

S3-1-2

自励式整流器の最適電圧設定方法

[電] ○管井 俊一 [電] 奥井 明伸 [電] 長谷 伸一 (財) 鉄道総合技術研究所
[電] 伊東 利勝 (ジェイアール総研電気システム)

Optimum Voltage of Self commutating rectifier for DC Electric Railway

Shun-ichi Sugai, Member Akinobu Okui, Member Shin-ichi Hase, Member (Railway Technical Research Institute)

Toshikatsu Itou, Member (JR Souken Electric Consulting Co. Ltd.)

When the self commutating rectifier is set the system composed of the silicon rectifier. It is necessary to consider cross current at a no load and set value of voltage of self commutating rectifier. We paid attention to the voltage of the Minimum voltage at pantograph of the system that consisted of the silicon rectifier. To cancel this, the self commutating rectifier was replaced with the silicon rectifier. We examined the effect of the difference of the rectifier and the optimum voltage of self commutating rectifier.

キーワード：自励式整流器、シリコン整流器、最適電圧

Keywords：self commutating rectifier, silicon rectifier, optimum voltage

1. はじめに

直流電気鉄道においては、整流装置として低廉で信頼性が高いシリコン整流器が主に使用されているが、直流電圧制御が行えないという欠点がある。電圧制御が行えるものとしては、サイリスタ整流器や自励式整流器がある。自励式整流器は交流側に対して任意の振幅と位相を有した電圧を発生させることが可能であり、発生する交流電圧の位相を変えることで有効電力の制御を行い、振幅値を変えることで無効電力の制御を行うことができる。これにより、自励式整流器は直流き電側に電力を供給するサイリスタ整流器の機能と共に、直流き電側の余剰電力を交流電源側に回生する回生電力吸収の機能も合わせ持ち、かつ高効率を維持できるものである。本検討では、直流き電回路に自励式整流器を導入した場合の効果について、シミュレーションを行った結果について述べる。

2.1 シミュレーション条件

パンタ点電圧及び電力の回生効率の2点を主眼として計算を実施した。シミュレーションに用いたき電回路のロケーションを図1に示す。

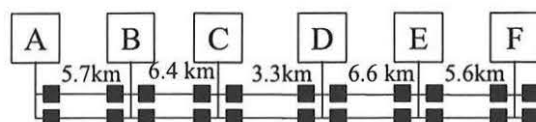


図1 ロケーション図

変電所の条件としては、全変電所をシリコン整流器（容

量 6,000kW、電圧変動率 6%）の場合と、D 変電所をシリコン整流器から自励式整流器（容量 6,000kW）に置き換えた場合について行った。負荷の条件として回生車 10 両編成、重負荷条件（24 本/1 時間）及び軽負荷条件（8 本/1 時間）とした。また、パラメータとして自励式整流器のき電電圧を 1,500V、1,550V、1,590V とした。

2.2 回生開始電圧

シリコン整流器からなる直流き電回路に自励式整流器を導入した場合、自励式整流器の回生開始電圧がシリコン整流器のき電電圧より低いと、変電所間で横流電流が流れる。この理由として例えば、シリコン整流器の無負荷送り出し電圧を 1,590V、自励式整流器の回生開始電圧をシリコン整流器の無負荷送り出し電圧より低い 1,550V とすると無負荷時においてそれらの間に 40V の電位差が発生するため、シリコン整流器から自励式整流器に向かって横流電流が発生し、自励式整流器は不要な電力を回生してしまう。そこで、自励式整流器の回生開始電圧の設定値については以下の検証を行った。自励式整流器の回生開始電圧を下げると前述のような横流や自励式整流器の回生効率は上昇するが車両間の電力融通効率の低下することが問題となる。回生開始電圧を上げると開始失効対策を目的とした回生インバーターとしての機能が制限される。そのため、自励式整流器の回生開始電圧には、無負荷時の横流による不要な電力の回生を抑止することを目的に、シリコン整流器の無負荷送り出し電圧と同値とした。

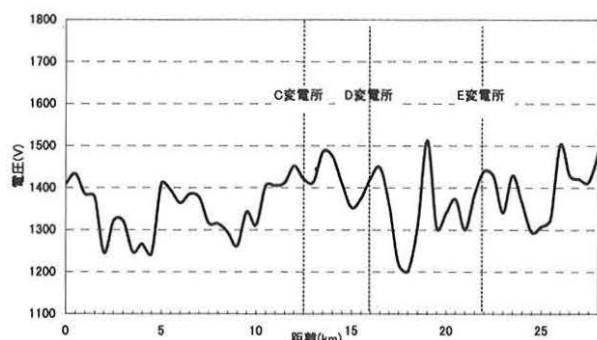


図2 最低パンタ点電圧 (全変電所シリコン整流器)

