

Smart Grid シミュレーションシステムにおける EV の活用に向けた一考察

唐石 景子[†]

小口 正人[†]

[†]お茶の水女子大学

1. はじめに

現在、環境問題や将来の電力需要増加などの問題の対策として、大規模な自然エネルギー発電の導入が進められている。同時に、電力エネルギーのネットワークを効率的に運用できるスマートグリッドに注目が集まっている。本研究では、スマートグリッド上のエネルギー需給設備として期待されている EV (Electric Vehicle: 電気自動車) に注目する。特に EV のバッテリーを電力源として用いる形態 (V2G: Vehicle to Grid) においては、IT を用いて、EV のバッテリーと充電ステーション間の効率的な電力エネルギーのやり取りを行うことで、グリッド全体の電力の安定化制御を達成することが期待されている。本研究ではそのような環境を評価するシミュレーションシステムについて検討するため、まず電力のシミュレーションソフトを用いて実験に適した環境を構築し、動作や振舞を解析する。

2. 研究背景

2.1 スマートグリッド

スマートグリッドには明確な定義はなく、広義として、電力エネルギーのネットワークを効率的に運用することが可能な賢い電力システムを指す。スマートグリッドの概略図を図 1 に示す。

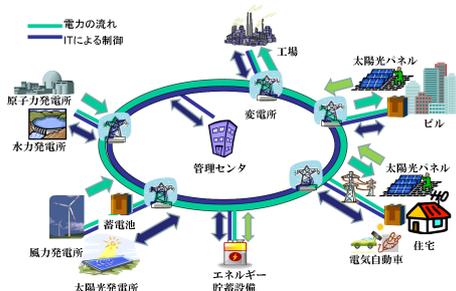


図 1: スマートグリッド概略図

スマートグリッドにおいては、現状の配電網に大規模な風力発電所や太陽光発電所などの自然エネルギーを加え、また各家庭やビルにおいて太陽光パネルを設置し、グリッド上に双方向に電力を流すことを考えている。これにより、豊富な電力をグリッドに取り入れることが可能になるが、そのままではグリッド上の電力量が不安定になることが懸念される。そこで、スマートグリッドの特徴である IT による制御を行う。グリッドに接続された管理センターにより各地の電力状態を把握し、状況に応じてグリッドの電力が安定化する制御を行う。以上のように、複雑化する電力の流れを IT による制御で安定させる技術がスマートグリッドである。

2.2 EV とスマートグリッド

次に、スマートグリッドにおける EV の利用形態に着目する。EV (Electric Vehicle) とは電気を動力源とし、モーター等の電動機により走行する電気自動車を指す。環境問題への対策に貢献することから、今後広く普及していくことが期待されているが、EV が消費する電力は大きく、普及に比例して管理すべき電力が肥大化する問題が生じる。これにより、巨大な電力ネットワークが必要となるが、これにスマートグリッドを利用することで、分散的に配置された充電インフラの管理を適切に行うことが可能となる。

2.3 エネルギー需給設備としての EV

近年、EV は単なる自動車としてではなく、必要に応じたエネルギー需給が行える蓄電池としての利用が期待されている。EV のバッテリーは、充電インフラを通して電力量の管理が行えるため、グリッド上の電力状況に応じて、グリッド全体のエネルギーを調節することが可能となる。しかし、EV はグリッド上を自由に行き来するため、グリッド上の電力量がダイナミックに変動する問題や、固定の蓄電池を接続した場合と比べて制御が複雑化してしまうことが大きな課題となっている。本研究においては、EV のバッテリーとスマートグリッド間の電力エネルギーの効率的なやり取りについて評価を行うため、スマートグリッドのシミュレーションシステムを構築することを考えている。そこで、本論文ではスマートグリッドのシミュレーションシステム構築に向けて、第一段階として電力網の構築に着手し、その振舞を検証した。

3. 研究内容

本研究の最終目的として、EV のバッテリーとスマートグリッド間の効率的な電力エネルギーのやり取りをシミュレーションによって評価することを考えている。

研究計画としては、まず発電所や充電インフラおよび EV を接続した電力網の大規模なシステムを構築し、動作の検証を行う。そこへ、グリッド上の電力を調整するデータ通信を管理するシステムを追加し、最終的にスマートグリッドの複合的なシミュレーションシステムを構築して、最終的な評価を行う。今回実験を行った部分は、電力網のシステムの基幹部分である、太陽光発電所を接続した電力網の構築部分である。

4. 実験内容

4.1 シミュレーションソフトウェア

実験環境として、総合的な電力システムシミュレータ OpenDSS (Open Distribution System Simulator) [1] を使用した。使用する配電網において指定した箇所に、リソース (ライン、バス、発電所、変電所、レギュレータ、キャパシタ等) を配置、電力網の状態を管理・分析することができ、また、時間別に各リソースの設定を変更することも可能である。

A study of simulation system towards EV and SmartGrid Interconnection

[†] Keiko Karaishi, Masato Oguchi
Ochanomizu University (†)

4.2 実験環境

実験環境として、先に挙げた電力システムシミュレータ OpenDSS と、評価対象のグリッドモデルとして IEEE PES(Power & Energy Society)[2] より提供されている 8500-Node Test Feeder(図 2) を用いる。これは 8500 個のノードを持つ配電網モデルで、既定の負荷によってパワーフローを算出する。このモデルは、三相交流方式の安定電源(115kV, 3000MVA), 上流から下流まで 115[kV] 7.2[kV] 120/240[V] と変圧していく変電所などが接続されている。また、グリッド全体としては 10773[kW] の負荷がかかっている。

