

ICS 29.160.40

K 21

备案号: 31131-2011

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 843 — 2010

代替 DL/T 843 — 2003 和 DL/T 650 — 1998

大型汽轮发电机励磁系统技术条件

**Specification for excitation system for large
turbine generators**

2011-01-09 发布

2011-05-01 实施

国家能源局 发布



大型汽轮发电机组励磁系统技术条件

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 使用条件	3
5 系统性能	3
6 部件性能	6
7 试验	9
8 技术文件	10
9 标志、包装、运输和储存	11
附录 A (规范性附录) 过励限制的整定原则	12
附录 B (规范性附录) 欠励限制的整定原则	13
附录 C (规范性附录) 电压调差率的整定原则	14
附录 D (规范性附录) 电力系统稳定器的整定原则	15
附录 E (资料性附录) 试验方法	16

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。本标准与 DL/T 843—2003 相比，主要技术变化如下：GB/T 7409.1—2003 中 3.1 条“同步电机励磁系统”改为“同步发电机励磁系统”，并删除了“同步电机励磁系统”中“同步电机励磁系统”的相关内容。

本标准与 DL/T 843—2003 相比，主要技术变化如下：GB/T 14285—2008 中 6.2.1 条“电力系统安全稳定运行基本要求”中“电力系统安全稳定运行基本要求”相关内容。

本标准与 DL/T 843—2003 相比，主要技术变化如下：GB/T 14285—2008 中 6.2.1 条“电力系统安全稳定运行基本要求”中“电力系统安全稳定运行基本要求”相关内容。

本标准与 DL/T 843—2003 相比，主要技术变化如下：GB/T 14285—2008 中 6.2.1 条“电力系统安全稳定运行基本要求”中“电力系统安全稳定运行基本要求”相关内容。

本标准与 DL/T 843—2003 相比，主要技术变化如下：GB/T 14285—2008 中 6.2.1 条“电力系统安全稳定运行基本要求”中“电力系统安全稳定运行基本要求”相关内容。

本标准与 DL/T 843—2003 相比，主要技术变化如下：GB/T 14285—2008 中 6.2.1 条“电力系统安全稳定运行基本要求”中“电力系统安全稳定运行基本要求”相关内容。

本标准与 DL/T 843—2003 相比，主要技术变化如下：GB/T 14285—2008 中 6.2.1 条“电力系统安全稳定运行基本要求”中“电力系统安全稳定运行基本要求”相关内容。

本标准与 DL/T 843—2003 相比，主要技术变化如下：GB/T 14285—2008 中 6.2.1 条“电力系统安全稳定运行基本要求”中“电力系统安全稳定运行基本要求”相关内容。

本标准与 DL/T 843—2003 相比，主要技术变化如下：GB/T 14285—2008 中 6.2.1 条“电力系统安全稳定运行基本要求”中“电力系统安全稳定运行基本要求”相关内容。

本标准与 DL/T 843—2003 相比，主要技术变化如下：GB/T 14285—2008 中 6.2.1 条“电力系统安全稳定运行基本要求”中“电力系统安全稳定运行基本要求”相关内容。

本标准与 DL/T 843—2003 相比，主要技术变化如下：GB/T 14285—2008 中 6.2.1 条“电力系统安全稳定运行基本要求”中“电力系统安全稳定运行基本要求”相关内容。

前 言

DL/T 650—1998《大型汽轮发电机自并励静止励磁系统技术条件》和 DL/T 843—2003《大型汽轮发电机交流励磁机励磁系统技术条件》发布实施以来,对提高汽轮发电机励磁系统的可靠性和性能起到了重要作用。近年来励磁系统技术有了很大的发展,一些成熟的励磁技术研究成果有必要补充到新的标准中去;DL/T 843—2003 和 DL/T 650—1998 都是大型汽轮发电机励磁系统的标准,其中许多条款的规定基本一致,可以统一成一个“大型汽轮发电机励磁系统技术条件”,便于标准的使用。基于以上原因,本次修订将 DL/T 843—2003 和 DL/T 650—1998 合并为一个标准,并对相关内容进行了补充、完善。

本次修订与 DL/T 843—2003 和 DL/T 650—1998 相比主要有以下区别:

- 增加了限制器、移相触发的技术要求。
- 对交流励磁机、副励磁机的技术要求,以及电力系统稳定器的选型与整定、名词术语、灭磁装置和转子过电压保护等内容进行了修改和补充。

本标准实施后代替 DL/T 843—2003 和 DL/T 650—1998。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电机标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位:中国电力科学研究院、浙江省电力试验研究院、华北电力科学研究院。

本标准主要起草人:赵红光、濮钧、竺士章、苏为民、刘增煌、晁晖、朱方、何凤军、陈新琪。

本标准代替的 DL/T 843—2003 于 2003 年 1 月 9 日发布;DL/T 650—1998 于 1998 年 3 月 19 日发布,本次为第一次修订。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心(北京市白广路二条一号,100761)。

大型汽轮发电机励磁系统技术条件

1 范围

本标准规定了大型汽轮发电机交流励磁机励磁系统和自并励静止励磁系统的使用条件、系统性能、部件性能、试验项目和整定原则、技术文件，以及包装、运输和储存等。

本标准适用于 200MW 及以上汽轮发电机交流励磁机励磁系统和自并励静止励磁系统。200MW 以下的汽轮发电机励磁系统可参照执行。

对于自复励励磁系统，除复励单元性能应由供、需双方作出相应规定外，其他要求可参照本技术条件。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 1094 (所有部分) 电力变压器
- GB/T 3797 电气控制设备
- GB/T 3859 (所有部分) 半导体变流器
- GB 4208 外壳防护等级 (IP 代码)
- GB/T 7064 隐极同步发电机技术要求
- GB/T 7409 (所有部分) 同步电机励磁系统
- GB/T 10228 干式电力变压器技术参数和要求
- GB/T 14285 继电保护和安全自动装置技术规程
- GB/T 14598.13 电器继电器 第 22-1 部分：量度继电器和保护装置的电气骚扰试验 1MHz 脉冲群抗扰度试验
- GB 19517 国家电气设备安全技术规范
- GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准
- DL/T 478 静态继电保护及安全自动装置通用技术条件
- DL/T 596 电力设备预防性试验规程
- JB/T 7784 透平同步发电机用交流励磁机技术条件
- JB/T 7828 继电器及其装置包装贮运技术条件
- JB/T 9578 稀土永磁同步发电机技术条件

3 术语和定义

GB/T 7409.1 界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

自并励静止励磁系统 **potential source static excitation system**

电势源静止励磁功率单元的电源来自发电机端的励磁系统。

3.2

励磁系统的稳态增益 **static gain of excitation system**

发电机电压缓慢变化时励磁系统的增益。

3.3

励磁系统的动态增益 dynamic gain of excitation system

发电机电压变化频率在低频振荡区（0.2Hz~2Hz）内时励磁系统的增益。

3.4

励磁系统的暂态增益 transient gain of excitation system

发电机电压快速变化时励磁系统的增益。

3.5

发电机带负荷阶跃响应的波动次数和调节时间 oscillation times and regulating time of on line step test

发电机有功功率波动发生至波动衰减到最大波动幅值 5% 的波动次数和时间。

3.6

阻尼比 ξ damping ratio

表示控制系统调节品质的一个量。阻尼比可通过阶跃扰动试验测出，见图 1。

$$\xi = \frac{1}{2N\pi} \ln \left(\frac{P_1 - P_2}{P_{2N+1} - P_{2N+2}} \right)$$

