

電力フィードバック進行波型熱音響発電機における 電力フィードバック部の非対称化が与える 発振モードへの効果

Effect of asymmetric feedback circuit on oscillation mode of electricity-
feedback traveling-wave thermoacoustic electric generator.

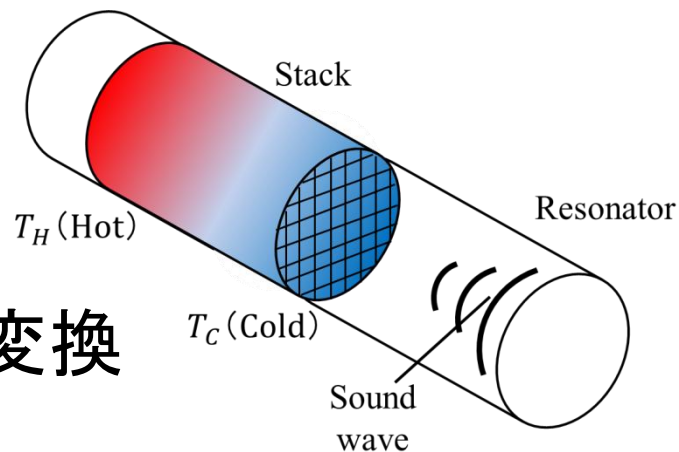
長岡技術科学大学

○萩原 佑斗 小林 泰秀

研究背景：熱音響システム

熱音響現象とは...

熱と音波の相互エネルギー変換



熱音響システムとは...

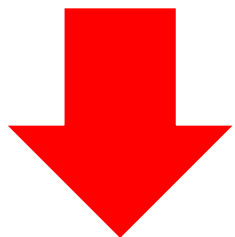
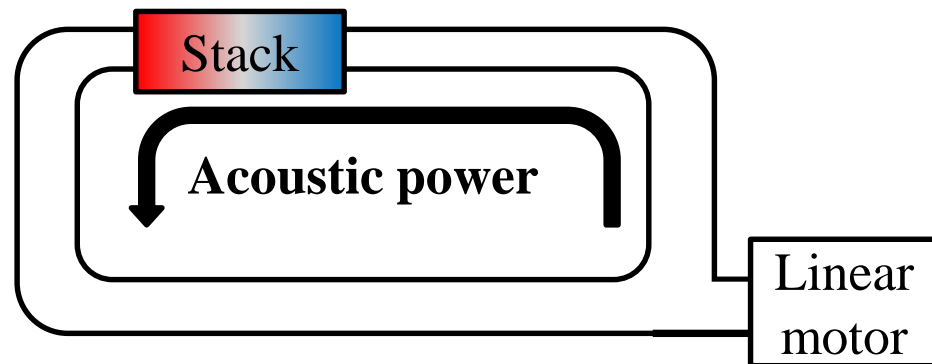
熱・音波変換デバイスに温度勾配を与え、
生じた音波を動力とする外燃機関

- ・可動部を持たないため**メンテナンスフリー**
- ・工場や車などからの**廃熱を有効利用**

応用例) 発電機, エンジン, 冷凍機

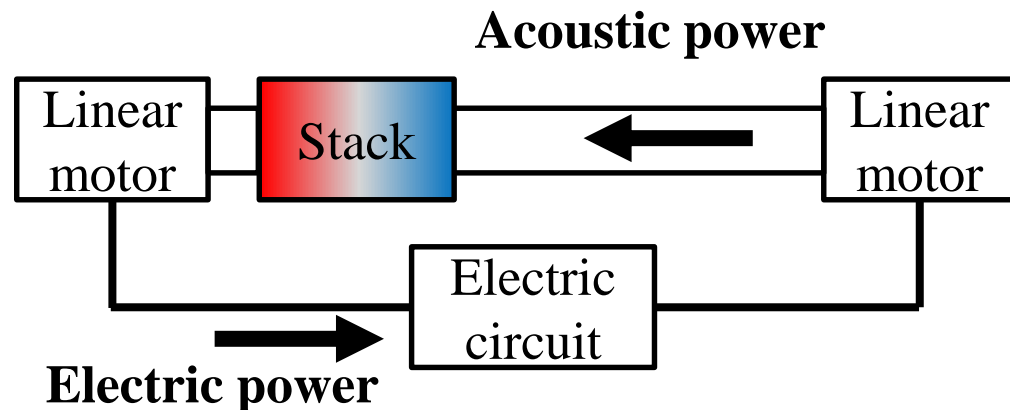
研究背景：電力フィードバック進行波型 熱音響発電機

ループ管型熱音響発電機



フィードバック部をリニアモータと電気回路に置き換え

電力フィードバック進行波型
熱音響発電機^[1]

