

キャパシタ接続切替回路付き 非接触式安定給電システム

九州工業大学 大学院工学研究院 電気電子工学研究系
助教 今給黎 明大

令和2年12月10日

従来技術とその問題点

非接触給電の給電コイルと受電コイルの位置ずれの課題に対して、既に実用化されているものには、

- ①複数のキャパシタが並列接続され、各キャパシタに対応するスイッチを切り替えキャパシタ容量を調整する方法
- ②2次側に4つのパワー半導体素子とキャパシタにより構成されるキャパシタ容量可変回路を用いる方法等がある。

- ・キャパシタ容量を連続的に調整できないため位置ずれに対する補償精度の低下(①)
- ・必要なパワー半導体素子数の増加(①と②)
- ・受電装置の大きさに制約がある場合、二次側の共振キャパシタの負担電圧が高くなり、受電装置の大形化や絶縁の問題(②)

新技術の特徴・従来技術との比較

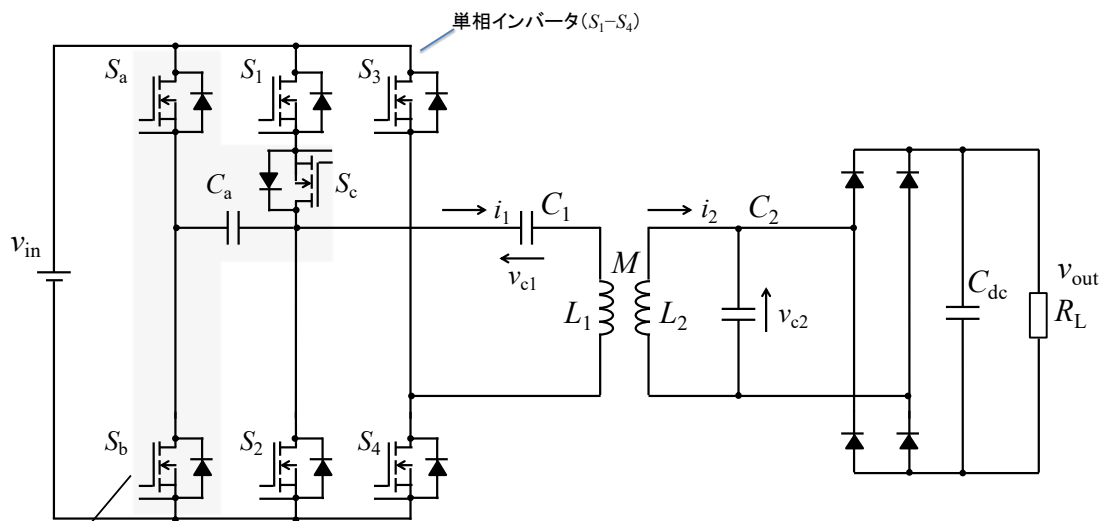
- 従来技術の問題点であったキャパシタ容量を連続的に可変できない点(①)について、キャパシタ接続切替回路で、等価的にキャパシタ容量可変を連続的に行えた。
- 従来技術の問題点であった必要なパワー半導体素子数が増加する点(①と②)について、必要なパワー半導体素子数を低減した。また、一次側でキャパシタ接続切替回路を用い、二次側の共振キャパシタの電圧負担を低減した。

想定される用途

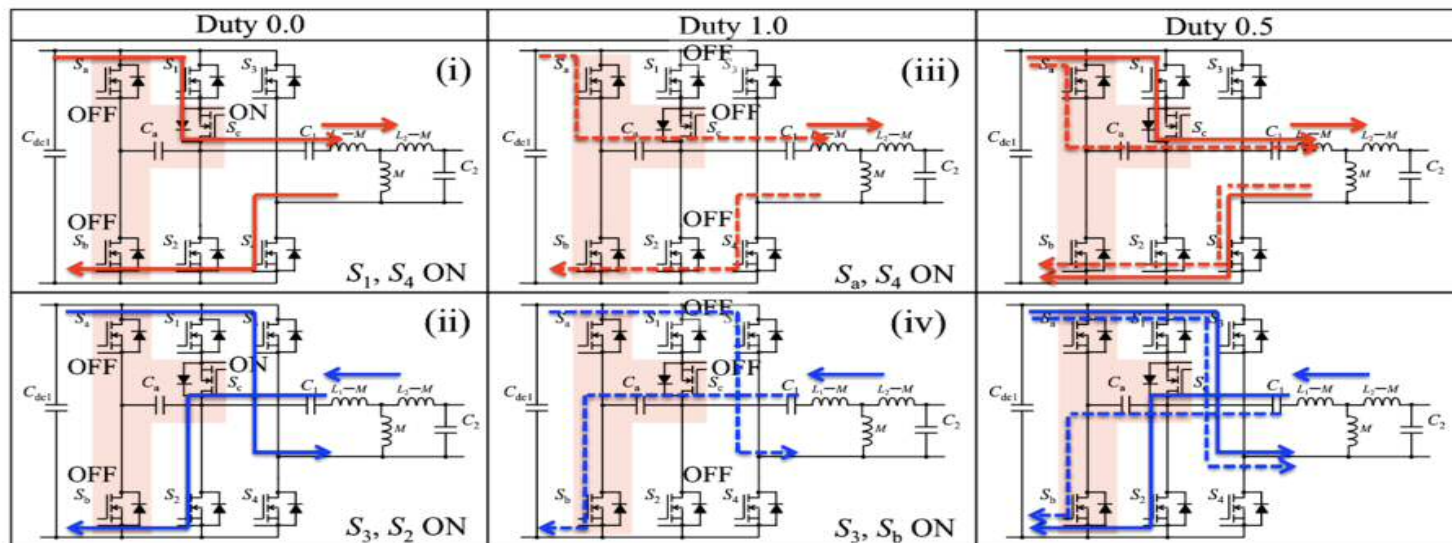
- 本技術の特徴を生かすためには、受電装置側の位置ずれが大きくなる用途、また、二次側の受電装置の電圧が低く、受電装置の大きさに制約がある用途に適すると考える。
 - 工場で用いる無人搬送車への非接触充電
 - ギャップ、位置ずれが大きいドローンへの非接触充電

