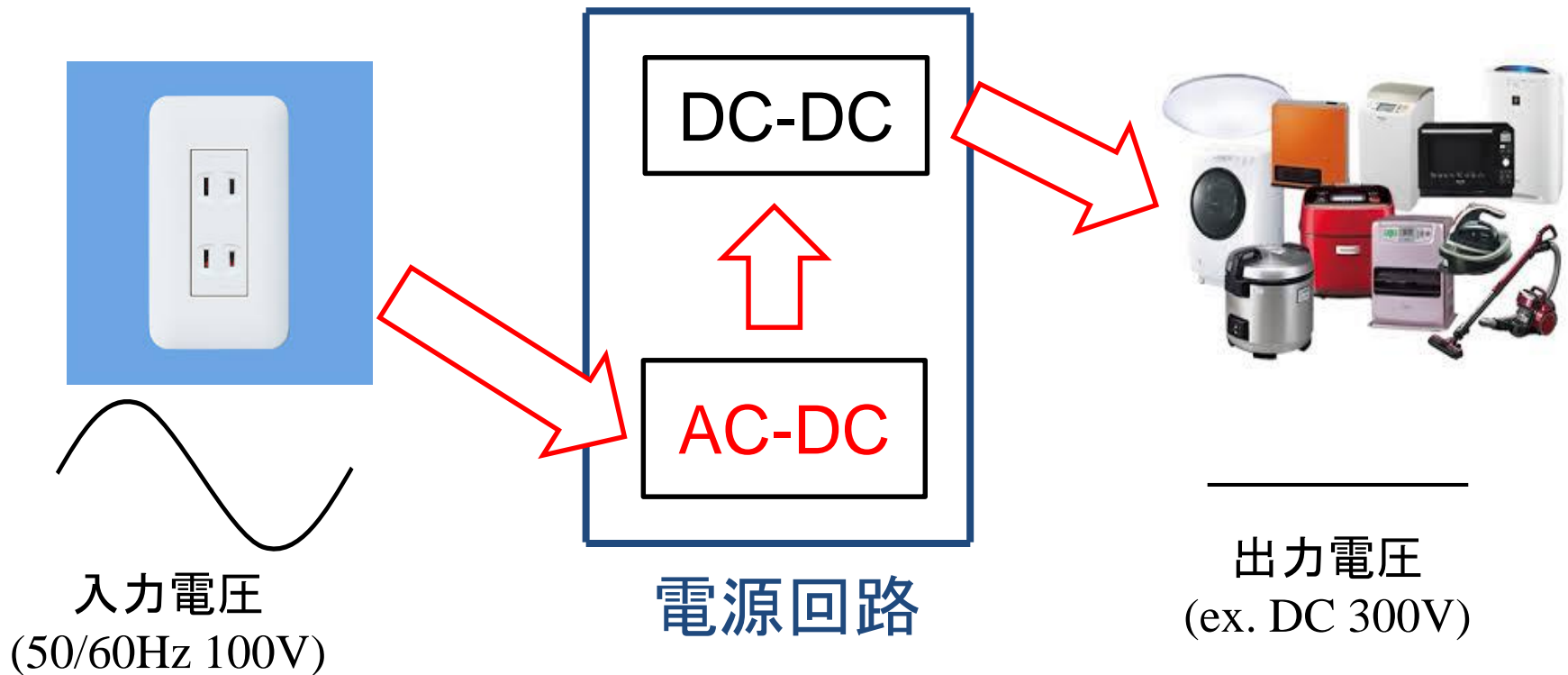
- 背景・目的
- 基本PFC電源回路
- 従来PFC(ハーフブリッジレス)整流回路
- 提案PFC(フルブリッジレス)整流回路
- まとめ

アウトライン

- 背景・目的
- 基本PFC電源回路
- 従来PFC(ハーフブリッジレス)整流回路
- 提案PFC(フルブリッジレス)整流回路
- まとめ

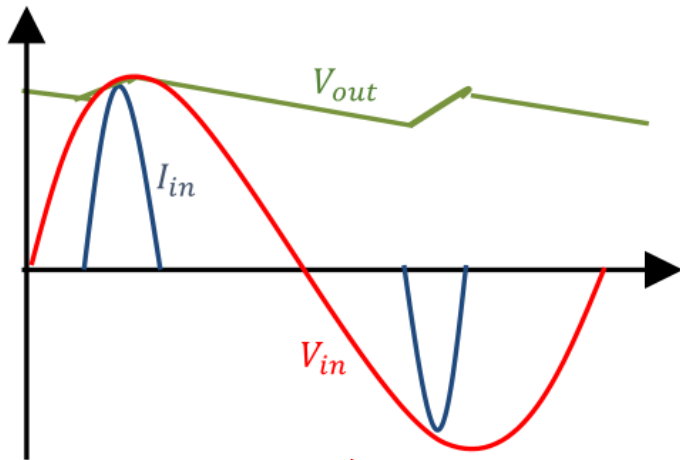
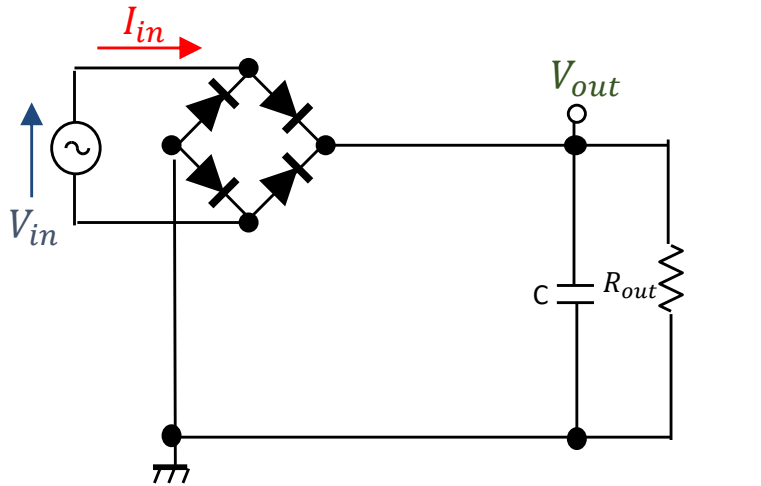
AC-DC 電源回路

- 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

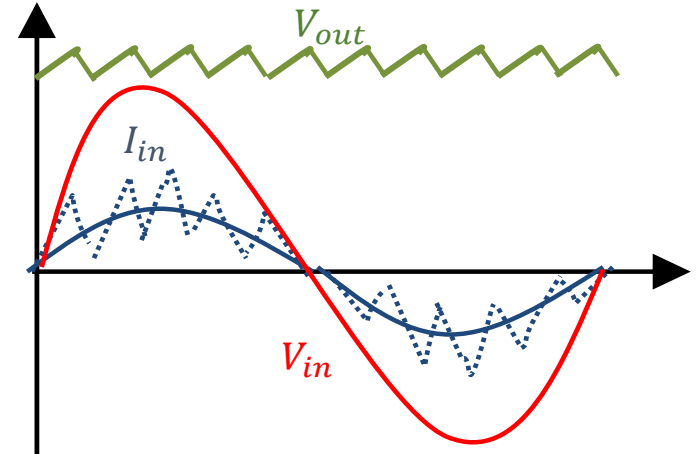
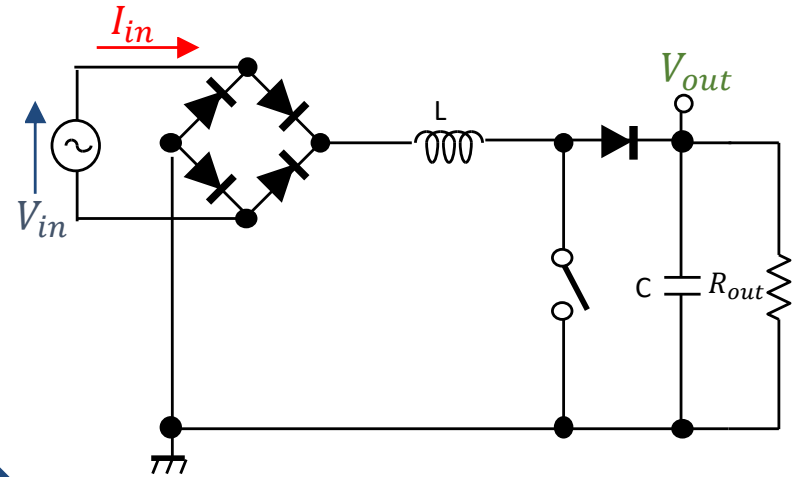


PFC 電源回路

- 入力電流の歪み解消

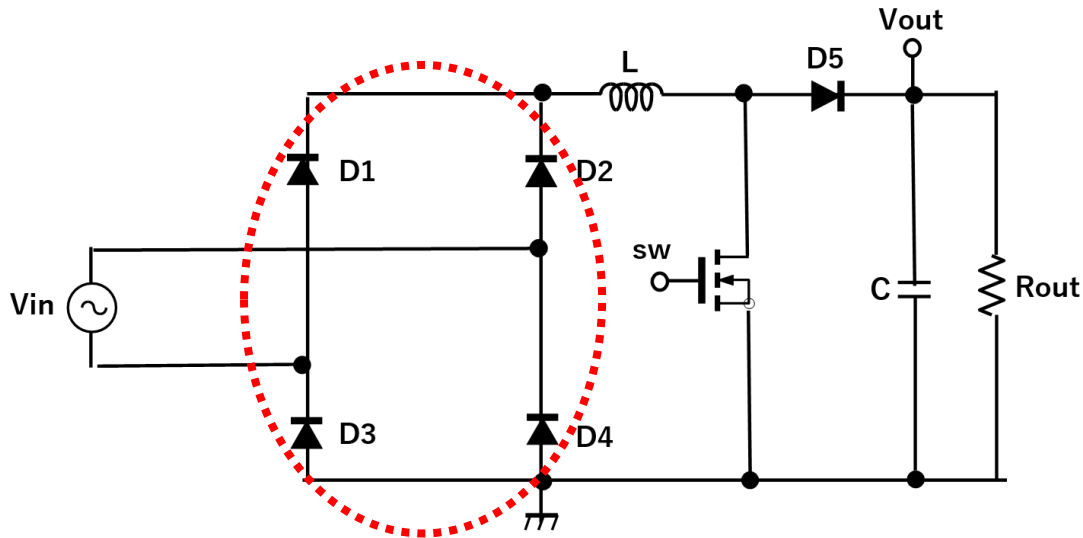


PFCなし



PFCあり

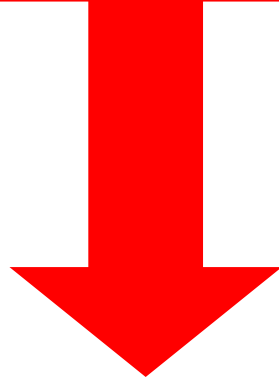
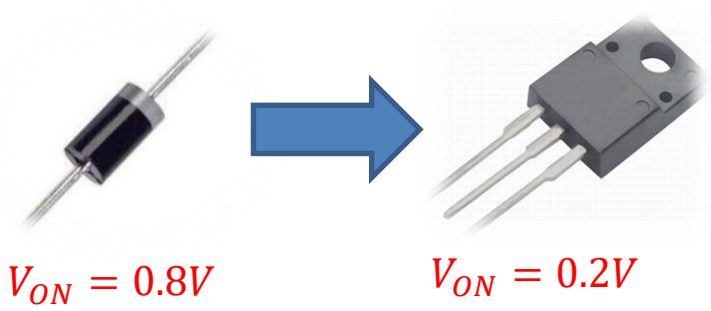
目的



