

2603 交流き電システムにおける電力貯蔵の検討

Study of the Small Energy Storage Model on the Shinkansen Feeding system

○正 渡辺 宗義(東海旅客鉄道株式会社), 正 岡井 政彦(東海旅客鉄道株式会社)

Muneyoshi Watanabe, Central Japan Railway Company, 1545-33 Ohyama, Komaki-Shi, Aichi
Masahiko Okai, Central Japan Railway Company

In the electric power system of railroad, big load change is seen compared with general electric power load. Therefore, it is desired to attain equalization of load by connecting various kinds of energy storage equipments to electric power system. Then, it examined whether it would be effective to install electric power storage equipment in which place of Shinkansen electric power system. Furthermore, the equivalent mini model was built and the electric power storage examination was performed. The examination result are reported.

Key Words : rechargeable battery , energy storage , load leveling , Sinkansen

1. まえがき

東海道新幹線では、変電所に各種無効電力補償装置を設備し、電車負荷による不平衡低減と電圧降下対策をとっている。しかしながら、今後全電車が力率1の PWM タイプに変わってくると、これまでの無効電力補償だけでは補償しきれず、何らかの有効電力補償(貯蔵)が必要と考えられる。本論文では、新幹線き電システムを模擬するミニモデルに電力貯蔵装置を組み合わせたものについて、その仕様、制御方法、およびミニモデルの基礎特性試験について報告する。

2. 電力補償位置の検討

新幹線に電力貯蔵装置を導入する場合、その設置位置としては、主に以下の3通りが考えられる。

- ア) き電変圧器1次側(三相側)
- イ) き電変圧器2次側(T座、M座それぞれ)
- ウ) き電変圧器2次側(M座・T座間連結)

ア)の方法は、装置が三相回路として設備されるので、負荷平準化や三相平衡化については細かい補償が可能である。イ)とウ)の方法は、単相側(2次側)でM座、T座負荷のバランスをとりながらスコット変圧器の自律平衡化の特性を利用して、三相側の不平衡低減を狙うものである。

総合的に小容量の設備にすることが期待されるシステムとして、ウ)が挙げられる。しかし、さらに拡張すれば、ウ)の回路も試験できるため、イ)の回路でミニモデルを構築することとした。図1にその回路構成を示す。

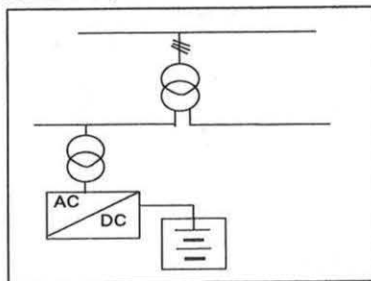


fig.1 Circuit when installing in secondary transformer side

3. ミニモデル

新幹線への電力貯蔵応用の研究について、各種検討を進めるにあたり、EMTPによるシミュレーションの他、ミニモデルによる試験を考えた。

一般に計算機シミュレーションでは、過渡的な応答についての諸検討では有効であり、パワーエレクトロニクス回路の制御特

性の設計や過渡応答特性の把握向きであるが、モデル全体のエネルギーフローのような概算的な検討には不向きである。また電力貯蔵の観点から、車両の回生という、時間変化に対する貯蔵媒体の実応答特性も考慮することが重要である。

電力貯蔵媒体はインバータ2次側(直流側)に設備することを想定している。今回のモデルでは、スコットトランスのT座にのみ、インバータを設置し、貯蔵媒体として鉛蓄電池を用いている。図1にミニモデルの仕様を、図2にシステム構成を示す。

table 1 Specification of Mini Model

Item	Specification
Primary side voltage of transformer	3 ϕ 200V
Secondary side voltage of transformer	1 ϕ 200V
Inverter DC voltage	DC 360V
Inverter Rated capacity	5kW
Inverter Control	PWM Control
Career Frequency	15kHz

