

課題情報シート

テーマ	風力発電装置の開発		
大学校	沖縄職業能力開発大学校		
ホームページ	www3.jeed.or.jp/okinawa/college/		
電話番号	098-934-6282 (学務課)		
訓練課程	応用課程	訓練科	生産機械システム技術科 生産電子情報システム技術科 生産電気システム技術科
担当指導員	比嘉孝満 長澤健一 春口良博		

開発（制作）年度・期間

2017 年度 ・ 10 カ月

(内訳) 企画 : 1 カ月、設計 : 2 カ月、製作 : 6 カ月、調整 : 1 カ月

開発（制作）学生数

9 名

(内訳) 生産機械システム技術科 : 2 名、生産電子情報システム技術科 : 4 名、生産電気システム技術科 : 3 名

習得した技能・技術

充電制御、インバータ制御の回路技術。マイコンを使用した制御プログラム技術。パワーエレクトロニクスに関する技術。発電機能を評価するための技術。機械加工技術。

開発（制作）のポイント

- ① 企業から貸与された発電機の特性を把握し、効率よくバッテリーへ充電制御を行うための回路技術が必要です。
- ② 充電制御、インバータ制御、出力電力の切り替え機構、安全対策などに組み込みマイコンを使用した制御プログラム技術が必要です。
- ③ 入力から出力まで高い電圧を使用しており、SSR や IPM などの素子を使用するため、パワーエレクトロニクスに関する知識と技術が必要です。
- ④ 内部回路の機能ごとに評価実験が必要です。
- ⑤ 発電機能を評価するための実験装置が必要です。(今回はモータを風車に見立てて実験ができる評価システムを構築しました。)
- ⑥ 屋外に使用するものなので、シャーシ本体の機械的な構造が重要になります。

訓練（指導）のポイント

- ① 開発企画として、仕様の検討、日程の検討、予算の検討、グループ内の役割を検討します。
- ② 開発する装置の役割を明確にし、構想設計を進めていきます。各種実験では、実験計画を行い効率的な実験を行っていきます。
- ③ 設計において、安全性と電力変換効率の維持を念頭においた回路設計、評価、製作方法、組立方法を考えた設計ができるように工夫します。
- ④ 製作・組立においては、安全作業を第一に製作に取り組みます。また加工ミスが無いように加工工程、確認作業をしっかりと行います。
- ⑤ 各種ミーティングでは、発言者の意見に耳を傾け、課題解決に向けた目的や目標及び手順や方法について共通の認識持ちます。
- ⑥ 各自が与えられた役割を果たし、グループメンバーをフォローし合って、グループのモチベーションを維持します。
- ⑦ 図や表を効率的に利用した分かり易い報告書や発表会予稿原稿を作成し、発表会では制限時間内に伝えたい内容を説明します。
- ⑧ 5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。

開発物の仕様

項目	内容
風車	垂直軸型、羽根枚数：5枚×2段 風車全長：3530[mm]、回転径：2000[mm]、羽根：1000×240[mm]
バッテリー充放電	充電効率 95%以上、過充電過放電保護機能、MPPT 制御
風車の回転数制御	ディスクブレーキ制御、短絡ブレーキ
インバータ出力	入力 DC48V、出力 三相 3 線 210V±20 500W 单相 3 線 202V±12 500W 周波数 60Hz±1%、効率 95%以上
電力切替時間	無瞬断切替（单相 200[V]のインバータと商用電源の切替え）

使用機器

開発において使用した機器等（機器名・メーカー・型番）

電源（nF・EC1000SA）、絶縁オシロスコープ（Tektronix・TPS2014B）、電流プローブ（Tektronix・TCP305A）

参考文献

著者名(発行年)『著書名』出版社.	
マイクロ風力発電機的设计と製作 (2007年)	著者: 久保大次郎
動かしながら学ぶRXマイコン活用法 (2012年)	著者: Interface編集部
トランジスタ技術 SPECIALNo.116 (2011年)	著者: トランジスタ技術 SPECIAL編集部