キャパシタ接続切替回路の原理

—主回路—

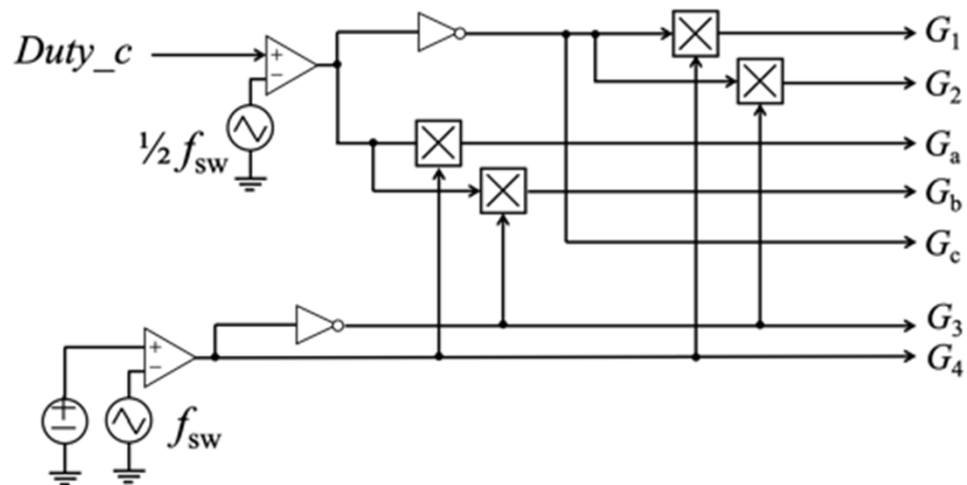
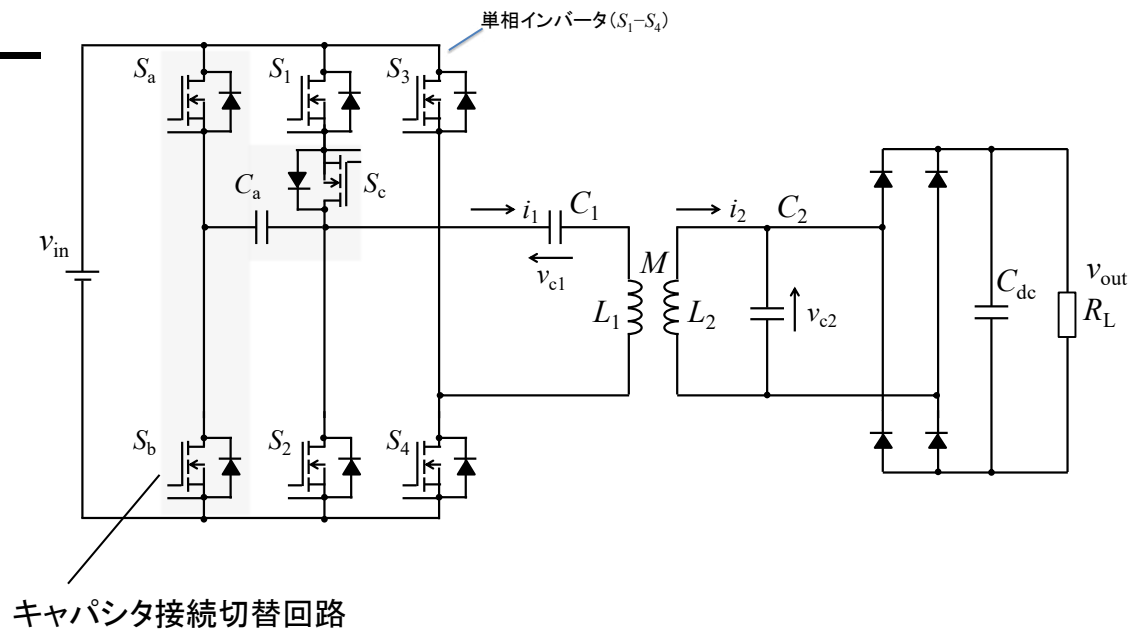