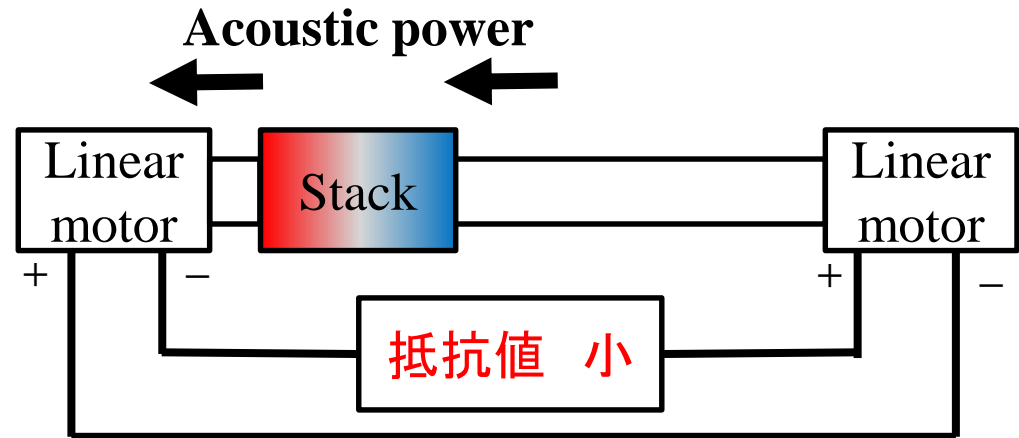


[1]“熱音響コアの多段接続による電力フィードバック進行波型熱音響発電機の実現”
(篠田将太郎 他,2018)

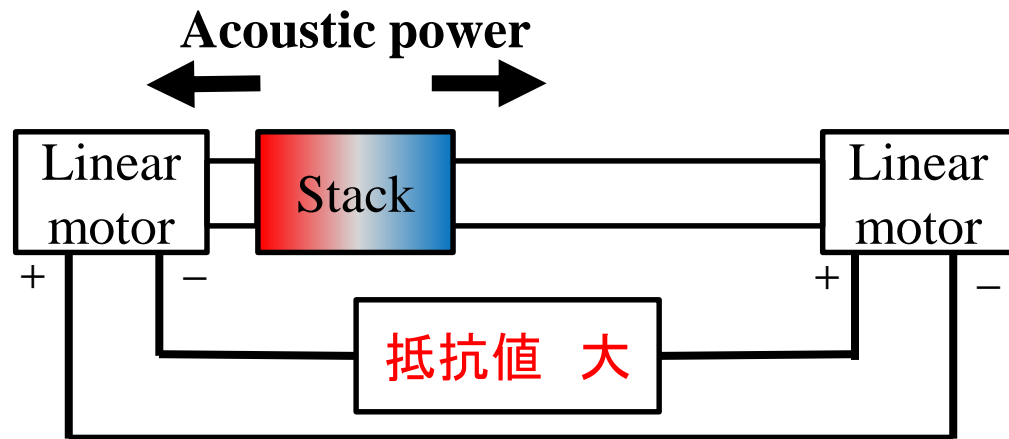
研究背景：電力フィードバック進行波型 熱音響発電機

電気回路の抵抗値により
発振モードが変化^[1]

・進行波型



・定在波型



[1]“熱音響コアの多段接続による電力フィードバック進行波型熱音響発電機の実現”
(篠田将太郎 他,2018)

研究背景：電力フィードバック進行波型 熱音響発電機

目標：システム性能の向上

先行研究：

・ASJ2017秋：

電気回路にコイルを追加し、発振余裕の拡大を試みた^[2]

・ASJ2018春：

圧力振幅最大となる最適なコイルを検討^[3]