風力発電装置の開発

沖縄職業能力開発大学校
 生産機械システム技術科
 生産電子情報システム技術科
 生産電気システム技術科

1. はじめに

現在、最も注目されるエネルギーとして再生可能エネルギーがある。その中でも特に注目されているのが風力発電である。風力発電は昼夜問わず発電が可能であり、ビルの屋上などの小規模での発電も行われている。

本課題は企業と共同で研究を行っており、系統連系を行わないオフグリッド型の風力発電装置の開発を行っている。

オフグリッド型とは垂直軸型という意味で、図1のように地面に対して垂直に軸が立っている風車のことを指す。



図1. 垂直軸型発電装置

2. 風力発電装置の基本仕様

本装置は、発電電力を売電せず、電気を自給するオフグリッド仕様となっている。負荷への供給が発電電力で賄えないときは商用電源から電気を供給するようになっている。

表1に基本仕様を示す。

表中の太字枠で囲った部分が今回、我々が開発する装置である。

表1. 基本仕様

項目	内容
発電機	1kW 三相 最大回転数 200rpm
風車の種類	直線翼垂直軸型 風車全長: 3520[mm] 回転径: 2000[mm] 羽根: 1000 × 240[mm] 羽根枚数: 5枚 × 2段
本装置の出力	単相3線 500[W] 三相4線 500[W]
バッテリー	48V 200Ah
バッテリー充放電	バッテリー過充電 過放電保護回路 MPPT制御 充電効率 95%以上(企業要求値)
インバータ	入力 DC 48V 出力 三相 210V±20 500W 単相 202V±12 500W 周波数 60Hz±1% 効率 95%以上(企業要求値)
電力切替	単相 200[V] ⇄ 商用電源 200[V]
風車の回転数制御	過回転防止制御 ディスクブレーキ制御
運用状態の表示	液晶ディスプレイ(LCD)

3. システム構成

システム構成図を図2に示す。

今回の開発課題では、コントローラ部・インバータ部・電力切替部・回転数制御部に分かれ、開発を行った。各部の内容を下記に示す。

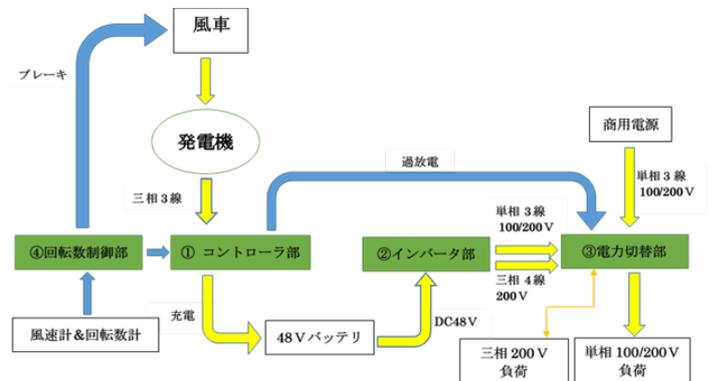


図2. システム構成図

① コントローラ部

発電電力を効率よく取り出す制御を行う装置である。また、取り出した電力をバッテリーへ充電、風車や発電機の保護、過充電・過放電によるバッテリーの損傷を防ぐための安全制御を行う。

② インバータ部

バッテリーの直流電力を企業が要望する単相 3 線式と三相 3 線式の 2 つの交流電力に変換する装置である。

③ 電力切替部

バッテリーが過放電になった時、電力の供給をバッテリーから商用電源に切替えるための装置である。商用電圧電源の波形とインバータ出力の波形の電圧と周波数を合わせ、交流電圧が 0V になったタイミングで切替えを行う。