補償用キャパシタCaの接続デューティ可変



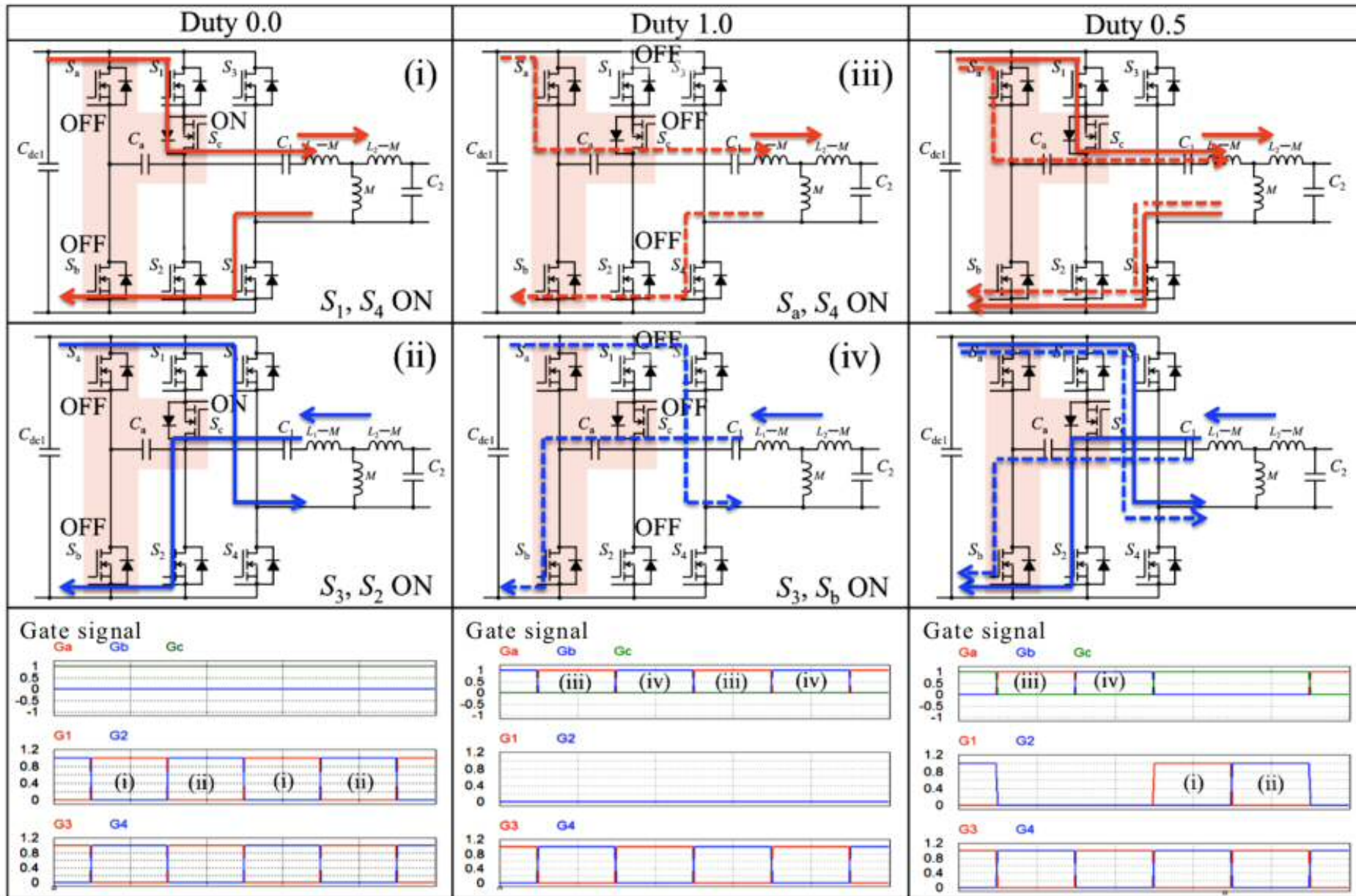
キャパシタ接続切替回路の原理

—制御信号作成—



キャパシタ接続切替回路の原理

0: C_a を全く使わない 1: 常に C_a を使う

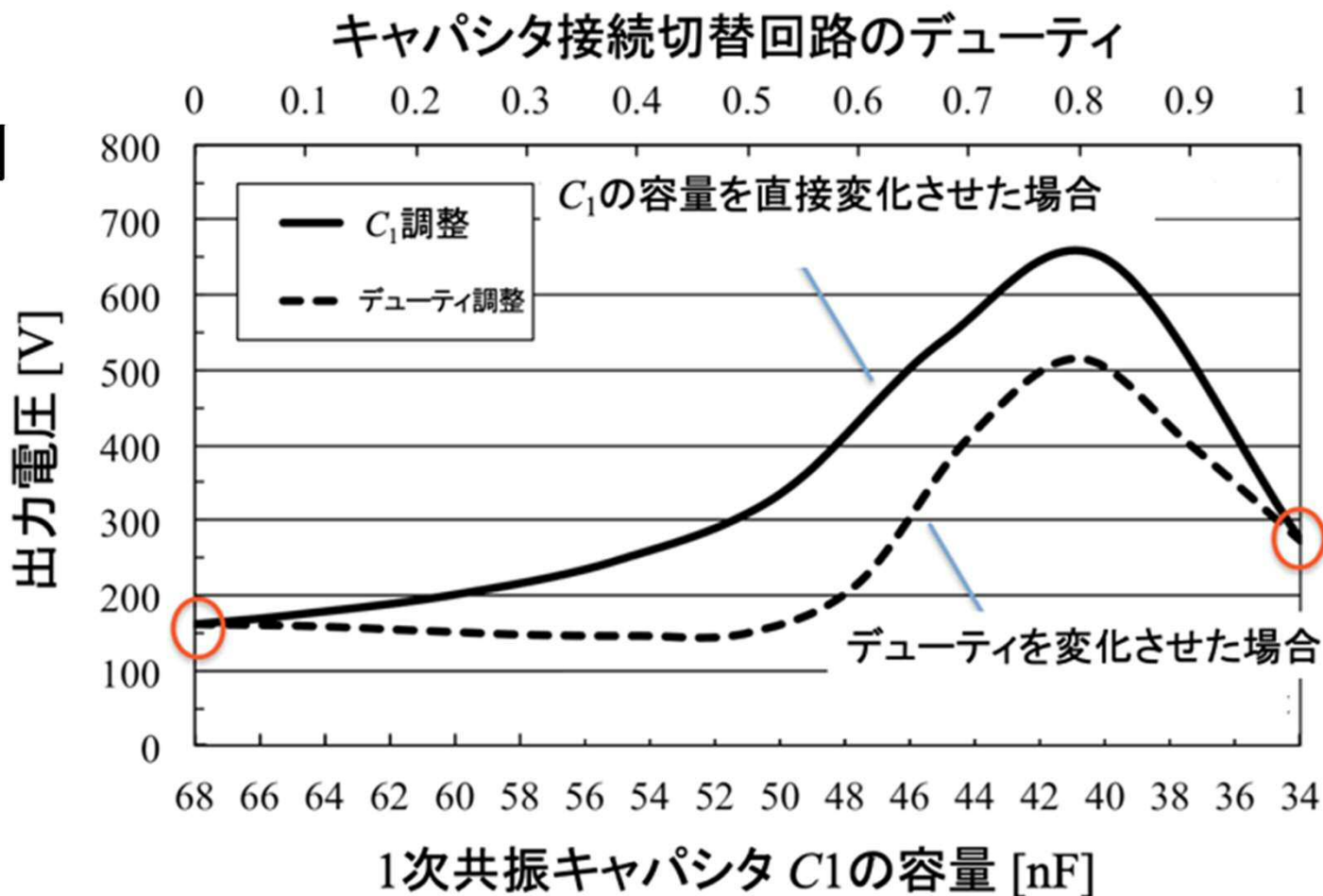


キャパシタ接続切替回路の原理

— 1次側キャパシタの容量を可変する場合 —

出力電圧とデューティと1次共振キャパシタ C_1 の関係 ※任意の負荷抵抗一定の場合

例



