

1 1. 未来ビークルを支えるエネルギーの発生と利用技術に関する研究

電気・電子情報工学系 教授 滝川 浩史, 助教 針谷 達

1 1-1 はじめに

未来ビークルとして、各自動車メーカーは電気自動車の研究開発を勢力的に進めている。そこで、電気自動車に必要な電気エネルギーの安定的な発生と効率的な利用が重要となる。本研究室では、自然エネルギーを利用した発電である太陽光発電に着目し、普及に伴う問題の解決法を提案している。また、自動車の電気エネルギー利用で問題となるバッテリー寿命に対して、バッテリーとキャパシタを組み合わせたハイブリッド電源システムを提案し、バッテリー運用寿命の向上を目指している。

1 1-2 太陽光発電施設周囲の雲影移動予測に基づいた発電出力予測

出力が変動しやすい太陽光発電 (PV: photovoltaics) の普及に伴い、電力システムの安定性確保が課題となる。特に問題となる PV の短期的出力変動は、主に雲の移動によって生じる。太陽光発電施設の周囲の雲の影 (以後、雲影) の動きおよび形状 (いつ、濃さ、大きさ) を予測・把握することができれば、雲影による PV の電力変動に事前に対応することが可能となる。衛星を使った雲影挙動予測¹⁾では、局地的かつ短時間な予測が難しい。我々はこれまでに、4 個のフォトダイオード (PD: photodiode) を用いた雲影挙動把握手法を提案し、雲影の到達予測を行ってきた²⁾。本研究では、4 個の PD から構成した雲影挙動把握モニタにより取得した雲影に関する情報から、考案した自動計算プログラムを用いることで、雲影挙動予測による PV の発電出力予測を行った。

本研究で用いた雲影挙動モニタを構成する PD センサのひとつを図 11-2-1 に示す。出力予測プログラムは、以下の流れで行われた。

1. モニタ取得データの入力: 0.1 秒毎に PD の出力をデータロガーで測定し、プログラムの入力として使用した。また、実際の発電量との比較のため 1 秒毎の PV の出力電力を入力した。PD の出力電圧は 0.1 秒毎に計測時間分記録されており、PV の出力は 1 秒毎に 24 時間分記録されている。
2. 計算の流れ: 雲が多い日の太陽光発電の出力を予測するため、どの程度陰っているかを示す晴天率について考えた。晴天率は晴天指数と異なり、より短い間隔で値を計算する。晴天指数は 1 時間に 1 度(1)式の方法で求めるが、晴天率は 10 分に 1 度(2)式の方法で算出した。

$$\text{晴天指数} = \text{水平面全天日射量} / \text{大気外水平面日射量} \quad (1)$$

$$\text{晴天率} = \text{PV 発電電力} / \text{理想的な PV 発電電力} \quad (2)$$

晴天率を算出するための PV 出力には、本学屋上に設置してある 5 kW の PV による出力を用いた。10 分毎の前 1 時間平均出力を PV 発電電力とし、理想的な PV 発電出力は大気外全天日射量を計算することで推定した。晴天率が低いときは、曇天もしくは雨が降っているため、雲影の到達予測を行わない。晴天率が高い時に、雲影ベクトルを算出し、雲影の到達時間を予測、PD の出力電圧から発電量を推定する。これまでの研究により、PV の発電電力は PD の出力電圧と相関を持つことがわかっており、PD の出力電圧に対し、特定の係数を掛けることで PV の発電電力を算出することが可能である。本プログラムにおいて、係数は過去の PV 発電電力と PD 出力電圧をデータとして蓄積し決定した。PV 周囲に PD を設置した場合、PV の出力が変動する前に PD の出力が雲影によって急激に低下する。低下するまでの時間は、PD によって求められる雲影の到達予測時間であり、その時間が経過した後、PV の出力が低下する。PD の出力電圧に係数を掛けることで PV の出力を予測し、実際の PV 出力電力と比較した。

3. プログラムからの出力: 出力ファイルには、時刻とその時間の実際の PV 発電電力、予測した PV 出力の 3 つのデータが記載される。

本プログラムを用いて PV の出力予測を行い、PV の実際の出力と比較した結果を図 11-2-2 に示す。2015 年 12 月 17 日に本学の PV を対象として、その南東側に雲影挙動モニタを設置し、測定を行った。実際の発電電力に対し、波形の概形が似ており、全体の誤差は約 3%であった。しかし、最大で 200%を超える誤差があるところもあり、予測がうまく行えていない部分があると考えられる。この誤差を