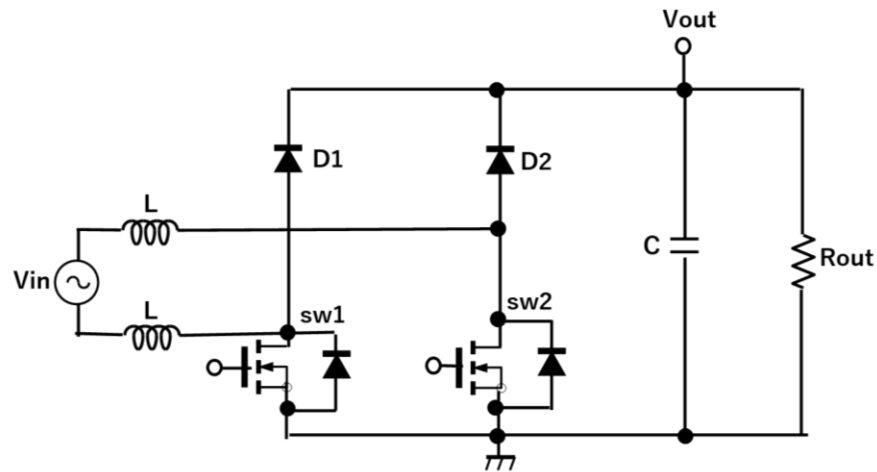
基本 PFC

ダイオードブリッジ
降下電圧 なくす

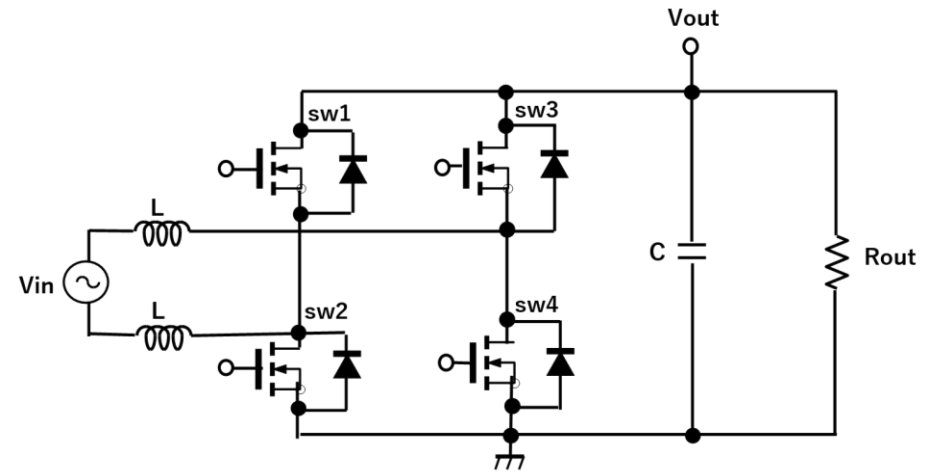
電力損失



PFC電源の効率改善手方



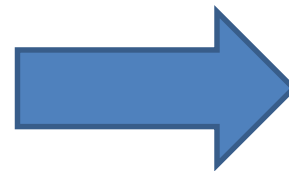
従来PFC (ハーフブリッジレス)



提案 PFC (フルブリッジレス)

● 提案 PFC (フルブリッジレス)電源の問題と解決

逆電流のため
動作ないところ 発生

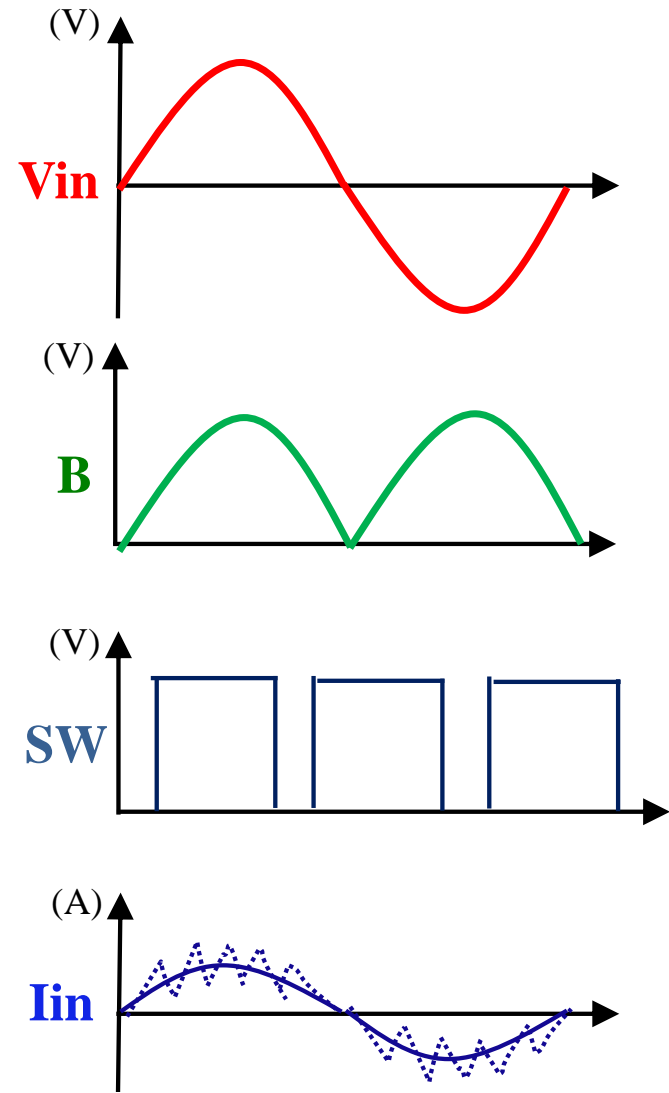
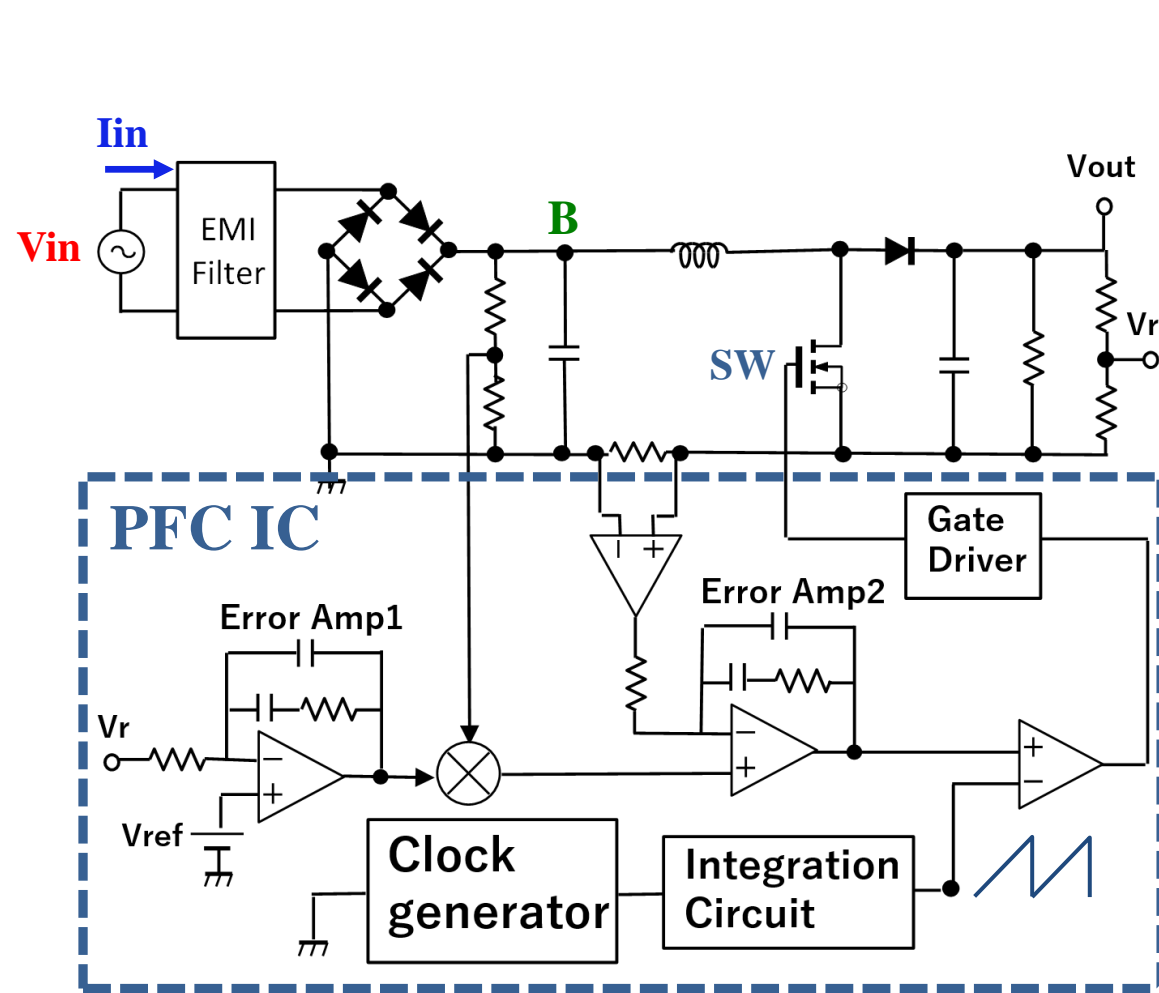


