

論文

エコ発電用電力回収装置の開発

山口勇*¹⁾ 山本克美*¹⁾ 栗原秀樹*¹⁾ 重松宏志*¹⁾ 御代川喬志*²⁾

Development of an electric power collecting unit for ECO power generation

Isamu YAMAGUCHI, Katsumi YAMAMOTO, Hideki KURIHARA, Hiroshi SHIGEMATSU
and Takashi MIYOKAWA

Abstract Wind power generation systems and photovoltaic power generation systems require a dedicated controller designed for each one. Regenerative braking systems are also designed for each DC motor. When you develop such a new controller or regenerative braking unit, you have to change the design for each of them. Therefore we developed a universal electric power collecting unit for small wind power generation systems, photovoltaic power systems, and regenerative braking systems with general small DC motors that utilize brushes.

We ran the unit and verified the availability for wind power generation, photovoltaic power generation, and regenerative braking. As a result, we found that the unit has the following features.

1. The unit is available for wind power generation, photovoltaic power generation, and regenerative braking only by changing the switch status.
2. The unit can charge batteries even though voltage from the generator or motor is lower than the nominal voltage of the batteries.
3. The unit can do braking even though its regenerative power is lower than the chargeable power of the system.

Keywords Wind power generation, Photovoltaic power generation, Regenerative braking system, Small DC motor

1. はじめに

京都議定書の批准によるCO₂の削減や改正省エネ法の施行により、自然エネルギーを利用した電力回収の開発が盛んに行われ、風力発電では、大型風車だけでなく、屋上や街灯のポールに取り付ける小型風車の開発も行われている。太陽光発電では、利用範囲を限定した屋上緑化の水やり用電源や街灯の電源として利用される小型のものからある。また、福祉の分野でも、電動機を利用した移動機器が普及してきており、電動機を利用した機器停止時に発生するエネルギー回収技術が課題となっている。現在、小型風力・太陽光発電では、それぞれの機器に対応したコントローラが別々に設計されている。また、汎用性のあるブラシ付小形電動機に使用する回生制動(発電)も各電動機に対応して設計され、これらを組み込んだ、機器を開発するごとに設計を変更する必要があるため設計製造効率が低下している。そこで、当所の屋上に設置した風車及び太陽電池パネルを、回生制動では電動台車を、用いてデータの収集及び分析検討を行い、これらの機器の特性にあった制御手法を開発し、プログラムの変更のみでこれらの機種に対応できるハードウェア部を共通化したユニバーサ

ルなエコ発電用電力回収装置を開発した。

2. 風力・太陽光・回生制動の測定

2.1 風力発電

風力のデータを収集するために、当研究所の屋上に風車を設置した。風車は風向の変化の影響が少なく、騒音の少ない縦型の風車とした。設置した風車の外観を図1に示す。風車の仕様は、風車の直径3.0m、ブレード数4枚、ブレードの長さ2.0m、カットイン風速2m/秒、カットアウト風速12.5m/秒、定格風速12m/秒、耐風速60m/秒、発電機定格出力1360Wである。

約3ヶ月間の風向・風力・発電電力等を昼間約8時間測



図1 設置した風車

*¹⁾ エレクトロニクスグループ, *²⁾ 総務局防災通信課

定した。測定結果の一例を図2(平成16年11月30日から平成17年2月22日まで)に示す。この図から風車の8時間あたりの平均電力は、日によって大きく異なることがわかった。図2の測定結果から、8時間平均で1時間あたり20W程度の電力が得られた。

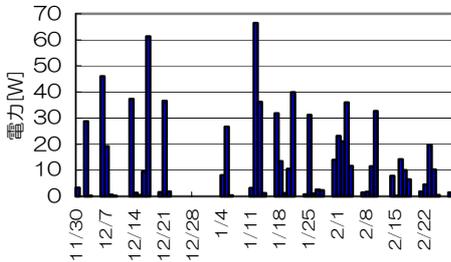
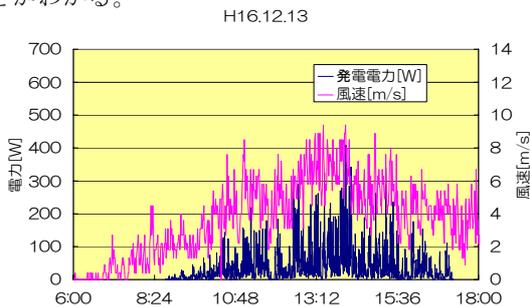
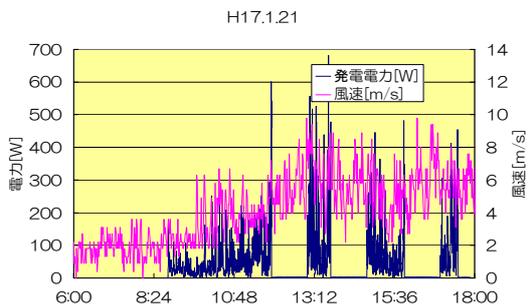