式中：

N ——计算周期数；

P_1 、 P_2 ——第一个和第二个功率峰值，见图 1，MW；

P_{2N+1} 、 P_{2N+2} ——第 $(2N+1)$ 个和第 $(2N+2)$ 个功率峰值，MW。

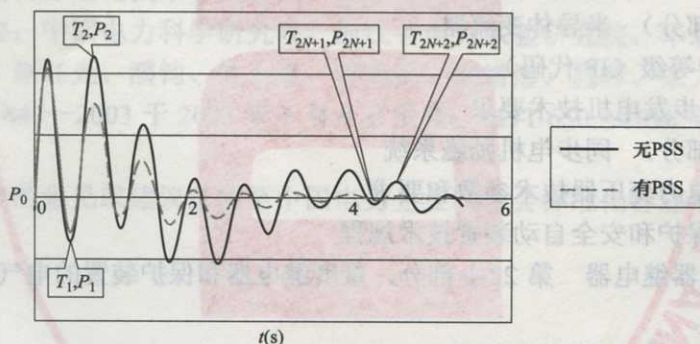


图 1 负荷阶跃有功功率响应曲线

3.7

恒无功功率调节 constant reactive power control

以维持发电机无功功率为设定值作为控制目标的励磁调节器控制方式。

3.8

恒功率因数调节 constant power factor control

以维持发电机功率因数为设定值作为控制目标的励磁调节器控制方式。

3.9

自动电压调节器的投入率 the on line rate of automatic voltage regulation

发电机运行期间，自动电压调节器投入运行的时间占发电机运行时间的百分数。

3.10

发电机空负荷阶跃响应的上升时间 the rising time of generator voltage of no load step response

发电机空负荷阶跃扰动中，发电机电压从前后稳态量差值 10%~90% 的时间。

3.11

交流励磁机 AC exciter

一种为同步发电机提供励磁电源的同轴交流发电机。

3.12

副励磁机 secondary exciter (auxiliary exciter)

一种为交流励磁机提供励磁电源的同轴交流发电机。

3.13

功率整流装置 power rectifier

一种将交流变换为直流、为同步发电机或交流励磁机提供磁场电流的装置，它可以是可控的或不可控的。

3.14

功率整流装置的均流系数 the current share coefficient of power rectifier

功率整流装置并联运行各支路（或各桥）电流的平均值与最大支路电流值之比。

3.15

自然灭磁 free-wheel de-excitation

发电机灭磁时磁场电流经励磁装置直流侧短路或二极管旁路、磁场电压接近为零的灭磁方式。

4 使用条件

4.1 使用环境

4.1.1 不同海拔高度时周围最高环境温度的规定见表 1。

表 1 不同海拔高度时周围最高环境温度

海拔高度 H m	$H \leq 1000$	$1000 < H \leq 1500$	$1500 < H \leq 2000$	$2000 < H \leq 2500$
最高环境温度 ℃	40	37.5	35	32.5

4.1.2 室内最低环境温度为 -5°C 。

4.1.3 月平均最大相对湿度为 90%。

4.1.4 励磁调节器一般应安装在空调室内。周围应无爆炸危险、无腐蚀金属和破坏绝缘的气体与灰尘。

4.1.5 励磁系统（除旋转部件外）允许振动条件为 $10\text{Hz} \sim 150\text{Hz}$ 时，振动加速度不大于 5m/s^2 。

4.2 工作电源

交流电压允许偏差 $-15\% \sim +10\%$ ，频率允许偏差 $-6\% \sim +4\%$ 。

直流电压允许偏差 $-20\% \sim +10\%$ 。

4.3 其他

当使用条件超过以上规定时，需方应与供方协商。

5 系统性能

5.1 励磁系统应保证发电机磁场电流不超过其额定值的 1.1 倍时能够连续稳定运行。

5.2 励磁设备的短时过负荷能力应大于发电机转子短时过负荷能力。

5.3 交流励磁机励磁系统顶值电压倍数不低于 2.0 倍，自并励静止励磁系统顶值电压倍数在发电机额定电压时不低于 2.25 倍。需要时可由供、需双方商定。

5.4 当励磁系统顶值电压倍数不超过 2 倍时，励磁系统顶值电流倍数与励磁系统顶值电压倍数相同。当励磁系统顶值电压倍数大于 2 倍时，励磁系统顶值电流倍数为 2 倍。

5.5 励磁系统允许顶值电流持续时间不低于 10s。

- 5.6 交流励磁机励磁系统的标称响应不小于 2 倍/s。高起始响应励磁系统和自并励静止励磁系统的励磁系统电压响应时间不大于 0.1s。
- 5.7 励磁自动调节应保证发电机端电压静差率小于 1%，此时励磁系统的稳态增益一般应不小于 200 倍。在发电机空负荷运行情况下，频率每变化 1%，发电机端电压的变化应不大于额定值的 $\pm 0.25\%$ 。
- 5.8 励磁系统的动态增益应不小于 30 倍。
- 5.9 发电机电压的调差采用无功调差，无功电流补偿率的整定范围应不小于 $\pm 15\%$ ，整定可以是连续的，也可以在全程内均匀分挡，分挡不大于 1%。
- 5.10 发电机空负荷阶跃响应特性：
- 5.10.1 按照阶跃扰动不使励磁系统进入非线性区域来确定阶跃量，一般为 5%。
- 5.10.2 自并励静止励磁系统的电压上升时间不大于 0.5s，振荡次数不超过 3 次，调节时间不超过 5s，超调量不大于 30%。
- 5.10.3 交流励磁机励磁系统的电压上升时间不大于 0.6s，振荡次数不超过 3 次，调节时间不超过 10s，超调量不大于 40%。
- 5.11 发电机带负荷阶跃响应特性：发电机额定工况运行，阶跃量为发电机额定电压的 1%~4%，阻尼比大于 0.1，有功功率波动次数不大于 5 次，调节时间不大于 10s。
- 5.12 发电机零起升压时，发电机端电压应稳定上升，其超调量应不大于额定值的 10%。
- 5.13 发电机甩额定无功功率时，机端电压应不大于甩前机端电压的 1.15 倍，振荡不超过 3 次。
- 5.14 励磁调节器的调压范围：
- 5.14.1 自动励磁调节时，发电机空负荷电压能在额定电压的 70%~110% 范围内稳定平滑的调节。
- 5.14.2 手动励磁调节时，上限不低于发电机额定磁场电流的 110%，下限不高于发电机空负荷磁场电流的 20%。
- 5.15 在发电机空负荷运行时，自动励磁调节的调压速度，应不大于发电机额定电压 1%/s，不小于发电机额定电压 0.3%/s。
- 5.16 励磁系统在发电机变压器高压侧对称或不对称短路时，应能正常工作。
- 5.17 励磁设备应能经受同步发电机任何故障和非正常运行而不损坏。
- 5.18 自动电压调节器应具有动作符合发电机变压器组及电力系统特性的过励限制（包含顶值电流瞬时限制和过励反时限限制）、欠励限制、伏/赫兹（V/Hz）限制和电力系统稳定器（PSS）等附加功能单元。自动电压调节器的限制特性和整定值应发挥发电机变压器组短时工作能力，且与相关发电机变压器组和励磁变压器继电保护匹配。限制过程应快速而平稳。励磁调节装置的内部保护应动作于切至备用。
- 5.19 自并励静止励磁系统引起的轴电压应不破坏发电机轴承油膜，否则应采取措施。
- 5.20 当磁场电流不大于 1.1 倍额定值时，发电机转子绕组两端所加的整流电压最大瞬时值应不大于转子绕组出厂工频试验电压幅值的 30%。
- 5.21 励磁系统在受到现场任何电气操作、雷电、静电和无线电收发信机等电磁干扰时不应发生误调、失调、误动、拒动等情况。
- 5.22 因励磁系统故障引起的发电机强迫停运次数不大于 0.25 次/年，励磁系统年强迫切除率不大于 0.1%。
- 5.23 自动电压调节器的投入率应不低于 99%。
- 5.24 励磁装置操作与控制：
- 5.24.1 励磁装置能够进行就地、远方的磁场断路器分合，调节方式和通道的切换，以及增减励磁和电力系统稳定器的投退操作。
- 5.24.2 励磁装置能够与自动准同期装置和计算机监控系统等装置接口。
- 5.24.3 励磁装置在一路工作电源失去和恢复时应保持发电机工作状态不变，且不误发信号。
- 5.25 监视：
- 5.25.1 励磁系统至少应装设下列故障及动作信号：

