

発電機励磁系の仕様と特性

発電機励磁系の仕様と特性調査専門委員会編

目 次

1. はじめに	3	5. 励磁系の設計	50
2. 励磁系の構成	4	5.1 励磁主回路の設計	50
2.1 励磁方式の種類とその構成機器	4	5.2 AVR と PSS の定数整定の考え方	50
2.2 制御装置	15	5.3 励磁系の特性仕様と設計との関係	65
3. 励磁系の伝達関数モデル	17	5.4 励磁装置と高調波	68
3.1 励磁方式の種類とその伝達関数モデル	17	5.5 発電機仕様が励磁装置設計に与える影響	71
3.2 制御装置の伝達関数モデル	26	付録 1 PSVR	73
4. 励磁系の仕様	31	付録 2 多入力 PSS	75
4.1 励磁方式選定の考え方	31	付録 3 IEEE 伝達関数モデル	77
4.2 制御装置選定の考え方	36	付録 4 小容量発電機の伝達関数の実例	80
4.3 励磁系の特性仕様の考え方	37	付録 5 発電機特性係数	84
4.4 初期励磁電源の考え方	38	付録 6 制御ブロックのリミッタ処理	86
4.5 信頼性についての考え方	42		
4.6 励磁系の特殊仕様	46		

発電機励磁系の仕様と特性調査専門委員会委員

委員長	北内 義弘 (電力中央研究所)	主な協力者	平原 英明 (職業能力開発総合大学校)
幹事	田中 誠一 (三菱電機)		田中 晃 (職業能力開発総合大学校)
	高橋 理音 (北見工業大学)		豊島 雅史 (東北電力)
幹事補佐	白崎 圭亮 (電力中央研究所)		一條 貴博 (東北電力)
委員	雪田 和人 (愛知工業大学)		佐藤 亘 (東北電力)
	山本 修 (職業能力開発総合大学校)		風間 紀之 (東京電力パワーグリッド)
	高瀬 冬人 (摂南大学)		新明 悟 (東京電力パワーグリッド)
	熊野 照久 (明治大学)		中村 義和 (東京電力パワーグリッド)
	田名部 幹雄 (東北電力)		
	栗原 重雄 (東京電力パワーグリッド)		
	森山 友広 (中部電力)		
	矢壺 修 (関西電力)		
	山田 誠司 (北陸電力)		
	佐藤 良祐 (電源開発)		
	池田 史晃 (東芝)		
	宮川 純一 (日立製作所)		
	新倉 仁之 (富士電機)		
	野口 紳也 (三菱電機)		
	村松 大輔 (明電舎)		
途中退任委員	種村 勲 (東北電力)		
	荒川 雅昭 (東京電力パワーグリッド)		
	福田 拓広 (東京電力パワーグリッド)		

1. はじめに

発電機の励磁系は、発電機の界磁巻線に直流電流を供給して発電機の電機子電圧を一定に保持あるいは調整することを第一の目的としている。電力系統に落雷などの系統擾乱が発生した場合、電力系統に連系されている発電機の励磁系の速応性および頂上電圧が過渡安定度に大きく影響する。一方、速応性が高い励磁系は電力動揺の振動発散を生じさせやすく、いわゆる定態安定度を悪化させる。これを防ぐために、電力系統安定化装置（PSS：Power System Stabilizer）が励磁系に付加され、電力系統の安定運用に寄与している。

このように発電機の励磁系は電力系統における発電機のふるまいに大きな影響を与えるものであるため、励磁系の機器特性や方式の適用に関する一般的な基準やその仕様の考え方について、1991年4月に設置された「同期機励磁系の仕様と特性調査専門委員会」により調査され、1995年2月に「電気学会技術報告 第536号 同期機励磁系の仕様と特性」が発刊された。

資源エネルギー庁「長期エネルギー需給見通し小委員会」によると、2030年の再生可能エネルギー（再エネ）の導入量は、設備容量で太陽光発電（PV）6400万kW、風力発電（WT）1100万kWと予想されているが、再エネが電力系統に大量導入された場合、系統に並列される発電機の容量が減少することになる。これは系統全体の慣性だけでなく、電圧維持のための無効電力供給能力も減少することを意味しており、系統事故時の系統安定性が損なわれる恐れがある。特に、過渡安定度を維持するためには発電機の電圧維持能力による貢献が重要であるため、発電機の励磁系の仕様と特性を把握することは従来にも増して重要になると考えられる。また、電力システム改革による送電分離などを念頭に置き、発刊から20年が経過した上記技術報告の内容を見直し、より重要性が増していく発電機励磁系の仕様と特性について調査するため、「発電機励磁系の仕様と特性調査専門委員会」を2015年9月に設置し、2年半にわたって調査を実施した。本報告書はその成果をとりまとめたものであり、その概要を以下に示す。

【第2章 励磁系の構成】

現在、わが国において一般的に採用されている、交流励磁機方式および静止形励磁方式の励磁装置および制御装置の構成機器を示す。

【第3章 励磁系の伝達関数モデル】

第2章で示した励磁方式について、伝達関数モデル、制御定数の代表例および機能の概要について示す。

【第4章 励磁系の仕様】

励磁方式の選定、制御装置の選定および特性仕様の考え方に関し、ユーザ、メーカーにアンケート調査を実施し、とり

まとめた。なお、特性仕様とは、制御装置としての励磁系の能力や性能を表す仕様であり、励磁系の速応性や頂上電圧などにより示される。なお、アンケートについては、水力機、火力機、原子力機ごとに、その定格や仕様などについて現在運用されている電力会社6社の励磁装置について調査した。また、励磁系は制御装置部分のみ、あるいは励磁系主回路を含めて更新されることが多いため、更新の考え方に関する調査も併せて実施した。

【第5章 励磁系の設計】

励磁系の主要な項目について、設計の考え方、仕様と設計との関係の概要を述べる。まず、励磁主回路の設計例および計算例を示し、次に、自動電圧調整装置（AVR：Automatic Voltage Regulator）およびPSSの定数整定の考え方を示す。これらの定数は、電力系統の過渡安定度、定態安定度に大きく影響するため、これらの観点からの定数整定についても現在の一般的な考え方を示す。また、第4章で示した励磁系の特性仕様と設計との関係を示すと同時に、特性仕様面からみた励磁方式ごとの特徴をまとめた。さらに、発電機の各種パラメータ（発電機開路時定数など）と、励磁装置パラメータ（励磁装置の定格など）との関係について、発電機と励磁装置の設計の考え方から考察し、まとめた。

【付録】

最後に、付録としてPSVR、多入力PSS、IEEEの励磁系標準モデル、小容量発電機の励磁系伝達関数などについて、記載した。

本報告書が、今後の発電機励磁系の設計と運用の効率化などに活用されれば幸いである。