図2 測定日と平均発電電力

1日の発電電力がほぼ同じで風速の異なる例を図3に示す。(a)は風車が停止するような強風が吹かず風車が回り続けている。(b)は、強風が吹き風車の安全装置が働き3回停止している。強風時の安全対策として風速12.5m/秒以上になると風車を約1時間停止する制御を行っている。図3の(a)と(b)を比較すると、強風ほど電力回収効率が低いことがわかる。



(a) 風車が停止しない例



(b) 強風で風車が停止した例

図3 風速と風車の発電電力の一例

2.2 太陽光発電

屋上に太陽電池パネルを4枚設置した。太陽電池パネル1枚の仕様は、最大出力120W、公称最大短絡電流7.45A、公称開放電圧21.5V、公称最大出力動作電流7.10A、公称

最大出力動作電圧16.9Vである。設置した太陽電池パネルの外観を図4に示す。

設置した太陽電池パネルを使用して日射量と太陽光発電電力を昼間約8時間測定した。太陽電池パネル1枚の



図4 設置した太陽電池パネル

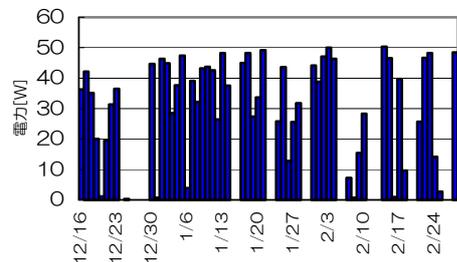


図5 測定日と平均発電電力

測定結果の一例を図5(平成16年12月16日から平成17年2月24日まで)に示す。この結果から太陽光発電は風車に比較して安定した電力が得られ、発生電力を測定すると8時間平均で時間あたり約20W(負荷抵抗2Ω時)であることが分かる。

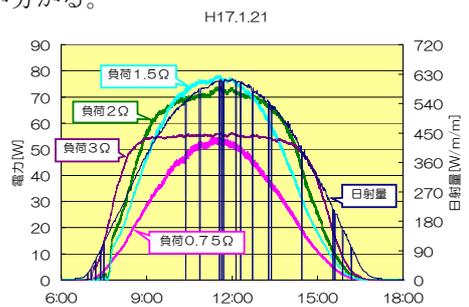


図6 太陽電池パネル出力と負荷抵抗

しかし、太陽電池パネルは接続する負荷により回収する電力が変化する。このため、負荷抵抗により回収する電力の違いを調べるために、太陽電池パネルに接続する負荷抵抗を、0.75Ωから3Ωまで変えた場合の回収する電力の時間変化を図6に示す。この結果から日射量により最適な負荷抵抗があることが分かる。

2.3 再生制動

再生制動は、移動する機器に制動をかけて停車する場合

と下り坂等で制動をかける場合に、電力の回収が出来る。これを想定した実験から、電動機に抵抗を接続して回生制動をかける場合、定抵抗を接続し制動をかけると安定した制御が可能となる¹⁾ため制御部の入力抵抗を一定にして制御することとした。このことは、制御部の入力電圧と入力電流を測定し、入力電圧と入力電流の比を一定になるように制御することで、定抵抗を接続したと等価とみなせるためである。また、蓄電池の充電に必要な電力では制動力が十分得られない場合は、この充電電流に加えて、入力部に放電抵抗を並列接続しこの抵抗に流れる電流を増やすことで必要な制動力が得られるよう制御することとした。

3. 電力回収装置の試作と性能評価

3.1 装置の試作

3.1.1 装置の概要

小型風車、太陽電池パネル、電動台車による回生制動のデータを分析・検討し、このデータを基に風力発電・太陽光発電・回生制動の発生電圧、電流、回収可能電力を推定し、ユニバーサルな電力回収装置を試作し、評価を行った。試作装置の仕様は次の通りである。蓄電池電圧 12V,最大入力電流 30A,最大入力容量 450VA,待機電流 10 μ A 以下とした。

試作装置の原理図を図7に示す。Gは、風力発電の場合は発電機、太陽光発電の場合は太陽電池パネル、回生制動の場合は電動機を示す。入力電圧 (Gの端子電圧) が低い場合はFET2をスイッチングし、リアクトル (L) に電圧を誘起し、入力電圧とリアクトルの誘起電圧の直列接続することで電圧を高くし、ダイオード (D) を通してコンデンサ C2に充電し、入力電圧より高い電圧を発生し蓄電池 (B)に充電する。入力電圧が高く、充電に十分な電圧が得られた場合にはFET2をOFFとし、FET3を制御して最適電流で蓄電池に充電する。