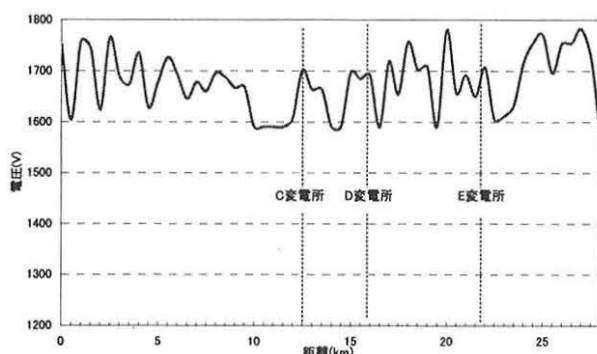


図3 最高パンタ点電圧 (全変電所シリコン整流器)

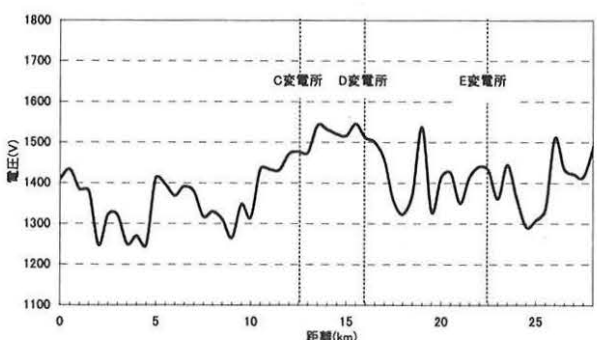


図4 最低パンタ点電圧 (D変電所のみ自励式整流器)

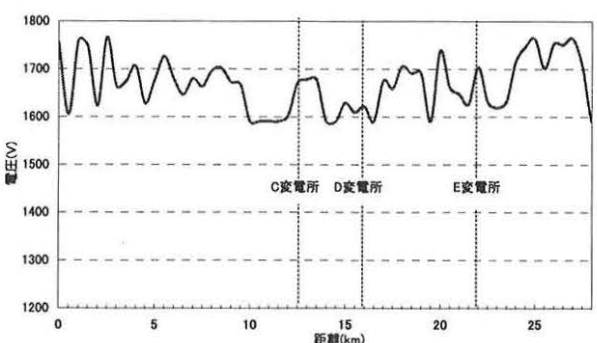


図5 最高パンタ点電圧 (D変電所のみ自励式整流器)

3. シミュレーション結果

全変電所がシリコン整流器の場合のパンタ点電圧の計算結果を図2,3に示す。図2は重負荷時の最低パンタ点電圧、

図3は軽負荷時の最高パンタ点電圧を示す。また、D変電所に自励式整流器(き電電圧 1590V、回生開始電圧 1590V)を導入した場合の重負荷時最低パンタ点電圧、及び軽負荷時最高パンタ点電圧をそれぞれ図4、図5に示す。

図4から分かるようにD変電所を自励式整流器に置換えることで、D変電所周辺の最低パンタ点電圧を1200Vから1320Vに改善できた。また、図5より回生時の最高電圧は1700V以下となり、車両側の回生絞込みを抑制することが可能になる。また、自励式整流器であるD変電所のき電設定電圧を1500V、及び1550Vにした条件での最低パンタ点電圧の計算結果については表1に示す。電力の回生効率については車両の力行電力量に対する変電所の電力量とした供給率で評価し、これは以下の計算による。

供給率：変電所の電力量／車両が消費する力行電力量

変電所の電力量：変電所の供給電力量-回生吸収電力量

この供給率が低いほど、力行車に対する変電所の電力量が少ない、つまり回生が有効に利用されたことを示す。これらの計算結果についても表1に示す。表1の数値はシリコン整流器のみで構成された条件を基準とし算出している。なお表中の①は重負荷時(24本/1時間)、②は軽負荷時(8本/1時間)を意味する。

表1 設定電圧による結果

D変電所条件	き電電圧	最低パンタ電圧V	供給率①%	供給率②%
シリコン整流器	1590V (無負荷送り出し)	1202	100.00	100.00
自励式整流器	1500V (き電設定電圧)	1263	99.01	96.82
自励式整流器	1550V (き電設定電圧)	1296	99.26	97.01
自励式整流器	1590V (き電設定電圧)	1323	99.60	97.49

これまでの検討により以下のことが言える。

a. 最低パンタ点電圧については、シリコン整流器を自励式整流器に置換えることにより改善が見られ、その効果は自励式整流器のき電設定電圧値に比例する。

b. 効率については、き電設定電圧を下げるにより向上する。その効果は、重負荷時よりも軽負荷時の方が良い。

これらよりシリコン整流器からなるき電システムに、自励式整流器を設置する場合には、重負荷時の定電圧制御及び軽負荷時の回生吸収機能を有効に利用できる条件が望ましく、ラッシュ帯と昼間帯でダイヤ密度が大きく変わる線区や瞬時パンタ点電圧の低下が問題となる線区に利用できるものと考えられる。

4. まとめ

本報告では、シリコン整流器からなるき電システムに、自励式整流器を設置し、その効果を検証するためモデル線区を作成し、シミュレーションを行った。線区や負荷の条件により、様々な選択肢がある。今後、様々な線区条件に応じた計算を行うことで深度化を図りたい。