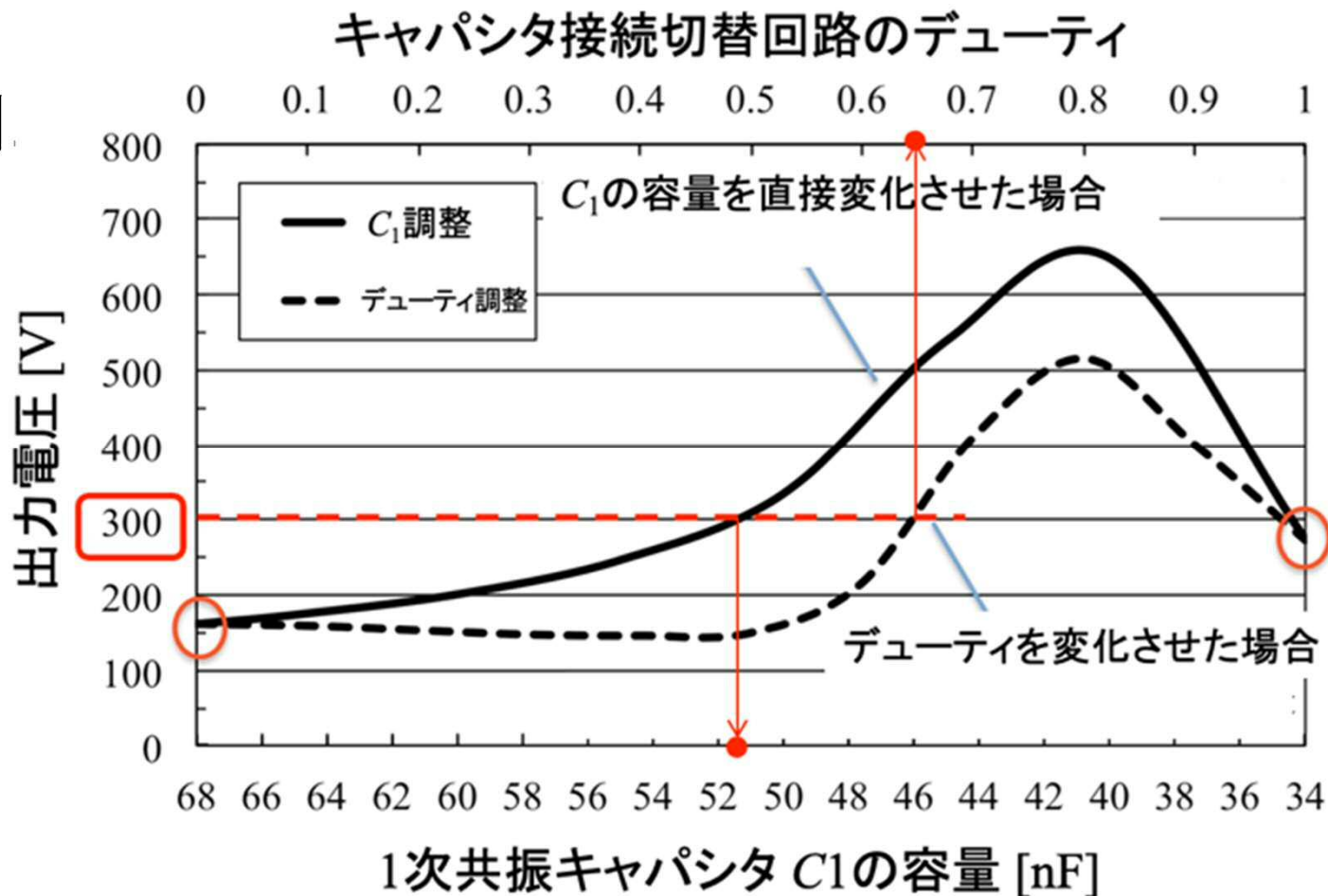
キャパシタ接続切替回路の原理

— 1次側キャパシタの容量を可変する場合 —

出力電圧の調整: デューティで制御可能

※ 任意の負荷抵抗一定の場合

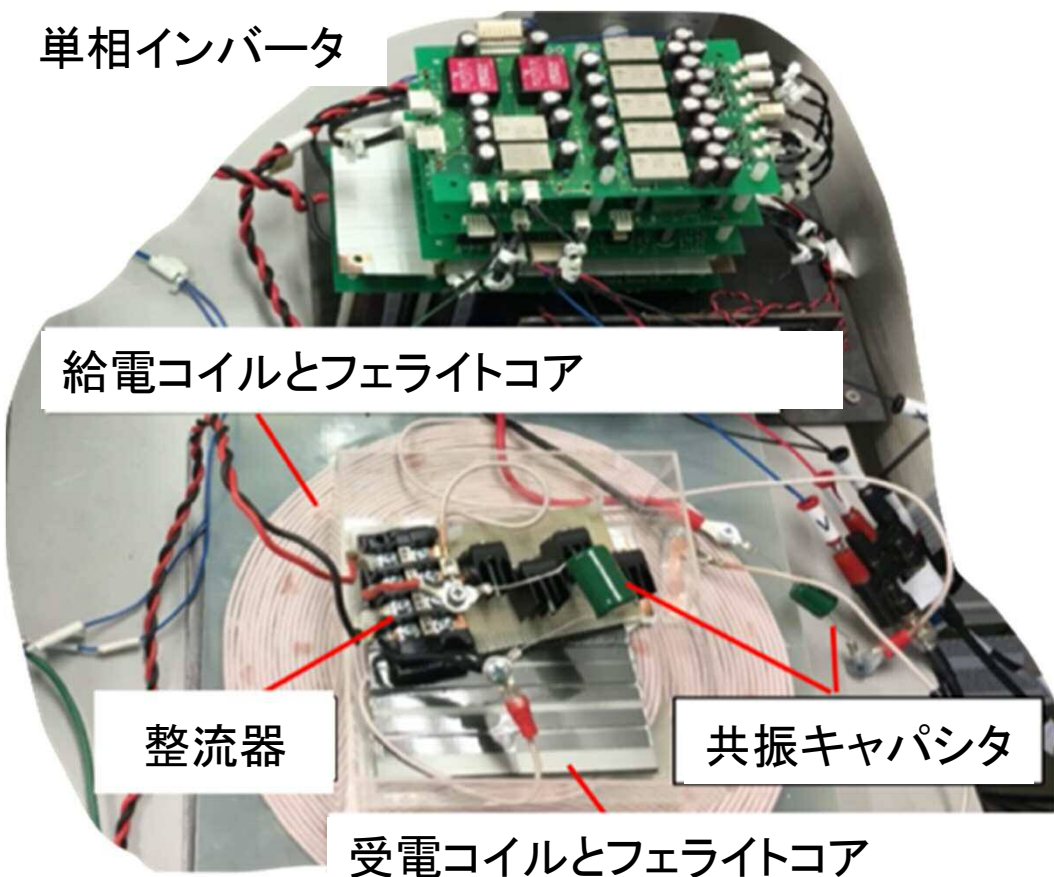
例



キャパシタ接続切替回路の効果

—実験装置—

単相インバータ



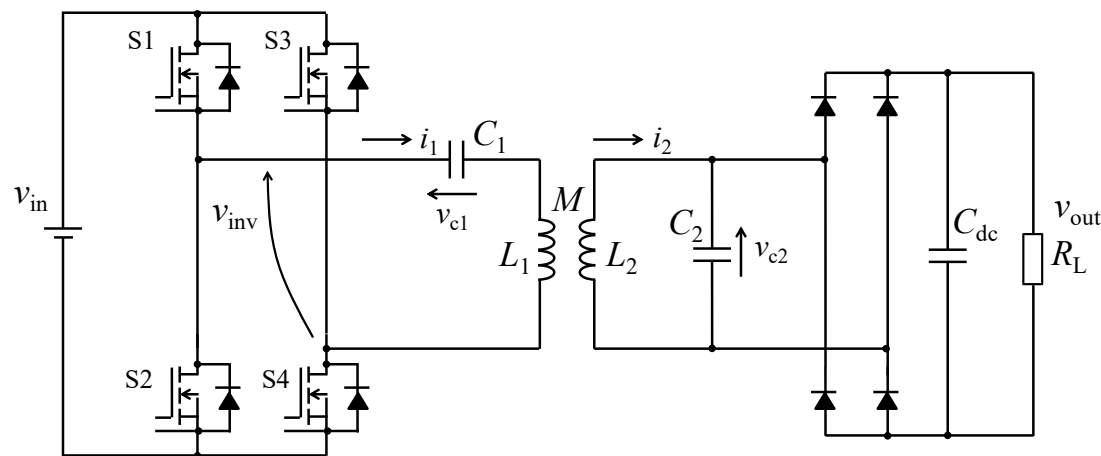
260

給電コイル



135

受電コイル [mm]