・ASJ2018秋：

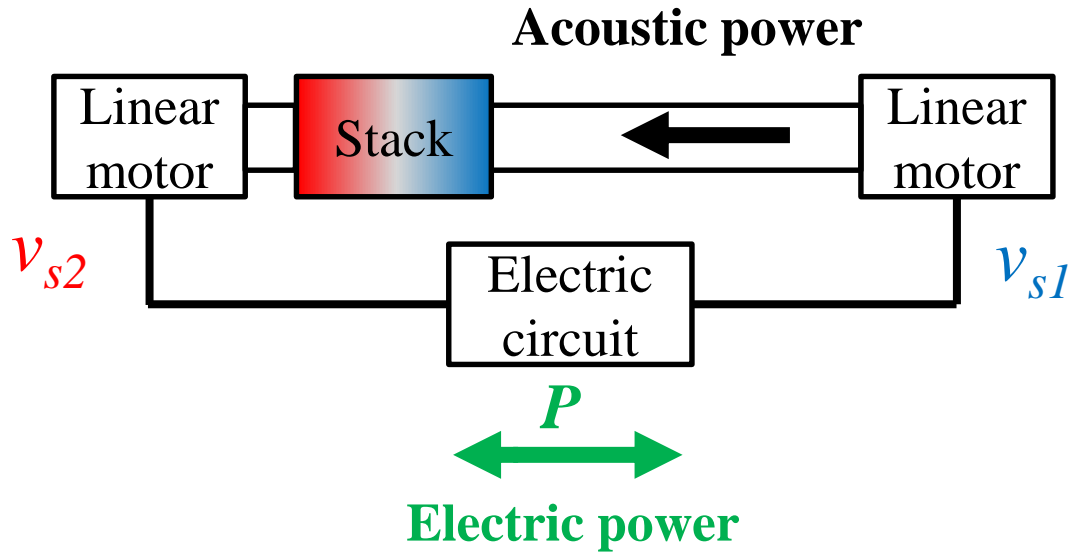
温度変動に対し負荷抵抗を動的に調整し、圧力振幅が一定となるシステムを提案^[4]

[2]“電力フィードバック回路の調整による熱音響発電機の発振余裕の拡大”(小林 泰秀 他,2017)

[3]“電力フィードバック回路の調整による熱音響発電機の発振余裕の最大化”(小林 泰秀 他,2018)

[4]“温度変動に対して熱音響システムの圧力振幅を一定とする負荷のフィードバック制御とエネルギー変換効率に与える効果”(井上 陽仁 他,2018)