- a) 励磁机故障。
- b) 励磁变压器故障。
- c) 功率整流装置故障。
- d) 电压互感器断线。
- e) 励磁控制回路电源消失和励磁调节装置工作电源消失。
- f) 励磁调节装置故障。
- g) 稳压电源故障。
- h) 触发脉冲故障。
- i) 调节通道自动切换动作。
- j) 欠励限制动作。
- k) 过励限制动作。
- l) 伏/赫兹限制动作。
- m) 起励故障。
- n) 旋转整流元件故障。

5.25.2 励磁系统应有表明运行状态的信号,如励磁调节装置调节方式、运行通道、电力系统稳定器投/切、磁场断路器分/合等。

5.25.3 励磁系统应向控制室和故障录波器提供必要的测量信号、状态信号、报警和故障信号。

5.25.4 励磁装置应能显示发电机电压、电流、有功功率和无功功率(正、负双向),以及磁场电压(或励磁机磁场电压)和磁场电流(或励磁机磁场电流)。

5.26 结构:

5.26.1 励磁系统各部件的结构应便于安装、运行、试验和维护。对有冗余设计的部分宜实现在线更换故障部件。应有进行功能特性试验及现场开机试验所需的测点和信号加入点。

5.26.2 励磁设备的外壳防护等级,包括防止人体接近危险部件、防止固体异物进入和防水,应根据现场环境条件,按照 GB 4208 确定。

5.26.3 二次回路的设计、安装和抗电磁干扰措施按照 GB/T 3797、GB/T 14285、GB/T 14598.13、GB 19517 和 DL/T 478 执行。

5.27 励磁系统各部件温升:

5.27.1 交流励磁机温升限值按照 JB/T 7784 执行,副励磁机温升限值按照 JB/T 9578 执行。

5.27.2 其他部分温升限值见表 2。

表 2 励磁系统各部分温升限值

部 位 名 称			温升限值 K	测量方法
干式励磁变压器	绕组	A 级绝缘	60	电阻法或 温度计法
		F 级绝缘	80（无风扇时）	
			60（有风扇时）	
		铁芯	在任何情况下不出现使铁芯本身、其他部件或与其相邻的材料受到损害的程度	
油浸励磁变压器（字母代号为 O）绕组			65	电阻法

表 2 (续)

部 位 名 称		温升限值 K	测量方法
铜母线		35	热电偶法或 其他校验过的 等效方法
铜母线连接处	无保护层	45	
	有锡和铜保护层	55	
	有银保护层	70	
铝母线		25	
铝母线连接处		30	按元件标准 规定
电阻元件	距电阻表面 30mm 处的空气	25	
	印刷电路板上电阻表面	30	
塑料、橡皮、漆布绝缘导线		20	
硅整流元件 (与散热器接合处)		按元件标准规定, 一般不超过 45	按元件标准 规定
晶闸管		按元件标准规定, 一般不超过 40	
熔断器		按元件标准规定, 一般不超过 45	

5.28 各元件工作参数应有充分裕量。电子元件应采用军级或工业级, 并应经过老化筛选。

6 部件性能

6.1 交流励磁机

6.1.1 交流励磁机应符合带整流负荷交流发电机的要求, 并应有较大的储备容量, 在交流励磁机机端三相短路或不对称短路时不应损坏。

6.1.2 交流励磁机冷却系统, 应有必要的防尘措施, 一般应采用密封式循环冷却。

6.1.3 交流励磁机应符合 JB/T 7784 的要求。

6.1.4 交流励磁机的保护应符合 GB/T 14285 的要求。

6.2 副励磁机

6.2.1 副励磁机应采用符合 JB/T 9578 要求的永磁式同步发电机。

6.2.2 副励磁机负荷从空负荷到相当于励磁系统输出顶值电流时, 其端电压变化应不超过 10%~15% 额定值。

6.3 励磁变压器

6.3.1 励磁变压器安装在户内时应采用干式变压器, 安装在户外时可采用油浸自冷式变压器, 应满足 GB/T 1094、GB/T 10228 的要求。

6.3.2 励磁变压器高压绕组与低压绕组之间应有静电屏蔽。

6.3.3 励磁变压器设计应充分考虑整流负荷电流分量中高次谐波所产生的热量。

6.3.4 励磁变压器应能满足发电机空负荷试验和短路试验的要求。

6.3.5 励磁变压器绕组一般采用 “Yd” 或 “Dy” 接线。

6.3.6 励磁变压器的短路阻抗的选择应使直流侧短路时短路电流小于磁场断路器和功率整流装置快速熔断器最大分断电流。励磁变压器的保护应符合 GB/T 14285 的要求。

6.4 功率整流装置

6.4.1 功率整流装置的一个桥 (或者一个支路) 退出运行时应能满足输出顶值电流和 1.1 倍发电机额定

磁场电流连续运行要求，并要求在发电机机端短路时产生的磁场过电流不损坏功率整流装置。

6.4.2 功率整流装置应设交流侧过电压保护和换相过电压保护，每个支路应有快速熔断器保护，快速熔断器动作特性应与被保护元件过流特性相配合。

6.4.3 并联整流柜交、直流侧应有与其他柜及主电路隔断的措施。

6.4.4 功率整流装置可采用开启式风冷、密闭式风冷、直接水冷或热管自冷等冷却方式。采用开启式强迫风冷时整流柜应密封，冷风经过滤装置进入，以保持柜内清洁；强迫风冷整流柜的噪声应小于 75dB。采用直接水冷整流元件时对冷却水的要求见 GB/T 3859。

6.4.5 风冷功率整流装置风机的电源应为双电源，工作电源故障时，备用电源应能自动投入。如采用双风机，则两组风机接在不同的电源上，当一组风机停运时应能保证励磁系统正常运行。冷却风机故障时应发出信号。

6.4.6 功率整流装置的均流系数应不小于 0.9。

6.5 自动电压调节器

6.5.1 自动电压调节器应有两个独立的自动电压调节通道，含各自的电压互感器、测量环节、调节环节、脉冲控制环节、限制环节、电力系统稳定器和工作电源等。两个通道可并列运行或互为热备用。

6.5.2 自动电压调节器一般采用数字式自动电压调节器。

6.5.3 自动电压调节器模型一般应符合 GB/T 7409.2 的要求。自并励静止励磁系统的自动电压调节器不宜采用磁场电流反馈。交流励磁机励磁系统宜采用励磁机磁场电流反馈。

6.5.4 自动电压调节器应具有在线参数整定功能。数字式自动电压调节器各参数及各功能单元的输量应能显示，设置参数应以十进制表示，时间以秒表示，增益以实际值或标么值表示，采用标么值时应提供标么值的基准值确定方法。

