

蓄電池モジュール間の 電圧均等化回路

東京理科大学 工学部 電気工学科
教授 小泉 裕孝

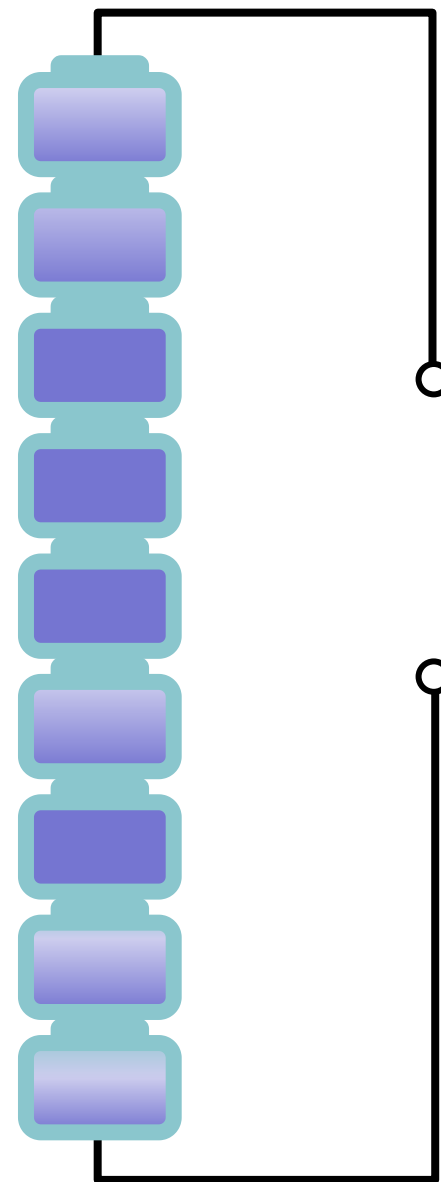
2024年11月7日

本日の発表内容

- 新技術の背景
 - 蓄電池モジュール
 - DC-DCコンバータ
- 新技術の着想
- シミュレーション
- 新技術の特長
- 企業連携のポイント

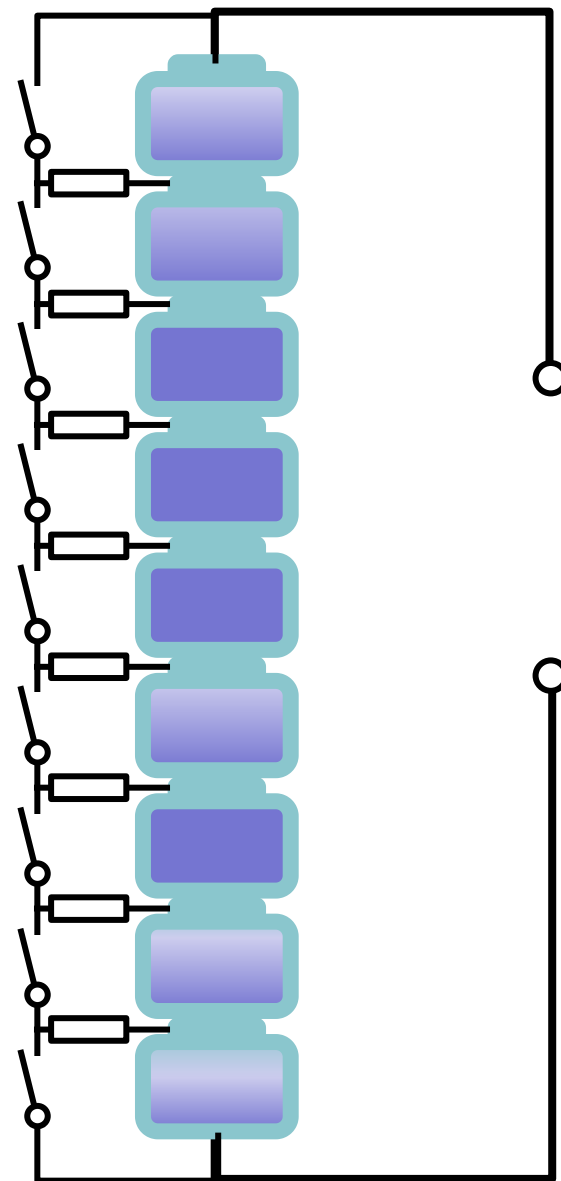
蓄電池セルの直列接続

- 問題点
 - 充電状態のばらつき
 - 容量を活かしきれない
 - 劣化, 短寿命化



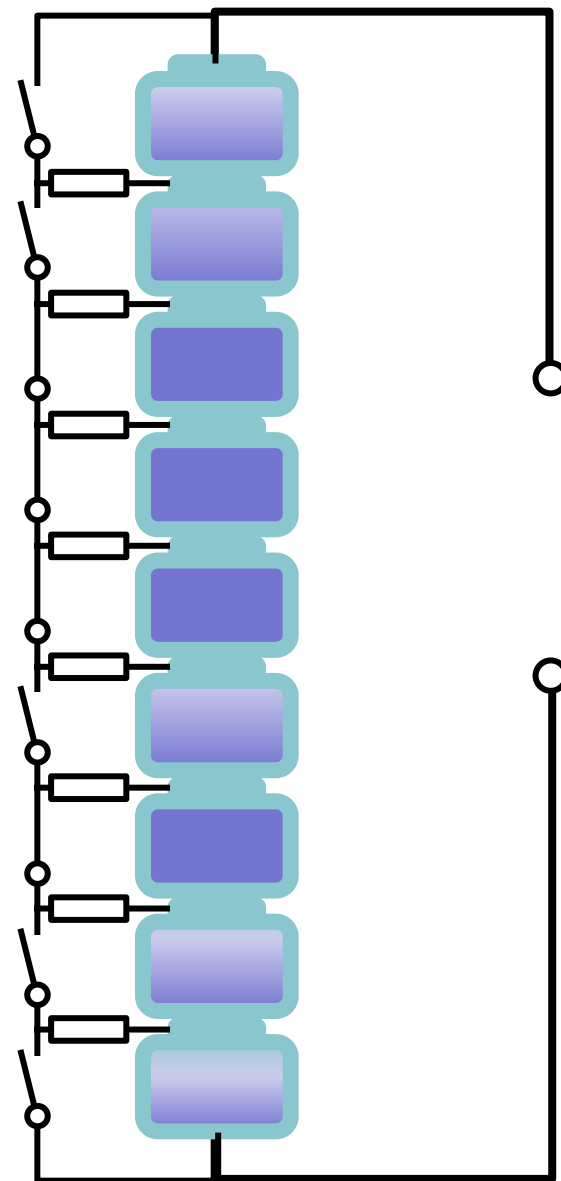
充電状態を揃える

- 問題点
 - 充電状態のばらつき
 - 容量を活かしきれない
 - 劣化, 短寿命化
- 主な対策
