直流き電回路用高抵抗地絡保護装置の開発

正員 井上 訓一 (指月電機) 正員 林 正己 (指月電機)
正員 長谷川 三雄 (国士館大) 正員 上野 勲 (東京大)
非会員 平井 紀光 (日本工学院)

Development of Protection System for High Resistance Ground Fault on Power Feeding System of DC Electric Railway

Kunikazu Inoue, Member (Shizuki Electric Co., Inc.), Mitsuo Hasegawa, Member (Kokushikan University), Toshimitsu Hirai, Non-member (Nippon Engineering College), Masami Hayashi, Member (Shizuki Electric Co., Inc.), Isao Ueno, Member (University of Tokyo).

キーワード：パルスパワー・スイッチング，直流き電回路用保護装置，高抵抗地絡故障，不要動作抑制

直流電気鉄道のき電回路の保護は，変電所に設置した直流高速度遮断器と故障選択装置，ならびに連絡遮断装置との組合せによる方式を採用してきている。

しかし，この方式による地絡故障時の故障点抵抗値の検出感度は上限値で 0.5Ω 程度であるので，図 1 (a) に見る高抵抗地絡故障と呼ぶ地絡現象での碍子破損や，飛来物に起因した構造物への地絡故障などに対して，検出保護できる状態にはない。

高抵抗地絡故障が一度発生すると，長時間にわたり故障現象が継続し，故障点の電位上昇に依存した直流迷走電流による，信号設備や通信設備への損傷，構造物の損傷，ならびにき電線の断線などの二次災害が発生し，復旧に膨大な労力と経済的損失を負う。これらに対して今日まで，数多くの検討がなされてきているが，いまだ経済性，信頼性のある直流き電回路用保護装置は確立されていない。

本レターは，高圧パルス発生回路と CR 積分回路の組合せによる，パルスパワー⁽¹⁾のスイッチングを応用した，直流き電回路用高抵抗地絡保護装置を開発したので報告する。その原理は，図 1 (c) に示す直流

電気鉄道用き電線 (+ 側) 線路が接地抵抗の大きい構造物にフラッシュオーバーしたとき生じる，構造物の電位上昇を活用し，保護ギャップスイッチ (以下，GS と略記) を動作させ，構造物とレールのインピーダンスボンドの中性点をアーク短絡することで，故障点検出感度上限抵抗値以下に落とし，変電所において金属短絡として検出可能な，GS を応用した保護装置の開発にある。

図 2 は，保護装置の等価回路を示す。図の A_{r1} ，ならびに， A_{r2} は主 GS， A_{r3} はトリガパルス発生用 GS， A_{r4} は主回路とのデカップリング用 GS を示す。

本装置の放電領域は， A_{r1} ， A_{r2} ， A_{r3} ，ならびに A_{r4} の各放電開始電圧に依存する。レールと構造物間に接続される本装置は，電車走行時に発生するサージ電圧が常に印加されているので，それによる不要動作を確実に制御・抑制することが，本開発の最も重要な点として要求される。これに対して，ここでは，多くの実験結果より，サージ電圧の最大値を 900V と想定し，不要動作抑制・防止に対して各 GS の放電開始電圧は， A_{r1} ，ならびに A_{r2} を $550\text{V} \pm 20\%$ ， A_{r3} を $470\text{V} \pm 20\%$ ， A_{r4} を $800\text{V} \pm 20\%$ と設定する。

図 1 本保護装置とその設置

Fig. 1. This protection system and its installation.

図 2 本保護装置の等価回路

Fig. 2. Equivalent circuit of protection system.

図 3 パルスパワーに依存したトリガパルス発生領域

Fig. 3. Threshold level for trigger pulse generation depend on pulsed power.

図 2 のトリガパルス発生回路は、入力電圧が R_3 を通じて C_1 を充電し、 C_1 の電圧が A_{r3} の放電開始電圧に達すると、主 GS のトリガ電圧が発生するパルスパワーのスイッチングの原理に従う。従って、サージ電圧のようにパルス幅の短いパルス入力電圧では、 V_{c1} が A_{r3} の放電開始電圧以下になるよう時定数 $\tau = C_1 \cdot R_3$ を選択することで、トリガパルスの発生を抑制・防止できる。ここでは、時定数 τ は 3 m 秒とし、 C_1 は 0.03 μ F、 R_3 は 100 k Ω に設定している。

図 3 はパルス入力電圧の波形を矩形波と仮定した場合の、パルス入力電圧の最大値 V_p とそのパルス幅の時間 τ に対するトリガパルス発生領域を示す。図中の斜線領域にある V_p と τ の入力電圧に対しては、トリガパルスは発生できずに、また、ステップ状の直流電圧に対しては、時間 τ でトリガパルスを発生する。すなわち、パルスパワーに対してのみ、起動するように設定されている。具体的な例としてサージ電圧の最大値 900 V に対して、図 3 よりパルス幅 2.2 m 秒以内であれば、理論的には A_{r3} 、ならびに A_{r4} の放電は開始できず、トリガパルスを発生しない。

図 3 の不要動作をしないサージ電圧波形の条件は、電圧最大値 900 V、パルス幅 2.2 m 秒以下を意味し、実測値などからの統計的に判断した電車走行時のサー

ジ電圧は、すべてこの条件下に収まる値である。

本試作装置を用いた大掛りな人工故障試験の結果は、地絡故障を変電所で検出できることを確認し、既に報告済みである⁽²⁾⁽³⁾。

本開発の特徴は、パルスパワーのスイッチングを応用して、図 1 (b) に見るように、瞬時に故障電流経路をレール帰路に移行させ、変電所で高抵抗地絡故障を検出し保護することができる、直流き電回路用高信頼性保護装置を廉価に供給しえた点にある⁽⁴⁾。

(平成 4 年 8 月 25 日受付)

文 献

- (1) 上野, 他: エネルギー・資源, 13, No. 4, 25 (平 4-7)
- (2) 田中, 他: 平元電気学会会大, No. 885
- (3) 由井, 他: 電気学会交通・電気鉄道研資, TER-89-15 (平元)
- (4) 井上, 他: 特願昭 63-230563

井上 訓一 (正員)

昭和 22 年生。49 年広島工大電気卒業。同年(株)指月電機製作所入社。現在、同社コンデンサ事業本部技術開発部長。オーム技術賞, 科学技術長官奨励賞受賞。

長谷川 三雄 (正員)

昭和 26 年 3 月生。51 年 3 月日本大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。現在、国士館大学教養部助教授。IEEE, IAWPRC 会員。

平井 紀光 (非会員)

昭和 17 年 2 月生。41 年 3 月東京電機大学電気通信工学科卒業。日本工学院専門学校臨床工学研究科長を経て、現在、同日本電子工学院企画推進本部長補佐。

林 正己 (正員)

大正 9 年生。18 年東京工業大学電気卒業。鉄道技術研究所電力研究室長を経て、現在、(株)指月電機製作所専務。工学博士。電気学会理事。紫綬褒章受賞。

上野 勲 (正員)

昭和 13 年 11 月生。41 年 3 月明治大学大学院工学研究科博士課程修了。同年 4 月東京大学工学部文部教官、現在に至る。工学博士。フンボルトフェロー。