

磁気エネルギー回生スイッチ(MERS)を用いた 短絡スイッチによる同期発電機の出力の向上

Improvement of synchronous generator output capability using shunt switch by magnetic energy recovery switch

研究背景と目的

自動車の発電機



風力発電の発電機

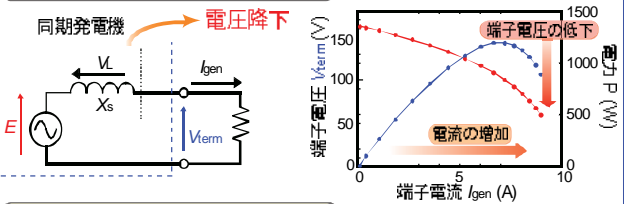


高効率かつ構造が簡単な
 永久磁石式同期発電機を
 可変速で有効に使用したい

回転数の変化が大きい 自然環境により回転数が変化

発電機の問題点

問題点1. 同期リアクタンスによる負荷電圧の低下

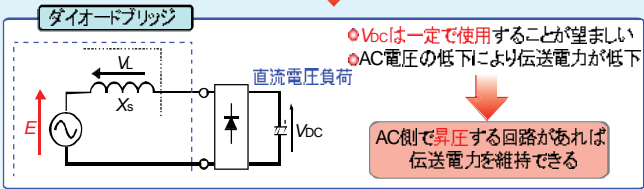


問題点2. 回転数の低下による負荷電圧の低下

$$E = \frac{2\pi M I_f}{\sqrt{2}} \times n_0$$

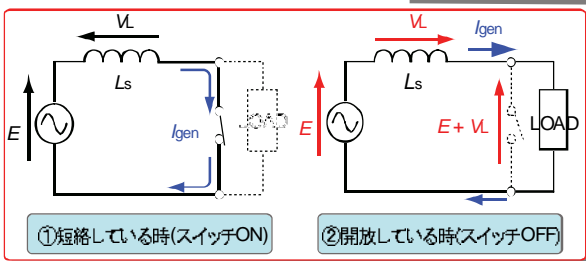
M : 界磁巻き線の相互インダクタンス
 I_f : 界磁電流
 n_0 : 回転数 変化
 永久磁石式発電機では定数

ダイオードブリッジに接続すると...



短絡スイッチによる昇圧

- 発電機の端子間に短絡スイッチを接続
- 発電機の同期リアクタンスによる昇圧
- スイッチのゲート幅とゲート位相を制御
- 発電機の周波数に同期した低周波数スイッチング



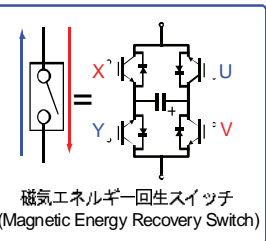
交流における昇圧チョップ

スイッチの条件は...

逆阻止能力を持った双方向スイッチ

今回はMERSを使用

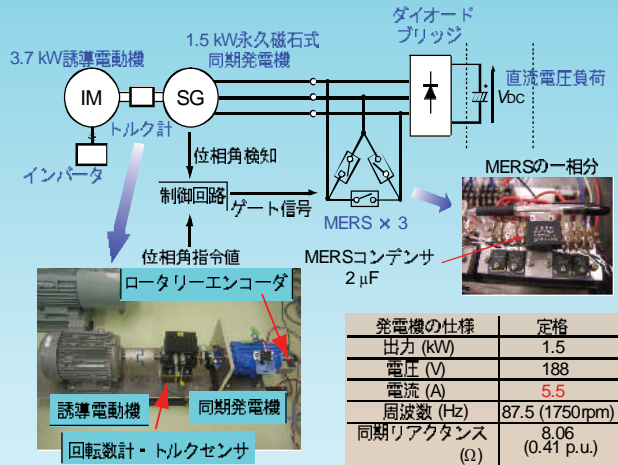
- 4つの半導体スイッチと小容量コンデンサ
- U, YとV, XのペアをON・OFF
- コンデンサによる急峻な電圧変化低減



提案回路の特徴

- 低スイッチング周波数なので低スイッチングロス
- ノイズが少ない
- スイッチには無効電力のみしか通過しないので小容量かつ小型

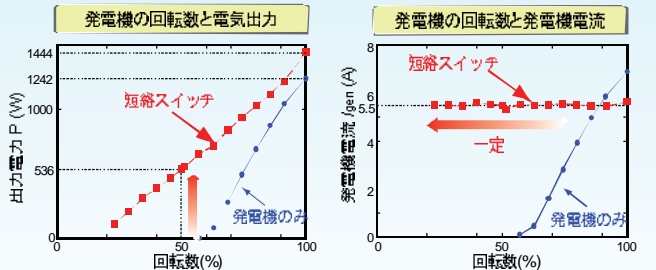
実験装置



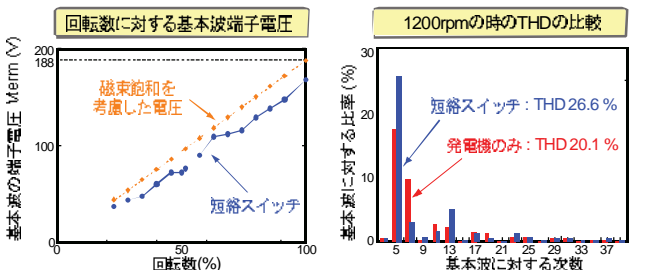
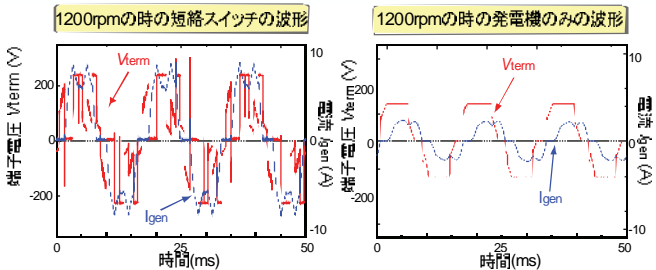
発電機の仕様	定格
出力 (kW)	1.5
電圧 (V)	188
電流 (A)	5.5
周波数 (Hz)	87.5 (1750rpm)
同期リアクタンス (Ω)	8.06 (0.41 p.u.)

- 発電機の回転数を変化させる
 - V_{dc} は常に一定
 - 短絡スイッチはゲート位相とduty比を制御
- 発電機の端子電圧をできるだけ小さくし、かつ常に定格電流になるように制御

実験結果



- 回転数100%での出力向上
- 回転数低下時の電気出力の改善
- 回転数変化しても一定電流に制御可能



- 発電機内部での磁束飽和が起こらない範囲での昇圧
- × THDはダイオードブリッジで悪く短絡スイッチでもやや悪化