

共通負荷線方式に基づくエネファーム制御手法の提案

A control method for plural fuel cells through aggregated load line.

井上 怜† 金田 重郎† 柴野 直人†
Rei Inoue Shigeo Kaneda Naoto Shibano

1. はじめに

近年、使用電力量の可視化や節電、CO₂削減を目的としたエネルギー・マネジメントシステム (EMS) に関心が寄せられており、中でも地域連携を想定したコミュニティ・エネルギー・マネジメント・システム (CEMS) が注目されている。但し、燃料電池や蓄電池等のエネルギー機器制御を行う CEMS では、それら高価な機器を導入する必要があるため、初期投資の回収が困難である。そのため、機器の効率的な稼働が重要となっている。

上記問題を解決するべく、本稿では、隣家への燃料電池発電による余剰電力供給を目的として、カレントランスの共通負荷線方式を提案する。

2. 提案手法

本提案は、共通負荷線をカレントランス制御方式に組み合わせ、余剰電力の供給を行う手法であり、制御対象として燃料電池と蓄電池を想定する。共通負荷線とは全負荷に電力供給する電力線であり、これを基準量として、各燃料電池が担うべき発電量をカレントランスを用いて割り当てる。

発電効率が向上した燃料電池で発電された電力の余剰分を電力会社の配線を通じて供給し、連携家庭全体のエネルギーコストの削減を目的とする。現在の制度では家庭間での電力託送は認可されていないが、技術的に可能である。図1に本提案に基づいた家庭間電力託送のイメージを示す。

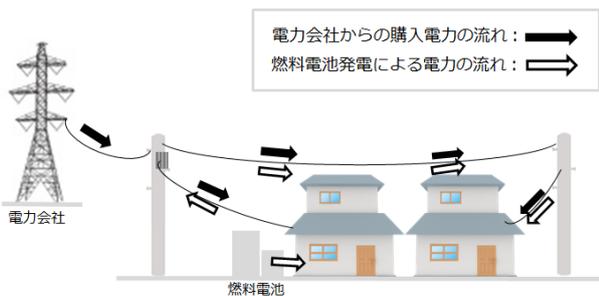


図1: 家庭間電力託送イメージ

2.1 共通負荷線方式

共通負荷線を用いた燃料電池制御方式は、以下の3ステップからなる。

【STEP1: 総電力量の取得】

各家庭からの電力を一本の電力に集約し、系統全体の電力量を測定する。一種のバスを家庭間に張り巡らせて、それぞれの負荷をそこに連結させる。以下、系統全体の総消費電力量を「TP (Total Power)」と表現する。

【STEP2: 燃料電池分担制御】

次に、コミュニティ間で利用される燃料電池数を k とし、以下の計算式を実現する。ただし、「 P_j 」とは j 番目 ($j=1, 2 \dots k$) の燃料電池の発電量 [kW] である。

$$TP - k * P_j \quad (j=1, 2 \dots k) \quad (1)$$

この式1は変換器 CT を用いて実現する。

【STEP3: 総電力消費の供給制御】

式(1)を正值に保てば、家庭間全体から電力会社への逆潮流は生じない。例として、同一出力を持つ燃料電池3台を想定した場合、式1は、

$$TP - 3 * P_j \quad (j=1, 2, 3) \quad (2)$$

となる。家庭ごとに計算されるので式(2)は、

$$TP - 3 * P_1 \geq 0$$

$$TP - 3 * P_2 \geq 0$$

$$TP - 3 * P_3 \geq 0$$

と表され、上記3式を合計すると以下の式を得る。

$$3TP - 3 * (P_1 + P_2 + P_3) \geq 0$$

$$TP - (P_1 + P_2 + P_3) \geq 0$$

これは系統連系している燃料電池3台の発電量が系統全体の総消費電力量を超えることはなく、燃料電池発電からの電力が逆潮流しないことを保証している。図2に燃料電池2台を設けたときの回路構成イメージを示す。また、全負荷情報のみを利用するためプライバシーも保護される。

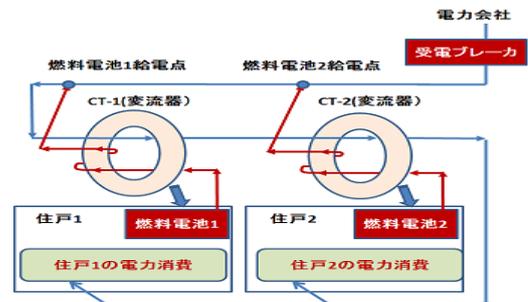


図2: 回路構成イメージ

2.2 小規模 CEMS

共通負荷線方式を踏まえて図3に小規模 CEMS の実用回路図を示す。本稿では、燃料電池1台を所有する家庭2軒と蓄電池1台を所有する家庭1軒、エネルギー機器を所有しない家庭1軒による電力融通連携を小規模 CEMS として想定する。

燃料電池は、需要電力によって発電や発熱に大きな効率差が生じ、需用電力が高いほど効率的な稼働が可能となる。本提案では、共通負荷線をカレントランス制御に組み合わせ複数家庭の需要電力を総計し、燃料電池が担う発電量の底上げを図る。また、蓄電池の導入は燃料電池が発電した際に生じる余剰電力を蓄電、必要な時に放電を行い、電力使用の平滑化と燃料電池発電効率の向上を目的とする。