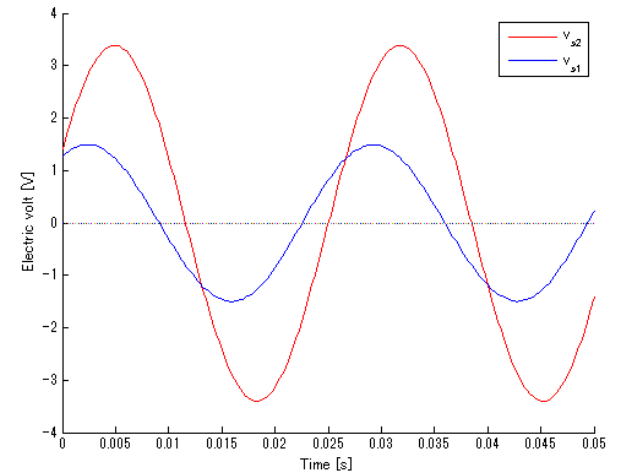
研究背景：電力フィードバック進行波型 熱音響発電機



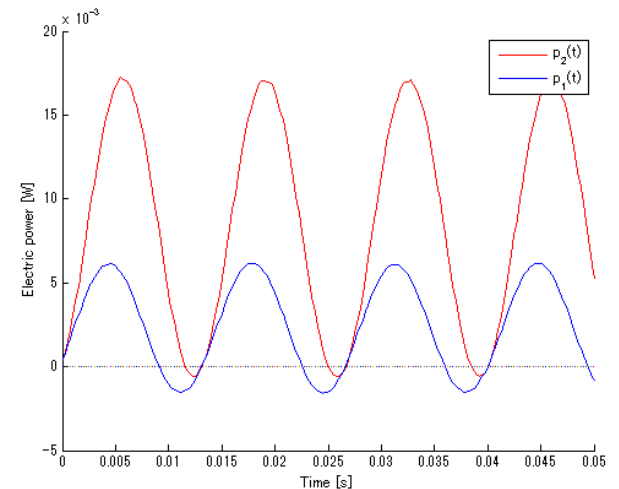
課題：電圧に位相差があると瞬時電力が逆流する

目的：瞬時電力の逆流を遮断する

提案：スイッチングにより電気回路を非対称化



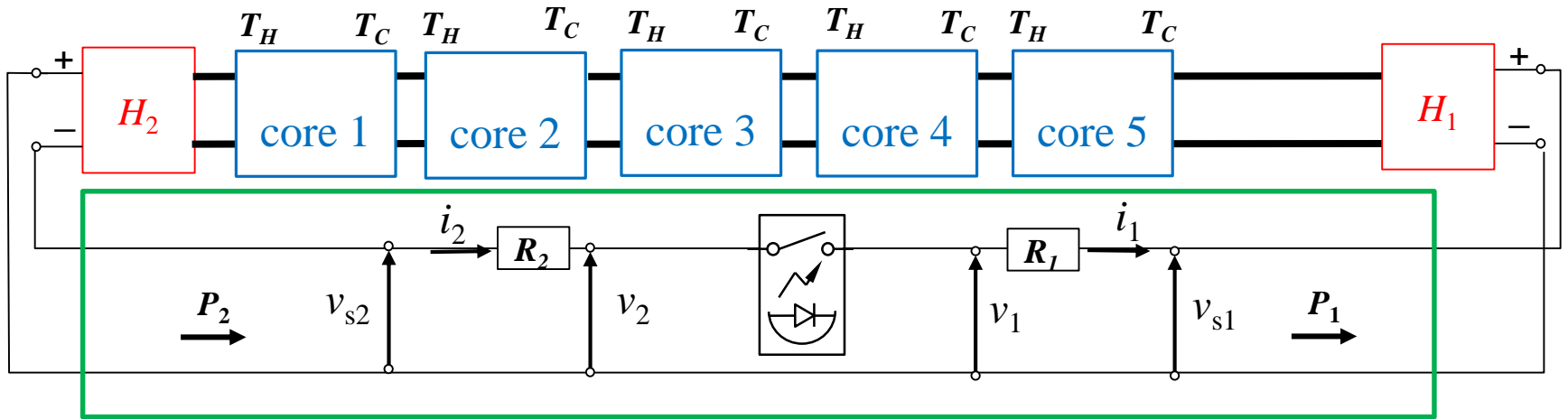
電圧



瞬時電力

実験装置

- ・リニアモータ2つと熱音響コア(熱音波変換デバイス)、電気回路で構成



実験条件

$$T_H = 280^\circ\text{C}$$

$$T_C = 10^\circ\text{C}$$

$$R_1 = 220\Omega$$

$$R_2 = 220\Omega$$

定在波型の発振モード

原稿

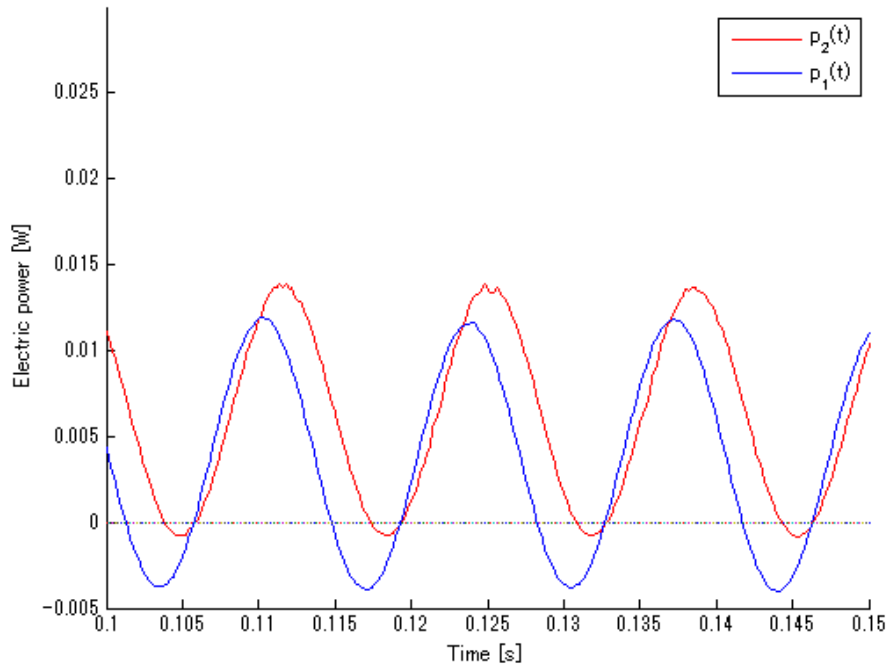
- 電力逆流遮断回路
- 電気回路の両端の電圧を測定(2箇所)