6.5.5 自动电压调节器电压测量单元的时间常数应小于 30ms。

6.5.6 移相电路一般采用余弦移相，控制角的余弦与控制电压成正比，与可控桥阳极实际电压成反比。移相角范围应不小于 $15^\circ \sim 140^\circ$ 。同步回路宜采用各相独立的同步触发回路，移相触发脉冲的更新周期一般不大于 3.3ms~10ms。发电机额定电压 10% 以上时自并励静止励磁系统移相电路应能正常工作。

6.5.7 自动电压调节器直流稳压电源应由两路独立的电源供电，其中一路应取自厂用直流系统。

6.5.8 自动电压调节器的过励反时限限制单元应具有符合 GB/T 7064 规定的发电机磁场过电流特性的反时限特性，在达到允许发热量时，将磁场电流限制到额定值附近。因励磁机饱和难以与发电机磁场过电流特性匹配时宜采用非函数形式的多点表述反时限特性。过励限制的整定原则见附录 A。

6.5.9 顶值电压倍数大于顶值电流倍数的励磁系统应有顶值电流瞬时限制功能。无刷励磁系统的过励限制和顶值电流瞬时限制信号应来自励磁机磁场电流，限制值应计及励磁机的饱和。

6.5.10 自动电压调节器的欠励限制特性应由系统静稳定极限和发电机端部发热限制条件确定。欠励动作特性应计及发电机端电压的变化。欠励限制的整定原则见附录 B。

6.5.11 自动电压调节器的伏/赫兹限制特性应与发电机及主变压器的过激磁特性匹配，应具有定时限和反时限特性，发电机动态过程的励磁调节应不受电压/频率比率限制单元动作的影响。反时限特性宜采用非函数形式的多点表述方式，应与过激磁保护的定时限和反时限特性配合。

6.5.12 电压调差率的整定原则参见附录 C。

6.5.13 自动电压调节器在发电机并网运行方式下采用恒电压调节方式，不宜采用恒无功功率调节或恒功率因数调节方式。

6.5.14 自动电压调节器应配置电力系统稳定器或具有同样功能的附加控制单元。

6.5.14.1 电力系统稳定器可以采用电功率、频率、转速或其组合作为附加控制信号。电力系统稳定器信号测量回路时间常数应不大于 40ms，输入信号应经过隔直环节处理，当采用实测转速信号时应具有衰减轴系扭振频率信号的滤波措施。

6.5.14.2 燃气轮发电机及具有快速调节机械功率作用的大型汽轮发电机，应首先选用无反调作用的电

力系统稳定器,例如合成加速功率信号(GB/T 7409.2 中 PSS2 型)或转速(或频率)信号的电力系统稳定器,其次选用反调作用较弱的电力系统稳定器,如有功功率和转速(频率)双信号的电力系统稳定器(GB/T 7409.2 中 PSS3 型)。

其他汽轮发电机可选用单有功功率信号的电力系统稳定器(GB/T 7409.2 中 PSS1 型)。

6.5.14.3 电力系统稳定器或其他附加控制单元应具有下列功能:

- a) 发电机功率达一定值时(例如 30%~40% 额定视在功率)能自动投切。
- b) 手动投切。
- c) 输出值限幅。
- d) 故障时应自动退出运行。
- e) 发电机有功功率调节时,发电机的无功功率不出现较大波动。

6.5.14.4 电力系统稳定器或其他附加控制单元的输出噪声应小于 $\pm 0.005\text{p.u.}$ 。

6.5.14.5 电力系统稳定器的整定原则见附录 D。

6.5.15 自动电压调节器应具有电压互感器回路失压时防止误强励的功能。

6.5.16 自动电压调节器的各通道间应实现互相监测,自动跟踪。任一通道故障时均能发出信号。运行的自动电压调节通道任一测量环节、硬件和软件故障均应自动退出并切换到备用通道运行,不应造成发电机停机,稳定运行时通道的切换不应造成发电机无功功率的明显波动。

6.5.17 自动电压调节器应提供模拟量的输入、输出接口和相应手段,以使用户进行励磁系统参数测试和电力系统稳定器频率特性试验。

6.5.18 数字式自动电压调节器应具备下列功能:

- a) 自诊断、录波和事件顺序记录功能,失电后记录的数据不丢失。
- b) 提供检验和调试各功能用的软件及接口。
- c) 有与发电厂计算机监控系统连接的接口,接受控制和调节指令,提供励磁系统状态和电气参数。
- d) 可检测自动电压调节器各环节的输出量。

6.6 手动励磁调节器

手动励磁调节器一般作励磁装置和发电机变压器组试验之用,也可兼作自动电压调节器故障时的短时备用。手动励磁调节器应简单可靠。

6.7 起励电源

励磁系统的起励电源容量一般应满足发电机建压大于 10% 额定电压的要求。

6.8 灭磁装置和转子过电压保护

6.8.1 灭磁装置应简单可靠。

6.8.2 交流励磁机励磁系统应采用交流励磁机励磁回路灭磁方式,应采用逆变灭磁和交流励磁机磁场断路器分断两种灭磁方式。

6.8.3 自并励静止励磁系统灭磁方式可采用直流侧磁场断路器分断灭磁或交流侧磁场断路器分断灭磁;可采用逆变灭磁和/或切除晶闸管整流装置脉冲灭磁,无论采用哪种方式,都应具有两种措施以保证可靠灭磁。对灭磁速度不作规定,可以采用自然灭磁。移能型磁场断路器的弧压应保证在 GB/T 7409.3 规定的最严重灭磁情况下可靠地转移磁场电流至灭磁电阻中。灭磁时磁场断路器可延时断开,以降低对磁场断路器的弧压和磁场断路器的分断电流的要求。

6.8.4 灭磁电阻宜采用线性电阻,灭磁电阻值可为磁场电阻热态值的 1 倍~3 倍。任何情况下灭磁时发电机转子过电压不应超过转子出厂工频耐压试验电压幅值的 60%,应低于转子过电压保护动作电压。

6.8.5 磁场断路器在操作电压额定值的 80% 时应可靠合闸,在 65% 时应能可靠分闸,低于 30% 时不应跳闸。

6.8.6 发电机转子回路不宜设大功率转子过电压保护,如装设发电机转子过电压保护装置以吸收瞬时过电压,则应简单可靠,动作电压值应高于灭磁和异步运行时的过电压值,应低于转子绕组出厂工频耐压

试验电压幅值的 70%，其容量可只考虑瞬时过电压。过电压保护动作应能自动复归，一般不应使发电机掉闸。

7 试验

7.1 试验分类如下：

- a) 型式试验。
- b) 出厂试验。
- c) 交接试验。
- d) 大修试验。

7.2 励磁装置的定型生产，应经过型式试验，型式试验按 GB/T 7409 和相关行业标准进行。每种型式的励磁装置每隔 5 年应抽取一台做型式试验。

7.3 励磁装置交货时应按 GB/T 7409、相关国家标准和行业标准进行出厂试验并提供出厂试验报告，给出对励磁系统部件和整体的试验方法、参数整定及特性要求。

7.4 发电机投产前，励磁系统应在现场按 GB 50150、GB/T 7409、相关国家标准和行业标准进行交接试验，交接试验应核对厂家提供的试验结果，并按发电厂具体情况和电力系统要求整定某些参数。