 - 過充電セルの放電
 - エネルギー損失
 - 発熱



充電状態を揃える

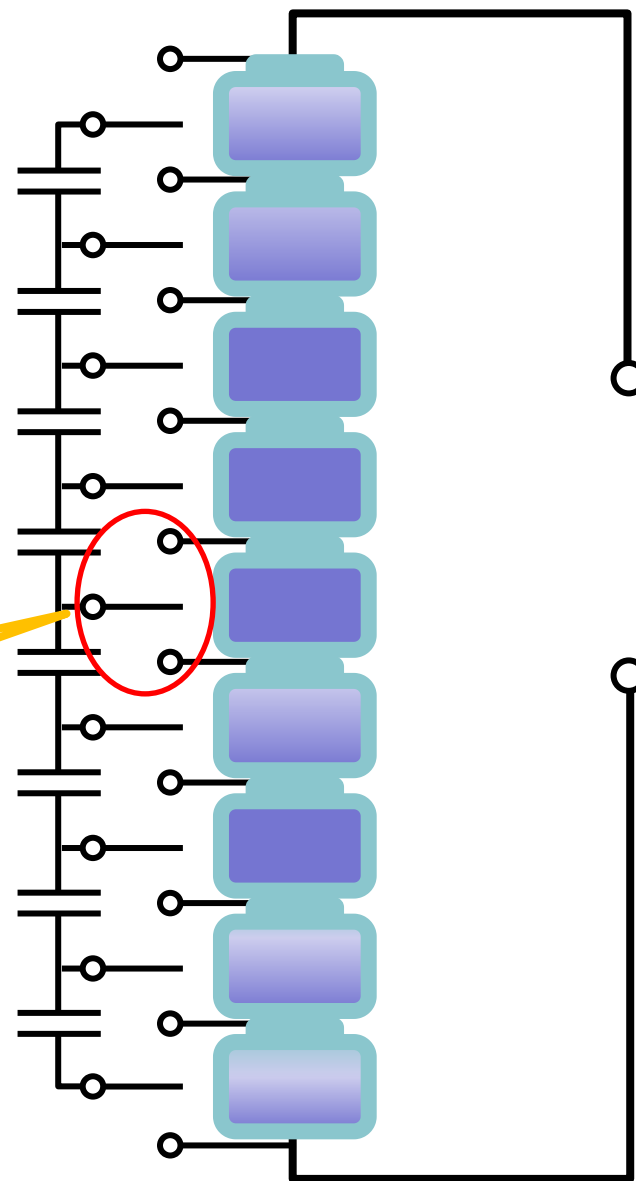
- 問題点
 - 充電状態のばらつき
 - 容量を活かしきれない
 - 劣化, 短寿命化
- 主な対策
 - 過充電セルの放電
 - エネルギー損失
 - 発熱



損失を抑える

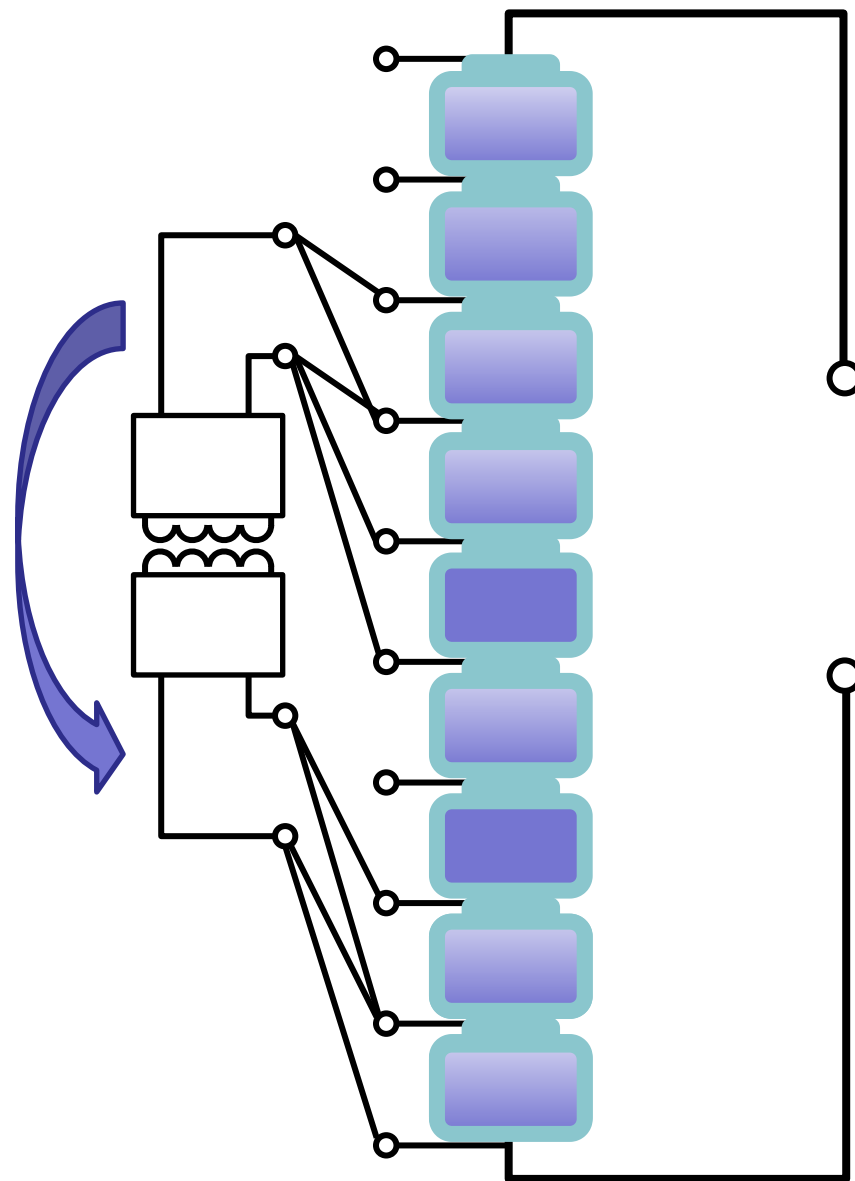
- キャパシタを利用
 - スイッチ数の増加
 - 回路の複雑化
 - 抵抗より小さいが損失不可避

MOSFET:3~4
駆動装置:1~2



損失を抑える

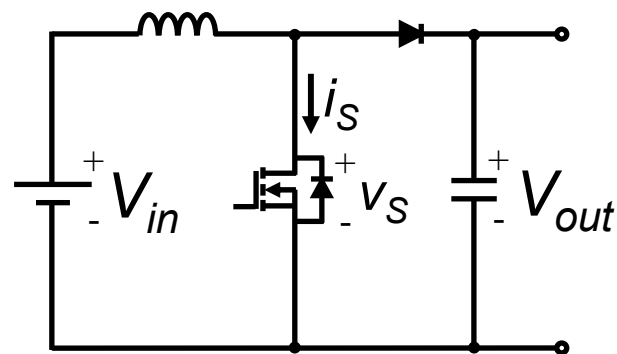
- 電力変換回路を利用
 - スイッチ数の増加
 - 切替回路の複雑化
 - 制御の複雑化