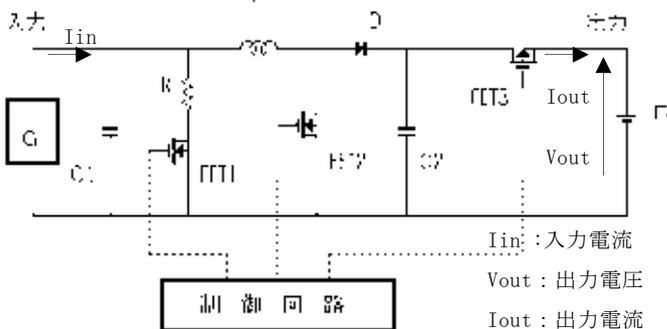


図7 試作装置の原理図

3.1.2 充電特性

試作装置の入力部に電圧が加わると制御電源が投入され始動する。この始動開始入力電圧はあらかじめ、発電機・太陽電池パネル・回生制動用電動機の容量により設定しておく。

図8に試作装置の出力特性の一例を示す。試作装置に電圧を加え入力電圧を上昇してゆくと、入力電圧が約4V程度で充電が始まることが分かる(この充電開始電圧は任意に設定可能である)。出力端子には出力電流が流れていない領域でも蓄電池(B)の電圧が印加されており制御回路の電源ともなっている。出力電流は約3Aで制限しているがこの電流も蓄電池(B)の容量によってあらかじめプログラムにより任意に設定出来る。

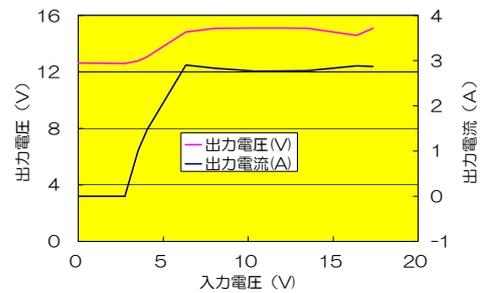


図8 試作装置の出力特性

3.1.3 制御プログラムのアルゴリズム

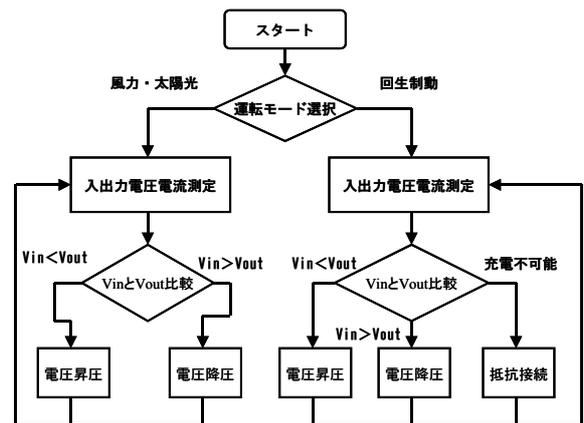


図9 制御フローチャート

試作装置の全体の制御フローチャートを図9に示す。入力電圧があらかじめ設定された電圧になると、制御回路の電源が入り、PICマイコンのプログラムがスタートする。あらかじめ設定したディップスイッチの風力発電・太陽光発電・回生制動の設定区分を検知し運転モードを選択する。次に、入力電圧 Vin・入力電流 Iin・出力電圧 Vout・出力電流 Iout を測定する。

①風力発電・太陽光発電の場合には、入力電圧 Vin と出力電圧 Vout を比較し、Vin < Vout の場合は昇圧し充電する、Vin > Vout の場合スイッチングにより電圧を降下させ規定の電流で充電する。

②回生制動の場合には、前記と同じように入力電圧 Vin と出力電圧 Vout を比較し出力電圧と出力電流を制御するとともに、入力電圧/入力電流=一定となる様に入力電流を制御する。蓄電池の充電電流となる出力電流では十分な

制動が得られない場合、または充電不可能な回生電力の場合には、入力部に並列に接続した抵抗に流れる電流をFET1で制御し制動力を得る。

3.2 試作装置の性能評価

試作装置を用いて、風力発電・太陽光発電・回生制動の評価を行った。

3.2.1 風力発電

試作装置を発電機特性試験装置でシミュレーションを行った。発電機特性試験装置に風車用発電機を取り付け、発電機の回転速度・出力電圧（試作装置の入力電圧）・試作装置の出力電圧等の特性を測定した。結果を図10に示す。図より設計仕様通りに入力電圧が5Vから充電をはじめていることが確認できた。入力電圧が低い場合は、試作装置内部で電圧を昇圧する。このために入力電流が大きく発電機の内部抵抗による電圧降下で大きくなるため、入力電圧は回転数に比例して増加していない。入力が約5V以上になると急激に上昇することが分かる。

