

# 小水力発電所への緩電流投入装置適用研究

サイリスタ制御による誘導発電機の突入電流抑制

## Feasibility of Introducing a "Soft Connecting System" into Small Hydro Power Stations

Inrush current restraint by employing a thyristor-controlled suppression system in induction generators

(飯田支店 発電電技術課)

風力発電に採用されているサイリスタ制御による誘導発電機並入時の突入電流抑制装置（緩電流投入装置）の検証試験を行い、その性能を確認した。

本装置は、600kW程度以下の低圧誘導発電機に適用可能であり、小水力発電所への採用が期待できる。

(Hydropower and Substations Section, Iida Regional Office)

A performance verification test was conducted on a thyristor-controlled, inrush current limiting system (soft connecting system) which is currently used in wind power generation systems and actuated at parallel-in operation of induction generators. The tested system can be used on a low-voltage induction generator (about 600 kW or lower). It is promising for use in small hydro power stations.

### 1 背景と目的

小水力発電所にはコストダウン、制御装置の簡素化、保守省力化等の観点から誘導発電機を採用したいが、系統並入時大きな突入電流（定格電流の5～7倍）が流れ、系統電圧が低下する問題がある。

このため、誘導発電機の採用は比較的小容量で系統条件の良い箇所に限られている。一方、風力発電の分野では突入電流抑制対策として、サイリスタ制御による緩電流投入装置を使用し、誘導発電機を配電線に並列している。

緩電流投入装置は、海外製品であり水力発電所での使用実績もないことから、今回抑制効果の確認、高調波の影響、保護機能等について検証試験を実施した。

### 2 装置概要

緩電流投入装置は、制御装置（第1図）、サイリスタ（第2図）、CTおよびスナバ回路で構成されており、CTから入力した電流と抑制目標電流値の設定

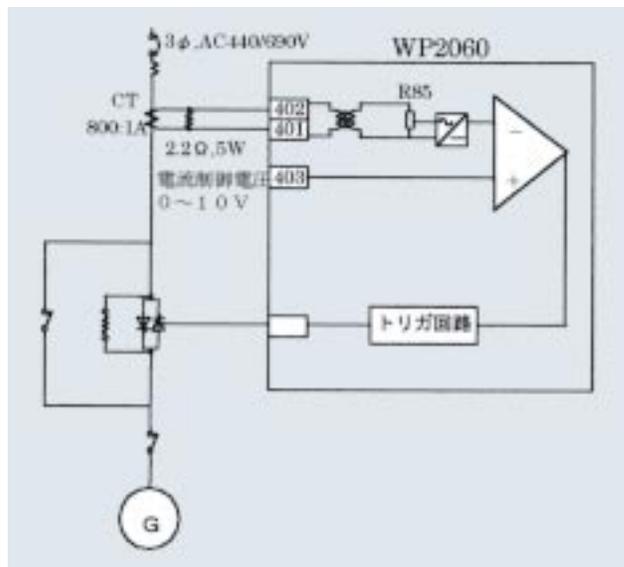
（電流制御電圧）を比較演算して、サイリスタの点弧角を制御することにより、突入電流の実効値を抑制するものである。（第3図）