④ 回転数制御部

風車が、設定した最大回転数を超えたときや、バッテリーが過充電の時に事故や破損防止のために、風車の回転を停止する装置である。

風速と発電機の回転数を液晶ディスプレイに表示し、確認できる。

4. 新実験機について

今回の開発から生産機械が加わり、実験機の問題点の振動や騒音・持ち運びのしにくさなどの不備を改装した。前回の変更点を下記に記す。

下記の軸方向を変えた理由としては、軸方向を変更し、軸ズレを軽減する目的がある。

表 2. 実験機

	2016 年度	2017 年度
重量	約 85 k g	約 80 k g
振動	発電中に鉄パイプの振動による騒音を確認。モータと発電機の軸ズレと発電機固定口金の脆弱性により振動。	鉄パイプからアルミフレームに変更し、振動を緩和。口金を専用の軸受けに変更し、部品の精度を向上。
全長	約縦 650×横 550×高さ 750	縦 640×横 540×高さ 460
軸方向	横	縦

5. コントローラ部

コントローラ部では、MPPT 制御を行い、バッテリーへの充電効率向上を図るほか、バッテリー劣化防止のための過充電・過放電防止機能を搭載している。また、発電電力、バッテリー残量等の値を確認するために液晶ディスプレイに表示を行う。

5.1 発電機の電力取り出し

MPPT(Maximum Power Point Tracking)とは、最大電力点追従という意味で、発電された電力からできるだけ多くの出力電力を取り出せるように、自動追従させる制御である。その制御方法としては、風力発電装置の発電機とバッテリーの間に降圧回路を組み込み、発電機電力を計測した結果をフィードバックして、最大の出力が得られるように電圧と電流の組み合わせを常に探し求める。また、バッテリー電圧より低い発電電圧は昇圧回路で昇圧後、降圧回路に送り、MPPT 制御を行う。以下に MPPT 制御のフローチャートを示す。

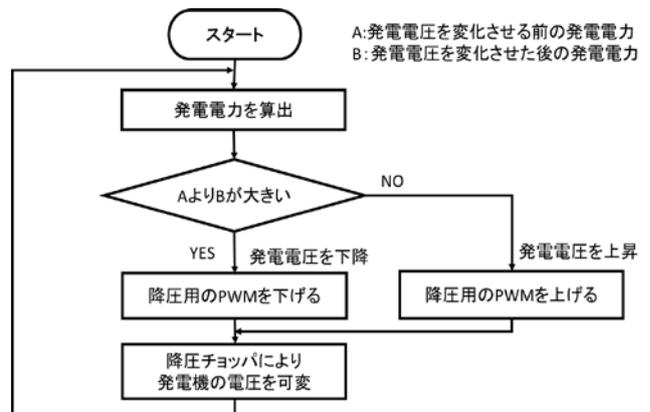


図 3. MPPT 制御フローチャート

5.2 バッテリー過充電・過放電保護

バッテリーが過充電になると故障や劣化、最悪の場合は爆発に繋がる危険があり、逆に過放電になるとバッテリーの機能低下やバッテリー自体の劣化を引き起こす。そのため、本開発課題ではバッテリー電圧を監視して、過充電と判断すると充電を停止する。また、過放電と判断すると放電を停止し、電力切替部へ商用電源と切替えるよう制御信号を送る。回転数制御部で異常が生じ風車の回転を止める事ができなくなった場合、最終手段として回転数制御部からコントローラ部へ制御信号が送られ、短絡ブレーキをかけるよ

う制御する。

6. インバータ部

6.1 インバータ部

企業からの要望で単相 3 線式と三相 3 線式の負荷を使用できるように求められている。バッテリーからの直流電力を、RX62T[®]マイコンボードと IPM(Intelligent Power Module)と、変圧器を用いて三相および単相の交流電力へと変換を行う。(図 4 参照)