7.5 发电机大修后，励磁系统应按 DL/T 596、GB/T 7409、相关国家标准和行业标准进行复核试验以检查各部分是否正常。

7.6 经过部分改造的励磁系统，应参照出厂试验和交接试验项目进行试验后，才能投入运行。

7.7 型式试验、出厂试验、交接试验和大修试验应进行的励磁系统试验项目见表 3，试验方法可参照附录 E。

表 3 励磁系统试验项目表

序号	试 验 项 目	型式试验	出厂试验	交接试验	大修试验
1	励磁系统各部件绝缘试验	√	√	√	√
2	环境试验	√			
3	交流励磁机带整流装置时空负荷试验和负荷试验	√		√	
4	交流励磁机励磁绕组时间常数测定	√			
5	副励磁机负荷特性试验	√	√		√
6	自动及手动电压调节范围测量	√	√	√	√
7	励磁系统模型参数确认试验	√		√ ^a	
8	电压静差率及电压调差率测定	√		√	
9	自动电压调节通道切换及自动/手动控制方式切换	√	√	√	√
10	发电机电压/频率特性	√			
11	自动电压调节器零起升压试验	√		√	√
12	自动电压调节器各单元特性检查	√	√	√	√
13	操作、保护、限制及信号回路动作试验	√	√	√	√
14	发电机空负荷阶跃响应试验	√	√	√	√
15	发电机负荷阶跃响应试验	√	√	√	√
16	电力系统稳定器试验	√		√ ^a	

表 3 (续)

序号	试 验 项 目	型式试验	出厂试验	交接试验	大修试验
17	甩无功负荷试验	√		√	
18	灭磁试验及转子过电压保护试验	√		√	√
19	发电机各种工况(包括进相)时的带负荷调节试验	√		√	
20	功率整流装置额定工况下均流试验	√		√	
21	励磁系统各部件温升试验	√			
22	励磁装置老化试验	√	√		
23	功率整流装置噪声试验	√			
24	励磁装置的抗扰度试验	√			
25	励磁系统仿真试验	√			
26	励磁系统顶值电压和顶值电流测定、励磁系统电压响应时间和标称响应测定	√ ^a			
27	发电机轴电压测量	√		√	√

a 特殊试验项目, 不包括在一般性型式试验和交接试验项目内, 需作专项安排。

8 技术文件

8.1 供方应按项目进度分时段提供用户所需下列不同版本的技术文件, 具体安排应在合同中明确:

- a) 产品技术条件。
- b) 使用说明书(含原理、特性、控制逻辑、安装、试验、整定、运行、维护、故障查找), 数字式调节器和控制器说明书及程序框图、组态图, 调试专用软件说明书。
- c) 出厂试验报告、出厂整定值和合格证。
- d) 交流励磁机和副励磁机的参数及空负荷和负荷特性曲线。
- e) 自动电压调节器和励磁功率单元的数学模型和推荐参数(包括各附加功能单元在内)。
- f) 应需方要求提供励磁系统各部件(包括励磁控制装置、励磁变压器、功率整流装置、磁场断路器、灭磁电阻)型式试验报告。
- g) 现场整组和分单元调试大纲。
- h) 总体和分单元原理图及说明。
- i) 装置总接线图和分接线图。
- j) 装置外形图、安装图。
- k) 主要元部件清单。
- l) 交货明细表。
- m) 提供分包商产品的技术资料(包括技术规范和试验报告)。
- n) 其他设计安装运行维护所必需的技术资料。

8.2 交接试验后应向用户提供下列资料:

- a) 设计单位应提供竣工图。
- b) 试验单位应提供调整后的励磁系统参数及交接试验报告。

9 标志、包装、运输和储存

9.1 标志

各设备应有明显的铭牌，铭牌内容应包括设备名称、型号、规格、技术条件编号、出厂编号、制造年月和制造厂名。

9.2 包装、运输和储存

设备的包装、运输和储存按 JB/T 7828 及 GB 4208 的规定执行。

附录 A (规范性附录) 过励限制的整定原则

A.1 过励限制整定的一般原则如下:

- a) 励磁系统顶值电流一般应等于发电机标准规定的最大磁场过电流值,当两者不同时按小者确定。
- b) 过励反时限特性函数类型与发电机磁场过电流特性函数类型一致。
- c) 过励反时限特性与发电机转子绕组过负荷保护特性之间留有级差。顶值电流下的过励反时限延时时应比发电机转子过负荷保护延时适当减少,但不宜过大,一般可取 2s。
- d) 过励反时限启动值小于发电机转子过负荷保护的启动值,一般为 105%~110% 发电机额定磁场电流。启动值不影响反时限特性。
- e) 过励反时限限制值一般比启动值减少 5%~10% 发电机额定磁场电流,以释放积累的热量。也可限制到启动值,再由操作人员根据过励限制动作信号,减少磁场电流。

A.2 以发电机磁场电流作为过励限制控制量的过励限制整定应符合下列规定:

- a) 静止励磁系统和有刷交流励磁机励磁系统采用发电机磁场电流作为过励限制的控制量。
- b) 顶值电流瞬时限制值等于励磁系统顶值电流。
- c) 顶值电流下的过励反时限延时与发电机转子过负荷保护的反时限延时满足级差的要求,并按照整个过电流范围与转子过负荷保护匹配选取合适的过励限制过热常数。

A.3 以励磁机磁场电流作为过励限制控制量的过励限制整定应符合下列规定:

- a) 无刷励磁系统采用励磁机磁场电流作为过励限制的控制量。
- b) 确定励磁机磁场电流瞬时限制值时需要考虑励磁机的饱和。由发电机的顶值电流得到对应的发电机磁场电压,从励磁机负荷特性曲线上得到对应的励磁机磁场电流瞬时限制值。
- c) 确定过励反时限限制的过热常数时一般不计发电机磁场回路时间常数。按照下述步骤进行整定计算:
 - 1) 由励磁机负荷特性得到发电机磁场电压与励磁机磁场电流的关系。
 - 2) 按照与励磁系统顶值电流对应的励磁机磁场电流、发电机额定运行时的励磁机磁场电流和励磁系统顶值电流下允许时间计算励磁机磁场绕组过电流过热常数为:

$$C_e = [(I_{efmax} / I_{efN})^2 - 1] t_p \quad (A.1)$$

式中:

I_{efmax} ——与励磁系统顶值电流对应的励磁机磁场电流, A;

I_{efN} ——发电机额定运行时的励磁机磁场电流, A;

t_p ——励磁系统顶值电流持续时间, s。

- 3) 检查励磁机磁场过电流持续时间与发电机磁场过电流持续时间配合情况,如不配合则调整 C_e 。
- 4) 按照 C_e 整定发电机转子过负荷保护。
- 5) 励磁机磁场电流为 I_{efmax} 时的过励反时限延时与发电机转子过负荷保护的反时限延时满足级差的要求,选取合适的过励限制过热常数。

A.4 当不采用发电机转子过负荷保护时过励限制仍按照上述方法确定。

附录 B

(规范性附录)

欠励限制的整定原则

B.1 欠励限制动作曲线是按发电机不同有功功率静稳定极限及发电机端部发热条件确定的。由系统静稳定条件确定进相曲线时,应根据系统最小运行方式下的系统等值阻抗,确定该励磁系统的欠励限制动作曲线。如果对进相没有特别要求时一般可按有功功率 $P=P_N$ 时允许无功功率 $Q=-0.05Q_N$ 和 $P=0$ 时 $Q=-0.3Q_N$ 两点来确定欠励限制的动作曲线。其中 P_N 、 Q_N 分别为额定有功功率和额定无功功率。要求有较大进相时一般可按静稳定极限值留 10% 左右储备系数整定,但不能超过制造厂提供的 $P-Q$ 运行曲线。欠励限制的动作曲线应注意与失磁保护的配合。

B.2 为了防止电力系统暂态过程中欠励限制回路的动作,影响励磁调节,欠励限制回路应有一定的时间延迟。在磁场电流过小或失磁时欠励限制应首先动作;如限制无效,则应在失磁保护继电器动作以前自动投入备用通道。