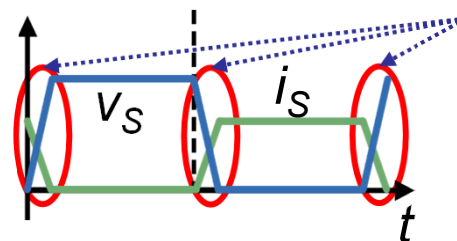
電力変換回路

- スイッチング損失
 - 効率低下
 - 周波数に限界
 - 小型化を妨げる

例)昇圧チョッパ



スイッチング波形

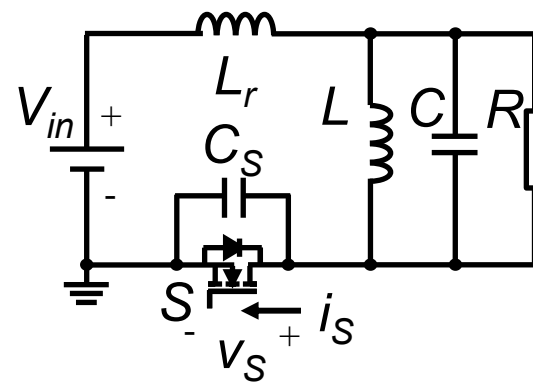


オンオフ切替時に
損失が発生

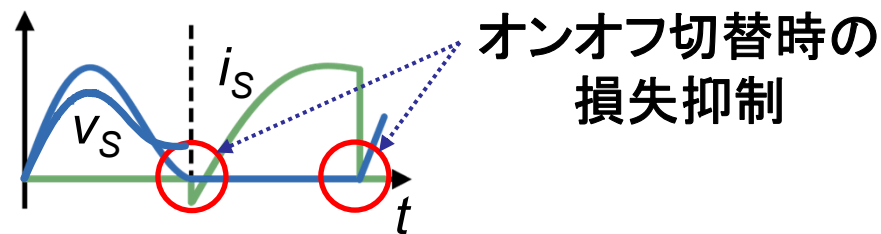
電力変換回路

- 共振型電源
 - スイッチング損失を抑制
 - 高効率化
 - 高周波化
 - 小型化
 - 動作条件の制限

例) 並列共振E級インバータ

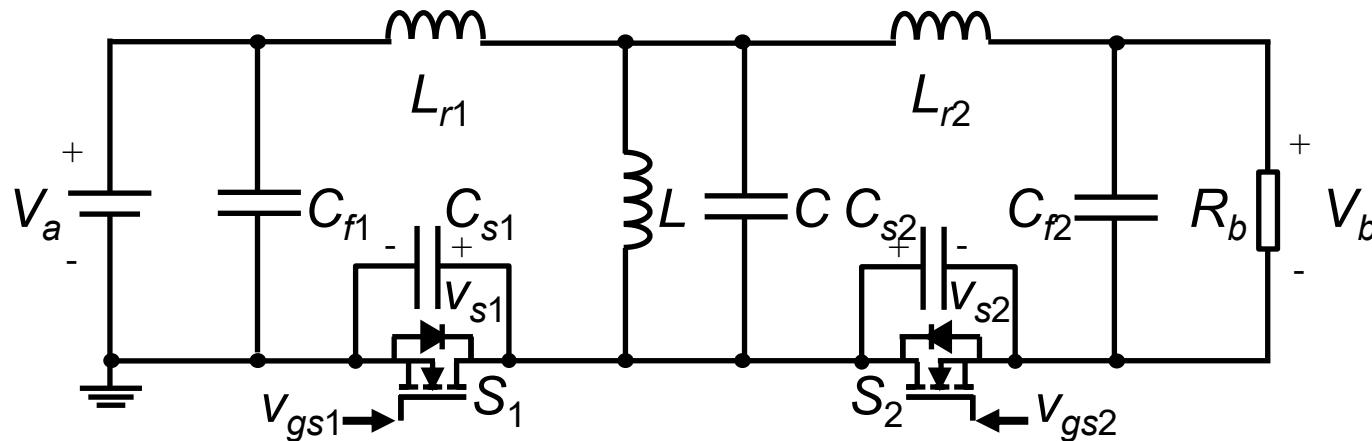


ソフトスイッチング時の波形



電力変換回路

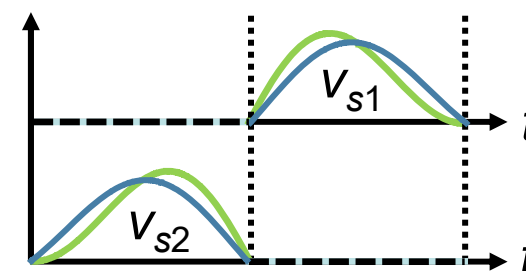
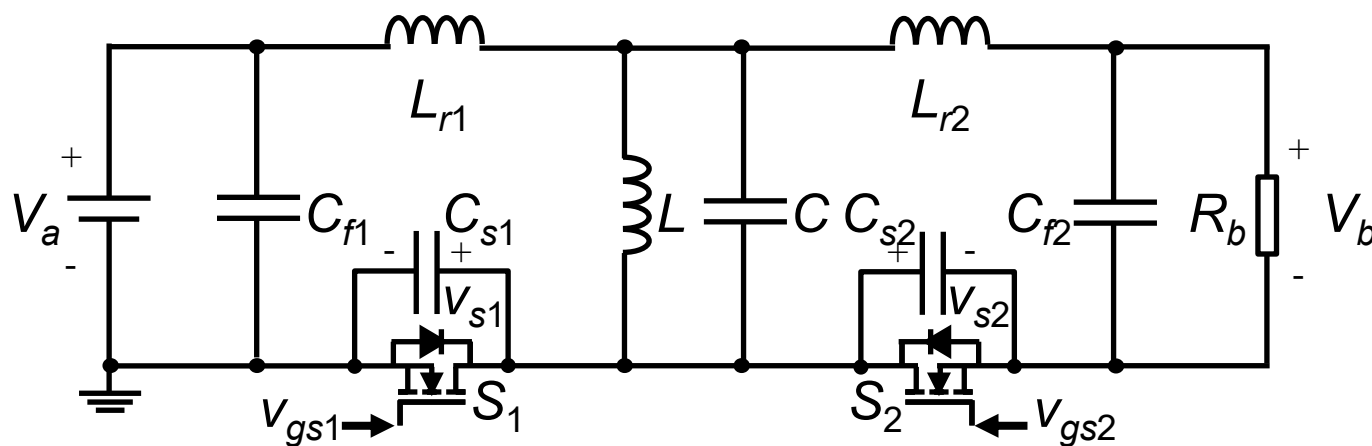
- 負荷独立
 - 負荷抵抗の変化に対しゼロ電圧スイッチング維持
 - 2台の組み合わせによりDC-DCコンバータとなる



T. Sensui and H. Koizumi, "Load-independent class E^2 parallel resonant DC – DC converter," *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, vol. 69, no. 11, pp. 4374-4378, Nov. 2022.

電力変換回路

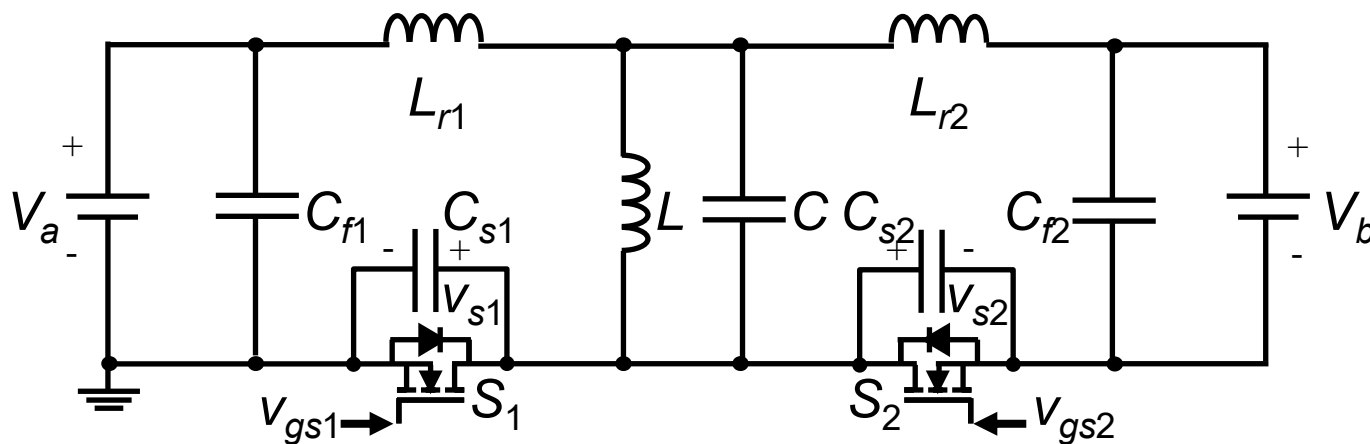
- 負荷独立
 - 負荷抵抗の変化に対しゼロ電圧スイッチング維持
 - 2台の組み合わせによりDC-DCコンバータとなる



T. Sensui and H. Koizumi, "Load-independent class E² parallel resonant DC – DC converter," *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, vol. 69, no. 11, pp. 4374-4378, Nov. 2022.