V_{Lim} 制御回路

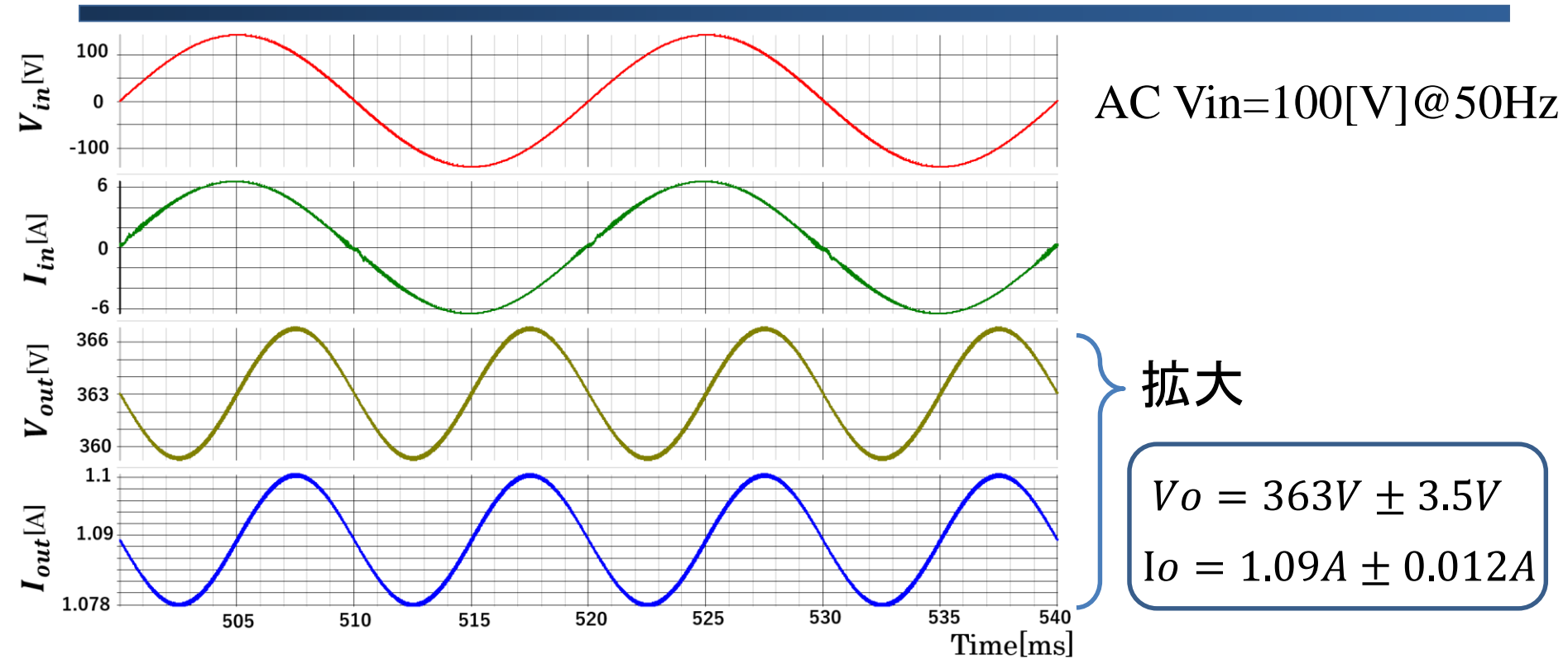
アウトライン

- 背景・目的
- **基本PFC電源回路**
- 従来PFC(ハーフブリッジレス)整流回路
- 提案PFC(フルブリッジレス)整流回路
- まとめ

基本PFC電源回路



基本PFC電源の効率



パラメータ	シミュレーション値
I_{in}	4.63[A]
入力電力	463[W]
出力電力	396[W]

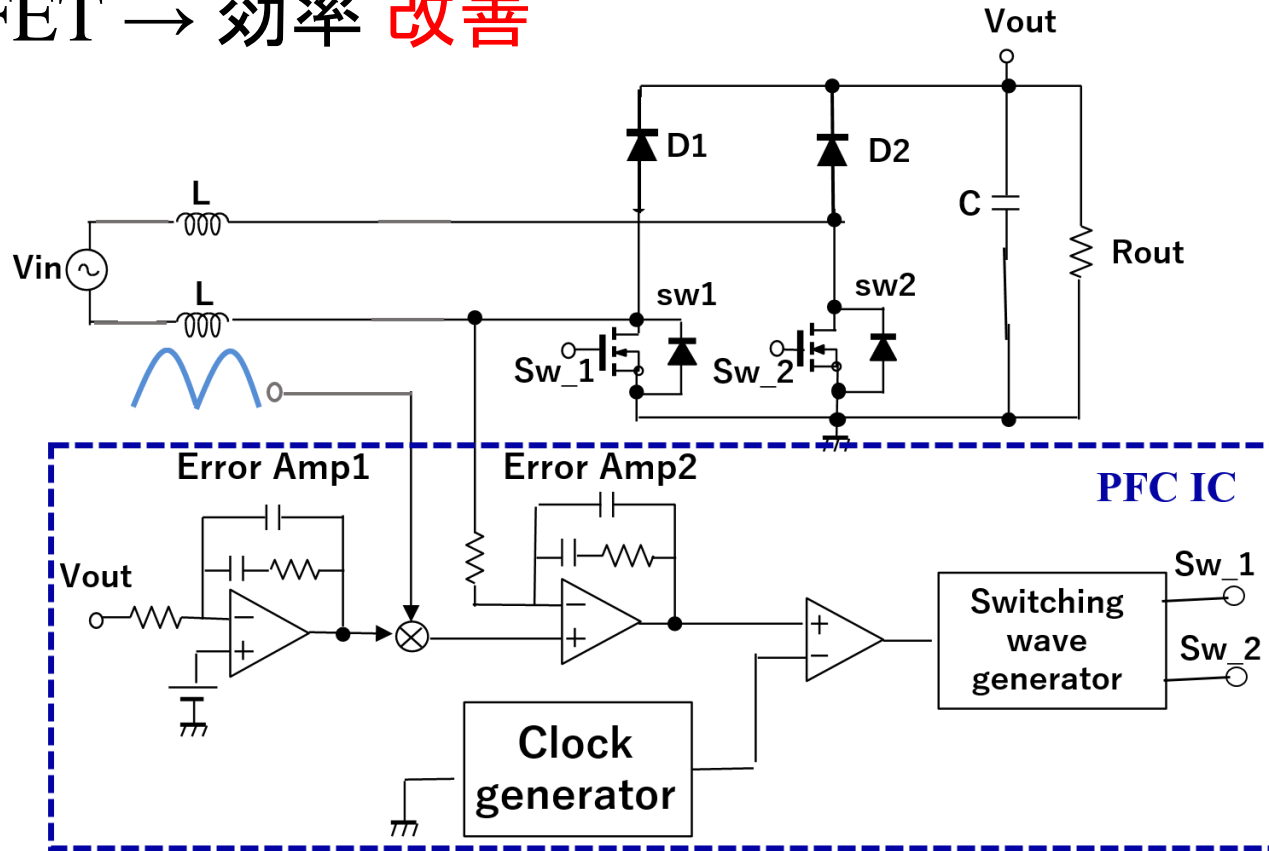
$$\begin{aligned} \text{効率} &= \frac{\text{出力電力}}{\text{入力電力}} \times 100\% \\ &= \frac{396}{463} \times 100\% = 85.5\% \end{aligned}$$

アウトライン

- 背景・目的
- 基本PFC電源回路
- 従来PFC(ハーフブリッジレス)整流回路
- 提案PFC(フルブリッジレス)整流回路
- まとめ

従来ハーフブリッジレス整流回路

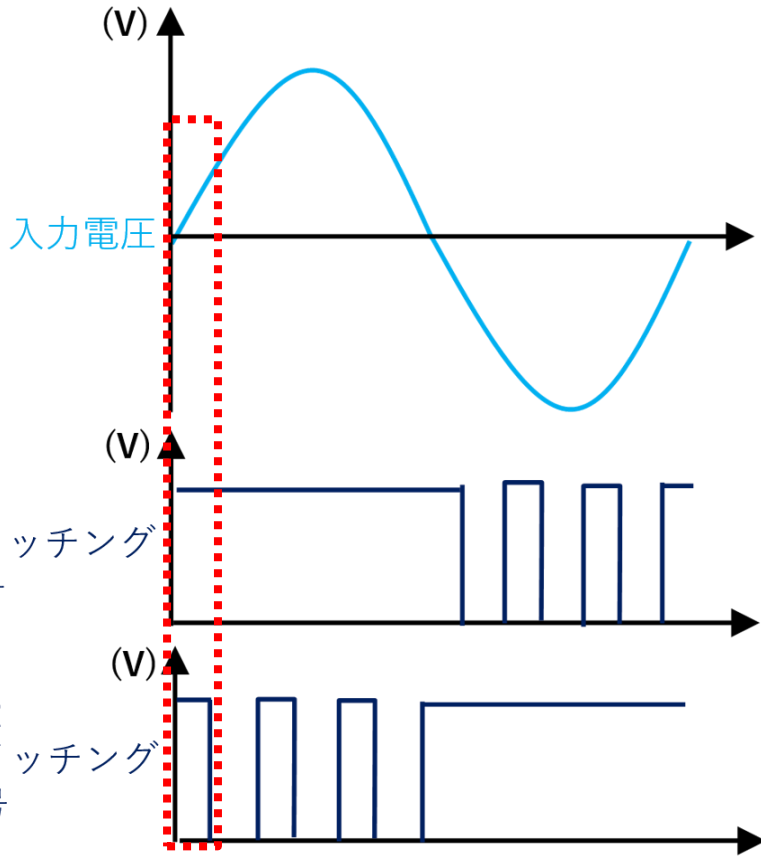
MOSFET → 効率 **改善**



シミュレーションの条件

- $V_{in} = 100[V_{rms}] @ 50Hz$
- クロック周波数 = 200[kHz]
- $L = 2.2[mH]$
- $C = 470[uF]$
- $R_{DS(on)} = 200[m\Omega]$