本発表

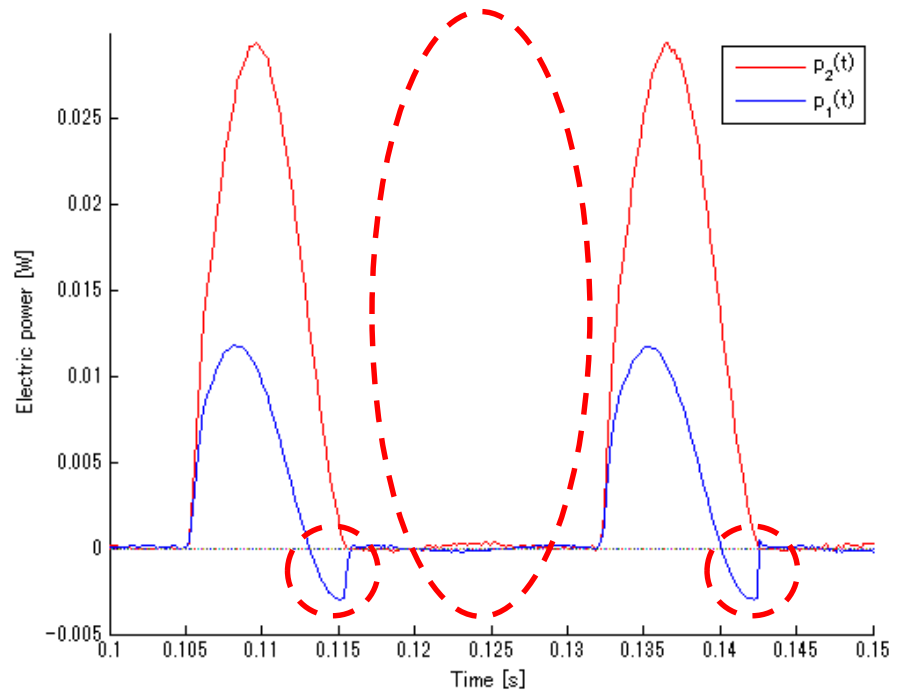
- プログラムによるスイッチング
- 素子間の電圧をそれぞれ測定(4箇所)

実験結果(瞬時電力)