キャパシタ接続切替回路の効果

—比較条件—

位置ずれなし

$$L_1 : 1.13 \text{ mH}$$

$$L_2 : 314 \text{ } \mu\text{H}$$

$$M : 309 \text{ } \mu\text{H}$$

$$k : 0.52$$

位置ずれあり

$$L_1 : 1.07 \text{ mH}$$

$$L_2 : 298 \text{ } \mu\text{H}$$

$$M : 172 \text{ } \mu\text{H}$$

$$k : 0.30$$

—共振キャパシタ—

$$C_1 = \frac{1}{\omega^2 \left(l_1 + \frac{l_2 M}{L_2} \right)}$$

$$C_2 = \frac{1}{\omega^2 L_2}$$

周波数 : 25kHz

共振条件のずれなし:

$$C_1 = 77 \text{ nF}, C_2 = 202 \text{ nF}$$

共振条件のずれあり:

$$C_1 = 68 \text{ nF}, C_2 = 150 \text{ nF}$$

誤差 : ±30%

キャパシタ接続切替回路の効果

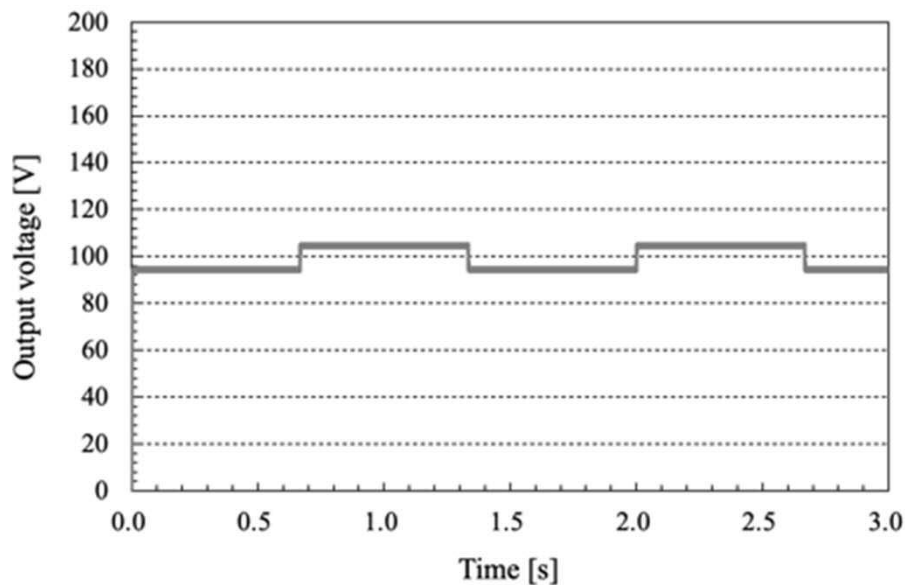
—位置ずれ発生時—

□共振条件がずれる場合

- ・試作したコイルのインダクタンス(相互インダクタンス)の差
- ・選定したキャパシタの容量の差(容量誤差±20%等)

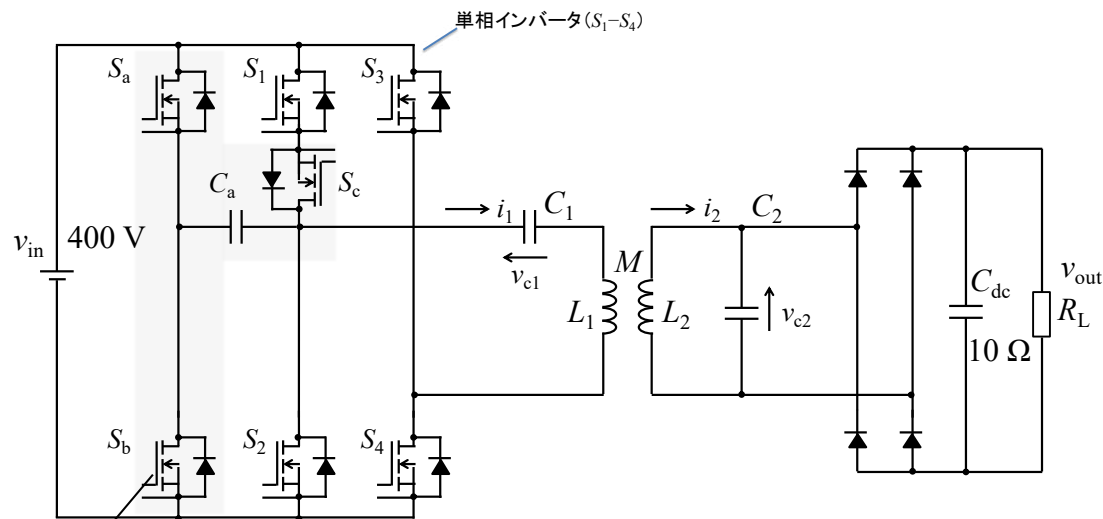
キャパシタ接続切替あり

※デューティ:一定値入力



目標 負荷電圧:100 V一定
目標 負荷電力:1 kW一定

一定電圧・一定電力を出力



キャパシタ接続切替回路

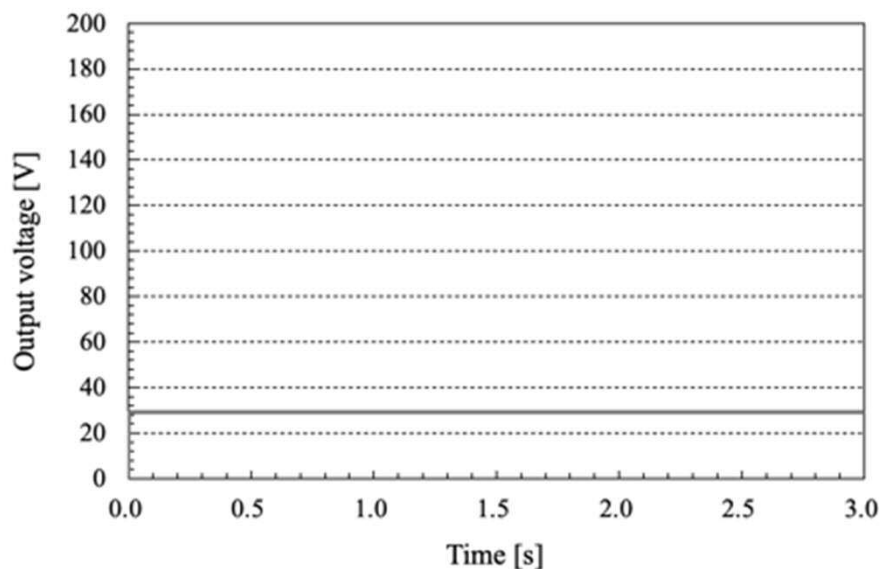
キャパシタ接続切替回路の効果

—位置ずれ発生時—

□共振条件がずれる場合

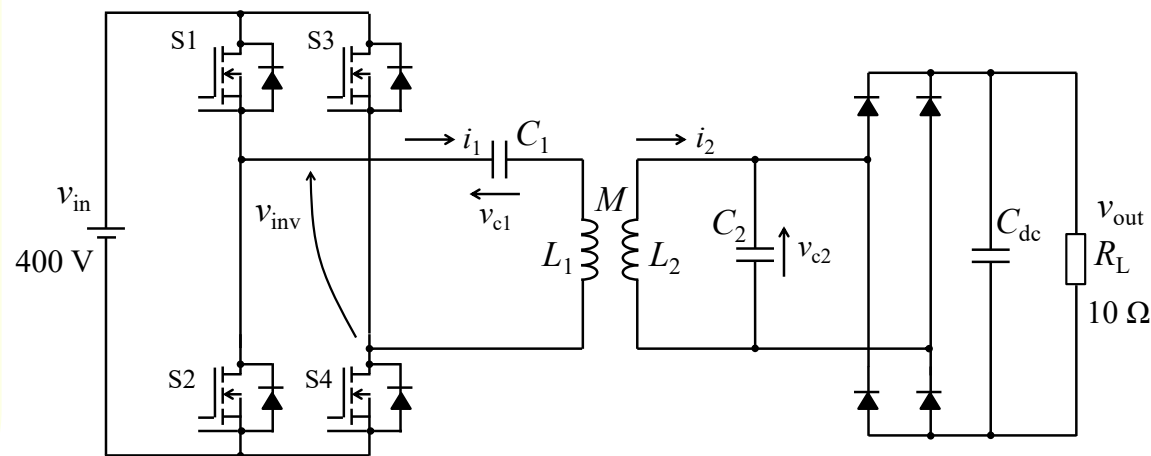
- ・試作したコイルのインダクタンス(相互インダクタンス)の差
- ・選定したキャパシタの容量の差(容量誤差±20%等)