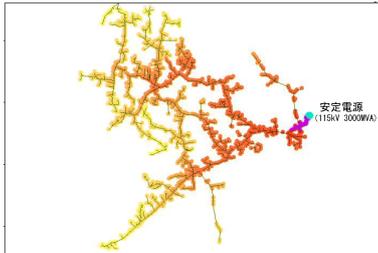


図 2: 8500-Node Test Feeder

4.3 実験概要

4.2 節で述べた配電網のモデルに、太陽光発電所を設置することで電圧変動が起きた状況の評価をする。日本における法律(電気事業法施行規則)では標準電圧が 100[V] の際、問題が起こるのは $101[V] \pm 6[V]$ を超えたときと規定されており、その規定範囲を逸脱するような電圧変動がみられた場合に EV を用いてグリッド全体の電圧を調整することが考えられる。そこで、本実験においては、電圧が急激に上昇するような実験環境を検討するべく、太陽光発電所の出力量や形態を変更し比較を行った。

実験項目として、(1) 安定電源のみ接続、(2) 7.2[kV] 地点に出力 360[kW] の発電所を 1 基接続、(3) 7.2[kV] 地点に出力 1600[kW] の発電所を 1 基接続、(4) 7.2[kV] 地点に出力 12000[kW] の発電所を 1 基接続、(5) 120/240[V] 地点に合計出力 360[kW] となるような発電所を 2354 基接続、(6) 120/240[V] 地点に合計出力 1600[kW] となるような発電所を 2354 基接続、といった 6 パターンの環境を用意した。(1) の配電網のモデル図を図 3 に、(2)~(4) の配電網のモデル図を図 4 に、(5)(6) の配電網のモデル図を図 5 にそれぞれ示す。

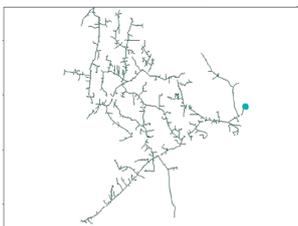


図 3: (1) の配電網

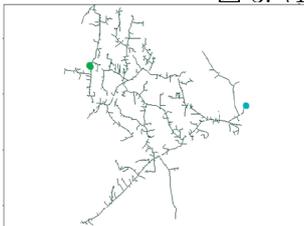


図 4: (2)~(4) の配電網

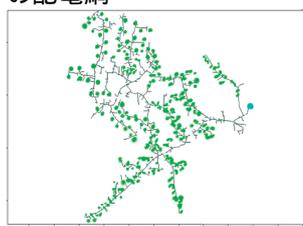


図 5: (5)(6) の配電網

4.4 実験結果

4.3 節で述べた環境において、グリッド上の電圧がそれぞれ、7.2[kV], 120/240[V] の地点にモニタを設置し、電圧、電流、電力の値をそれぞれ観察した。それを図 6~11 に示す。

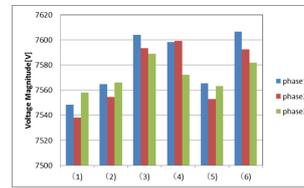


図 6: 7.2[kV] 地点電圧

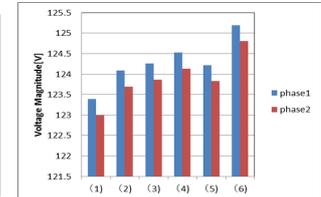


図 7: 120/240[V] 地点電圧

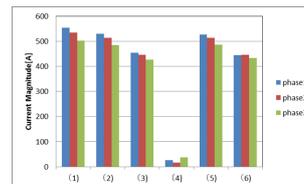


図 8: 7.2[kV] 地点電流

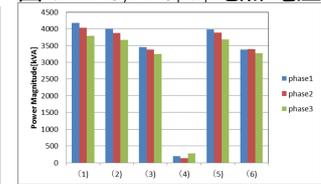


図 9: 7.2[kV] 地点電力

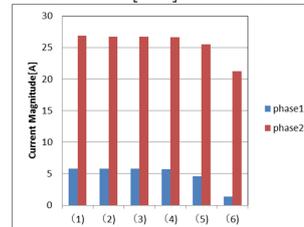


図 10: 120/240[V] 地点電流

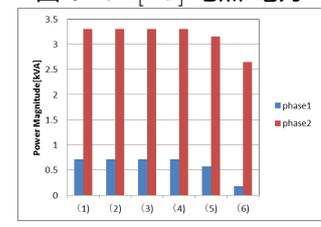


図 11: 120/240[V] 地点電力

図 6, 図 7 から、追加した発電所の出力を増やしたり、小型の発電所を分散配置したほうが電圧変動が大きいことが確認できた。ただし、図 8~図 11 から、電圧が上昇すると電流と電力が低下することがわかる。この現象は、小型の発電所を分散配置した際により顕著になっており、発電所の出力を大きくした場合に 7.2[kV], 120/240[V] の両地点で降下を観測した。更に、図 8, 図 9 から、発電所の出力が大きすぎると電流・電力が異常な値になってしまうことがわかった。

5. まとめと今後の課題

OpenDSS を用いて、EV を用いてグリッド全体の電圧を調整するシステム構築に向け、電圧が急激に上昇するような送電環境を検討した。今後はよりシミュレーションに適した環境構築を目指し、安定電源と太陽光発電所の出力の割合を調整するなどの改良を行う。更に、EV 等を配置し、電力調整を行う任意の制御アルゴリズムを実装、評価を行う。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導を頂いたトヨタ IT 開発センター Onur Altintas さん、東京大学生産技術研究所 Sekyung Han さんに深く感謝致します。

参考文献

- [1] OpenDSS <http://sourceforge.net/projects/electricdss/>
- [2] IEEE PES <http://www.ieee-pes.org/>
- [3] 次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に関する研究会, 次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に向けて, 経済産業省, 2010