

デジタル式静止励磁制御装置

藤盛博昭 Hiroaki Fujimori

キーワード デジタル化、静止励磁装置、水力発電所、RoHS対応、AVR

概要



デジタル式静止励磁制御装置（YNEX11SD）

従来品のアナログ式静止励磁装置（形式名：YNEX97Sシリーズ）の後継機種としてデジタル式静止励磁制御装置（形式名：YNEX11SD）を開発した。本装置の特長には、(1)多機能・高性能・小形、(2)界磁電流912Aまでの対応、(3)RoHS（Restriction of Hazardous Substances）対応部品の採用、(4)大形ディスプレイ搭載による操作性の向上、(5)自己診断機能などがある。特に励磁制御部（ユニット）の寸法は、W225×H311×D175mmと超小形を実現した。

1 まえがき

近年、制御装置はデジタル式が主流であり、水力発電所用静止励磁制御装置についても、その要求は増加傾向にある。当社は、これまでブラシレス励磁方式の励磁制御装置をデジタル化し、多くの納入実績がある。その技術を継承して開発した。本稿では、デジタル式静止励磁制御装置（形式名：YNEX11SD）を紹介する。

2 特長

第1図にデジタル式静止励磁制御装置（ヒューマンインタフェース部）を、第1表に従来品との比較を示す。本装置の主な特長は、以下のとおりである。
 (1) 多機能・高性能・小形 AVR1次及び2次制御機能とゲート位相制御をデジタル化し、1ユニッ



第1図 デジタル式静止励磁制御装置（ヒューマンインタフェース部）

大形ディスプレイ採用による操作性の向上を図りつつ、超小形を実現した。

トに集約することで、従来品の約10%（取り付けスペースでは約20%）の大きさを実現。特に励磁制御部（ユニット）の寸法は、W225×H311×D175mm

第 1 表 従来品との比較

デジタル式の採用によって、通信機能・二次調整機能を搭載するなど、機能の拡充を行った。

	新形静止励磁装置 (YNEX11SD)	従来形静止励磁装置 (YNEX97S)
制御方式	デジタル式	アナログ式
電圧制御	制御範囲：80～110%	制御範囲：80～110%
	制御精度：±0.5%以内	制御精度：±0.5%以内
界磁電流制御	制御範囲：80～110%	制御範囲：80～110%
	制御精度：±0.5%以内	制御精度：±0.5%以内
電圧確立制御 (オーバー シュート低減 制御)	オーバーシュート低減制 御あり	オーバーシュート低減制 御なし
	スムーズスタート方式又 はステップスタート方式	—
AVR/MVR 制御切替	運転中切替可能	運転中切替不可
界磁過電流 (51E) 検出	○	○
不足励磁電流 (37E) 検出	○(界磁喪失継電器<40> の後備保護として使用)	×
位相制御用同 期パルス監視	○	×
ゲートパルス 監視	○	○
電源重故障検 出	○(不足電圧/過電流/ 過電圧)	○(不足電圧/過電流)
電源軽故障検 出	○(電源片系断検出)	×
41X接点二重 化監視	○(接点二重化不一致監 視機能)	×
VT/CT故障検 出	○	×
通信機能	○(TCP/UDP通信)	×
故障トレンド 機能	○(専用ツール必要)	×
二次調整機能	標準実装	別装置で実装

と超小形を実現

- (2) RoHS (Restriction of Hazardous Substances) 対応部品の採用 ユニット内のすべての部品は RoHS 指令に対応
- (3) 操作性の向上 大形ディスプレイやシートスイッチの採用による操作機能の充実
- (4) 制御電源の二重化 従来品からの機能を継承し、直流 (110V) と交流 (110V) の制御電源二重化を実現。交流電源は励磁用変圧器2次電圧を使用するため、直流制御電源喪失時にも運転継続が可能
- (5) 故障トレンド機能 専用ツールを接続することで、故障発生時のトレンドの確認が可能

- (a) 計測信号：8点
- (b) 状態・故障信号：32点
- (c) サンプリング周期：10～100ms (可変)
- (d) サンプリング点数：故障前1500, 故障後500
- (6) メンテナンスの簡素化 電解コンデンサを搭載した電源ボード以外の定期交換部品を無くした。また、長寿命形の電解コンデンサを採用することで、電源ボードの交換周期を従来品の7年から10年に延長
- (7) 構成部品の生産性・対応力 長期で供給できる部品、産業用部品を採用することで、長期間安定した生産が可能
- (8) 自己診断機能 常時監視、各CPU間の健全性チェックによる故障検出機能を実装
- (9) 性能変化・劣化設備の縮小化 経年劣化しやすい部品 (電動設定器・可変抵抗器など) を使用しないことで、性能の変化を最小限に抑え、点検項目を簡素化して、保守費用を削減