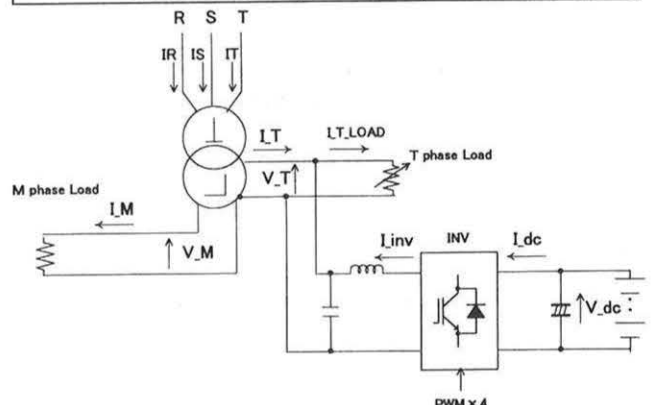


fig. 2 Mini Model system configuration

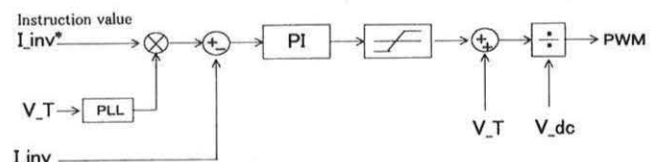


fig. 3 Control block of inverter

インバータ入出力の制御は、指令値としてインバータの入出力電流値(波高値)を与え、系統電圧と位相を合わせ、PI制御によりPWM信号の作成を行う。(図3)

インバータのPWM信号の生成にはPI制御を用いた。また、PI制御のs-z変換はオイラー法を用いている。

インバータの制御は次式に従い、制御系に組み込んである。

$$I_base = I * \sin \omega t + \omega CV_T \cos \omega t - I_inv$$

$$PI_out = P_out + I_out$$

$$P_out = kp \times I_base$$

$$I_out = I_out' + ki \times I_base$$

4. ミニモデルの基本特性試験

図2に示される回路にて、基本特性試験を実施した。インバータの制御については数々の方法が考えられるが、3相側の不平衡の低減を目的に、M座とT座の電流差を補償する制御とした。

M座に40Ωの抵抗を、T座に35Ωの抵抗を接続し、補償有りと無し時の電流を測定した。表2に試験条件を示す。条件1での結果を図4に、条件2での結果を図5に示す。各座の負荷は抵抗負荷を用いた。

table 2 Conditions of basic characteristic examination

	M phase Load	T phase Load	Output instruction value
Condition 1	40Ω	35Ω	0A
Condition 2	40Ω	35Ω	5A