電力逆流遮断回路 → 自動で逆流を感知しスイッチをOFF



回路無し

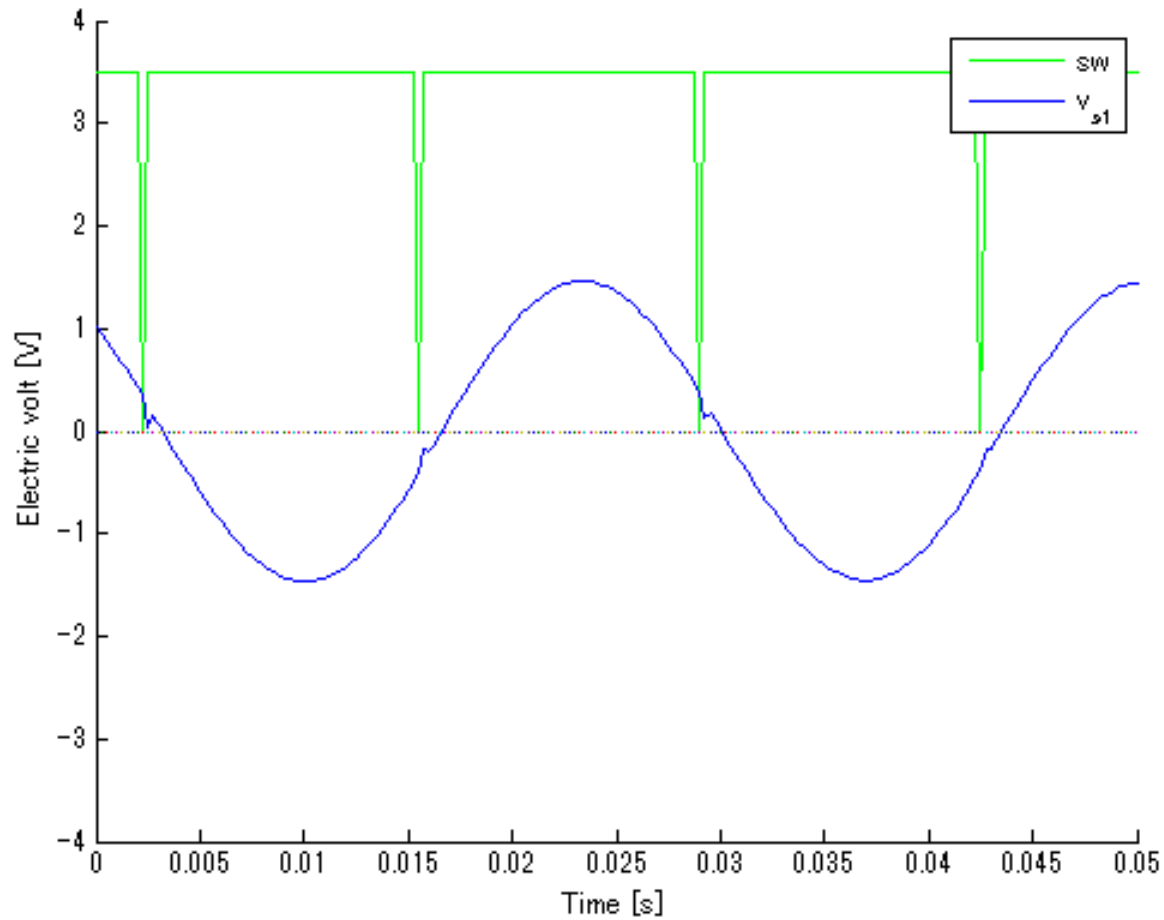


回路あり

- ・瞬時電力の逆流を遮断しきれていなかった
⇒ 以上の問題からスイッチの制御をプログラムによるものに変更

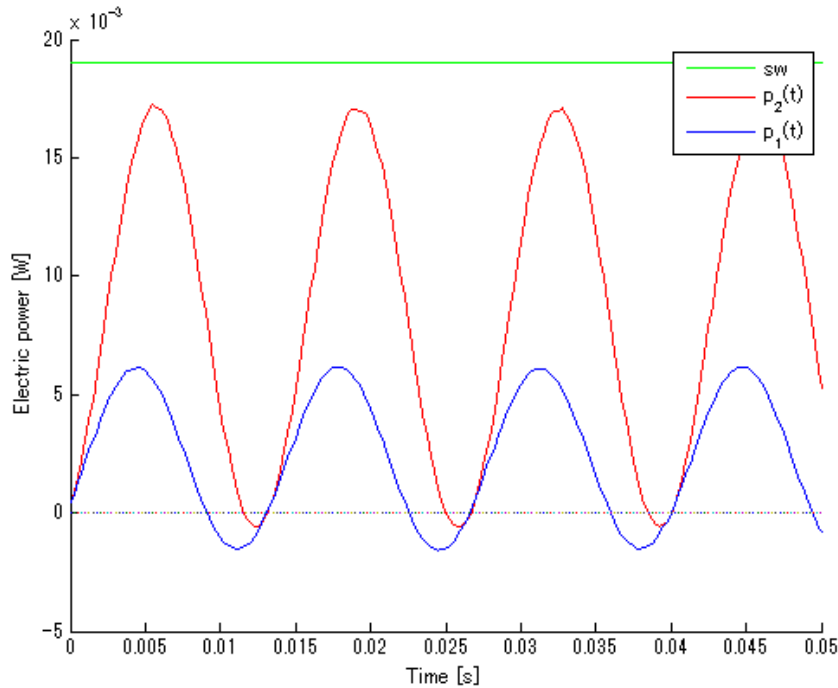
実験結果 (スイッチング)

v_{s1} のゼロクロスに同期させスイッチング

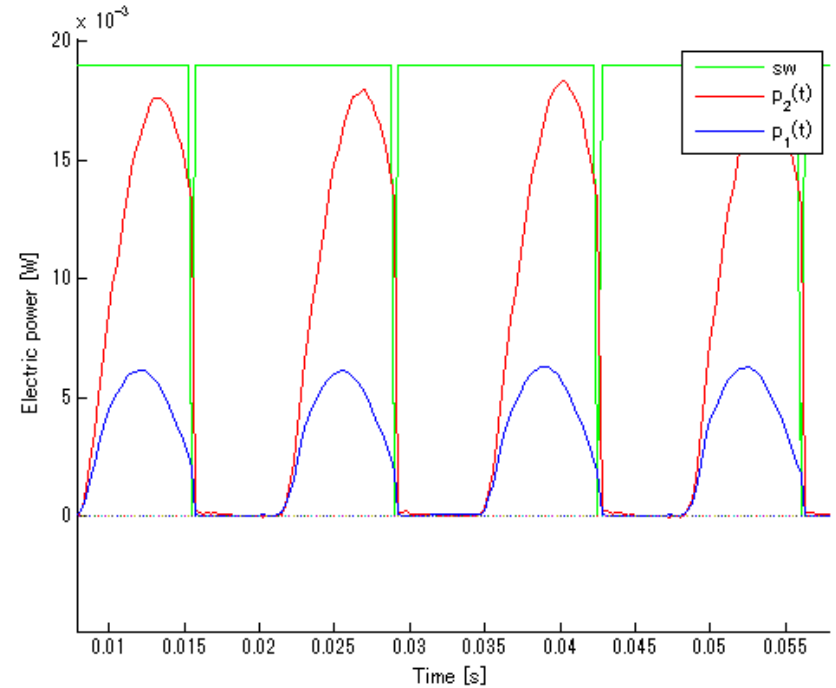


実験結果(瞬時電力)