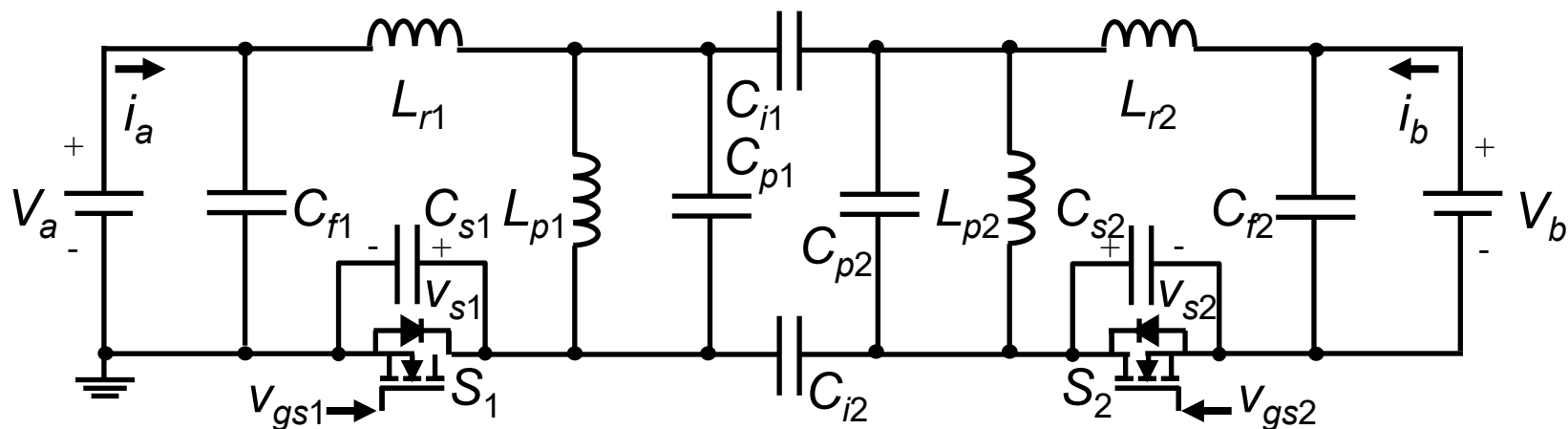
新技術の着想

- 負荷独立型E²級並列共振DC-DCコンバータ
 - 双方向動作が可能
 - 位相差180度かつ等時比率で入出力電圧は等しい



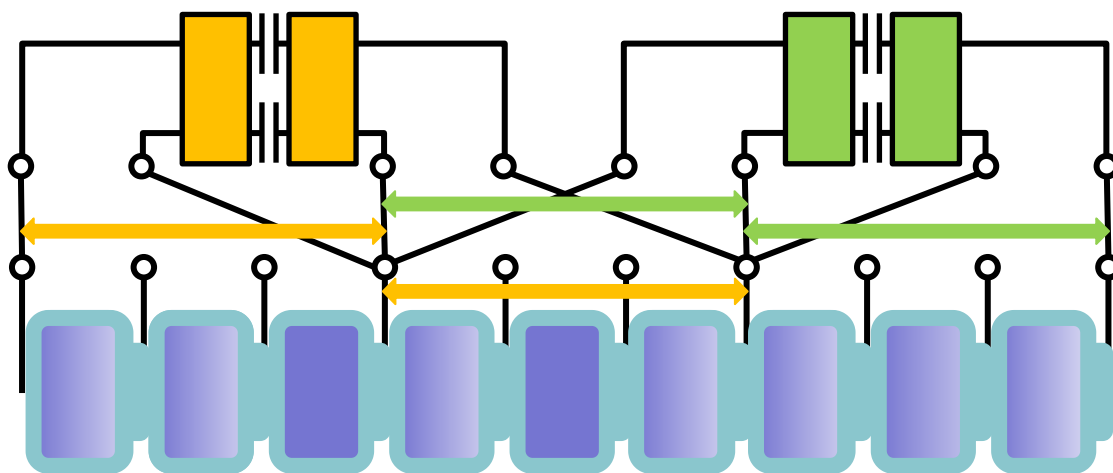
新技術の着想

- 負荷独立型E²級並列共振DC-DCコンバータ
 - 双方向動作が可能
 - 位相差180度かつ等時比率で入出力電圧は等しい
 - キャパシタ絶縁



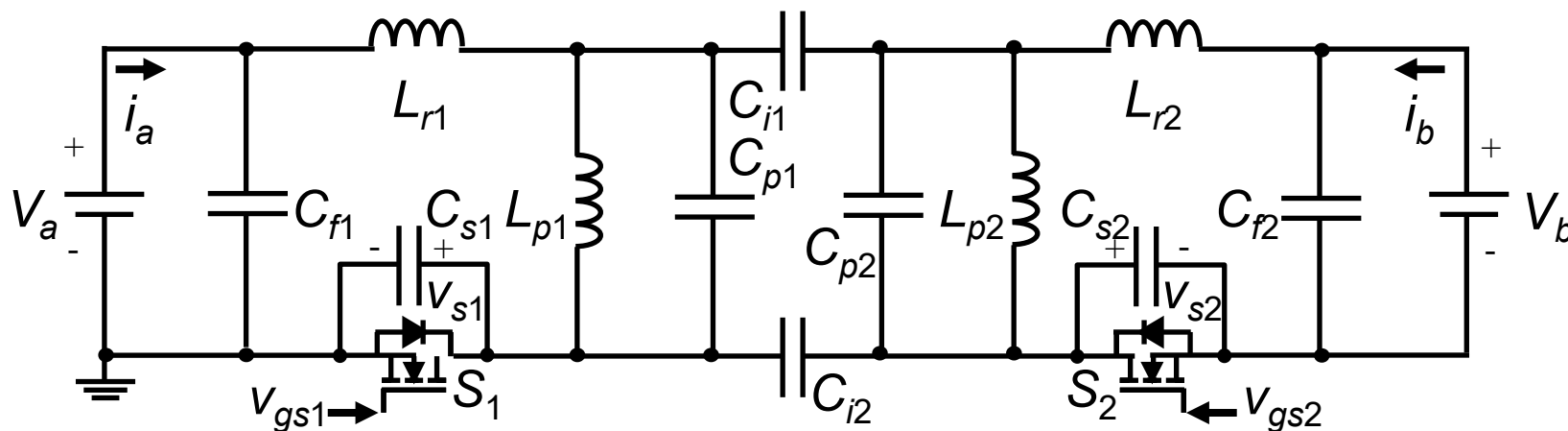