なくすため、複数地点から出力予測を行い、位置や距離による補正を行った平均値からの予測を行うことが必要であると考えられる。



図 11-2-1 PD センサ

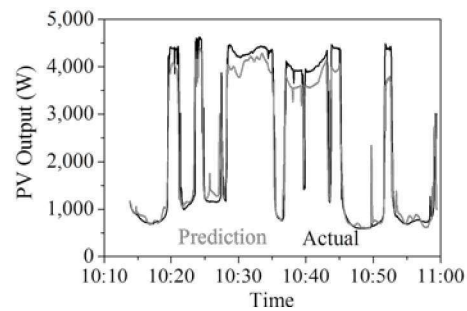


図 11-2-2 予測出力と測定出力の比較

11-3 バッテリー-キャパシタ併用電源のためのインバータ制御ブレーキ回生回路の検討

電気自動車の急な加減速時に、バッテリーは大電流による高負荷充放電を要求される。バッテリーとキャパシタを併用した（BCH: battery-capacitor hybrid）電源³⁾は、バッテリーにおける高負荷充放電の低減が期待できる。BCH 電源では、高負荷充放電時にキャパシタが充放電を行うことで、バッテリー電流の急激な増減を抑制する⁴⁾。本研究では、電気自動車の制動時に車両の運動エネルギーを電力としてキャパシタへ回収する回生ブレーキのインバータ制御について検討した。

図 11-3-1 に、BCH 電源を搭載した場合の電気自動車の回路構成を示す。BCH 電源は、重負荷時にはキャパシタで大電流放電を行う。また、回生時にはモータの発電電力をキャパシタへ充電する仕様とした。図 11-3-2 に、キャパシタへの回生を検討した回路を示す。インバータ内 FET ($T_{U_{HB}}$, $T_{V_{HB}}$, $T_{W_{HB}}$) をモータの回転角に合わせスイッチングし、モータの相間を短絡することで、モータの内部インダクタンスにより昇圧させた。この制御を導入することで、モータの発電電圧が低い状況においてもキャパシタへ電力の回収を行うことができるため、キャパシタ - インバータ間に昇圧回路が不要となる。

Simulink を使用した、キャパシタへの回生シミュレーション結果を図 11-3-3 に示す。インバータからキャパシタへ電流が流れ、キャパシタの電圧が増加した。回生時の電流波形からは、大電流放電と放電休止が高速で繰り返されていることがわかる。キャパシタへ回生充電することで、回生時のバッテリー劣化を抑制することが期待できる。

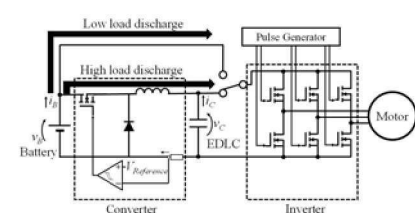


図 11-3-1 BCH 搭載 EV の回路図

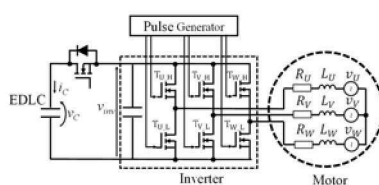


図 11-3-2 キャパシタへの回生回路

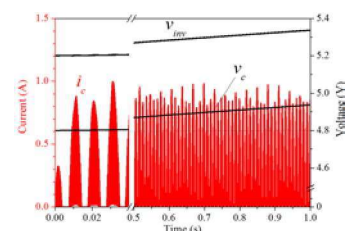


図 11-3-3 シミュレーション結果

11-4 おわりに

太陽光発電出力の変動予測による安定な電力供給と、キャパシタ併用によるバッテリー運用寿命の向上が、電気自動車を含めた未来ビークル等のさらなる発展につながることを期待する。

参考文献

- 1) A. Hammer, *et al.*: Solar Energy, **67**, 139-150 (1999).
- 2) 野村, 他: 平成 28 年電気学会全国大会, 7-012 (2016).
- 3) 織田, 他: 平成 25 年電気関係学会東海支部連合大会, B1-2 (2013).
- 4) T. Iwahori, *et al.*: J. Power Sources, **119-121**, 887-892 (2003).