

水力発電所配電盤における耐電圧値引き下げに関する研究

四国電力(株) 水力部 寺尾 武蔵
(株)四国総合研究所 電力技術部 藤村 直人
(株)四国総合研究所 電力技術部 泉川 雅弘
(現: 四国電力(株)考査室)

キーワード: 雷サージ
低圧制御回路
EMTP
誘起電圧

Key Words: lightning surge
low voltage control circuits
Electro Magnetic Transients Program
induced voltage

Study of reduction in withstand voltage values of switchboards in hydroelectric power stations

Shikoku Electric Power Co., Inc., Hydro Power Plant Department

Takezou Terao

Shikoku Research Institute, Inc., Electric Power Department

Naoto Fujimura, Masahiro Izumikawa

Abstract

The commercial frequency withstand voltage value of low voltage circuits in power equipment is specified to be 2kV. This is a high value, taking into consideration the importance of the equipment responsible for supplying electricity to customers.

However, in the case of small hydroelectric power plants with 6 kV distribution line interconnected systems, where the surge level in low voltage control circuits is low, general purpose equipment suitable for general industries can be used. This results in cost reduction if the withstand voltage value of switchboards can be suppressed to 1.5 kV or less.

Thus, we have evaluated the possibility of using the withstand voltage values that are normally in use in general industries in small hydroelectric power plants by studying and analyzing abnormal voltage phenomena occurring in low voltage control circuits of small hydroelectric power plants.

1. はじめに

電力用設備における低圧回路の商用周波耐電圧値は、お客さまへの電力供給を担う設備の重要性を鑑みて、JEM「電力用保護継電器一般編」(1963年)により、高水準の耐電圧値として2kVが規定されており、当社では、小水力発電設備も含めた全ての電力用設備に2kVが適用されている。

しかしながら、低圧制御回路へ侵入するサージレベルが低い6kV配電線連系の小水力発電所の場合、その値を1.5kV以下に抑制できれば、一般産業用の汎用機器を採用することが可能となり、配電盤のコスト低減が図れる。(図1)

このため、小水力発電所の低圧制御回路に発生する異常電圧現象を整理、解析することにより、一般産業用耐電圧値の適用の可能性について評価した。

2. 評価内容と結果

2.1 一般産業用機器の故障要因調査

(1) 調査概要

配電盤製造メーカを対象に、一般産業用機器の故障件数とその要因について聞き取り調査を行った。

(2) 調査結果

配電盤製造メーカの把握する配電盤故障件数は、過去5年間で280件であり、うち雷サージに起因するものは7件(全体の2.5%)との回答を得た。(図2)

本データは顧客よりメーカへ通知のあった件数であるが、雷サージに起因する故障の割合は少なく、一般産業用配電盤の異常電圧に対する故障リスクは極めて低い、という見解であった。

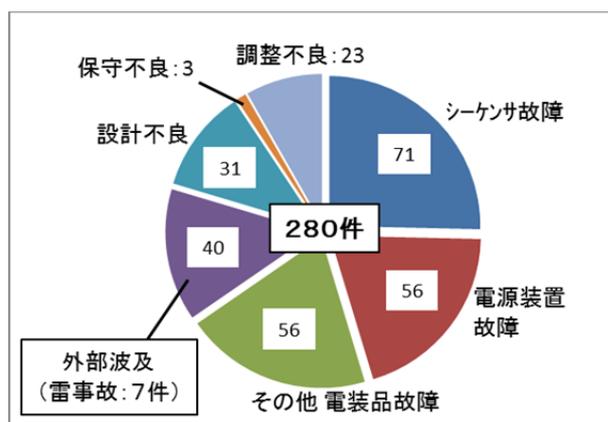


図2 一般産業用配電盤の故障要因

2.2 水力発電所における配電盤低圧回路への誘起電圧波形の観測

(1) 観測概要

運転中の小水力発電所において、雷サージ等による配電盤低圧回路に使用されている制御ケーブルの余り芯(配電盤側)に波形記録装置を接続し、誘起電圧波形の観測を行った。

(2) 観測対象発電所

一般的に低圧制御回路の誘起電圧が高くなる主な要因は、

- ・要因1: 接地抵抗が比較的高い
- ・要因2: 放電電流が配電柱の避雷器よりも接地網に流入する割合が高い
- ・要因3: 配電箱と配電盤が離れており、接地網が分割され、接地抵抗差が大きい