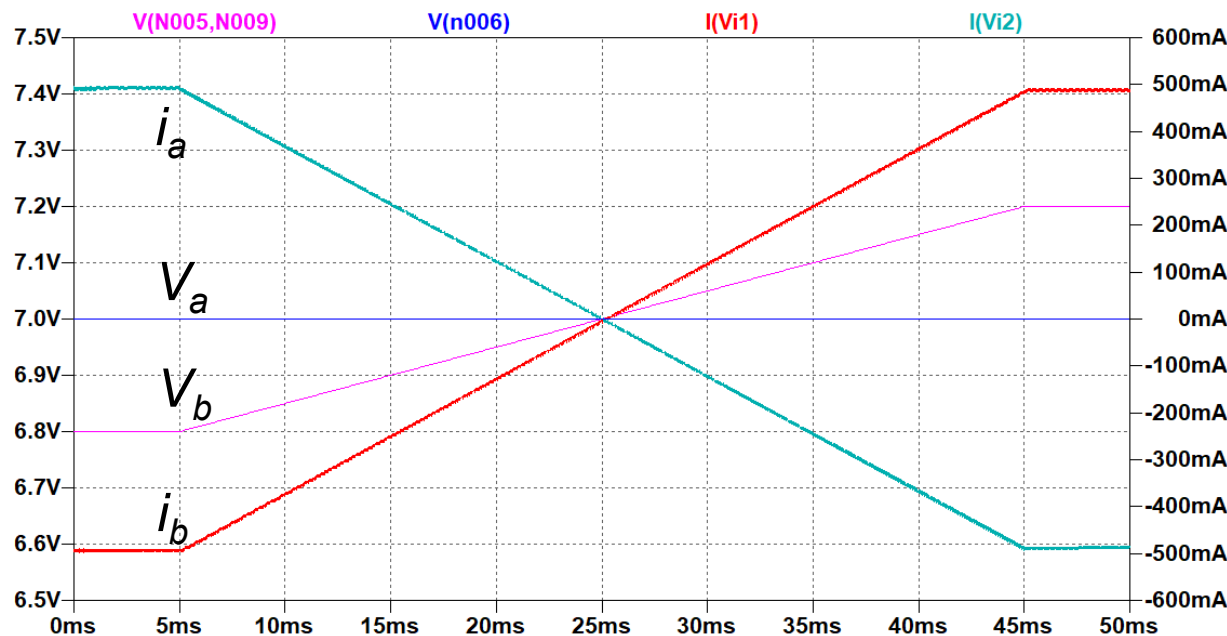
新技術の着想

- 負荷独立型E²級並列共振DC-DCコンバータ
 - 双方向動作が可能
 - 位相差180度かつ等時比率で入出力電圧は等しい
 - キャパシタ絶縁



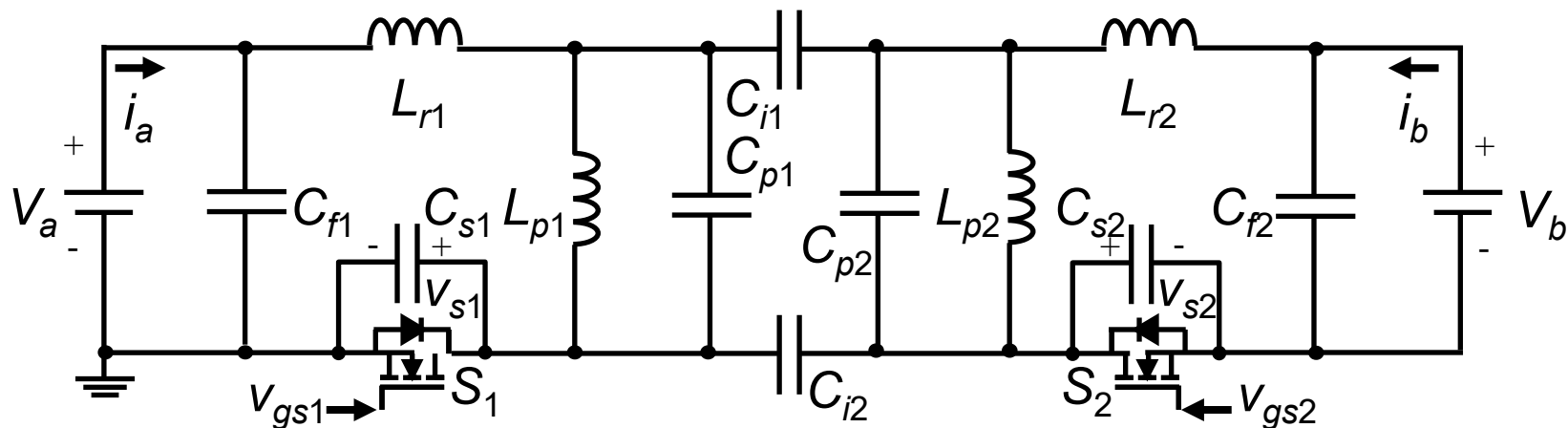
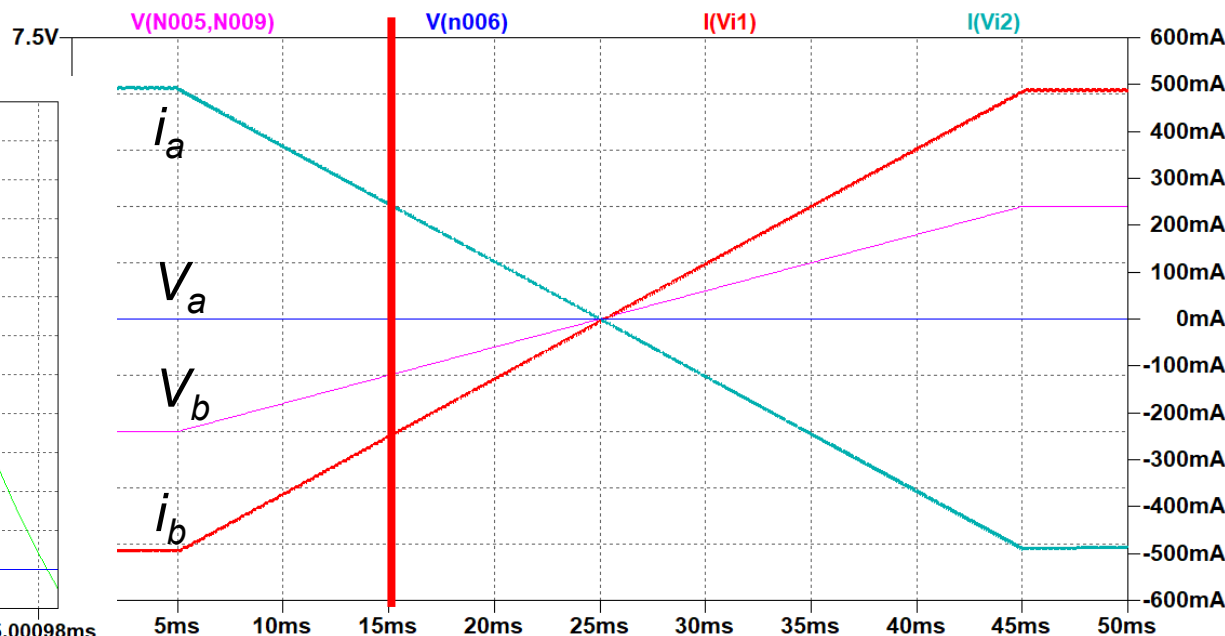
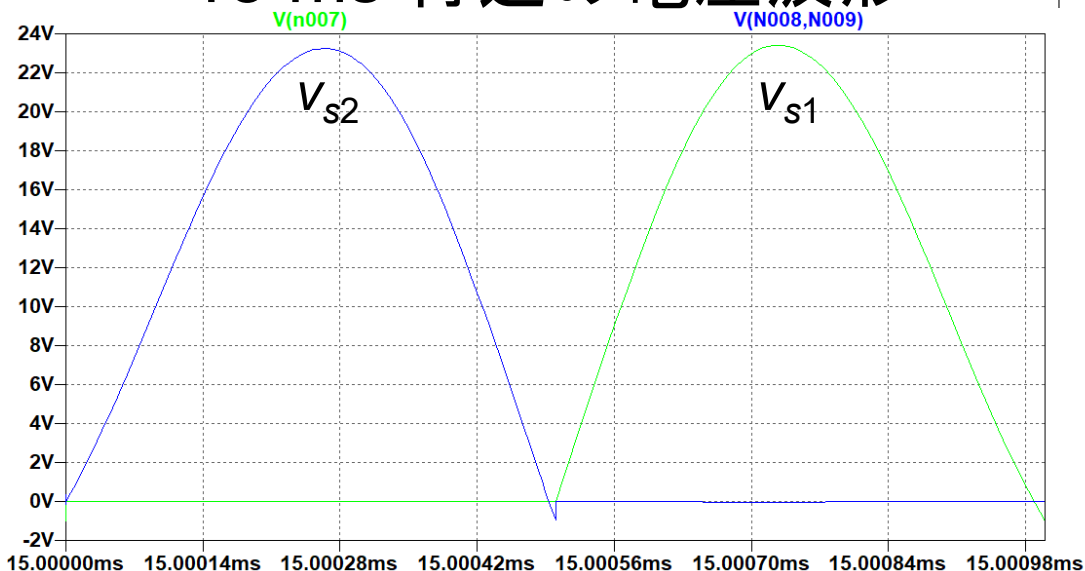
シミュレーション結果