† 同志社大学大学院理工学研究科情報工学専攻

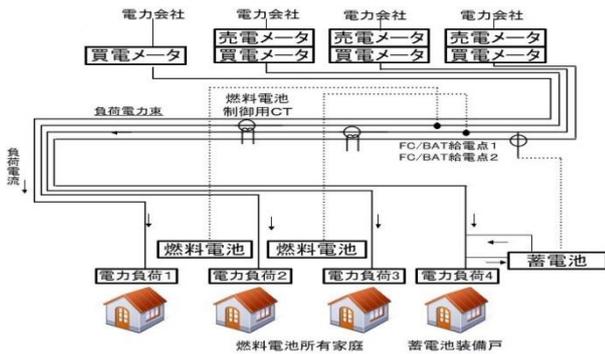


図3: 小規模 CEMS の構成イメージ

3. シミュレーション評価

一般家庭から測定した消費電力データ4日分をもとに本提案による節約効果を検証する。「(a) 連携燃料電池所有家庭2軒と燃料電池非所有家庭2軒の非連携」、「(b) 燃料電池所有家庭2軒と燃料電池非所有家庭2軒の連携」、「(c) 燃料電池所有家庭2軒と燃料電池非所有・蓄電池所有家庭1軒と燃料電池非所有・蓄電池非所有家庭1軒の連携」の3つを想定し、本提案手法の有効性を確認する。検証は燃料電池の稼働効率の線形近似式^[1]を用いて行った。

検証において、4軒のひと月あたりのガス使用量、ガス料金、電力会社から購入する電気量、電気料金に着目して比較する。

なお、一般家庭のガス使用量は平均 33m^3 (422kWh) / 月であり、うち約36%が台所回りで使用されており、残りの約64%が給湯で使用されているとする^[2]。そのため、燃料電池稼働による給湯が全給湯量の70%を担い、各家庭は 17.5m^3 (223kWh) / 月を燃料電池の稼働以外で消費する。

3.1 結果

燃料電池発電効率の近似式を用いた結果を表1、表2、表3に示す。ガス料金に関して、燃料電池を導入している家庭には特約料金制度^[3]を適用し、燃料電池を所有しない家庭には一般料金^[4]を適用した。電気料金はいずれの家庭も個別契約である一般家庭向けの料金制度^[5]を適用した。

表1. ガス使用量とガス料金(4軒合計)

	ガス使用量 (kWh)	ガス料金 (円)
(a)	844+2004	30,416
(b)	844+2596	33,606
(c)	844+2588	33,560

表2. 電気使用量と電気料金(4軒合計)

	電気購入量 (kWh)	電気料金 (円)
(a)	775.72 + 114.84	22,156
(b)	564	13,504
(c)	512	12,130

表3. 光熱費とエネルギー量(4軒合計)

	光熱費 (円)	エネルギー量(kWh)
(a)	5,2572	3,738
(b)	4,7120	4,004
(c)	4,5690	3,944

3.2 考察

検証では、家庭間の連携がない(a)と比較すると連携のある(b)と(c)は共に4軒で 360kWh /月の電力購入削減が確認できた。これは家庭間で消費する電力量を共有し、燃料電池が担う発電電力量をあげたため、燃料電池の発電効率が向上したからだと考えられる。その反面、ガス使用量は連携を行った(b)と(c)共に連携を行わない(a)よりも高くなった。これは、家庭間連携により燃料電池の稼働機会が増えたためであり、発電量が増え電力購入量が減った代わりに、発電に用いるガスの使用が増えたからだと考える。

次に、(b)と(c)の比較により本提案における蓄電池導入の有効性を考察する。蓄電池は、燃料電池のフルパワー稼働によって発電された電力の余剰分を蓄電し、足りない時に放電する。そのため、購入電力の平滑化を期待した。しかし、蓄電池の導入による結果の変化は、電力購入量が4軒で 50kWh /月の削減に留まった。本検証に使用したデータは、一家庭の一時間あたりの消費電力が平均約 0.5kW (2軒で約 1kW) であったため、燃料電池で発電された電力が常にその時に消費され、蓄電池が有効的に利用される機会が少なかったからであると考えられる。

燃料電池制御による家庭間での電力使用連携はひと月に4軒で $6,800$ 円程度の光熱費削減に繋がることが分かった。ひと月のエネルギー量は連携を行わないほうが低いが、光熱費は連携を行ったほうが安くなっている。それによりエネルギーの単価が電力よりもガスの方が安いということが確認できた。

4. おわりに

本稿では、共通負荷線をカレントトランス制御方式に組み合わせ、複数エネルギー機器を制御しランニングコストを抑制する手法の提案を行った。複数家庭の消費電力共有、それをもとにした燃料電池制御により、家庭間連携で光熱費削減が確認できた。本稿で提案した4軒での小規模 CEMS は、1軒あたりの光熱費削減が 1700 円程度/月に留まる結果となった。しかし、金額的には少ないが、 1700 円のコストダウンは一家庭のひと月あたりの光熱費の約10%に相当する。また、特別な機器の導入を必要としない共通負荷線方式によるエネルギー機器の制御は、燃料電池発電効率の更なる向上や発電した電力の託送売電が行えるようになることでより発展できると考える。

参考文献

- [1] 柴野直人(2013) 「近似式による家庭用燃料電池の効果推定」(FIT2013 講演番号・O-006)
- [2] 「家庭におけるエネルギー消費実態について」
<http://www.enecho.meti.go.jp/policy/saveenergy/save03/h22_bunsekityosa.pdf>
- [3] 「GAS 得プラン マイホーム発電料金/大阪ガス」
<http://home.osakagas.co.jp/price/menu/profitable/p_01.html>
- [4] 「一般料金/大阪ガス」
<<https://www5.osakagas.co.jp/custserv/ryokinhyo1001.html>>
- [5] 「従量電灯 A [関西電力」
<http://www1.kepco.co.jp/ryoukin/dento_a.html>