第2図 緩電流投入装置（サイリスタ）



第1図 緩電流投入装置（制御装置）



第3図 緩電流投入装置の構成

### 3 検証試験

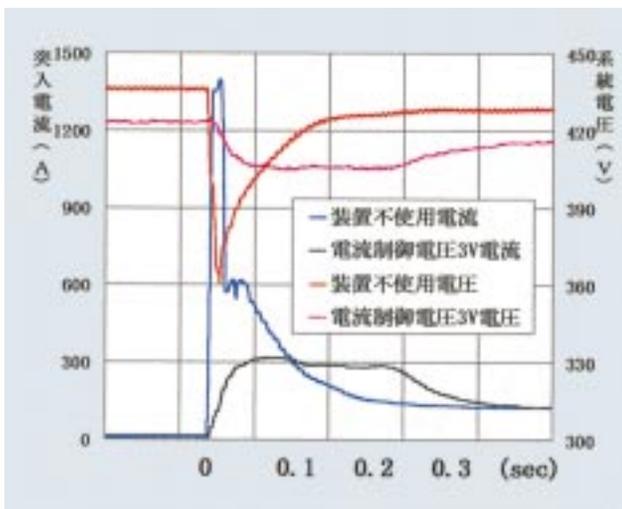
#### (1) 抑制効果確認試験

誘導電動機（230kW, 440V, 60Hz, 1200min<sup>-1</sup>）をインバータモータで駆動し、同期速度およびその±5%、±10%の速度をパラメータとして、電流制御電圧を変えて系統並入し、突入電流や系統電圧等の波形測定を行った。第4図は、1200min<sup>-1</sup>装置不使用および電流制御電圧3Vにおける電流電圧実効値波形である。装置により突入電流および電圧低下率が、大幅に改善されていることが分かる。

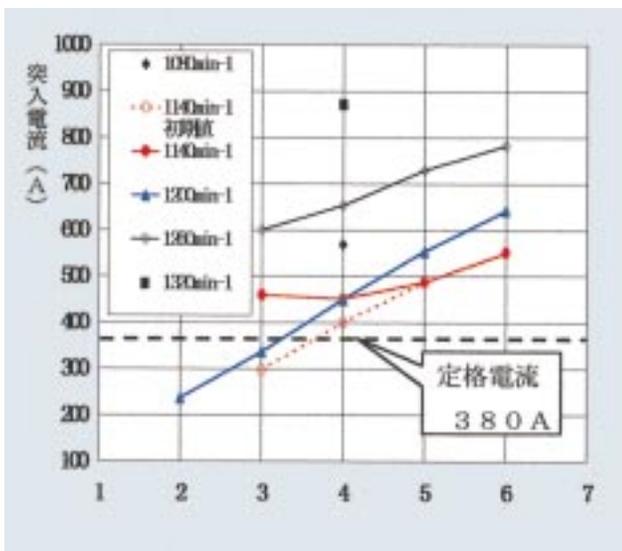
第5図は、電流制御電圧と突入電流の関係であり、突入電流は電流制御電圧値に比例して抑制されていることが分かる。電流抑制上、最適並入回転速度は同期速度と考えられる。

#### (2) 高調波

この装置は、サイリスタ制御を行っていることが



第4図 1200min<sup>-1</sup>電流電圧実効値波形  
(装置不使用、電流制御電圧3V)



第5図 電流抑制電圧 電流特性

ら高調波の影響が心配されるので、高調波発生量を1200min<sup>-1</sup>、電流制御電圧3Vの電流波形を使用し算出した。制御開始直後では、総合歪率約46%、第5調波含有率約34%であるが、制御終了付近(0.5s後)では、総合歪率約3%、第5調波含有率約2%となっており、制御時間を考慮すると電力用コンデンサ等の耐量に対し十分余裕のある値であり、問題ないとする。

#### (3) 保護機能

装置には次の保護機能があり、動作時にはサイリスタ制御が停止することを確認した。

欠相保護 逆相保護 サイリスタ温度監視

### 4

水力発電所への適用  
の試験結果および、風力での使用実績から見て、水力発電所へ本装置を適用しても問題ないと考えられるが、次の点を考慮する必要がある。

#### (1) 適用条件

- ・発電機は電圧400-690Vで 結線。サイリスタ定格から、容量は600kW程度以下。(電圧440V)
- ・昇圧Trは非接地または中性点接地。

#### (2) シーケンス

装置には前述の保護機能が備わっているが、次の故障も考慮する必要がある。

- 制御電源(DC24V)異常
- 運転中のバイパスSW開放
- サイリスタ連続通電防止

#### (3) ノイズ対策

サイリスタのゲート信号レベルは、主回路電圧(電流)に比較して微弱である。このため、ゲート回路に対するノイズ対策が必要である。

### 5

今後の展開  
電流投入装置は、平成15年運開予定の易老沢水力発電所に採用する予定で、具体的な検討を進めている。同発電所無対策時の突入電流1053Aを、300Aまで抑制すれば、6kV母線の電圧低下率を30%から9%に改善できる。

本装置は突入電流を200~300A(定格電流の100%程度)まで任意に抑制できるため、従来、突入電流の問題から適用が困難であった小水力発電所においても、誘導発電機の採用が期待できる。



執筆者/林 邦夫  
Hayashi, Kunio@chuden.co.jp