上記3項である。要因1は、各発電所の接地抵抗値が技

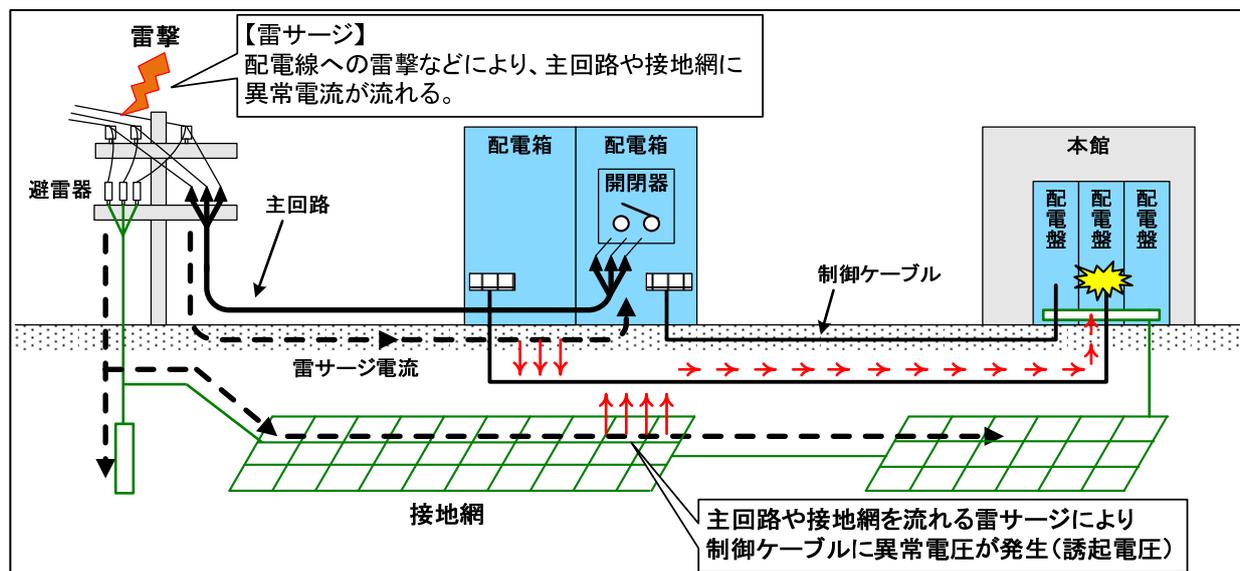


図1 低圧制御回路へのサージ侵入経路

術基準値(A種接地工事:10Ω)を満たす範囲では大差が無い対象外とし、要因2に該当する発電所(発電所Aとする)と要因3に該当する発電所(発電所Bとする)、および上記要因に該当しない発電所(発電所Cとする)の合計3ヶ所を対象とした。

(3) 観測結果

今回、約14ヶ月(平成27年11月～平成29年1月)に亘り観測を実施した。各発電所の半径1kmの範囲で1～17回の落雷が観測されたが、雷サージに起因すると思われる誘起電圧波形を記録することはできなかった。これは、発電所が連系している配電線は避雷器により耐雷対策が施されており、雷サージを抑制していたと推測される。

2.3 雷サージ誘起電圧の解析(EMTP解析)

(1) 解析概要

前述の観測対象発電所について、その主回路や設備構成を模擬したEMTP(Electro Magnetic Transients Program)モデルを作成し、雷サージが低圧制御回路に侵入した際の最高誘起電圧値を解析により求めた。

モデル作成の手法および各定数の設定は、低圧回路サージの実証試験によりシミュレーションモデルの定数を定めた「保護制御システムのサージ対策技術」(電気協同研究 第57巻 第3号)や、「発電所及び地中送電線の耐雷設計ガイド(2011年改訂版)」(電力中央研究所報告:H06)に基づき作成した。

また、侵入が想定される雷サージ電流は、一般的な配電線用避雷器の公称放電電流である2,500Aとした。

(2) 解析結果

低圧制御回路の条件として、CVV-Sケーブルが両端接地されていれば誘起電圧を約300Vまで抑制できるという結果が得られた。(図3)

なお、CVV-Sケーブルが片端接地の場合では、誘起電圧は1.5kVを超える結果となった。

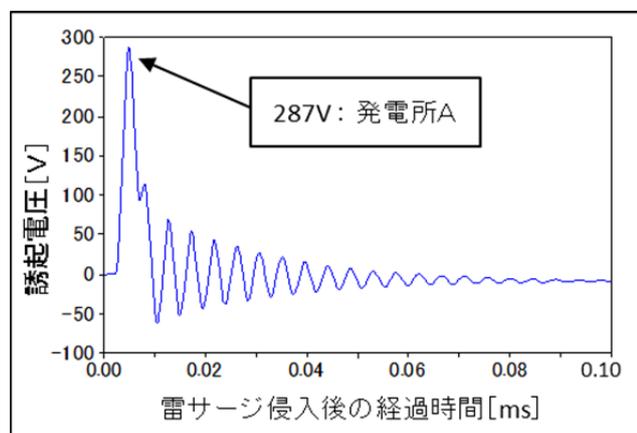


図3 EMTPモデル解析値

2.4 雷サージ誘起電圧の測定(発電所モデル)

(1) 測定概要

実際に対象発電所と同等のケーブル敷設状況や接地環境を模擬した発電所モデルを作成し、試験装置から電流を入力することにより低圧制御回路に誘起される異常電圧の測定を行った。