v_{S1} のゼロクロスに同期させスイッチング



スイッチング無し



スイッチングあり

負の値になる瞬時電力を遮断

⇒電力の流れが一方向であり電気回路を**非対称化**

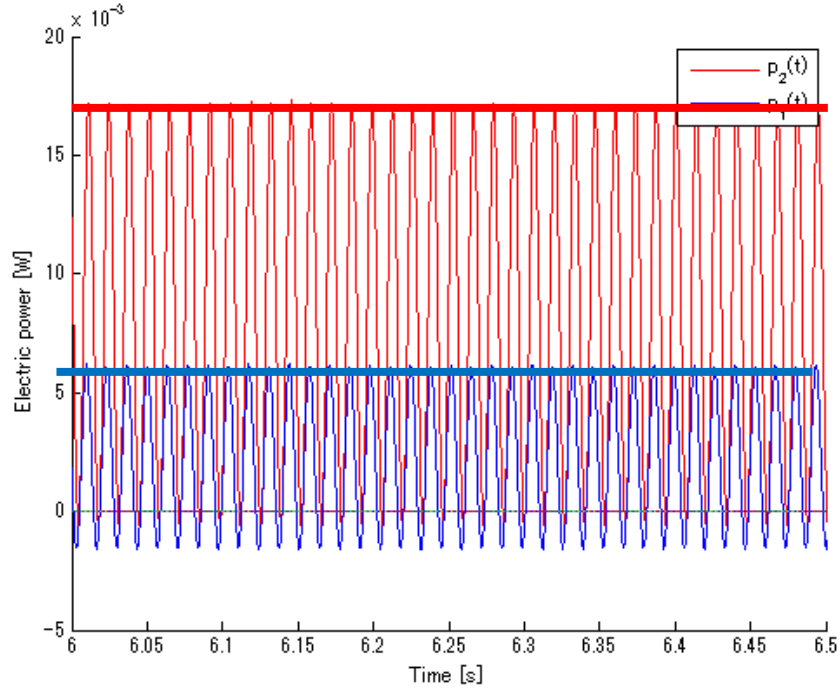
※フォトリレー TLP241

最大ターンオン時間 5[ms]

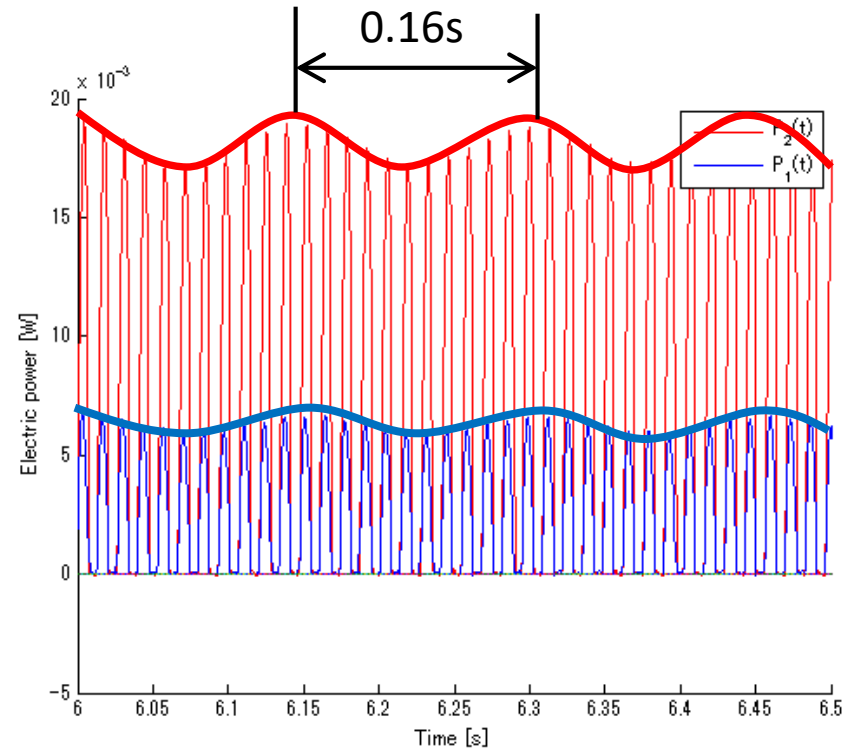
問題点

⇒ターンオン時間より短い逆流は正方向の瞬時電力も遮断してしまう

実験結果(瞬時電力)