3 自動電圧制御 (AVR) 機能

第 2 表に AVR 機能の一覧を示す。主な機能は、以下のとおりである。

- (1) AVR 計器用変圧器 (VT) を介して発電機電圧を検出し、電圧設定器 (90R) との偏差を求め。PID 制御 (Proportional-Integral-Derivative Controller) で位相制御信号に変換し、サイリスタのゲートを ON することで AVR 出力を制御
- (2) 自動界磁電流制御 (AIFR) CT を介して励磁電流を検出し、界磁電流設定器 (70E) との偏差を求め、PID 制御によって位相制御信号に変換し、サイリスタのゲートを ON することで AVR 出力を制御
- (3) 電圧確立制御
 - (a) ステップスタート 励磁制御を開始すると、設定された界磁電流値を瞬時に出力。発電機電圧の検出値が設定値に達すると AVR に切り替わる。
 - (b) スmoothスタート 励磁制御を開始すると、界磁電流値を設定された時間で直線的に増加。発電機電圧の検出値が設定値に達すると AVR に切り替わる。この制御を使用することで、発電機初

第2表 AVR機能

AVRに要求される基本機能のほか、PSSを搭載できる。

項目	仕様	
自動電圧制御 (AVR)	電圧制御範囲 (90R)	80~110%
	電圧制御精度	±1%以内
	フルストローク時間	60秒
自動界磁電流制御 (AIFR)	界磁電流制御範囲 (70E)	0~110%I33
	界磁電流制御精度	±1%以内
	フルストローク時間	60秒
電圧確立制御機能	ステップスタート方式 (デフォルト)	—
	スムーズスタート方式	0~100秒
横流補償機能	設定範囲	0~10%
V/Hz機能	電圧droop方式 設定値 (降下点を設定)	70~100%F デフォルト 85%
界磁過電流機能 (#51E)	動作値	105~130% デフォルト 110%
界磁不足電流機能 (#37E)	動作値	デフォルト 5%
力率制御・無効電力制御機能 (APFR・AQR) Q = A + BP方式	A項設定範囲	-1.0~1.0PU
	B項設定範囲	-0.7~0.7 cos φ
	無効電力制御精度	±2%以内
	力率制御精度	±2°以内
無効電力限定機能 (VARL)	OCL, OEL, UEL	
	OCL境界設定	0~100%
	遅れ側設定	最大5点
	進み側設定	最大5点
電力安定化機能 (PSS)	3進み遅れ / 4進み遅れ	デフォルト 3進み遅れ
VT・CT故障検出機能	2相差電圧, 差電流検出	10% 10s
ゲートパルス異常検出機能	パルス順番, 欠相検出	10回連続 警告 20回連続 異常 #41XONで200ms 間無パルス 異常
接点2重化不一致検出機能	#41Xa, b入力	1秒

期励磁時の発電機電圧オーバシュート量を低減

(4) 横流補償機能 発電機が他の発電機と並列運転する場合、出力電圧の差で両発電機間に無効電流

(横流)が流れ、余分な無効電力を消費。本装置の横流補償機能は、無効電力の検出量に応じて発電機電圧を調整することで無効電流(横流)を抑えることが可能

(5) 自動無効電力制御 (AQR)・自動力率制御 (APFR)機能 発電機並列運転中に発電機の無効電力又は力率を一定に制御する機能。目標の無効電力は $Q = A + BP$ によって算出し、AQR又はAPFR制御中に無効電力限定で設定した無効電力以上の目標値になった場合、無効電力限定の動作線上で運転

(6) 電力安定化 (PSS)機能 PSSは電力動揺を検出して、伝達関数を経て励磁電流を増減させることで、電力動揺を抑制する機能

(7) 通信機能 (LAN機能) 本装置はLANインタフェースを1ポート実装。基本的には、メンテナンスポートとして使用しているが、要望によって上位側の装置との通信が可能

4 むすび

当社のデジタル式静止励磁装置を紹介した。近年の主流となっているデジタル製品を強化するため、今後も機能拡大や性能向上に努め、お客様の様々なご要求に応える製品をそろえていく。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



藤盛博昭
Hiroaki Fujimori

水力発電事業推進部
水力発電システムのエンジニアリング業務に従事