附录 C

(规范性附录)

电压调差率的整定原则

电网调度按照发电机对所在电网高压母线电压维持水平的要求规定电压调差率 D ，在调度未作出规定前电压调差率宜按以下方法整定：

- a) 并列点的电压调差率宜按照 5%~10% 整定，在无功分配稳定的情况下取小值，同母线下的电压调差率应相同。
- b) 主变压器高压侧并列的发电机变压器组应采用补偿变压器电抗压降的措施，其电压调差率满足以下条件：当发电机无功电流由零增加到额定无功电流时，发电机电压变化不大于 5% 额定电压。

主变压器高压侧并列发电机变压器组的调差率 D_T 计算见式 (C.1) (折算到主变压器容量为基值)：

$$D_T = U_K + D \frac{U_{GN}}{U_{TN}} \frac{I_{TN}}{I_{GN}} \quad (C.1)$$

式中：

D_T ——主变压器高压侧并列的发电机变压器组在有功电流为零时的电压调差率，%；

U_K ——主变压器短路电压，%；

D ——发电机电压调差率，%；

I_{GN} 、 I_{TN} ——发电机额定定子电流和主变压器额定电流，A；

U_{GN} 、 U_{TN} ——发电机额定定子电压和主变压器额定电压，V。

式中：

I_{Lmax} ——与励磁系统顶值电流对应的励磁机磁场电流，A；

I_{Lm} ——发电机额定运行时的励磁机磁场电流，A；

t_r ——励磁系统顶值电流持续时间，s。

3) 检查励磁机磁场过电流持续时间与发电机磁场过电流持续时间配合情况，如不配合则调整 C_r 。

4) 按照 C_r 整定发电机转子过负荷保护。

5) 励磁机磁场电流为 I_{Lmax} 时的过励反时限延时与发电机转子过负荷保护的反时限延时满足整定的要求，选取合适值，并整定过热系数。

A.4 当下采用发电机转子过负荷保护时励磁系统的整定上述方法确定。

附录 D

(规范性附录)

电力系统稳定器的整定原则

D.1 无补偿相频特性即励磁控制系统滞后特性，为自动电压调节器中电力系统稳定器输出点到由电力系统稳定器产生附加力矩间的相频特性，工程上可用发电机电压代替该力矩。无补偿相频特性宜实测。有补偿相频特性可以计算，由无补偿相频特性与电力系统稳定器单元相频特性相加得到。通过调整电力系统稳定器相位补偿，应使有补偿相频特性在该电力系统低频振荡区内电力系统稳定器产生的力矩向量对应 $\Delta\omega$ 轴超前不大于 10° 、迟后不大于 45° ；并应使本机振荡频率的力矩向量迟后 $\Delta\omega$ 轴 $0^\circ \sim 30^\circ$ 。当该电力系统低频振荡区有低于 0.2Hz 频率要求时，最大的超前角应不得大于 40° ，同时电力系统稳定器不应引起同步力矩显著削弱而导致振荡频率进一步降低、阻尼进一步减弱。

D.2 逐渐加大增益，控制环发生振荡时电力系统稳定器的增益为临界增益。电力系统稳定器的输入信号为电功率时，使用增益取临界增益的 $1/5 \sim 1/3$ ；当电力系统稳定器的输入信号为 Δf 或 $\Delta\omega$ 时，使用增益取临界增益的 $1/3 \sim 1/2$ 。

D.3 隔直环节时间常数选取既要考虑有功调节时电力系统稳定器能很快复归，也要考虑不恶化电力系统稳定器的频率特性。

D.4 电力系统稳定器输出的限幅一般可选用 $\pm(5 \sim 10)\%$ 。

D.5 电力系统稳定器应在发电机功率超过一定值时自动投入，低于一定值时自动退出，以防止系统甩负荷时由于电力系统稳定器的作用使发电机过电压。

附录 E

(资料性附录)

试验方法

E.1 励磁装置、元件的常规试验

按 GB/T 3797、GB/T 3859、DL/T 596、DL 478、JB/T 7784、JB/T 9578、GB 19517 的标准执行。

E.2 交流励磁机

E.2.1 空负荷特性曲线

交流励磁机连接整流器,整流器的负荷电流以满足整流器正常导通为限。转速为额定值,励磁机空载,逐渐改变励磁机磁场电流,测量励磁机输出电压上升、下降特性曲线。

试验时测量励磁机磁场电压、磁场电流、励磁机交流输出电压和整流电压,试验时的最大整流电压可取励磁系统顶值电压。

制造厂实测空负荷特性曲线应试验到饱和值,不小于顶值电压对应的交流励磁机电枢电压值。

E.2.2 负荷特性曲线

可以在发电机空负荷、负荷试验的同时,测量励磁机磁场电压、电流、发电机磁场电压等,作出励磁机负荷特性曲线。

E.2.3 空负荷时间常数

交流励磁机空负荷额定转速时,突然改变励磁机磁场电压,测量交流励磁机的输出直流电压或交流励磁机磁场电流的变化曲线,计算励磁机励磁回路包括引线和整流元件的空负荷时间常数。

E.3 副励磁机

E.3.1 测量空负荷情况下额定转速时的三相电压值和相序。

E.3.2 负荷特性试验按以下方法进行:副励磁机以可控整流器为负荷,整流装置输出连接等值负荷,逐渐增加负荷电流,直至达发电机顶值电压对应的调节器输出电流为止。记录副励磁机电压和整流负荷电流。也可以在运行中测量空负荷和不同负荷时副励磁机的电压和整流负荷电流。

E.4 功率整流装置

E.4.1 功率整流装置均流试验

当功率整流装置输出为额定磁场电流时,测量各并联整流桥或每个并联支路的电流。

E.4.2 功率整流装置噪声试验

噪声测量采用 A 声级噪声计,测量时应在较小的环境噪声水平条件下进行。测点距功率整流装置 1m,距地面 1.2m~1.5m。围绕功率整流装置四周的测点数不少于 4 个,取各测点测量值的平均值作为设备的噪声水平。

E.5 励磁调节装置

励磁调节装置的调节特性一般可用传递函数来表示,可实测各元件参数直接求出其原始模型传递函数。对数字式励磁调节装置按可分开测量的各部分进行测定,对模拟式励磁调节装置按各个环节进行测定。

E.5.1 测量单元

E.5.1.1 测录测量单元静态输出输入特性,计算其放大倍数。

E.5.1.2 测录测量单元时间常数:输入阶跃信号,录取输出量,从阶跃开始到输出达变化量 0.632 处的

时间即为测量单元时间常数。

E.5.2 PID 调节单元

E.5.2.1 串联 PID 调节单元的传递函数见式 (E.1)。

$$\omega(s) = K_s \frac{1+T_1s}{1+\beta T_1s} \frac{1+T_2s}{1+\gamma T_2s} \quad (\text{E.1})$$

式中:

β ——一般为 5~10, $(1+T_1s)/(1+\beta T_1s)$ 为迟后环节, 又称积分环节;

γ ——一般为 0.1~0.2, $(1+T_2s)/(1+\gamma T_2s)$ 为超前环节, 又称微分环节。

串联 PID 调节单元的稳态增益为 K_s ; 串联 PID 调节单元的动态增益为 K_D , $K_D=K_s/\beta$; 串联 PID 调节单元的暂态增益为 K_T , $K_T=K_s/(\beta\gamma)$ 。

PID 调节单元参数的测量可用信号分析仪等专用仪器进行, 也可用普通仪器测量。

模拟式调节器 PID 调节单元的参数测量:

- 测量静态输出输入特性, 在上下限范围内应满足线性要求, 计算稳态增益。
- 短接积分电容测量静态输出输入特性, 计算动态增益。
- 短接积分和微分电容测量静态输出输入特性, 计算暂态增益。
- 根据电阻电容值计算时间常数。
- 测量输出限幅值。

对数字式自动电压调节器 (AVR), 将各时间常数设为相同, 测量静态增益和限幅值; 再通过频域法或时域法校核各参数。

频域法校核方法: 将噪声信号加到被测环节的输入, 用频谱分析仪测量被测环节的频率特性; 调整数学模型中参数使得计算的被测环节数学模型频率特性与实测的一致, 从而确定被测环节的参数。

时域法校核方法: 在被测环节输入加上阶跃信号, 测量被测环节响应; 调整数学模型中参数使得仿真计算被测环节数学模型在相同阶跃下的响应与实测一致, 从而确定被测环节的参数。

同样的方法可用于并联 PID 调节单元、励磁机磁场电流 (发电机磁场电压) 负反馈单元的参数校核。

E.5.2.2 并联 PID 调节单元的传递函数见式 (E.2)

$$\omega(s) = K_p \left[\left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) + \frac{K_D s}{1+T_f s} \right] \quad (\text{E.2})$$

式中:

K_p ——比例增益;

T_i ——积分时间常数, s;

K_D ——微分增益;

T_f ——滤波时间常数, s。

自并励静止励磁系统可以不采用微分环节, 使 K_D 为 0, K_p 为并联 PID 调节单元的动态增益, 与励磁功率单元静态增益和励磁机磁场电流 (发电机磁场电压) 硬负反馈环静态增益的乘积一般为 30~70, T_i 一般为 1s~5s。

E.5.3 励磁机磁场电流 (发电机磁场电压) 负反馈单元

E.5.3.1 励磁机磁场电流 (发电机磁场电压) 硬负反馈单元为比例特性。在励磁机空负荷下通过调节器输出电压阶跃记录励磁机磁场电流变化曲线, 获得励磁机励磁回路时间常数。增加硬负反馈增益, 使得励磁机励磁回路时间常数减少到 0.1s~0.2s。

E.5.3.2 发电机磁场电压 (励磁机磁场电流) 软负反馈单元的传递函数为 $K_f T_{fs}/(1+T_{fs}s)$, 也可写成 $K_f [1-1/(1+T_{fs}s)]$, 式中, $1/(1+T_{fs}s)$ 为惯性环节, K_f 为反馈系数, 一般 K_f 取 0.01~0.1, T_{fs} 取 0.5s~2s。

E.5.4 移相触发单元

E.5.4.1 在移相触发单元加入控制电压和同步电压，改变控制电压和同步电压的大小，测出移相特性。

E.5.4.2 移相特性曲线可用可控整流装置各臂移相电路移相角 α 的平均值，也可以用某一臂的值，但在同一控制电压下，任意两个 α 角的差值不得大于 3° 。

E.5.5 稳压电源单元

E.5.5.1 稳压范围：稳压单元接相当于实际电流的等值负荷，根据稳压范围的要求，改变输入电压，测量输出电压的变化。

E.5.5.2 外特性曲线：输入电压为额定值，改变负荷电阻，使负荷电流在规定的范围内变化，测量输出电压的变化。

E.5.5.3 短路特性：对有过负荷保护和短路保护的稳压单元，测量外特性时可以短时将输出电流调到最大值，直至短路，检查过负荷保护及短路保护的动作情况。

E.5.5.4 输出纹波系数：输入、输出电压和负荷电流均为额定值，测量输出纹波电压峰峰值。电压纹波系数为直流电源电压波动的峰峰值与电压额定值之比。

E.5.6 欠励限制单元

E.5.6.1 静态试验。在欠励限制的输入端通入电压和电流，模拟发电机运行时的电压和电流，其大小相位分别相应于欠励限制曲线对应的有功功率和无功功率数值。此时调整欠励限制单元中有关整定参数，使欠励限制动作，限制调节器的输出。

E.5.6.2 开机试验。

a) 欠励限制单元投入运行，在一定的有功功率时（如 $P=P_N$ 及 $P=0.5P_N$ ），缓慢降低磁场电流使欠励限制动作，此动作值应与整定曲线相符。欠励限制动作时发电机无功功率应无明显摆动。

b) 在接近限制运行点进行电压负阶跃试验，观察欠励限制的快速性和稳定性。

E.5.6.3 欠励限制的输出一般与机端电压有关，当机端电压偏离额定值时应修正其动作值。

E.5.7 过励限制单元

E.5.7.1 计算并设置过励限制单元的反时限特性参数（启动值、限制值、最大值和最大值持续时间）和顶值电流瞬时限制值。

E.5.7.2 过励反时限特性和顶值电流瞬时限制值的整定可在静态试验或开机试验中进行，测量额定磁场电流下过励限制输入信号的大小，然后按规定的值整定。开机时为达到限制动作，可采用降低过励反时限动作整定值和顶值电流瞬时限制整定值，或增大磁场电流测量值等方法。

E.5.7.3 动态性能检查在开机试验中进行，在降低过励反时限限制整定值和顶值电流瞬时限制整定值后，在接近限制运行点进行电压正阶跃试验，观察磁场电流限制的过程，应快速而稳定。

E.5.8 伏/赫兹限制单元

静态调试时通过改变电压和频率测定其单元特性和整定动作值。开机试验时可在机组额定转速下降低伏/赫兹限制整定值，通过电压正阶跃试验检测限制功能的有效性。如发电机组转速可调范围允许，也可在原有的整定值下降低频率进行实测。

E.5.9 励磁调节装置的老化试验

励磁调节装置整机或主机部分放置在规定的环境中，持续通电时间不小于96h之后其功能应正常，参数的变化量在规定的范围之内。励磁调节装置老化试验的要求应在制造厂的技术条件中规定。

E.5.10 发电机零起升压试验（置位起励）

预置自动电压调节器的电压给定值的终值为对应90%~100%发电机空负荷额定电压的给定值后进行起励操作，发电机电压自零升到额定值的过程应符合要求。

E.5.11 自动电压调节通道和控制方式的切换试验

调节通道切换试验应分别在发电机空负荷和带负荷状态下进行。

调节通道切换试验应进行无故障人工切换和模拟运行通道故障时自动切换两种方式。切换时发电机

电压和无功功率均不应有明显的波动。

E.5.12 发电机电压/频率特性试验

发电机为空负荷电压额定值,调整原动机转速至允许的上、下限,记录发电机电压和频率,计算每赫兹发电机电压的变化量。

E.6 发电机空负荷阶跃响应试验

E.6.1 励磁系统稳态增益应大于发电机同步电抗除以电压静差率。

E.6.2 按照开环发电机电压突降 15% 达到励磁系统顶值,或者达到最小控制角,估算励磁系统动态增益最小值,或者调节单元最小的动态增益。

E.6.3 按照 E.5.3 确定励磁机磁场电流(发电机磁场电压)负反馈环的反馈参数。

E.6.4 按照阶跃扰动不使励磁系统进入非线性区域来确定阶跃量,阶跃量一般为发电机额定电压的 5%。

E.6.5 发电机为空负荷额定,在自动电压调节器电压相加点叠加负阶跃量,发电机电压稳定后切除该阶跃量,发电机电压回到额定值,测量发电机电压,磁场电压等的变化曲线,计算电压上升时间、超调量、振荡次数和调整时间。阶跃过程中励磁系统不应进入非线性区域,否则应减小阶跃量。较小的上升时间和适当的超调量有利于电力系统稳定。