- V_a を固定(7.0 V)
- V_b を変化(6.8-7.2V)
- 電流方向が逆転(25ms付近)



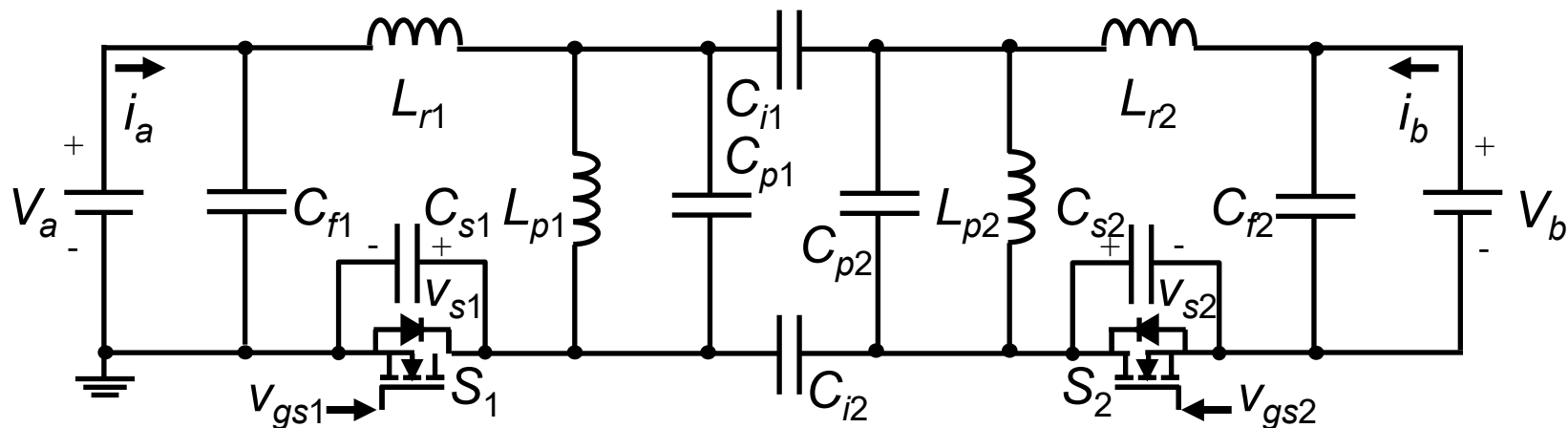
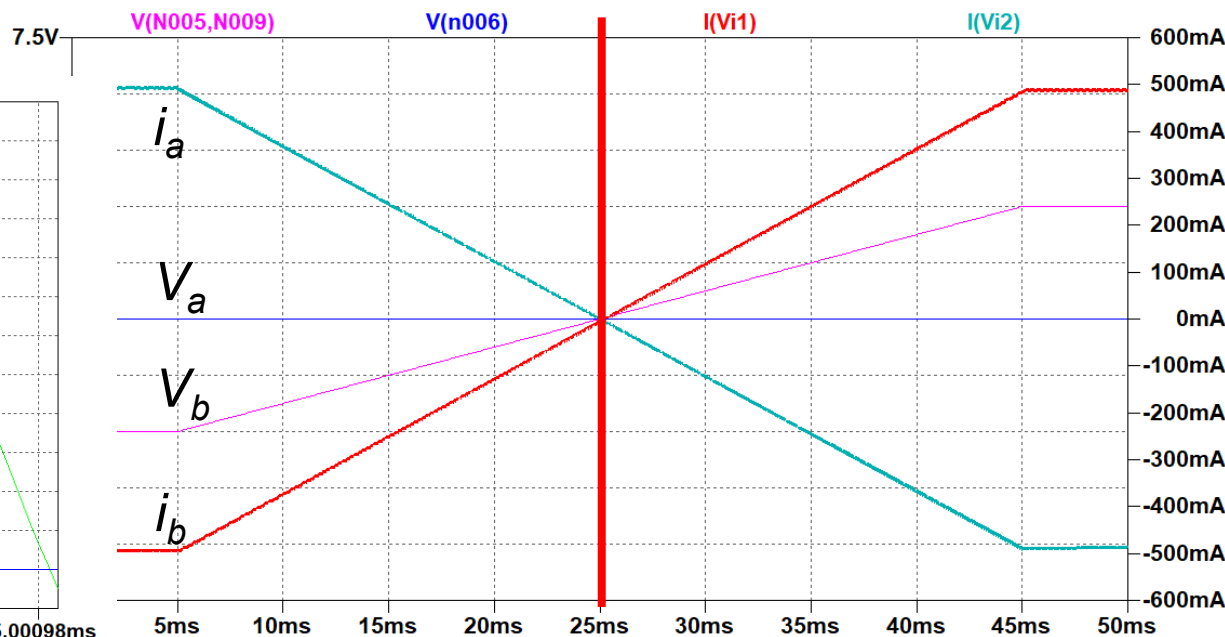
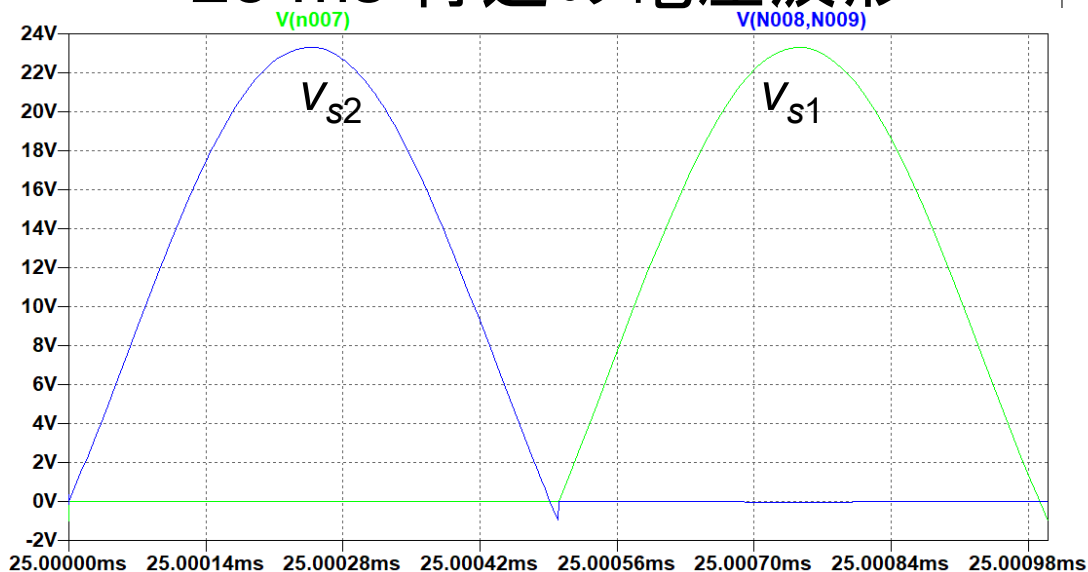
シミュレーション結果

