

直流電気鉄道用地上設置型エネルギー蓄積装置のファジィ充放電制御の検討 ～饋電線接続点電圧に基づいた制御～

Fuzzy Charge/Discharge Control of Trackside Energy Storage System for DC Electric Railways

～Control Based on Feeder Connection Point Voltage～

佐野 雄亮 (電気システム工学科)

Yusuke SANO

交通・電力・環境システム研究室 指導教員 高木 亮 准教授

1. はじめに

我々の研究グループでは、直流饋電システムに地上設置型エネルギー蓄積装置(Energy Storage Systems: ESS)を導入し、余剰回生電力を充電して回生失効を防止すると共に、電圧低下時には放電して電圧低下を抑制する手法について検討を行ってきた。しかし、ESSの蓄積容量は近年の蓄積素子のめざましい研究開発の進展にもかかわらず十分ではなく、少ない容量のESS設置で最大限の効果を得るため「賢い」充放電制御の開発が求められている。

そうした充放電制御の1つとして我々の研究グループでは昨年、充電度(State of Charge: SOC)カーブに基づく充放電制御(フィードフォワード制御)を提案した⁽¹⁾。しかし、SOCカーブデータの保守は困難と考えられるし、複数列車・複数変電所が存在する直流饋電回路において十分な精度の制御ができていないと思われる。そこで、ファジィ制御の考え方を導入し、より良い充放電制御を行う可能性があるか検討を行った。本研究では、まず饋電線接続点電圧に基づいて充放電制御のファジィ化について議論した。

2. 従来の地上設置ESSの電圧に基づいた充放電制御

我々の研究グループでこれまで検討してきた電圧に基づいたESSの充放電制御では、ESSの饋電システム接続点電圧に基づいて充放電電流を与えるI-V特性により制御を行うのが基本である。電圧が高いと充電、低いと放電、そして標準的な値であると浮動充放電を行う。なお、SOCに関係なく充電または放電を行うと過充電・過放電の危険があるため、最大充放電電流をI-SOC特性により与え、これらの防止とともに浮動充放電電流値を定めている。

3. 電圧に基づいた充放電制御のファジィ化

〈3.1〉ファジィ制御の概要

ファジィ制御においては、曖昧さを含んだ言葉で制御方策を記述する。制御方策は単一の関数ではなく、if-then式の論理型の複数個の制御規則で表される。

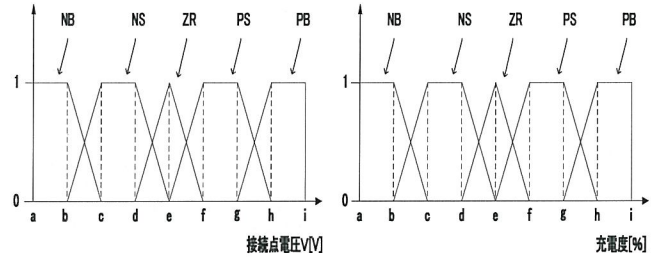
〈3.2〉電圧に基づくファジィ充放電制御の概要

ESSと饋電線との接続点電圧及びESSのSOCをファジィ化し、その値に基づいてESS出力を決定する。

接続点電圧およびSOCは例えば図1・表1のようにファジィ化できるから、それらを用いて表2のようなルールを考えることが可能になる。

これによれば、このESSは電圧がZR、すなわち「高くも低くもない」ときは何もしないが、これより少しでも高い場合は充電動作、低い場合は放電動作を行う。ただし、SOCが非常に高い(PB)と充電動作は行わない。同様にSOCが非常に低い(NB)と放電動作は行わない。

従って、このようなルールに基づいた制御は、おおむね従来の電圧に基づいた充放電制御と同様の制御を実現していることがわかる。



(a)接続点電圧

(b)充電度

図1.電圧・SOCのファジィ化

表1.ファジィパラメータの意味と図1のパラメータの値

	NB (a~c)	NS (b~e)	ZR (d~f)	PS (e~h)	PB (g~i)
接続点電圧[V]	1200~ 1350	1300~ 1500	1450~ 1550	1500~ 1700	1650~ 1800
充電度[%]	0~ 25	20~ 50	45~ 55	50~ 80	75~ 100
入出力動作	強充電	弱充電	何もしない	弱放電	強放電

表2. ESSの入出力動作の判定表

接続点電圧	ESSの入出力動作				
PB	NB	NB	NB	NS	ZR
PS	NS	NS	NS	NS	ZR
ZR	ZR	ZR	ZR	ZR	ZR
NS	ZR	PS	PS	PS	PS
NB	ZR	PS	PB	PB	PB
充電度	NB	NS	ZR	PS	PB

4. おわりに

以上より、従来の制御方法である電圧に基づいたESSの充放電制御と同様の制御をファジィ制御で実現できる可能性を示すことができた。今後、この制御方法を用いたシミュレーションモデルの実装と、それによる評価が課題となる。

文献

- (1) 寺島光哉:「直流電気鉄道用地上設置型エネルギー蓄積装置のフィードフォワード制御の検討～制御系の設計と饋電特性シミュレーションプログラムへの組み込み～」工学院大学卒業論文(2011)
- (2) 山下智大・長島匡太郎・高木亮:「SOCカーブに基づいた地上設置型エネルギー蓄積装置の充放電制御」平成23年電気学会全国大会, 5-089 (2011)
- (3) 高木亮:「直流饋電系と列車群制御の統合インテリジェント化」, 東京大学学位論文(1995)