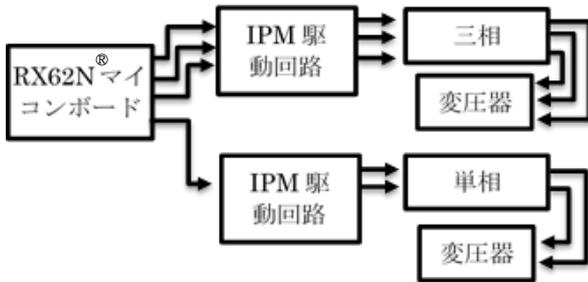


図 4. インバータ主要構成図

6.2 IPM 駆動回路

主回路と制御回路を電気的に絶縁させ、ノイズによる制御回路の誤作動を防ぐために、フォトカプラ (TLP754) を使用している。(図 5 参照)

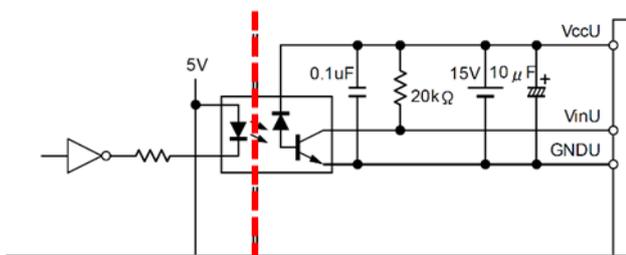


図 5. IPM 駆動回路 (U 相)

6.3 変圧器の仕様

変圧器は変換効率を考慮して単相 3 線式と三相 3 線式の変圧器をそれぞれ使用している。どちらも入力電圧は AC35V、出力電圧は単相 100V 三相 200V で出力を行っている。

6.4 RX62T マイコンボードによる波形出力

RX62T[®]マイコンボードでは、三相と単相のパルス波形を生成し IPM と変圧器を通すことで、家庭でも使われる単相交流や三相交流に変換する。また、RX62T[®]マイコンボードで三相と単相の波形に周波数調整やデッドタイムを加えている。単相波形の出力は電力切替部と同期させて出力している。

7. 電力切り替え部

電力切替部は、負荷への供給元を、バッテリーまたは、商用電源に切替える装置である。切替えを行うのは単相 3 線式のみである。一方、三相 3 線式はバッテリーの残量が一定以下になると商用電源への切替えは行わず出力を止める。

バッテリーの残量が一定以上ある場合は、インバータからの出力を負荷へ供給するが、バッテリー残量が一定以下になると、商用電源からの供給に切替え、インバータを停止させる。その後バッテリーの充電が完了したら再びインバータからの供給に切替える。

切替え自体はゼロクロス機能付き SSR (Solid State Relay) を用いてどちらかの系統を遮断、または導通させることで行う。

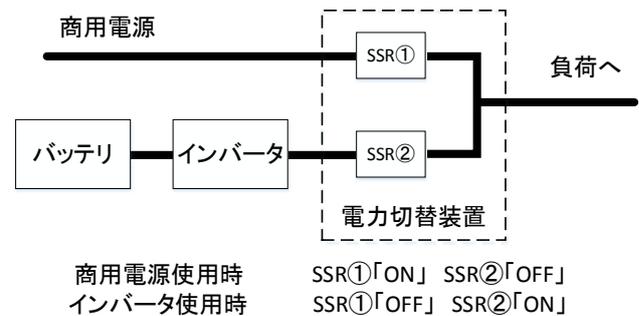


図 6. 電力切替装置の概要図

7.1 商用電源との同期と切替え

商用電源からインバータに切替える際は使用している負荷の動作を妨げないように、出来るだけ波形の変動を抑える必要がある。このため、商用電源とインバータの位相を同期させる。商用電源とインバータを同期させる方法として、パルス状に生成した商用電源の+側波形を同期パルスとして利用し、インバータの運転をその同期パルスでトリガさせることで同期を計る。

