

## S2-4-2 負荷競合による直流高速度遮断器 (54F) の 不要動作に関する考察

### Study of the Interruption of Service due to Unnecessary Operation of High Speed Circuit Breaker Invited by Over Load on DC Feeding System

○安松 浩二 (西日本旅客鉄道) 池田 芳弘 (西日本旅客鉄道) [電] 川原 敬治 (西日本旅客鉄道)  
園田 慎一 (西日本旅客鉄道) [電] 赤木 雅陽 (鉄道総研) [電] 伊東 利勝 (JR 総研電気システム)

Kouji YASUMATSU, Yoshihiro IKEDA, Keiji KAWAHARA, Shin-ichi SONODA, Masataka AKAGI, Toshikatsu ITO  
West Japan Railway Company, 1-5-2, Kita Tennoji-cho, Abeno-ku, Osaka City

#### 1. はじめに

直流き電回路において電車線等の短絡・地絡故障が発生した場合、遮断器の動作によって速やかに故障電流を遮断する必要がある。直流き電回路の保護には直流高速度遮断器 (以下、54F とする) 本体で過電流を検出して遮断する選択特性と電流増加変化分 ( $\Delta I$ ) を検知し、その  $\Delta I$  が一定値以上となったときに動作する  $\Delta I$  形故障選択継電器 (50F) が用いられている<sup>1)</sup>。最近、変電所直近故障や過負荷で動作する 54F が、整定値に満たない負荷電流で動作し、不必要な電回線の停電を引き起こす事象が発生したので、54F の選択特性の構造と負荷電流の観点から検討を行った。その結果、負荷が競合した際、整定値に満たない負荷電流によっても 54F が動作して自動遮断する場合が考えられることが分かったので報告する。

#### 2. 不要動作発生時の電流波形

54F の不要動作が発生した際の当該き電回線の電流波形を図 1 に示す。図 1 は変電所に設備している計測装置のデータをグラフ化したものであるため、データ長に限りがあり、電流値のステップについても多少荒いが、当該き電回線における 54F の整定値が 6500A であるにもかかわらず 5100A 程度の定常的な電流に約 300A の時間的な変化が加わって遮断動作に至っていることが分かる。

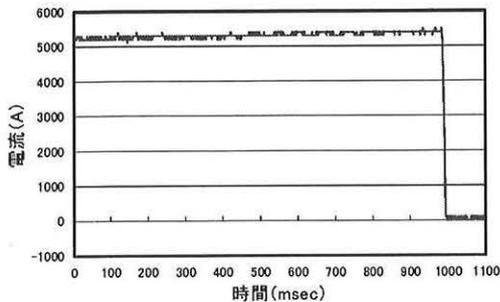


図1 54F 不要動作発生時の電流波形

#### 3. 54F の選択特性の検討

54F (電磁保持式) の主回路は誘導分路と引き外しコイルの 2 分路で構成され、故障電流のように突進率の大きな電流が流れた場合、その殆どの電流を引き外しコイルに流して即時に電流を遮断する機能を有している。54F を含んだ直流き電回路を等価的に表現すると図 2 のように示すことができる<sup>2)</sup>。故障電流のような突進電流は、図 2 においてスイッチ S を投入した場合を考えれば良いので、以下の(1)~(3)式が成立する。誘導分路および引き外しコイルの抵抗値、インダクタンス値はメーカーによって異なるが、抵抗比  $\epsilon_r$  ( $r_b/r_c$ ) やインダクタンス比  $\epsilon_l$  ( $l_b/l_c$ ) は概ね同一であり、 $\epsilon_r=2$ 、 $\epsilon_l=4$  と考えられている。そこでこれらを(1)~(3)式に代入し、過渡状態 ( $t=0$ )、定常状態 ( $t=\infty$ ) として解くと、図 3 に示すように、故障電流や電車の再力行電流の様な突進電流であれば、54F を流れる電流の 80% が引き外しコイルを流れ、また、負荷ベース電流の様な定常電流の場合は 33% の電流が引き外しコイルを流れることになる。

$$E = i_b r_b + l_b \frac{di_b}{dt} + iR + L \frac{di}{dt} \quad (1)$$

$$E = i_c r_c + l_c \frac{di_c}{dt} + iR + L \frac{di}{dt} \quad (2)$$

$$i = i_b + i_c \quad (3)$$

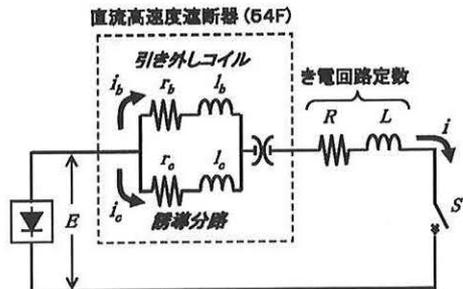


図2 54F を含むき電回路の等価回路

一般に54Fの整定値の約1/3の電流が引き外しコイルに流れると自動遮断する(選択特性)ので、例えば、6000A整定であれば、54Fに2500Aの突進電流(電流変化)が流れた場合、図3の結果から引き外しコイルに2000Aの電流が流れ、自動遮断することになり、また、ベース負荷として3000Aの電流が54Fに流れている状態に1250Aの再力行電流(電流変化)が重畳した場合でも、図3の計算から引き外しコイルに2000Aの電流が流れることになるので自動遮断することが分かる。つまり、定常的なベース負荷に再力行電流が重畳すると、場合によっては54Fの整定値以下でも自動遮断する可能性があると考えられる。