発電所モデルにおける雷サージ印加点は、発電所引込配電柱とし、試験装置から主回路(CVケーブル)および開閉器を介して接地網へ流れる回路構成とした。そのCVケーブルや接地網の付近に低圧制御回路(制御ケーブル)を配置し、主回路に試験電流が流れた時に誘起される電圧値を実測した。(図4)

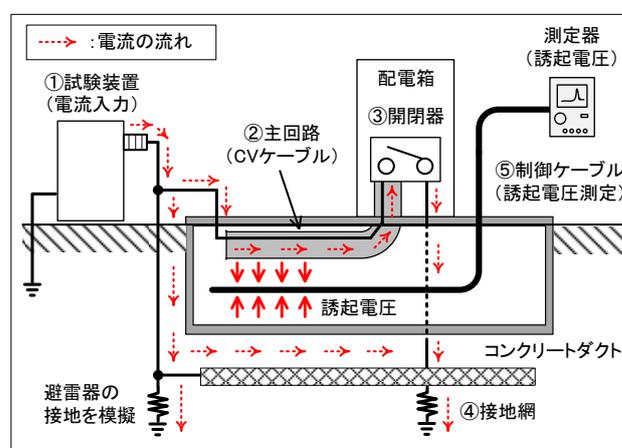


図4 発電所モデルの作成状況

(2) 測定結果

試験装置から100～200Aの範囲で電流値を変えながら、制御ケーブルに発生する誘起電圧を複数点測定し、電流値と誘起電圧値が比例関係にあることを確認した。これをもとに、EMTP解析値と同じ2,500Aが入力された際の誘起電圧値を推定した結果、CVV-Sケーブルが両端接地されていれば、誘起電圧を約250Vまで抑制できることを確認した。(図5)

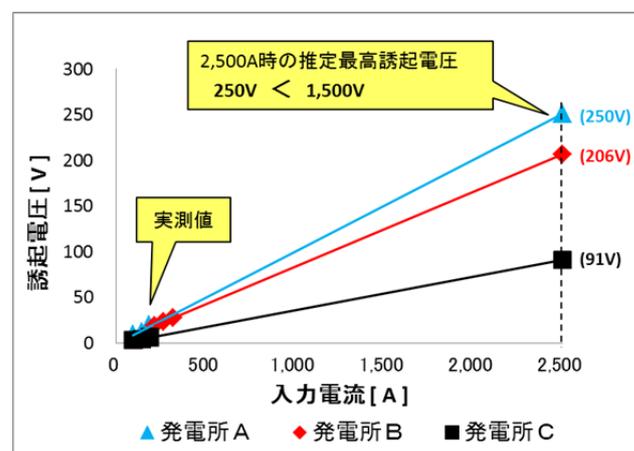


図5 発電所モデル試験結果(CVV-Sケーブル両端接地)

また、CVV-S ケーブル(片端接地)の場合は発電所A およびBの誘起電圧が 1.5kV を超えることを確認した。(図6)

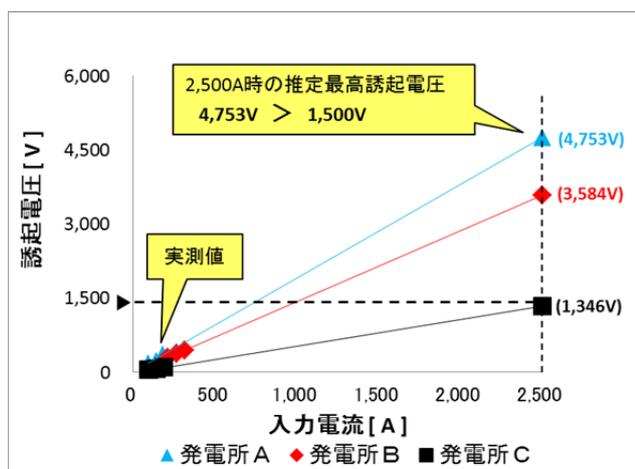


図6 発電所モデル試験結果 (CVV-S ケーブル片端接地)

更に、この実測結果と EMTF 解析結果は、ほぼ同等の値となったことから、今回作成したEMTFモデルの信頼性も確認できた。(表1)

表1 誘起電圧測定結果の比較

	発電所 A		発電所 B		発電所 C	
	モデル	EMTF	モデル	EMTF	モデル	EMTF
誘起電圧	250V (▲83%)	287V (▲81%)	206V (▲86%)	198V (▲87%)	91V (▲94%)	92V (▲94%)

() : 1.5kVに対する比率

3. まとめ

今回の研究結果より、一般産業用配電盤への雷サージに起因する故障事例は極めて少なく、また 6kV 配電線連系の小水力発電所においては、配電線の耐雷対策などによって雷サージが侵入する可能性も低い。更に、雷サージが侵入したとしても、低圧制御回路に使用する CVV-S ケーブルが両端接地されていれば、誘起電圧を 1.5kV 未満へ抑制できるため、一般産業用配電盤を採用することは可能であることが分かった。

今後は、研究対象外であった小水力発電所についても、EMTF解析で確認し、制御ケーブルを両端接地することで、一般産業用配電盤の採用を進め、コスト低減に努める。