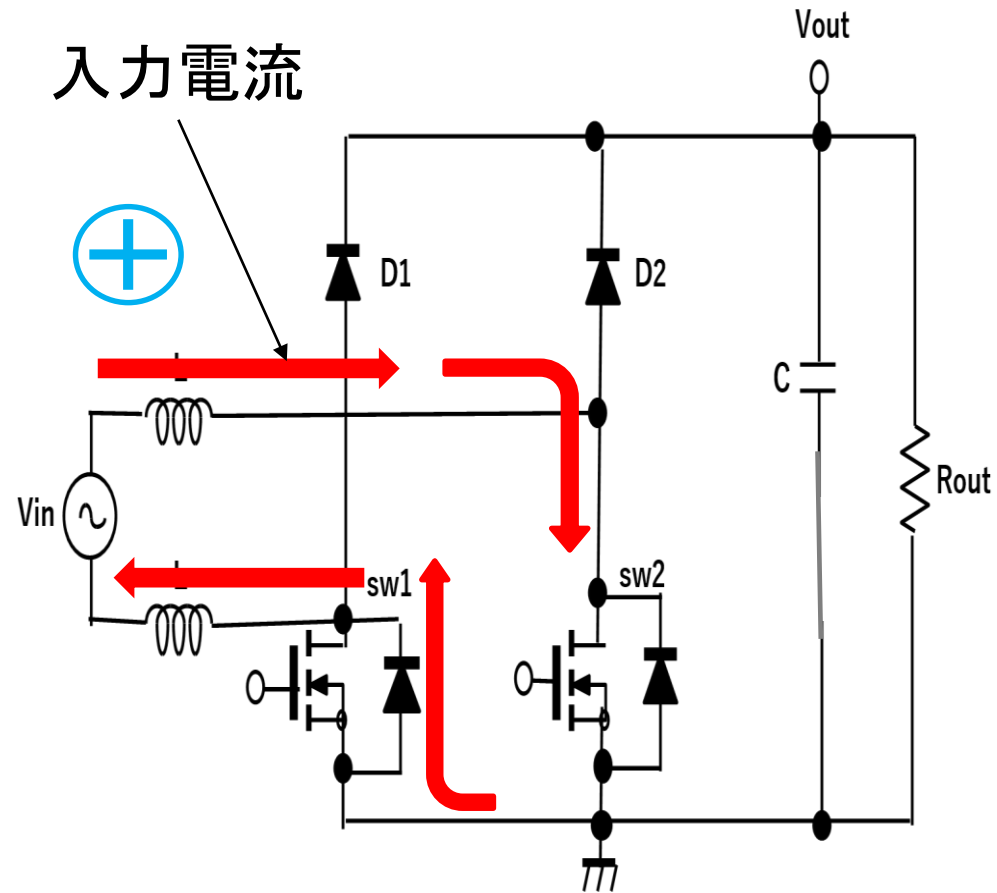
従来ハーフブリッジレスの動作(1/2)



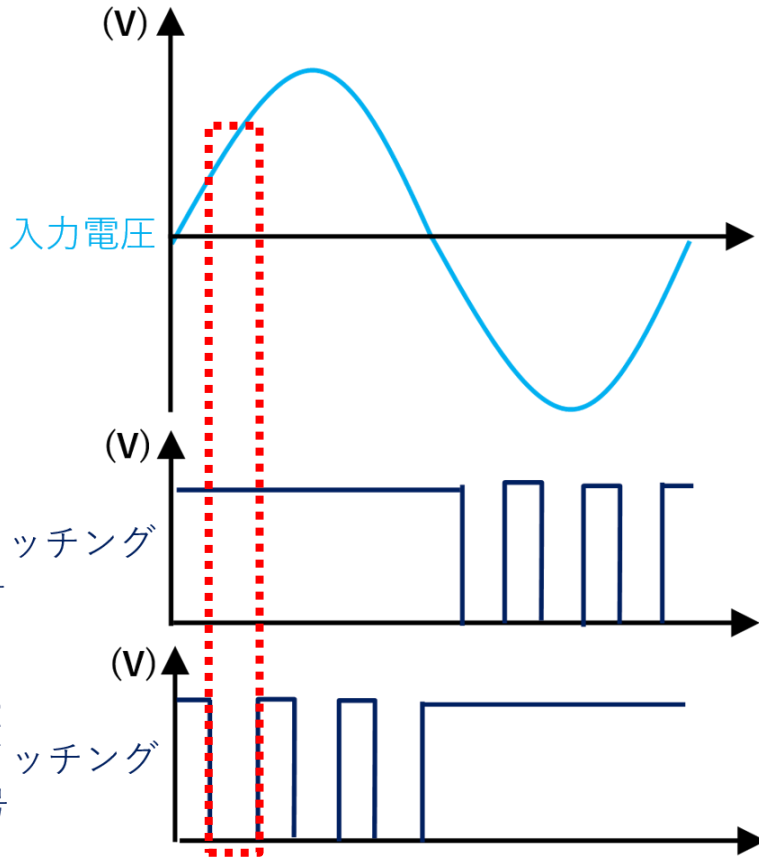
$V_{in} > 0$

sw1 → ON

sw2 → ON



従来ハーフブリッジレスの動作(2/2)

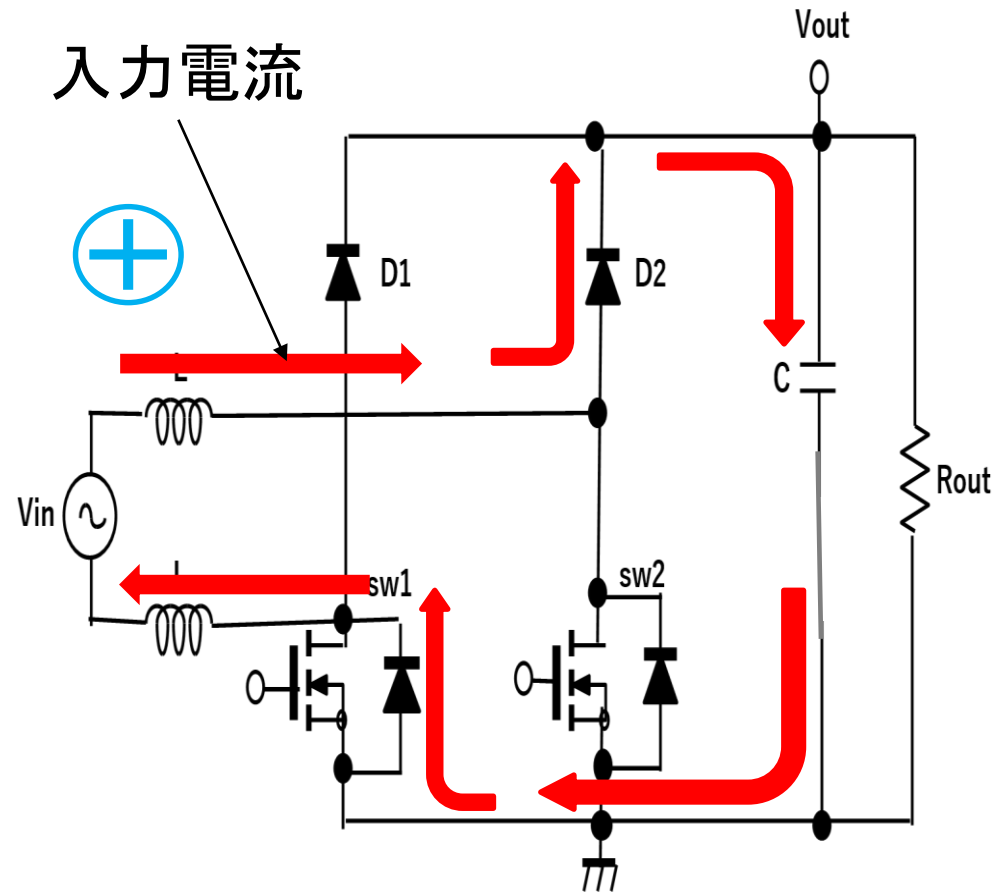


$V_{in} > 0$

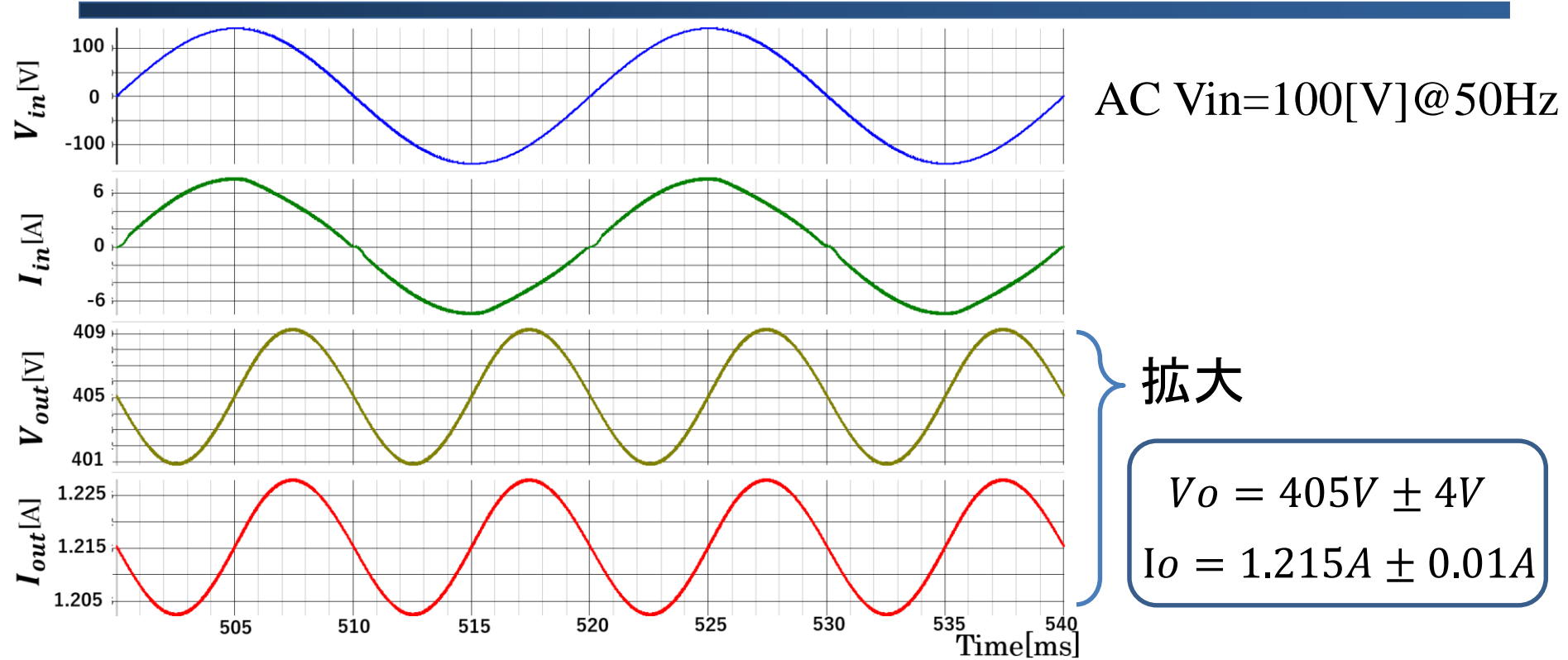
sw1 → ON

sw2 → OFF

昇圧電源回路



従来PFC電源の効率



パラメータ	シミュレーション値
I_{in}	5.33[A]
入力電力	533[W]
出力電力	492[W]

$$\begin{aligned} \text{効率} &= \frac{\text{出力電力}}{\text{入力電力}} \times 100\% \\ &= \frac{492}{533} \times 100\% = 92.3\% \end{aligned}$$