キャパシタ接続切替なし



目標 負荷電圧: 100 V一定
目標 負荷電力: 1 kW一定

負荷電圧: 30 V



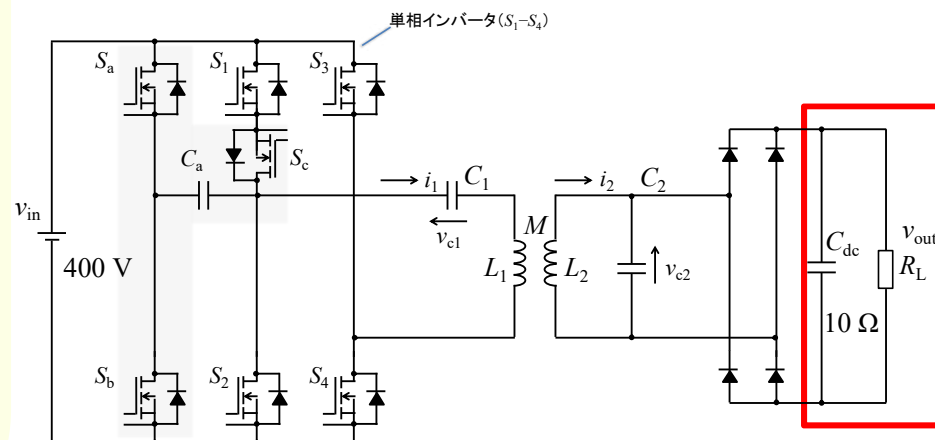
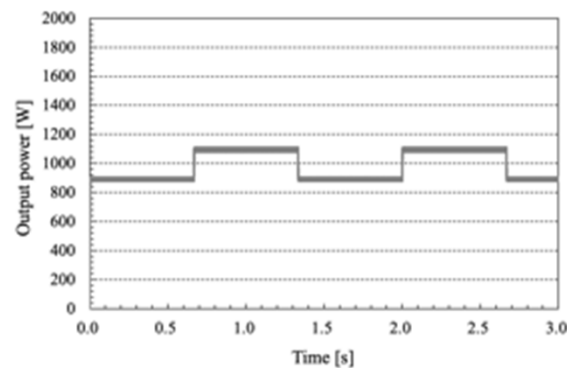
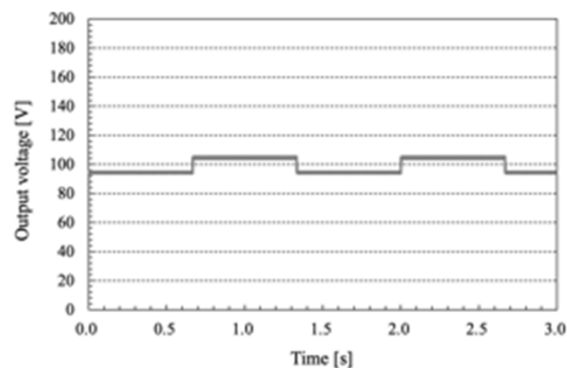
キャパシタ接続切替回路の特徴