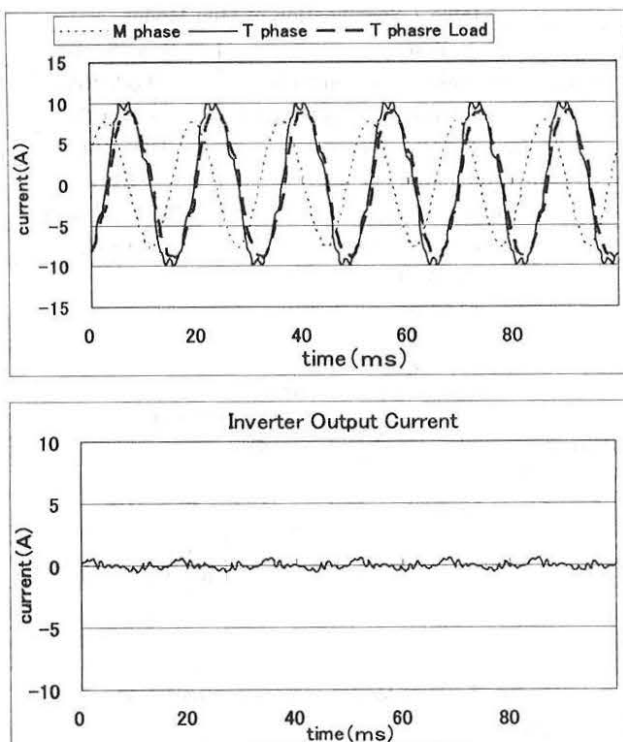


fig. 4 Current Wave at no compensation

今回のモデルでは、インバータ出力指令値が0Aである時、インバータのゲートブロックは行わずに、フィルターのコンデンサに流れる電流のみ補償している。そのため平衡負荷時にもインバータ出力電流が0Aとならない。またモデル測定時の3相側(1次側)のインピーダンスが小さかったため、指令値を5Aとした場合、インバータ電流の一部が1次側に流出した。

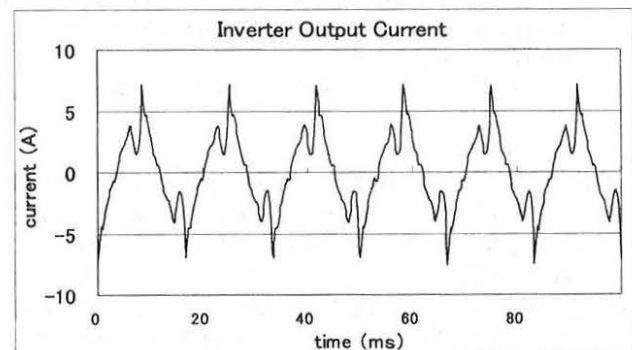
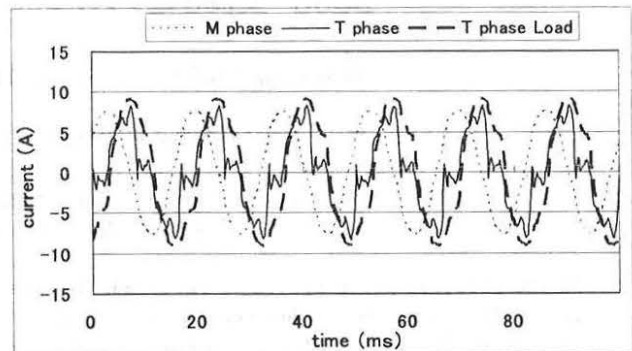


fig. 5 Current at electric power compensation

インバータ出力電流とT座電流をFFT解析した結果を図4に示す。ともに基本周波数成分の奇数倍の高調波電流が重畳していることが確認された。この原因として、インバータの交流側には、リアクトルとコンデンサでフィルターを構成しているが、インバータの負荷電流を5Aとした場合、フィルターのカットオフ周波数は約300Hzとなるためと考えられる。

今後はインバータ出力電流値の制御の応答性を高めていく予定である。

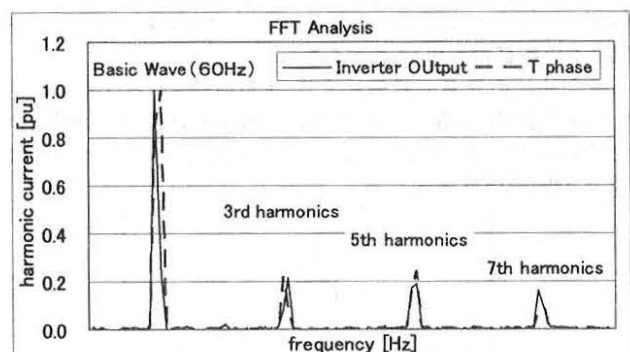


fig. 6 Analysis result of FFT

5. まとめ(今後の課題)

小型モデルに引き続き、電気二重層キャパシタを用いた電力貯蔵ミニモデルを製作し、試験を行っている。今後は、下記の点について研究・検討を進める。

- 1) 貯蔵装置の有効利用率を上げる制御手法および設備容量の検討
- 2) 貯蔵装置の効率向上策の検討
- 3) き電区分切替セクションへの応用