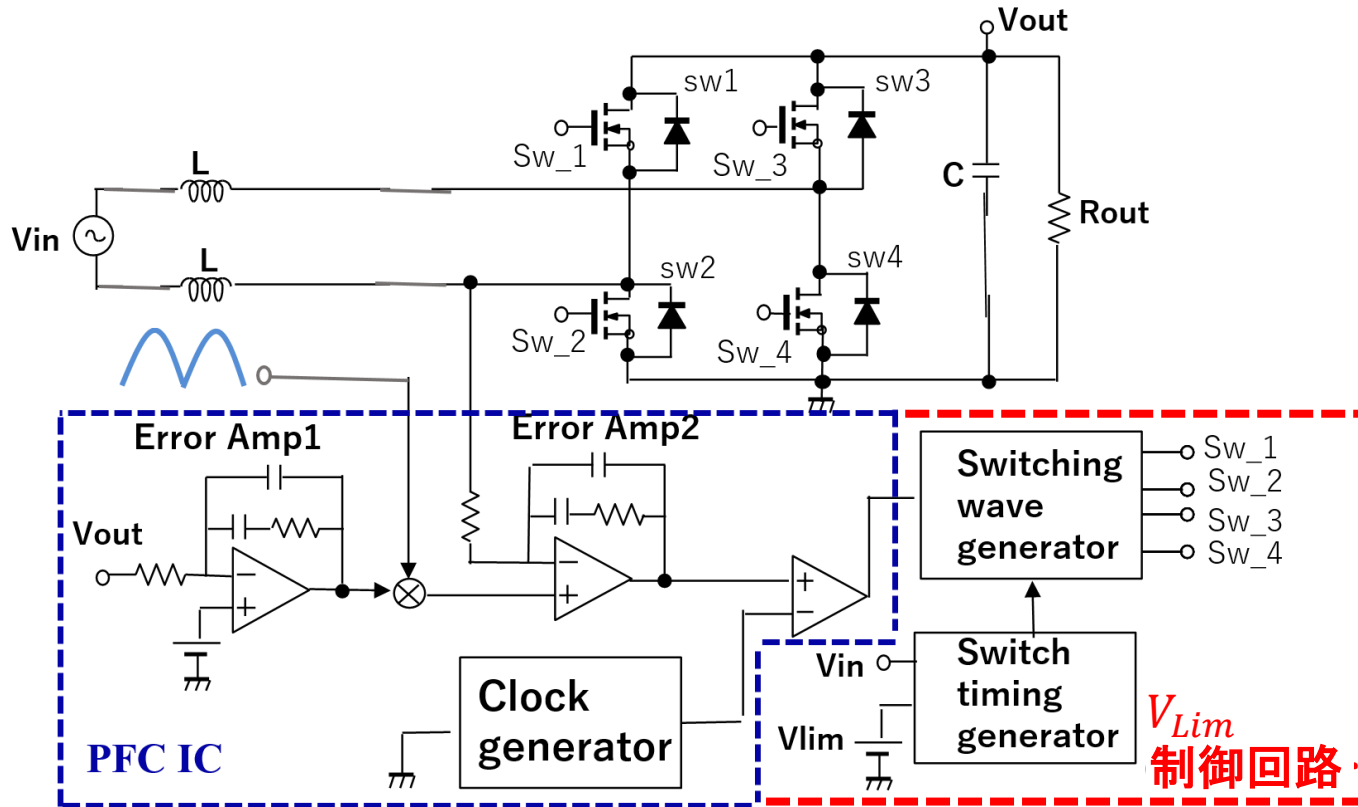
(> 85.5% 基本PFC)

アウトライン

- 背景・目的
- 基本PFC電源回路
- 従来PFC(ハーフブリッジレス)整流回路
- **提案PFC(フルブリッジレス)整流回路**
- まとめ

提案フルブリッジレス整流回路

V_{Lim} 制御回路 → スイッチsw1とsw3における逆電流 防止



シミュレーションの条件

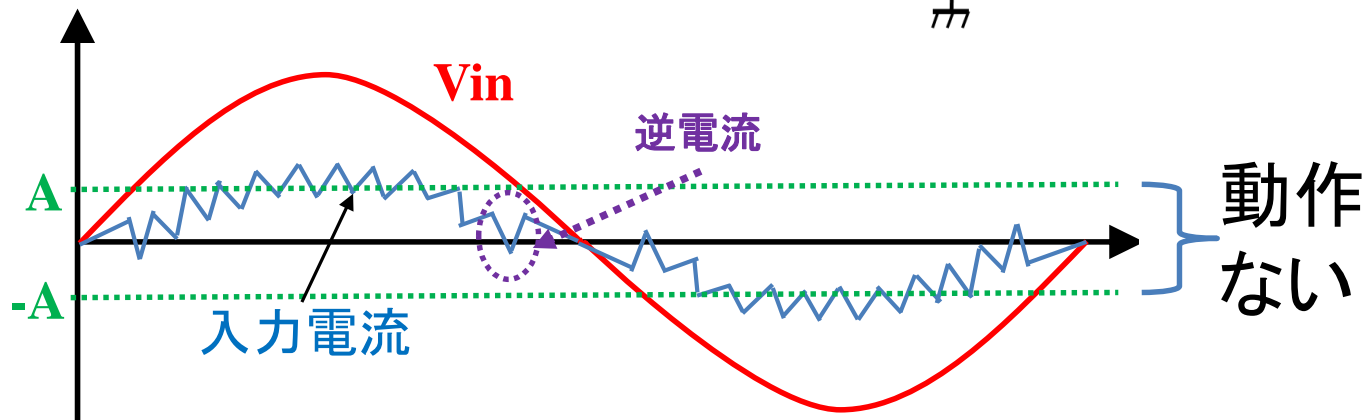
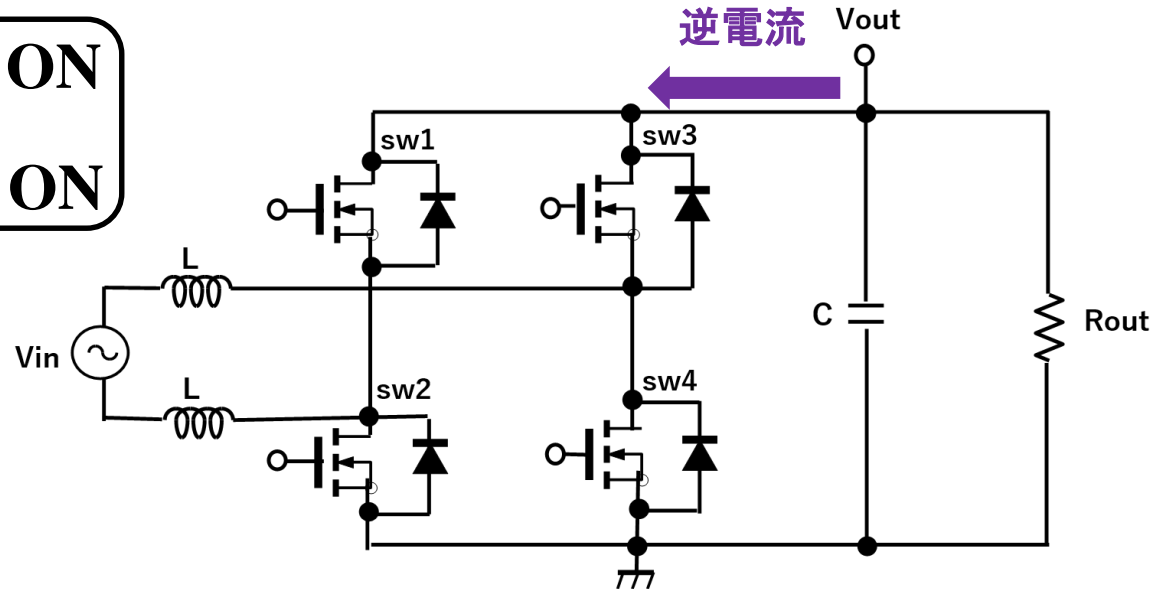
- $V_{in} = 100[V_{rms}]@50Hz$
- クロック周波数 = 200[kHz]
- $L = 2.2[mH]$
- $C = 470[uF]$
- $R_{DS(on)} = 200[m\Omega]$