①一定電圧および一定電力出力

※任意の負荷抵抗

※デューティ:一定値入力

負荷抵抗 10Ω , 出力電圧 $100V$, 出力電力 $1kW$

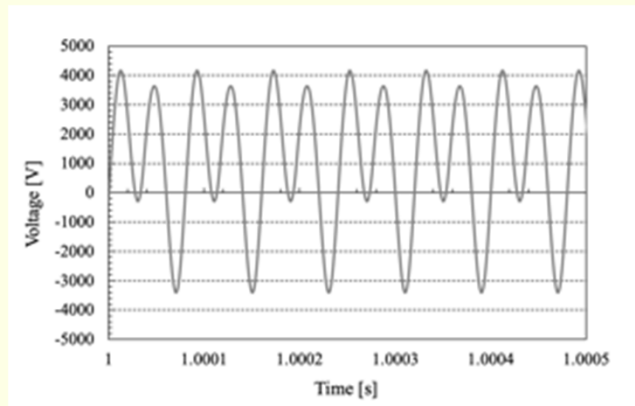


※共振条件がずれる場合

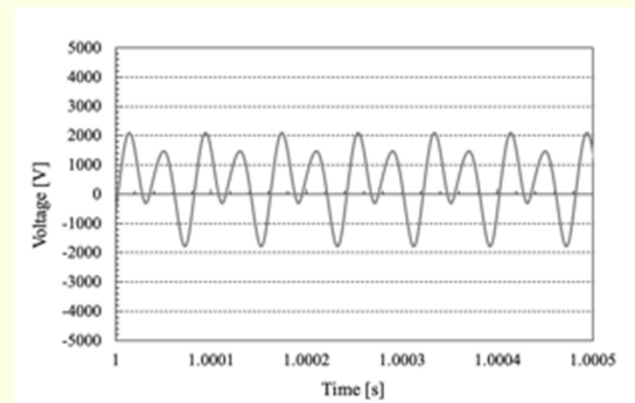
キャパシタ接続切替回路の特徴

② 給電装置側の電圧負担を抑制

負荷抵抗 10Ω , 出力電圧 100V , 出力電力 1kW

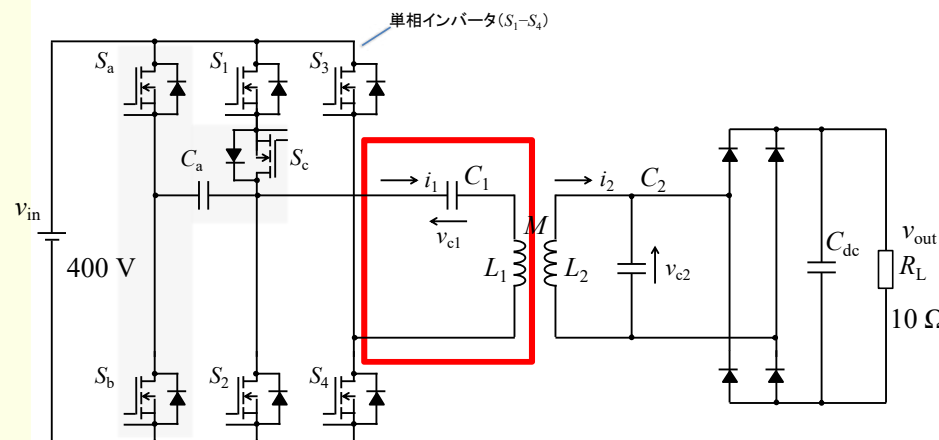


負荷抵抗 10Ω , 出力電圧 50V , 出力電力 250W



※ デューティ: 一定値入力

1次側 C_1 の電圧負担 > 2次側 C_2 の電圧負担



注: キャパシタ接続切替回路の
デューティを調整。

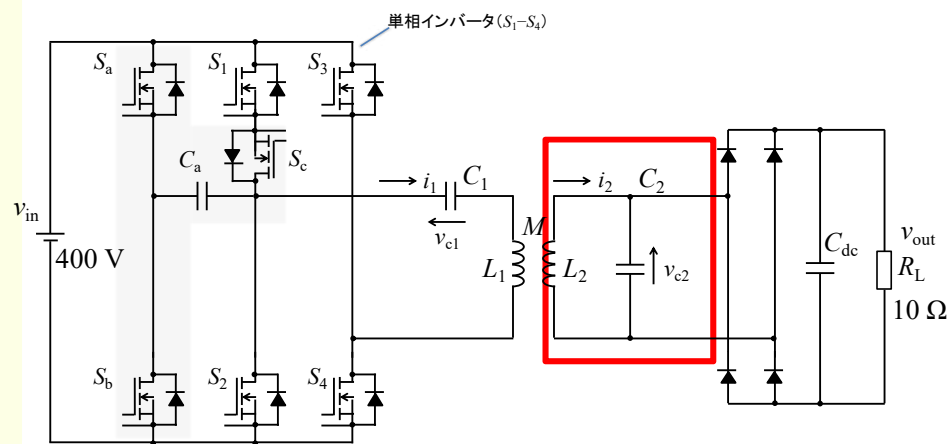
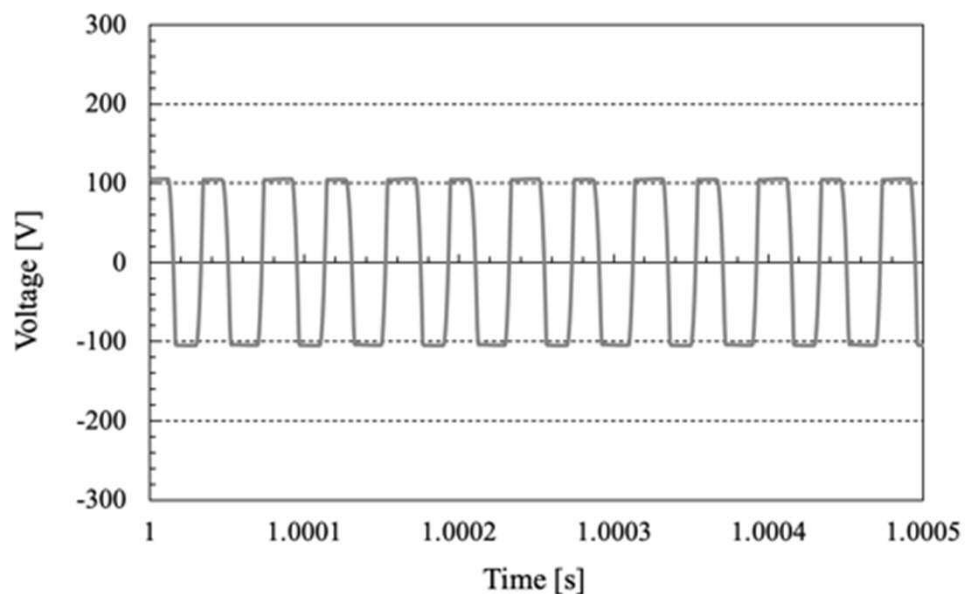
※ 共振条件がずれる場合