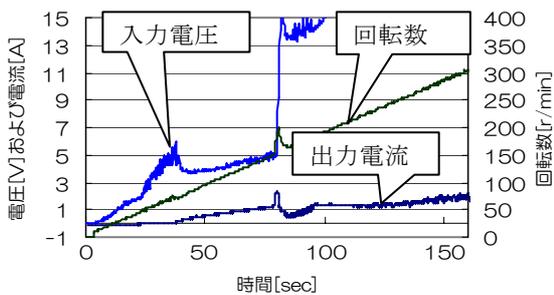


図10 風力発電時の特性

3.2.2 太陽光発電

図11に太陽電池パネルによる蓄電池の充電特性の一例を示す。太陽電池パネルに太陽光があたらないようにして、

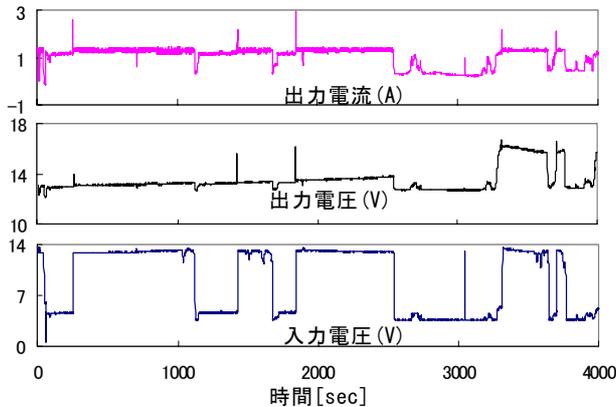


図11 太陽電池による充電特性

出力を変動させ、動作確認を行った。入力電圧が蓄電池の電圧以下でも充電（出力電流が流れている）していることがわかる。

3.2.3 回生制動

電動台車の制動効果を調べるために、電動機を発電機試験装置で駆動させ測定した。試作装置の入力抵抗(V/I)、電動機の制動トルク、電動機回転速度の関係を図12に示す。回転速度を3krpm～停止するまで変化させ、そのときの電動機の軸トルクと入力抵抗の関係を示す。試作装置の見かけ上の入力抵抗(V/I)は約3Ωではほぼ一定に制御されていることが分かる。

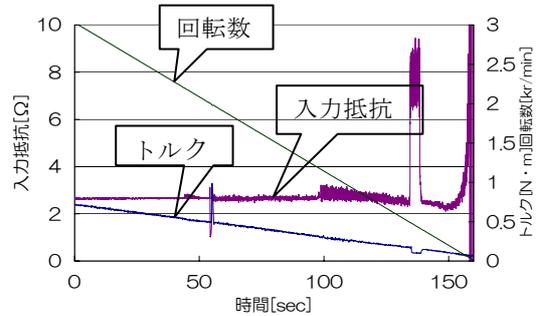


図12 制動特性

4. まとめ

風力発電では、風速・風向の変動が大きいため、発電電圧が大きく変動する。このため発電電圧が低い時でも効率よく充電することが重要である。また、強風時にも充電出来れば、より風エネルギーを効率よく回収できる。太陽光発電ではエネルギー変動が少ないが、最大電力を取り出せるよう負荷調整することにより電力を回収できる。回生制動では、移動機器の制動時の入力電圧と入力電流の比を一定に制御することで、効率よく電力を回収できる。試作装置の風力・太陽光・回生制動の各発電は、12V、24Vまたは48Vの蓄電池で使用出来るものとし、ハードウェアを共通にし、ソフトウェアを切り替えて対応できることが示せた。

以上より試作したユニバーサルなエコ発電用電力回収装置の特徴を次に示す。

- ①風力発電用・太陽光発電用・回生制動用のプログラムの切り替えは、スイッチのみで変更できる。
- ②入力電圧が蓄電池電圧以下でも充電できる。
- ③回生電力が充電可能電力以下でも安定した制動が得られる。

今後は、さらにデータを収集するとともに強風時でも効率のよい電力回収装置の開発等を進めたい。

参考文献

- 1) 山口勇,山本克美,重松宏志,田原輝久,清水秀紀,星野美土里,菅原廣彦:研究報告第5号,53-56,東京都立産業技術研究所(2002).

(原稿受付 平成17年8月3日)