逆電流

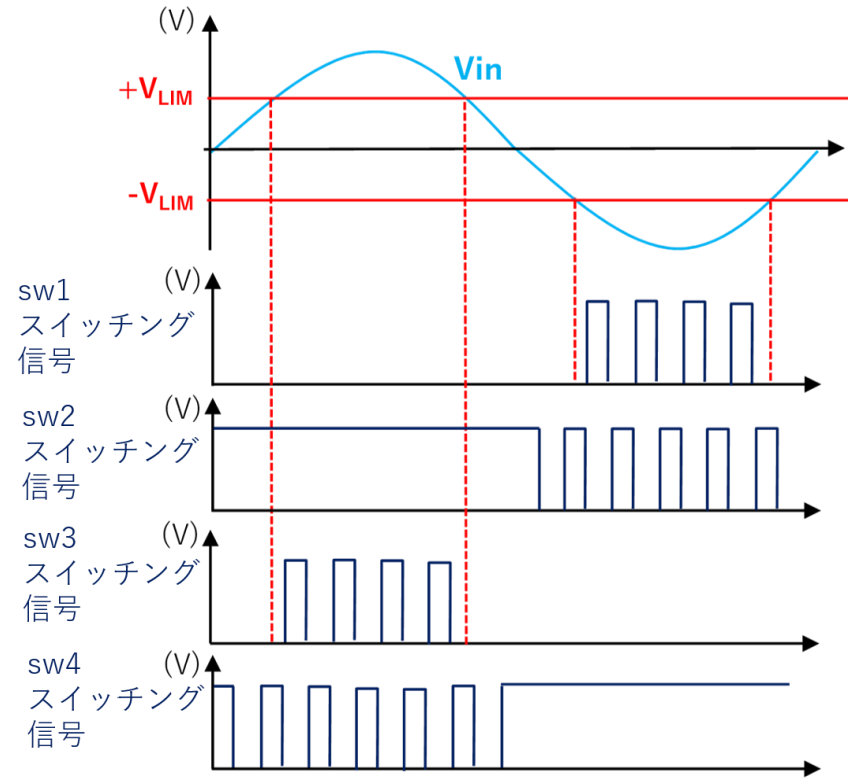
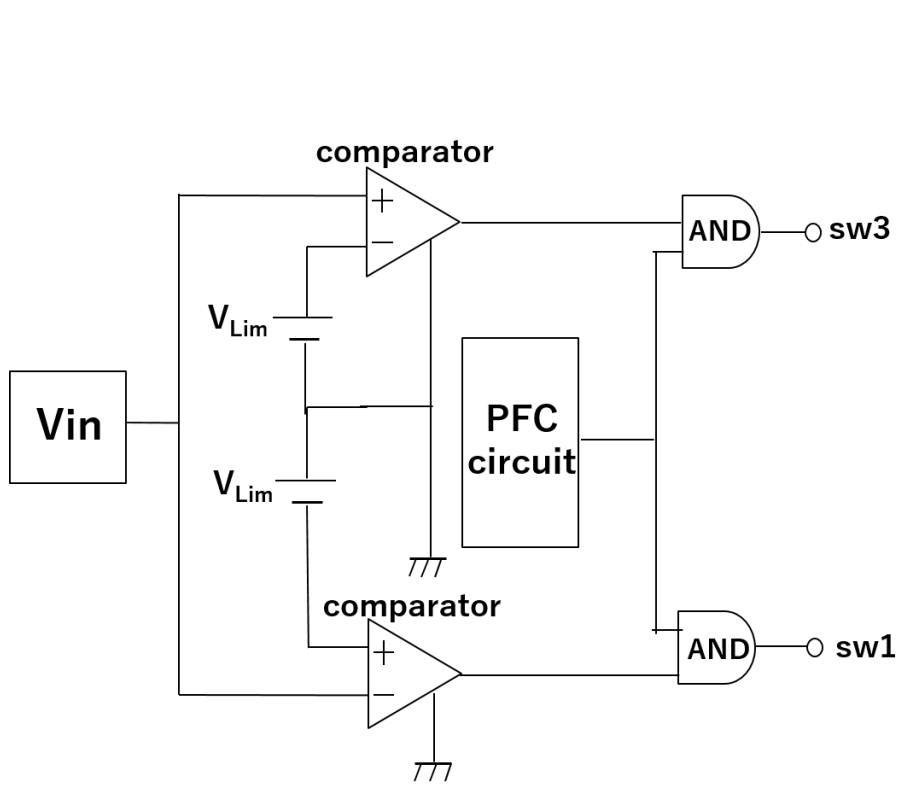
- V_{Lim} 制御回路 **ない**

$V_{in} < A$ & sw3 ON

$V_{in} > -A$ & sw1 ON



V_{Lim} 制御回路



$V_{in} < V_{Lim}$ \longrightarrow $sw3$ OFF

$V_{in} > -V_{Lim}$ \longrightarrow $sw1$ OFF

提案フルブリッジレスの動作(1/4)

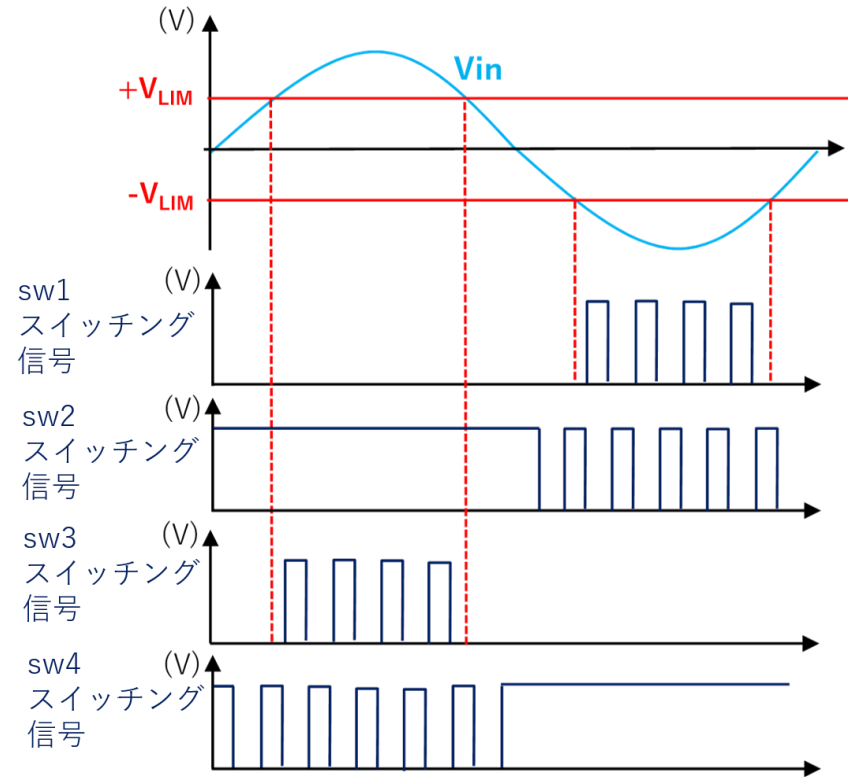
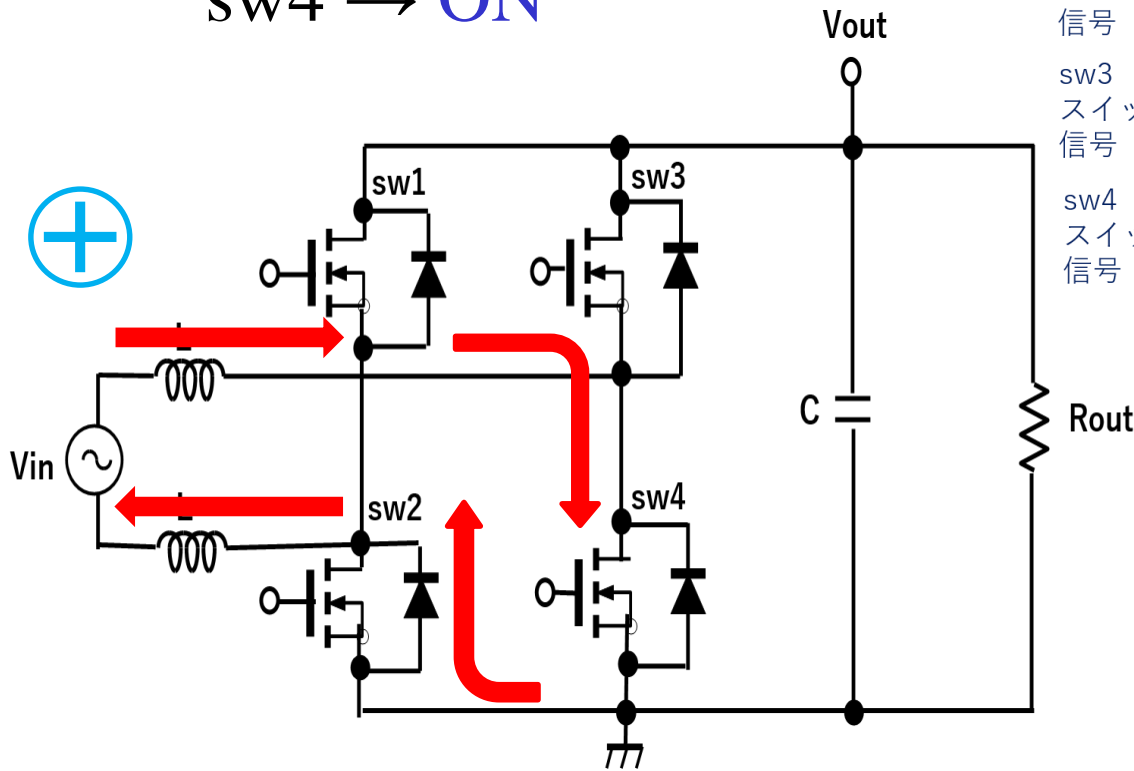
$V_{in} < V_{Lim}$

sw1 → OFF

sw2 → ON

sw3 → OFF

sw4 → ON



提案フルブリッジレスの動作(2/4)