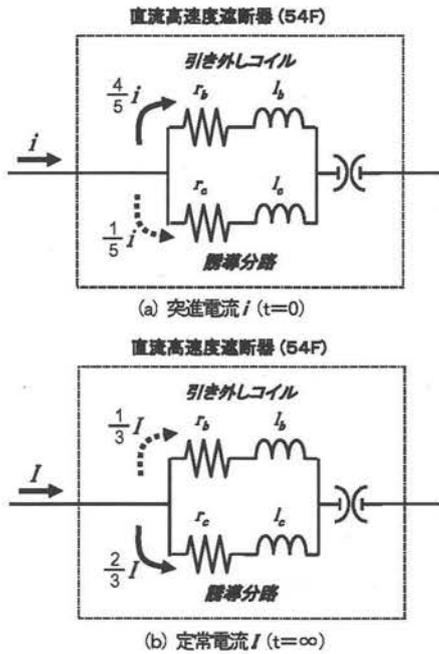


図3 54Fにおける分路電流の比率

#### 4. 所内試験による確認

定常的な負荷に再力行電流が重畳した場合、54Fの整定値以下でも自動遮断することを確認するため、低圧大電流試験装置を用いて54Fに実電流を流し、図4に示す様に投入器によって抵抗の並列数を変化させ、突進電流を重畳させる主回路を構成して所内試験を実

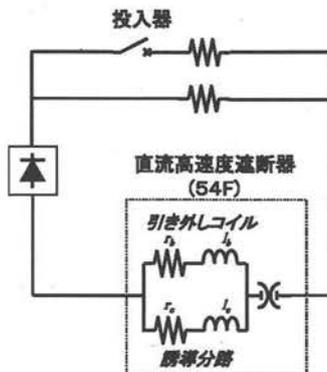


図4 所内試験回路

施した。その結果例を図6に示す。図6は54Fの整定値を6000Aに整定し、4200Aの定常負荷に750Aの電流変化を重畳させた試験結果であるが、自動遮断していることが分かる。

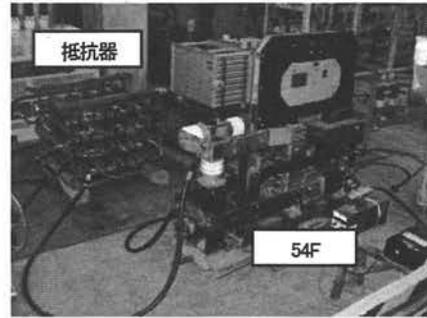


図5 所内試験風景

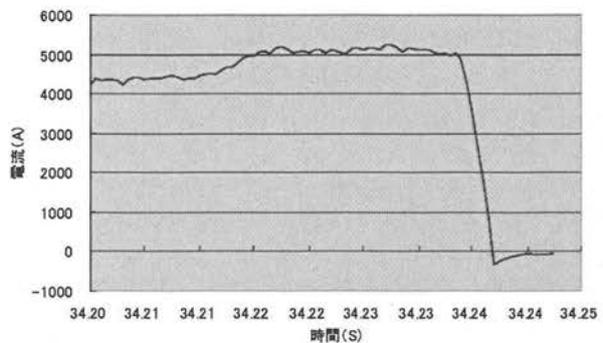


図6 試験結果例

#### 5. まとめ

54Fが、整定値に満たない負荷電流で動作し、不必要な電回線の停電を引き起こす事象について検討を行った。その結果、定常的なベース負荷に再力行電流の様な電流変化が重畳すると、場合によっては54Fの整定値以下でも自動遮断する可能性があることを54Fの引き外しコイルに流れる電流の検討と所内試験によって確認した。最近、車両の改竄が進み、VVVF車の運用の占める割合が従来の抵抗制御車に比べて増加しており、VVVF車の力行特性から負荷が重畳するタイミングが増加する傾向にある。今回の事象は、検討結果から、負荷競合によるベース負荷電流が増加し、その上に再力行電流が重畳することによって発生したものと考えられるので、今後、54Fの整定値を整定する場合は、現地で負荷電流波形を測定し、引き外しコイルに流れる電流を考慮して算出する必要がある。

#### 文献

- (1) 「直流電気鉄道における保護及び保護協調に関する調査」, 電気学会技術報告第542号(1995)
- (2) 電鉄ノート「直流高速遮断器」, 鉄道電化協会(1983)