E.7 发电机负载阶跃响应试验

发电机有功功率大于 80% 额定有功功率,无功功率接近零,在自动电压调节器电压相加点加入 1%~4% 正阶跃,控制发电机无功功率不超过额定无功功率,发电机有功功率及无功功率稳定后切除该阶跃量,测量发电机有功功率、无功功率、磁场电压等的变化曲线;从有功功率的衰减曲线计算阻尼比。

E.8 电力系统稳定器(PSS)试验

电力系统稳定器整定应在电压环参数(包括无功电流补偿率)整定后进行。电力系统稳定器动态试验工况为发电机接近额定有功功率,功率因数约为 1。

E.8.1 测量电力系统稳定器各环节输入输出特性。

E.8.2 测量或计算励磁控制系统无补偿相频特性。

E.8.3 确定电力系统稳定器预置参数,如电力系统稳定器输出限幅值、电力系统稳定器自动投切的功率值、隔直环节时间常数、PSS2 型的 T7、KS2 等。

E.8.4 测量或计算励磁系统有补偿相频特性,整定电力系统稳定器相位补偿。电力系统稳定器相位补偿要求见附录 D。

E.8.5 电力系统稳定器增益调整:电力系统稳定器投入,电力系统稳定器增益从零逐渐增大,测录调节器输出电压和发电机磁场电压直至其开始振荡,该增益即为临界增益,按附录 D 整定电力系统稳定器使用增益。

E.8.6 增益及相位补偿整定后,设置电力系统稳定器输入信号为恒定,测电力系统稳定器输出端的噪声及观察电力系统稳定器输出的漂移。

E.8.7 在自动电压调节器的电压相加点加阶跃信号,记录有电力系统稳定器及无电力系统稳定器两种状态下发电机有功功率波动。计算有电力系统稳定器下的阻尼比和无电力系统稳定器下的阻尼比,阻尼比应满足 5.11 的要求。有电力系统稳定器的振荡频率应是无电力系统稳定器的振荡频率的 95%~110%。

E.8.8 反调试验。水轮发电机组、燃气轮发电机组和具有快速调节机械功率作用的汽轮发电机组上使用的各种形式的电力系统稳定器都需要进行反调试验。按照原动机正常运行操作的出力最大变化量和变化速度设定连续减、增出力 10%~20% 额定有功功率。反调试验中无功功率变化量小于 30% 额定无功功率,机端电压变化量小于 3%~5% 额定电压。

E.9 电压静差率测定

E.9.1 方法 1: 在额定负荷、无功电流补偿率为零的情况下测得机端电压 U_1 和给定值 U_{REF1} 后, 在发电机空负荷试验中相同调节器增益下测量的给定值 U_{REF1} 对应的机端电压 U_0 , 然后按式 (E.3) 计算。

$$\varepsilon = \frac{U_0 - U_1}{U_N} \times 100\% \quad (\text{E.3})$$

式中:

U_1 ——额定负荷下发电机电压, kV;

U_0 ——相同给定值下的发电机空载电压, kV;

U_N ——发电机额定电压, kV。

E.9.2 方法 2: 机组甩负荷试验时置无功电流补偿率为零, 保持给定值不变, 甩额定负荷, 测量甩负荷前的发电机端电压 U_1 和甩负荷后的发电机端电压 U_0 , 然后按上式计算静差率。

E.10 电压调差率测量

E.10.1 方法 1: 保持给定值不变, 设置无功电流补偿率, 在功率因数为零情况下, 甩 50%~100% 额定无功功率, 测量甩负荷前后发电机端电压, 按式 (E.4) 求得电压调差率 D :

$$D = \frac{U_0 - U_1}{U_N} \frac{I_N}{I_Q} \times 100\% \quad (\text{E.4})$$

式中:

U_1 、 U_0 ——甩负荷前后的机端电压, kV;

I_Q 、 I_N ——甩负荷前无功电流值和额定定子电流值, A;

U_N ——发电机额定电压, kV。

E.10.2 方法 2: 在功率因数为零、50%~100% 额定无功功率负荷下测得机端电压 U_1 和给定值 U_{REF1} 后, 在发电机空负荷试验中相同调节器增益下测量的 U_{REF1} 对应的机端电压 U_0 , 然后按上式计算。

E.11 灭磁试验

除型式试验按制造厂规定进行外, 灭磁试验在发电机空负荷额定电压下按正常停机操作及保护动作灭磁方式灭磁, 测录发电机端电压、磁场电流和磁场电压的衰减曲线, 必要时测量灭磁动作顺序。

E.12 转子过电压保护试验

如装设转子过电压保护装置, 施加实际的高电压, 测量转子过电压保护元件的动作电压值。

E.13 抗扰度试验

励磁调节装置的抗扰度试验要求按照 GB/T 14285 进行, 包括射频电磁场、电快速瞬变、1MHz 脉冲群抗扰度试验、静电放电试验、浪涌抗扰度试验、直流电压中断和工频干扰试验等。试验时, 试验装置带仿真系统处于闭环控制状态。

仿真系统应当不受干扰源的干扰。仿真发电机空负荷和负荷工况。在试验期间仿真发电机电压和无功功率不产生明显扰动, 不造成励磁调节的失调和拒调, 不造成磁场断路器直接跳闸和调节器输出跳闸信号的误动。试验后装置的各项功能指标正常。

E.14 励磁系统模型参数确认试验

对励磁系统各部分采用时域或频域法确认其模型参数。对实际励磁控制系统进行扰动试验, 对励磁

系统模型进行扰动仿真计算，通过对比实际和仿真的扰动响应确认励磁系统模型参数。励磁控制系统的扰动试验一般为发电机空载阶跃响应试验，对含复励的励磁系统需要设计针对性的扰动试验。

E.15 励磁系统顶值电压倍数和励磁系统标称电压（或电压响应时间）测定

发电机在额定工况下运行，待转子绕组温度稳定后，突然将发电机电压反馈信号降到原值的80%，或者突然将发电机电压给定值增到原值的120%，录取磁场电压上升波形，计算励磁系统顶值电压倍数，对于无刷励磁系统可以测量励磁机磁场电流代替发电机磁场电压，换算成发电机磁场电压时需计入励磁机饱和。

试验前应进行预计算，确定发电机电压、电流的上限，试验时应在发电机电压、电流到达上限前退出扰动。

E.16 励磁调节装置仿真试验

励磁调节装置的仿真试验一般采用数字仿真，试验采用实际的励磁调节装置。试验应包括：

- a) 常规调节性能检查：包括开环电压突降试验，空负荷、负荷的扰动试验，各限制环节及辅助控制环节动作正确性检查，定值准确性检查和动态稳定性检查。
 - b) 电力系统各种故障和运行方式，如系统低频振荡、对称不对称短路、系统运行方式突变、甩全部或部分负荷、无功冲击负荷、进相运行和失磁等。
 - c) 励磁系统故障，如励磁设备故障、失去测量信号、失去同步信号、失去磁场断路器等开关量信号、失去某路电源、微机故障等。
-

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
大型汽轮发电机励磁系统技术条件

DL/T 843—2010

代替 DL/T 843—2003 和 DL/T 650—1998

*

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2011年4月第一版 2011年4月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 1.5印张 43千字

印数 0001—3000册

*

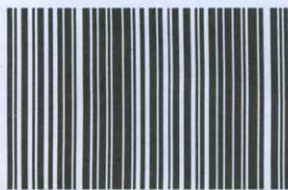
统一书号 155123·397 定价 13.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



155123.397

上架建议：规程规范/
电力工程/火力发电