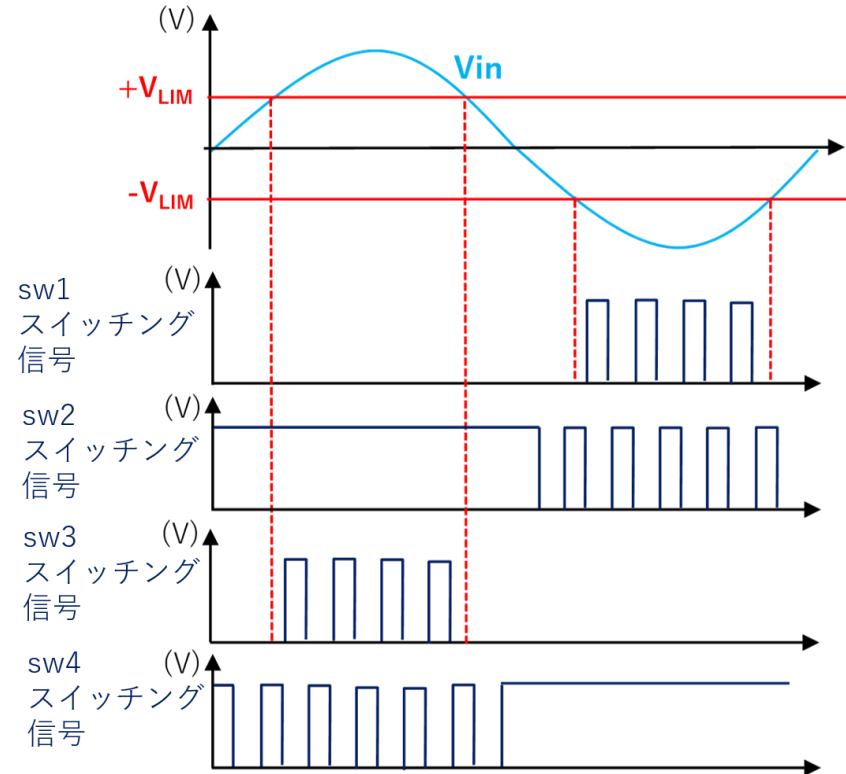
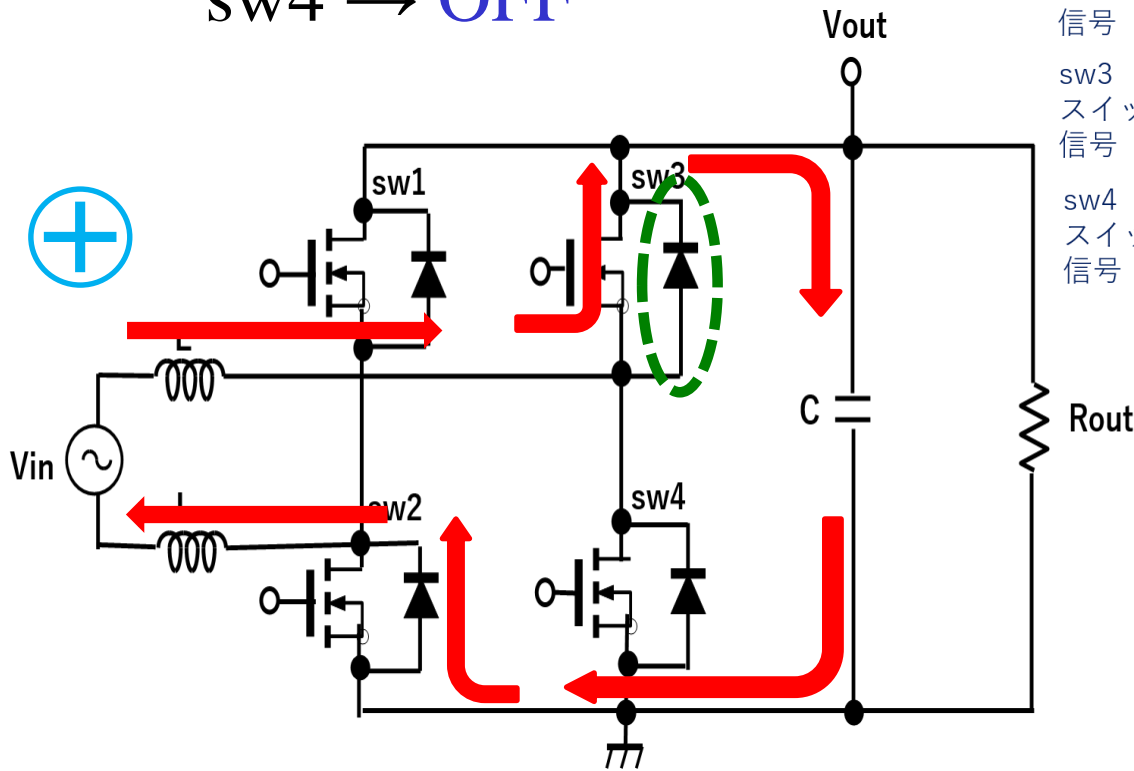
$V_{in} < V_{Lim}$

sw1 → OFF

sw2 → ON

sw3 → OFF

sw4 → OFF



提案フルブリッジレスの動作(3/4)

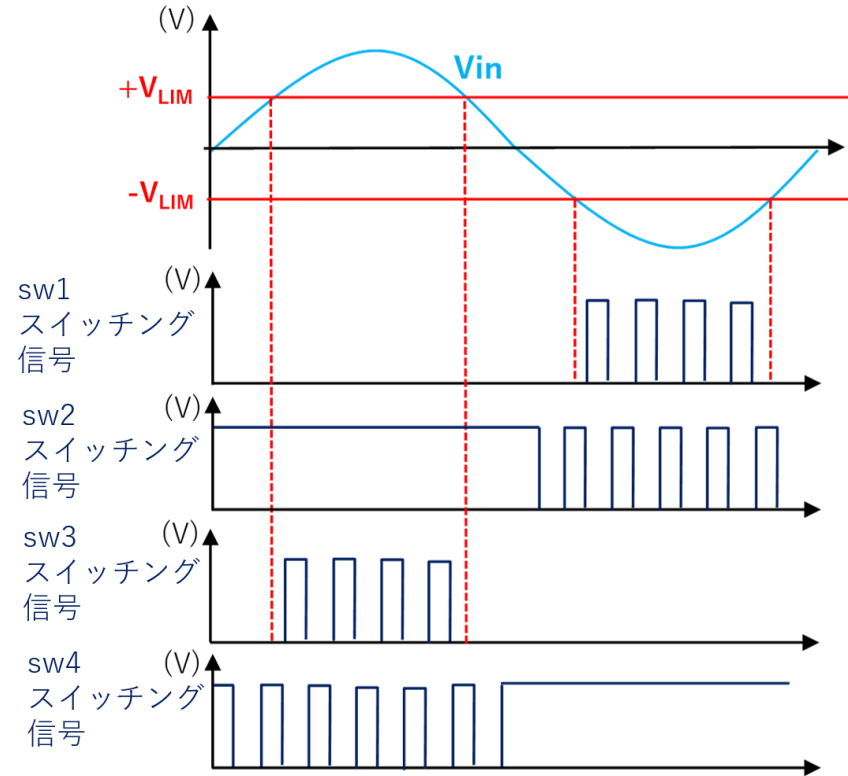
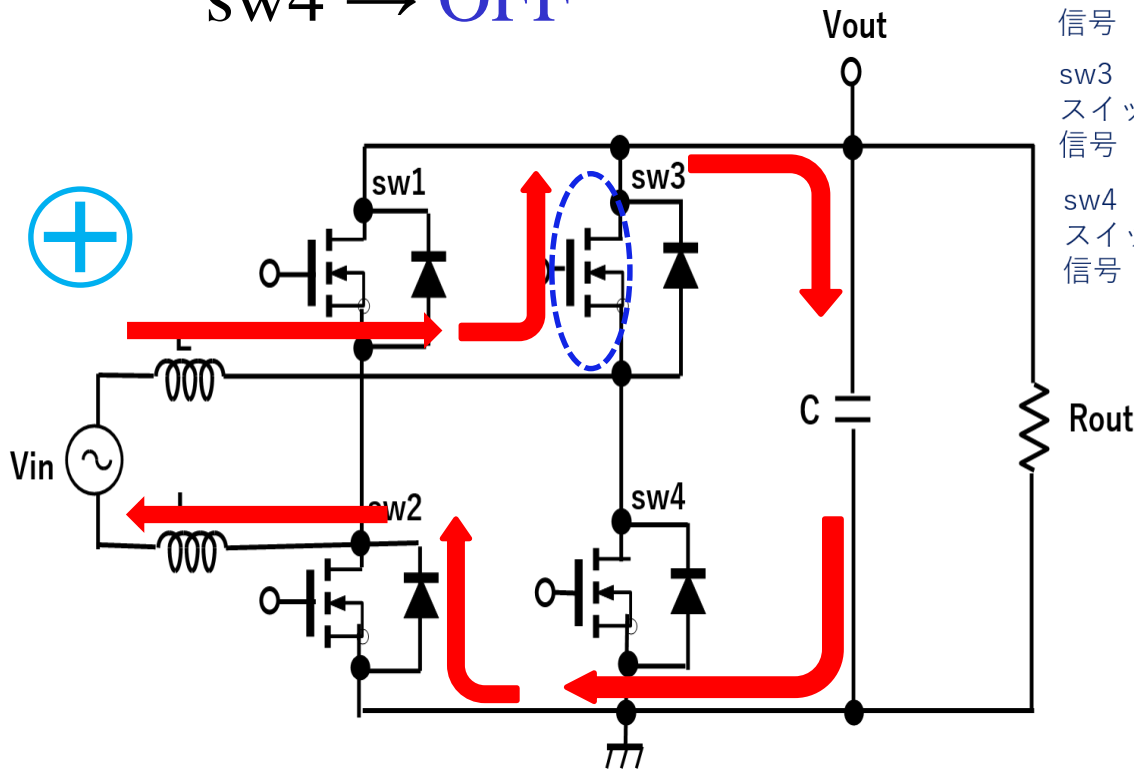
$V_{in} > V_{Lim}$

sw1 → OFF

sw2 → ON

sw3 → ON

sw4 → OFF



提案フルブリッジレスの動作(4/4)