スイッチング無し

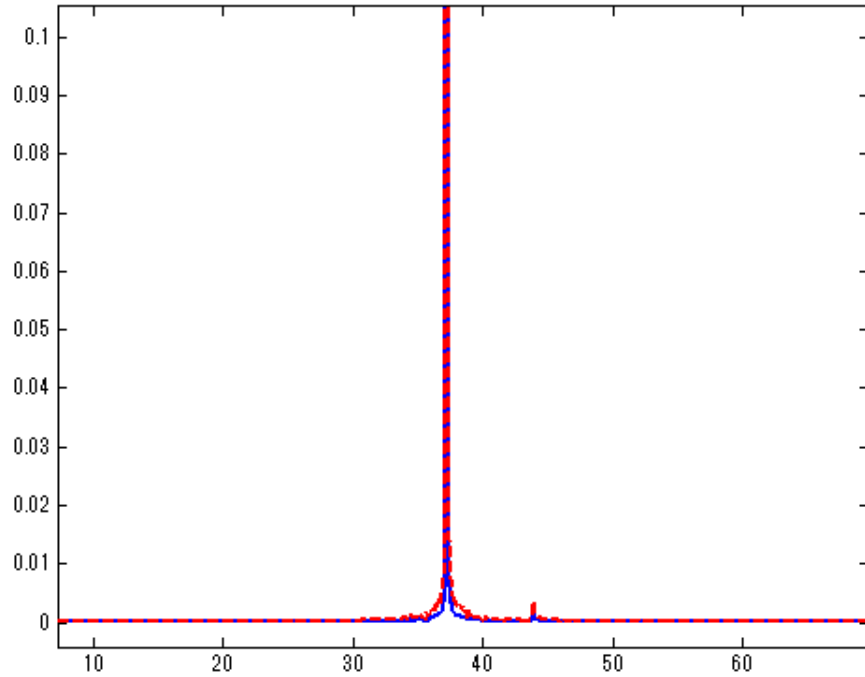


スイッチングあり

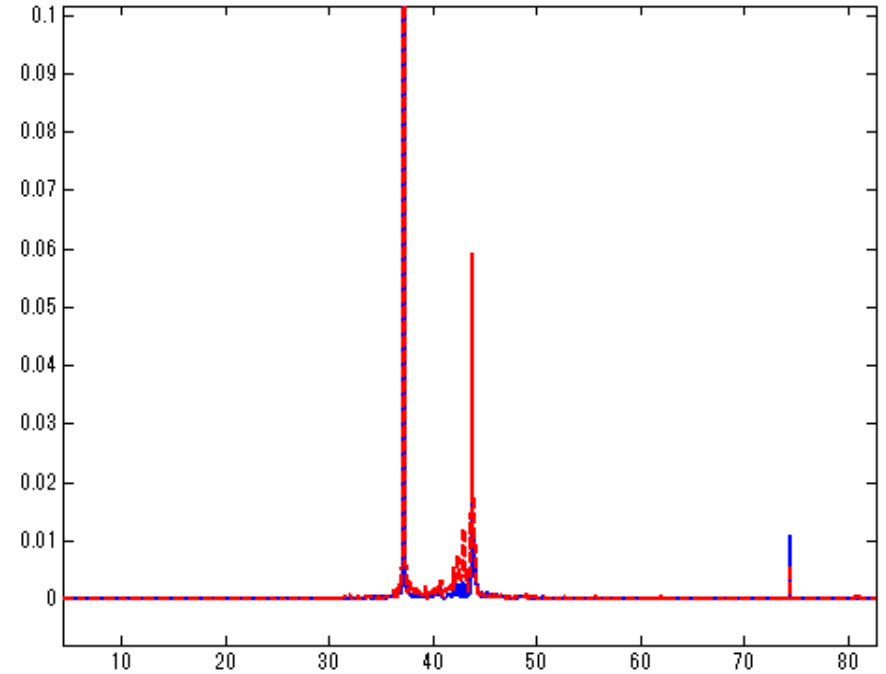
- 約6Hzのうなりが生じる

$$\text{※ } \frac{1}{0.16} = 6.2 \text{ Hz}$$

実験結果(電圧 FFT解析)



スイッチング無し



スイッチングあり

進行波型の発振周波数43Hzが大きくなった

⇒定在波型の発振モードでは逆流を遮断すると、

進行波型の発振モードの周波数が表れると考えられる。

まとめ

- スイッチングにより瞬時電力の伝送を一方向にすることができた。
- 定在波型の発振モードでは進行波型の発振モードと同じ周波数が表れる。

今後の課題

定在波型の発振モードで現れるもう一つの周波数について調査する

発電電力や音響パワーにどのような影響が出ているか調査する
(性能が向上したかどうか)