- 15 ms 付近の電圧波形



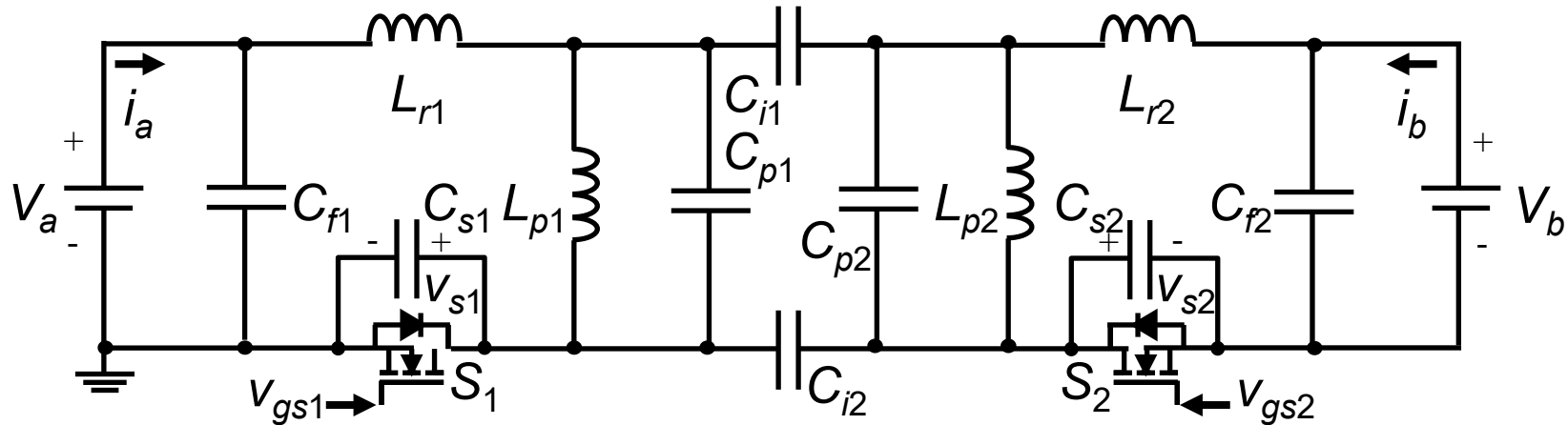
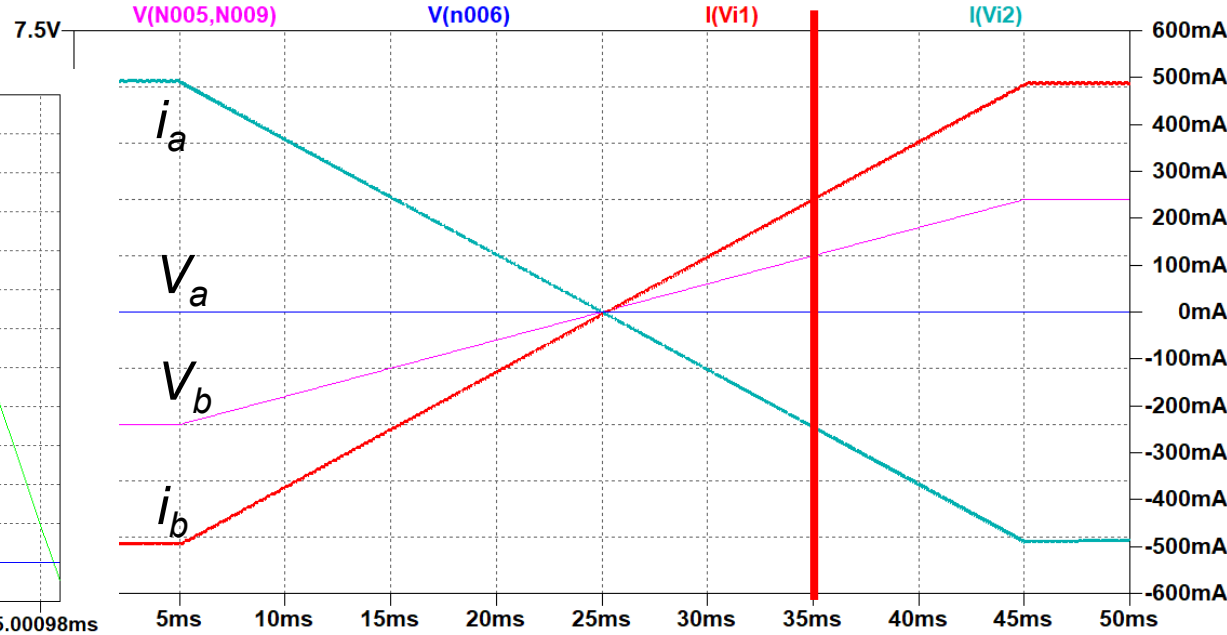
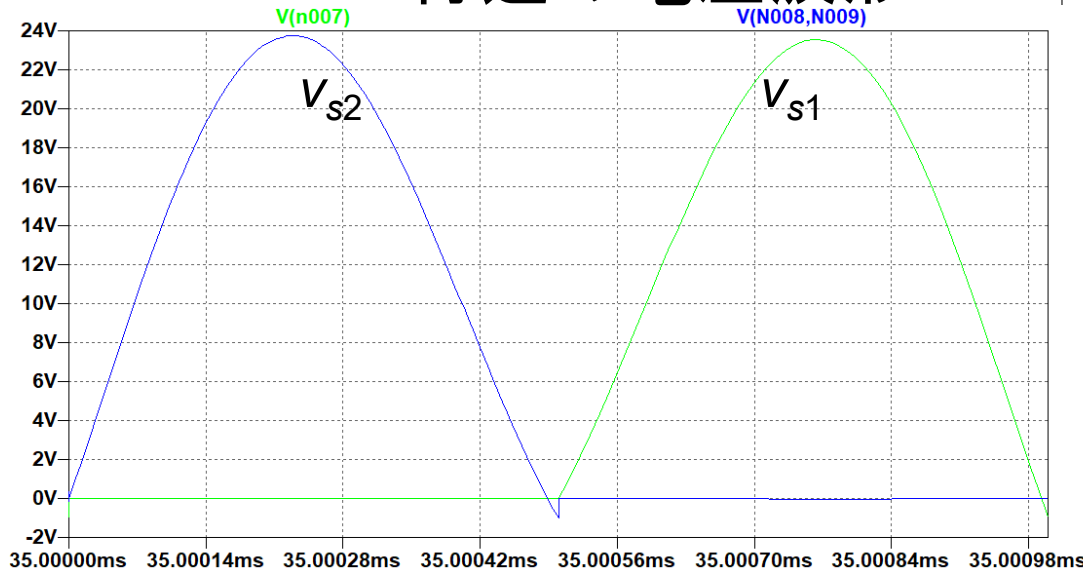
シミュレーション結果