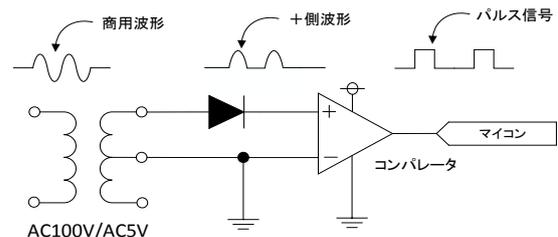


図 7. 半波整流による同期パルス生成

7.2 周波数異常時対策

本装置は商用電源、インバータの異常変動から負荷を保護するために安全対策を行っている。商用電源とインバータの出力パルスをマイコンに取り込み周波数を検出し、インバータの周波数を商用電源の周波数に近づける。周波数異常時には出力の切替え、停止を行っている。



図 8. 周波数異常時の処理

8. 回転数制御部

回転数制御部は、風車の過回転による発電機の焼損や風車の破損を防ぐために、回転数を制御する装置である。風速計と回転数をマイコンに取り込み、過回転時や過充電時にはブレーキを動作させて風車の回転を停止させる。

8.1 回転数表示

回転数の計測には、フォトインタラプタを使用した。フォトインタラプタで発電機に取り付けてあるねじ二つを監視し、何回パルスが入力されたかをマイコンでカウントして発電機の回転数を算出する。



図 9. 回転数計測機器

8.2 ブレーキ方法について

発電機のブレーキにはディスクブレーキを使用した。ブレーキレバーをモータに繋ぎ、モータの正転・逆転でブレーキ、ブレーキ解除を行う。

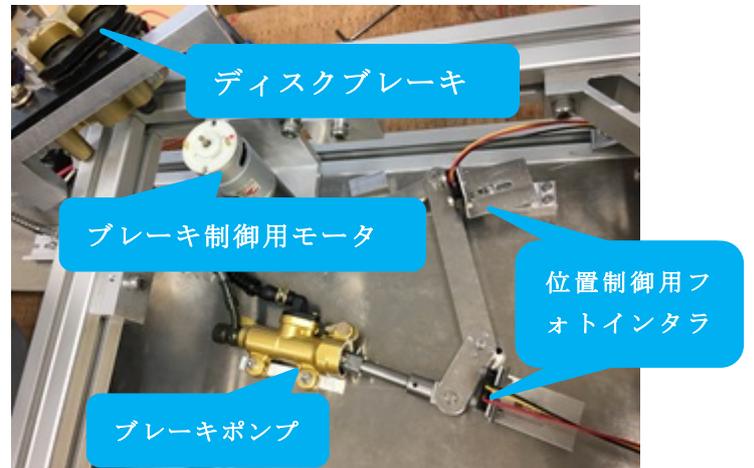


図 10. ブレーキシステム

9. 評価

今年度の評価は以下の通りになっています。評価内容の○が達成できており、×が未達成、△が一部未達成、－が実験中です。

表 3 全体評価

機能	昨年度	今年度	
コントローラ部	MPPT制御	△	-
	LCD表示	○	○
	過充電防止	○	○
	過放電防止	○	○
インバータ部	変換効率	△	-
	三相出力	○	○
	単相出力	△	○
	デッドタイム	△	○
	停止機能	△	△
電力切り替え部	変換効率	△	△
	切替機能	○	○
	商用異常通知	-	○
回転数制御部	商用電源との同期	○	○
	強風時ブレーキ	x	△
	過回転ブレーキ	x	△
	過充電ブレーキ	x	△
	緊急停止ブレーキ	x	△
風速&回転数表示	x	△	

10. 終わりに

本課題を通して、数多くのことを学習できました。風力発電装置の開発するにあたって様々な問題点を先輩方の代から引き継ぎ、私たちはそれらの問題点を一つ一つ克服していくことで、自身の成長に繋がれたと考えています。最後にご協力下さったR電源開発様及びO鉄工様には、実験機器の貸与、資料の貸し出しなどで援助していただいたことに深くお礼申し上げます。