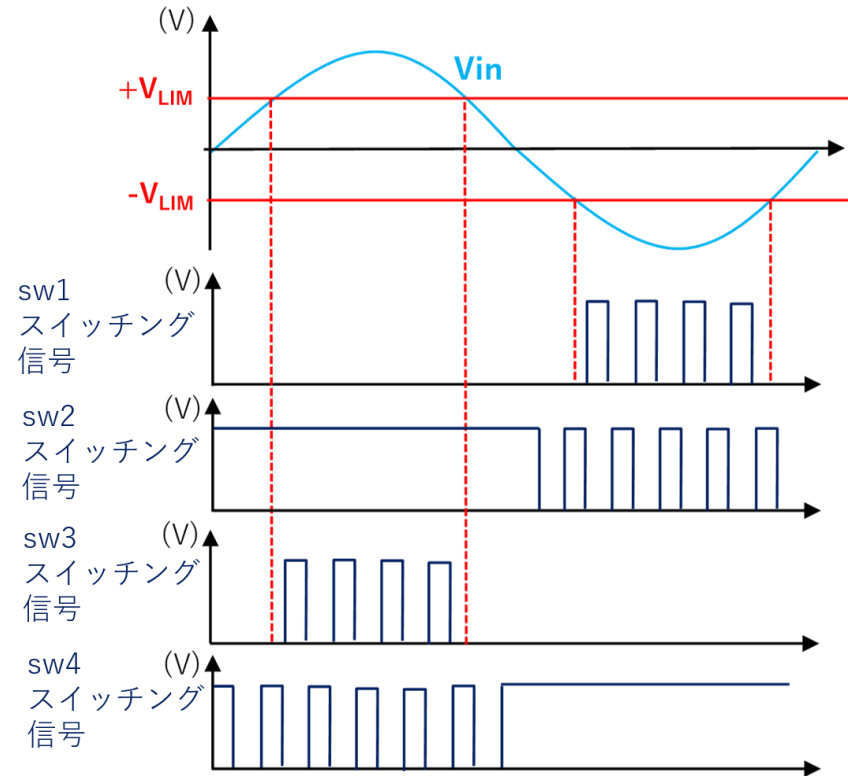
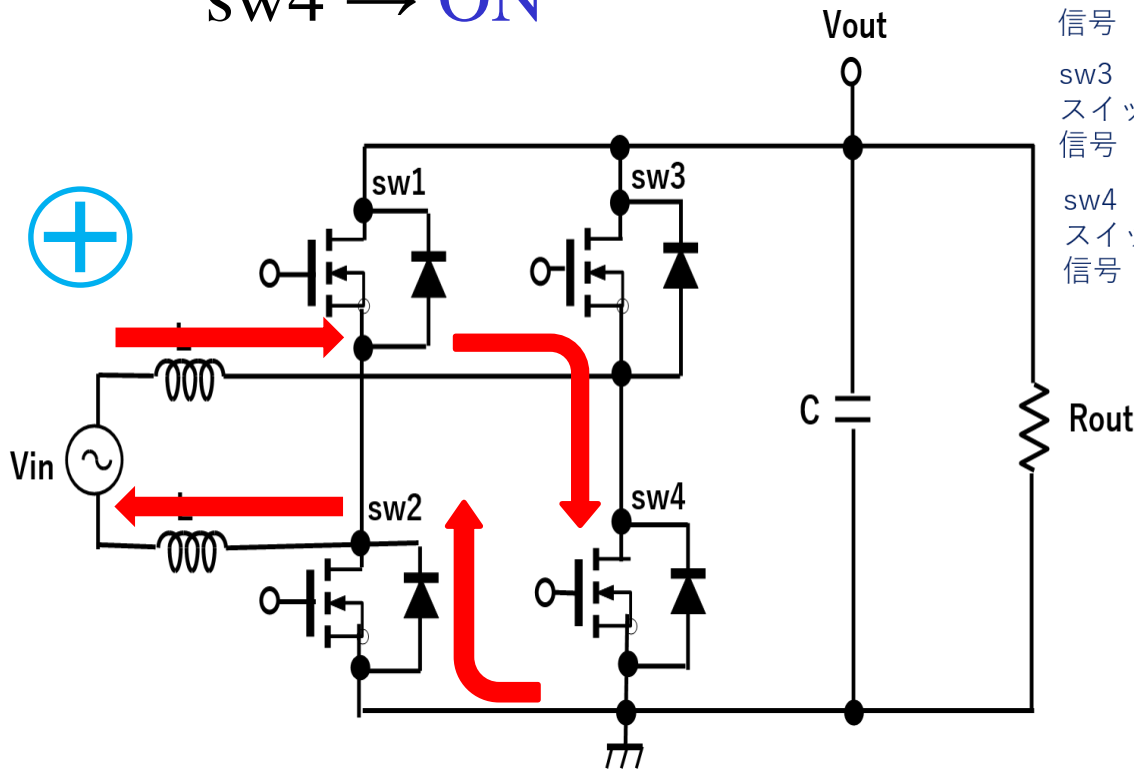
$V_{in} > V_{Lim}$

sw1 → OFF

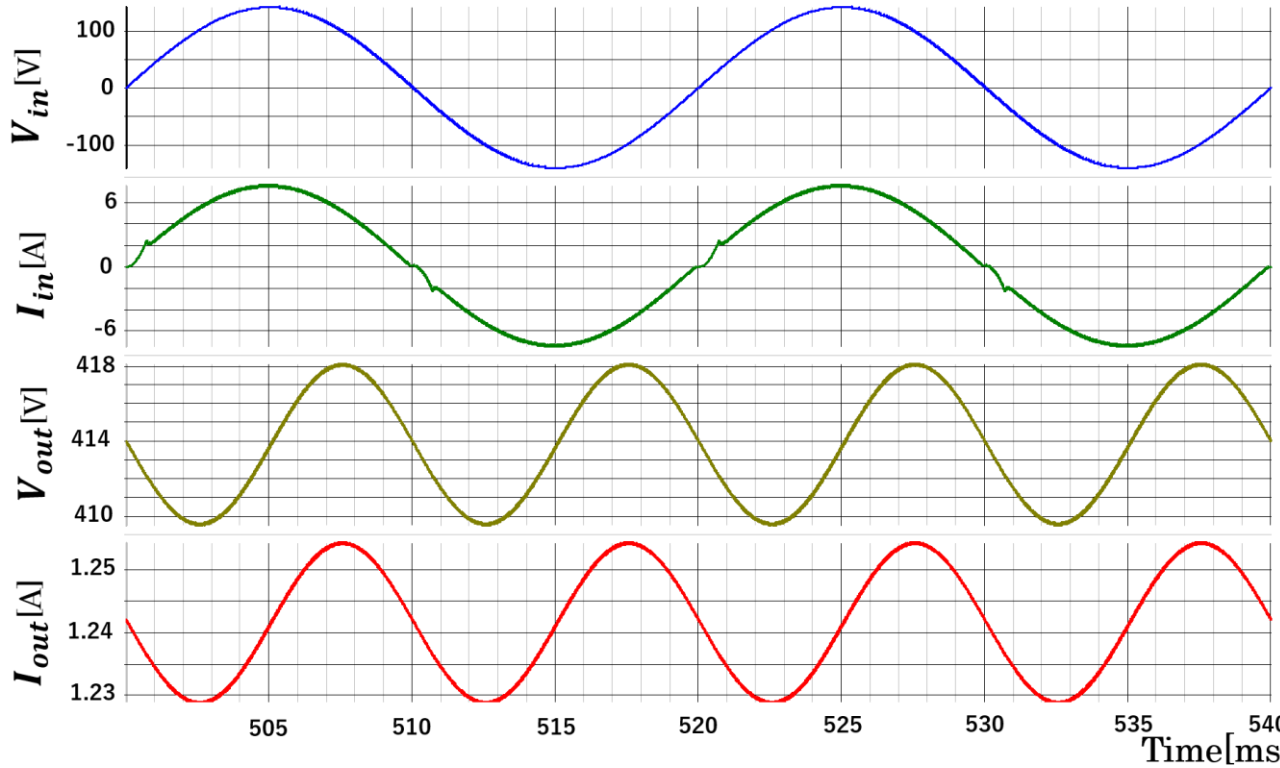
sw2 → ON

sw3 → OFF

sw4 → ON



提案PFC電源の効率



AC $V_{in}=100[V]$ @50Hz

拡大

$$V_o = 414V \pm 4V$$

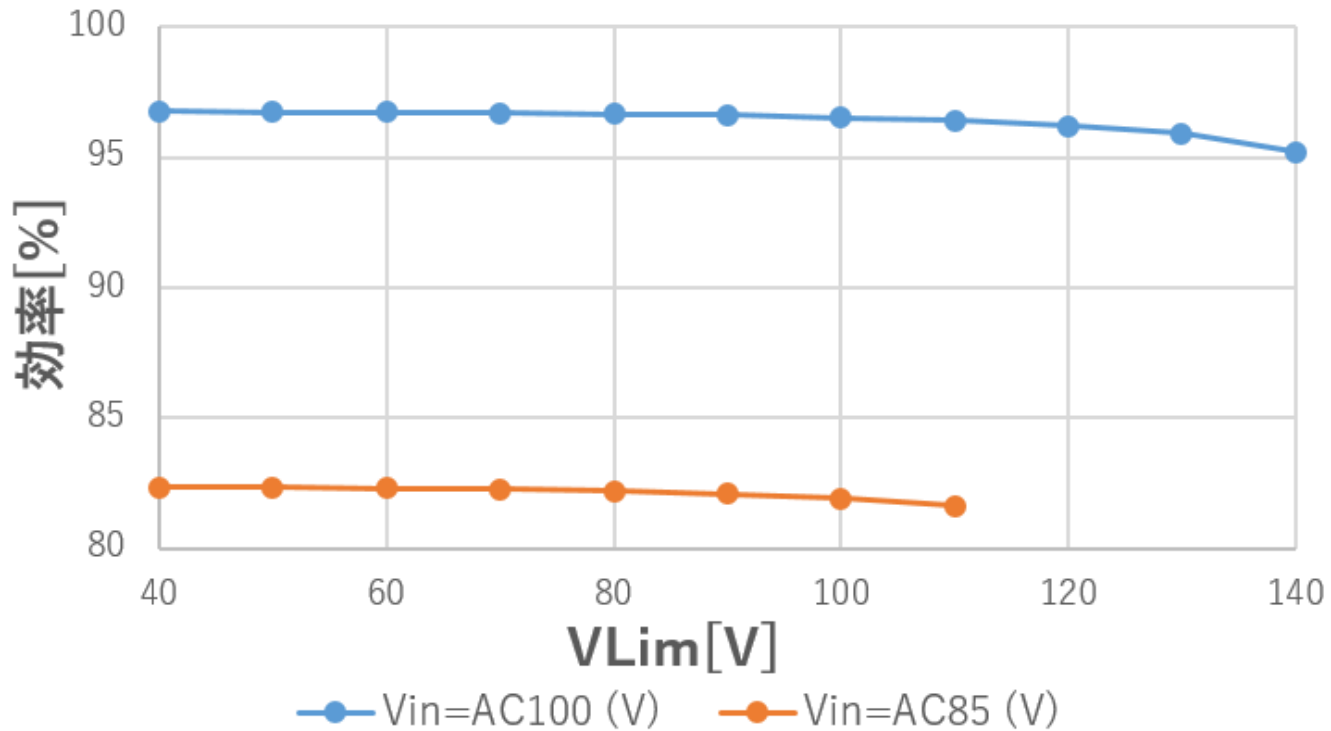
$$I_o = 1.24A \pm 0.01A$$

パラメータ	シミュレーション値
I_{in}	5.31[A]
入力電力	531[W]
出力電力	513[W]

$$\begin{aligned} \text{効率} &= \frac{\text{出力電力}}{\text{入力電力}} \times 100\% \\ &= \frac{513}{531} \times 100\% = 96.6\% \end{aligned}$$

(> 92.3% 従来 > 85.5% 基本PFC) ^{24/27}

効率と入力電圧



V_{Lim} 大きい → 効率 低い

入力電圧 大きい → 効率 高い

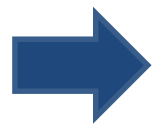
アウトライン

- 背景・目的
- 基本PFC電源回路
- 従来PFC(ハーフブリッジレス)整流回路
- 提案PFC(フルブリッジレス)整流回路
- まとめ

まとめ

- ダイオードをMOSFETに交換

損失低減 → 効率改善



基本PFC電源回路 85.5%

従来PFC(ハーフブリッジレス) 92.3%

提案PFC(フルブリッジレス) 96.6%

* {回路構成 複雑}

- V_{Lim} 制御回路 使用



提案PFCにおける
問題 解決

ありがとうございます。