- 25 ms 付近の電圧波形



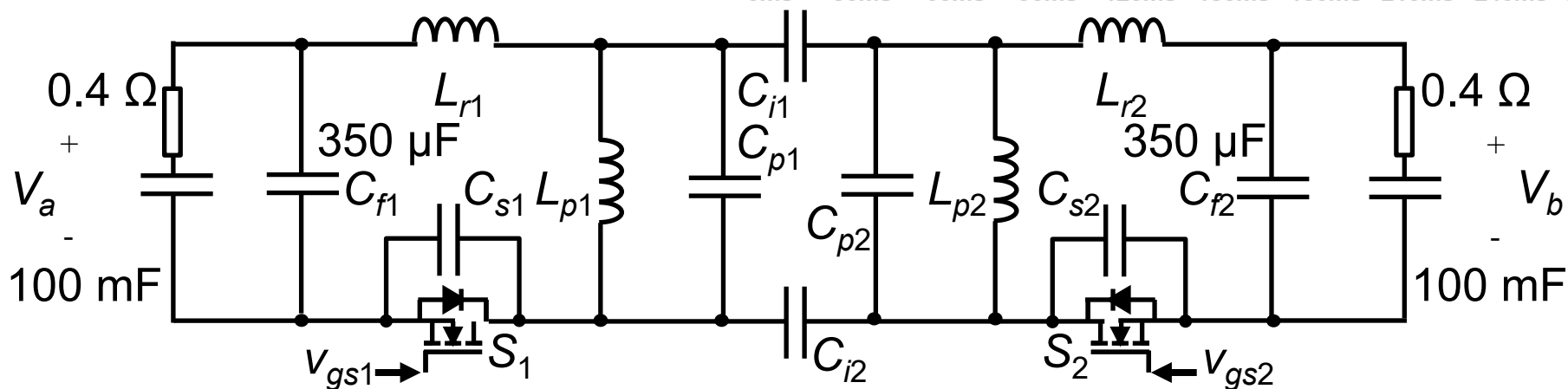
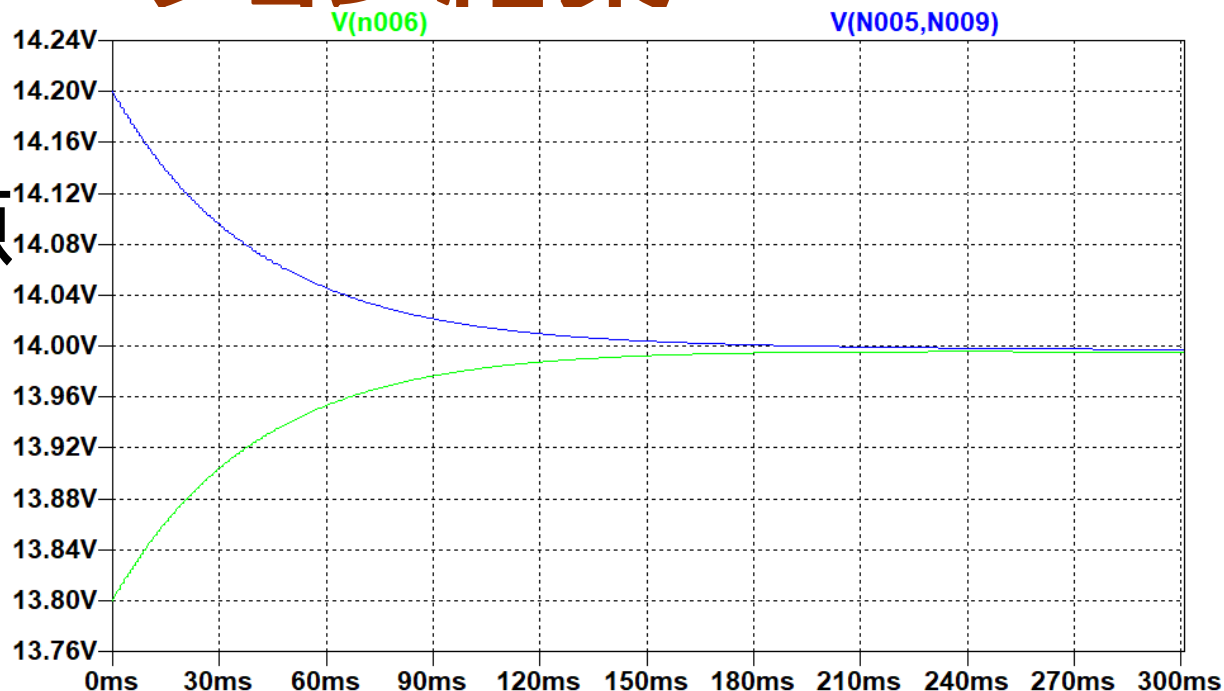
シミュレーション結果

- 35 ms 付近の電圧波形



シミュレーション結果

- コンデンサーを電源
 - V_a (14.2 V)
 - V_b (13.8V)



新技術の特長

- 蓄電池モジュール間の電圧均等化回路を提案
 - 負荷独立型E²級並列共振DC-DCコンバータ
 - ゼロ電圧スイッチングを維持
 - スwitching損失が小さく高周波動作可能
 - 受動素子の小型化
 - 1次側と2次側はキャパシタ絶縁
 - 電圧の高い側から低い側へ自然に電流が流れる

想定される用途

- 蓄電池が組み込まれるポータブル電源用や太陽光発電用、電動アシスト自転車用などの小型・低コスト化へのメリットが大きいと考えられる。
- 蓄電池のライフサイクル改善による高寿命化への期待から環境配慮型ビジネスへの展開が可能であるとされる。

実用化に向けた課題

- 現在、直流電圧源と電子負荷を用いた実験で動作を確認済み。しかし実際の蓄電池を接続する実験は安全性のノウハウがないため未実施である。
- 今後、蓄電池セルやモジュールを扱うメーカー等とのパートナーシップを構築して実験環境を整備していく。
- 実用化に向けて動作試験から課題を抽出し、パートナーと協調して解決していく。

企業への期待と貢献ポイント

- 蓄電池をこれまで以上に効率的かつ有効に活用することで企業に貢献できるものと考えています。
- 蓄電池の技術を持つ企業や充放電回路が組み込まれる製品を扱う企業との実用化に向けた実験を共同で行うことを希望します。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 電圧均等化回路及び電源装置
- 出願番号 : 特願2023-195500
- 出願人 : 学校法人東京理科大学
- 発明者 : 大島静菜, 小泉裕孝

お問い合わせ先

東京理科大学
産学連携機構

TEL 03-5228-7440

e-mail shinsei_kenkyu@admin.tus.ac.jp