キャパシタ接続切替回路の特徴

③ 受電装置側の電圧負担は小さい

※ 任意の負荷抵抗

負荷抵抗 10Ω , 出力電圧 100V , 出力電力 1kW



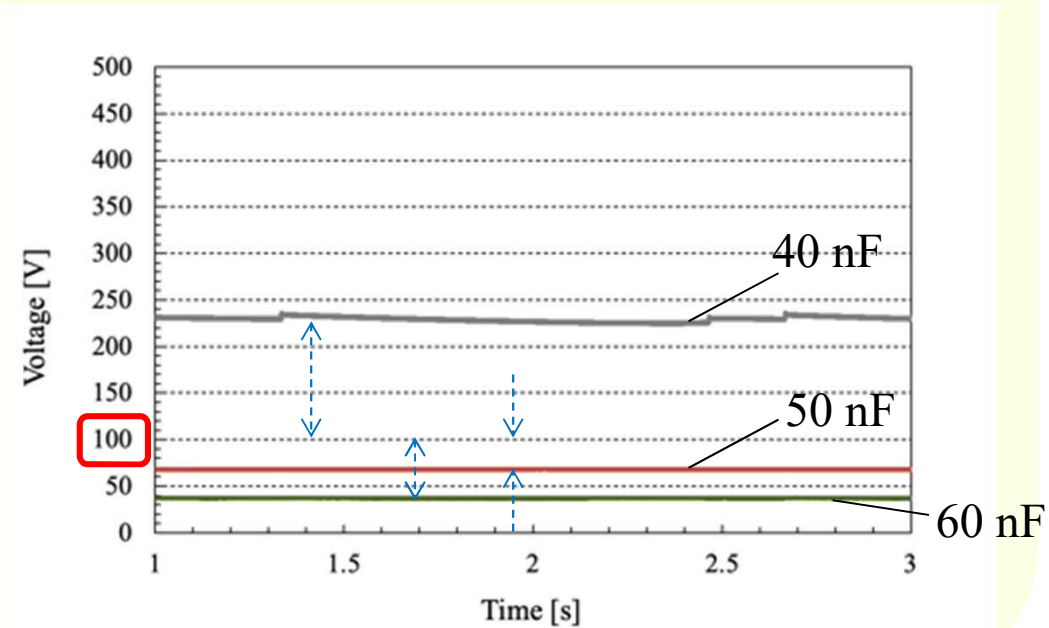
※ デューティ: 一定値入力

※ 共振条件がずれる場合

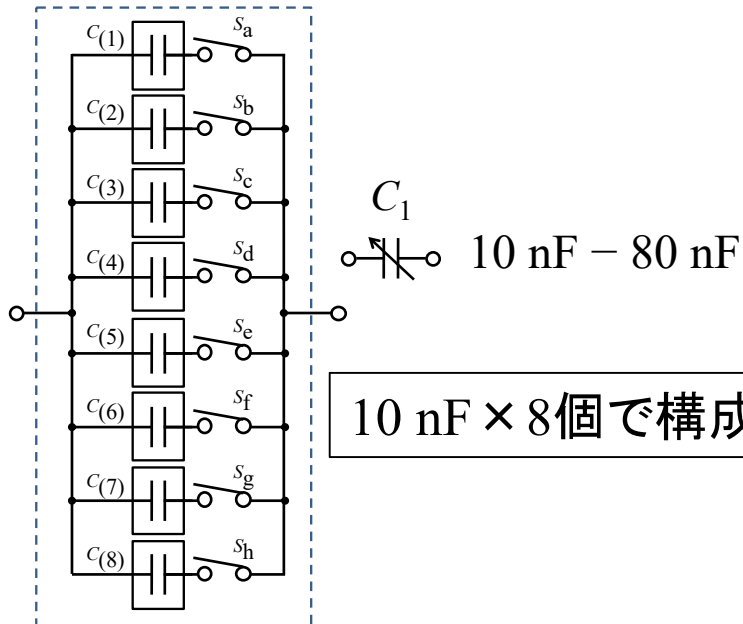
従来技術：複数のキャパシタを切替

出力電圧波形

出力電圧の精度



C_1 を可変



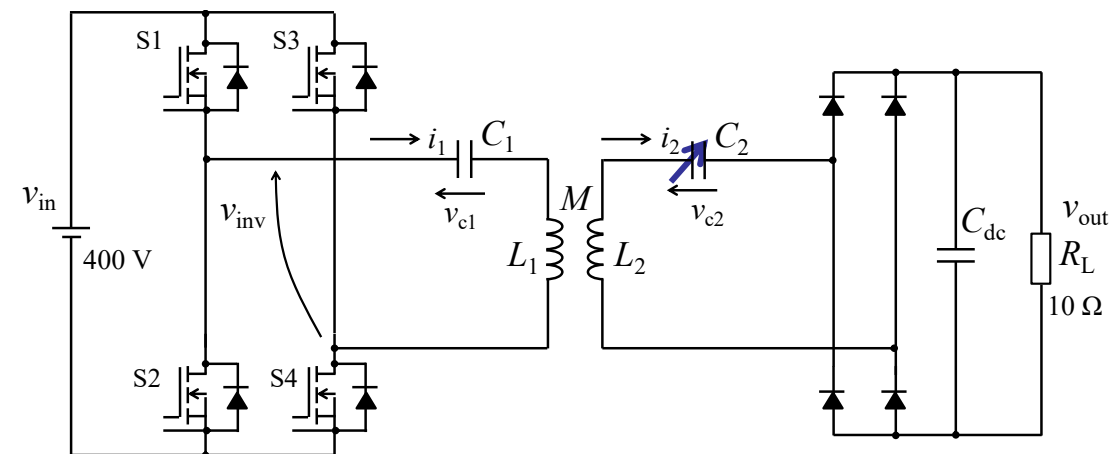
10 nF × 8個で構成の場合

- ・キャパシタ容量の変化は断続的。
- ・キャパシタの数のスイッチが必要。

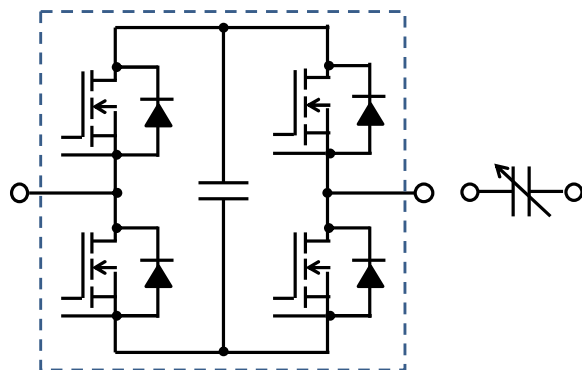
⇒ 多数のパワー半導体素子が必要。
位置ずれに対する補償が不十分。

※共振条件がずれる場合

従来技術：二次側キャパシタを可変

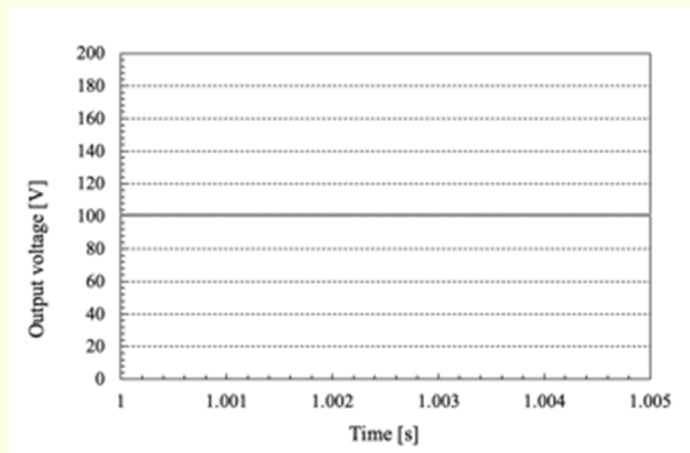


C_2 を可変

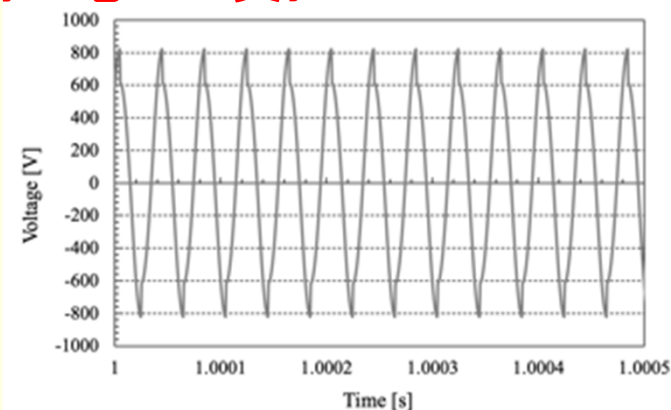


- ・二次側の電圧／電流の負担が増加。
- ・パワー半導体素子が4個必要。

出力電圧と二次側の電圧波形



二次側の電圧の負担



※任意の負荷抵抗
負荷抵抗 10Ω, 出力電圧 100V, 出力電力 1kW

⇒非接触給電の対象機器の絶縁の問題。
パワー半導体素子数の増加。

※共振条件がずれる場合

実用化に向けた課題

- キャパシタ接続切替回路について、一定電圧・一定電力での出力が可能な点を確認した。しかし、出力電圧の誤差とキャパシタ接続切替回路のデューティの指令値の決定方法に課題がある。
- 実用化に向けて、高電圧・大電流の一次側の共振キャパシタが必要となる。

企業への期待

- 未解決のキャパシタ接続切替回路のデューティの指令値の決定方法については、山登り法等の制御技術により解決可能と考えている。
- 高電圧・大電流の共振用キャパシタの開発，共振用キャパシタの小形化の技術を持つ企業との共同研究を希望。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 非接触式給電装置
- 出願番号 : 特願2019-35857
- 出願人 : 九州工業大学
- 発明者 : 今給黎 明大

お問い合わせ先

九州工業大学

オープンイノベーション推進機構

産学官連携本部 柳楽 隆昌

TEL 093-884-3499

FAX 093-884-3531

e-mail nagira-t@ccr.kyutech.ac.jp